

Superficies Desarrollables No Convencionales.

Amado Emma, Olivares Diego, Soler Germán y Wortman Natalia Sofía.

Cita:

Amado Emma, Olivares Diego, Soler Germán y Wortman Natalia Sofía (Octubre, 2008). *Superficies Desarrollables No Convencionales. 6to Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Áreas Afines. FAUD - UNSJ, San Juan.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/nsw/26>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/p02k/yr9>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite:
<https://www.aacademica.org>.

SUPERFICIES DESARROLLABLES NO CONVENCIONALES **Gráfica geométrico-constructiva**

AMADO, Emma Matilde. CAIF, Héctor Maximiliano. OLIVARES, Diego Andrés.
PELLARÍN, Daniela Viviana. SOLER, Germán Guillermo. WORTMAN, Natalia Sofía.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN. FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO.
Avda. Ignacio de la Roza- Complejo Universitario “ISLAS MALVINAS” - Rivadavia - 5400
Tel.: 264 423 2395 / 3259 Fax: 264 423 5397
amado_emma@hotmail.com
SAN JUAN – ARGENTINA.

RESUMEN

En un marco de significación contextual para la producción del diseñador, el trabajo pone énfasis en la potenciación del diseño laminar, en la posibilidad de construcciones geométricas mediatizadas por la gráfica, si bien compleja, precisa; que minimiza la incertidumbre en el proceso de construcción formal. En el desarrollo de la tarea, se pone de manifiesto el nexo diseño-geometría-gráfica y con ello la estimulación del pensamiento lógico-geométrico-espacial y de las dimensiones intra e interpersonal.

Superando instancias geométricas poliédricas y radiadas (cónicas y cilíndricas), el acento está puesto en la conformación de superficies desarrollables construidas por el movimiento de planos específicos. Siguiendo el recorrido de una curva alabeada, el triángulo ortogonal conformado por las rectas tangente, normal y binormal a la curva en cada uno de sus puntos, manifiesta un movimiento que posibilita que cada uno de los 3 planos del triángulo, en las distintas posiciones respectivas, conformen bellas superficies desarrollables, construidas y controladas desde gráfica geométrica computarizada. El trabajo, de intencionalidad exploratoria o indagatoria, manifiesta la necesaria presencia del desarrollo del pensamiento geométrico en el diseñador, potenciado por la internalización de una gráfica precisa que vincula en forma biunívoca lo tridimensional y bidimensional.

Se considera la gráfica geométrica medio de conocimiento para construir la espacialidad. La geometría de la forma interactúa con la de su gráfica sosteniéndose y fundamentándose mutuamente.

INTRODUCCIÓN

La presente ponencia responde a un trabajo de indagación geométrica desarrollada por una docente y cinco alumnos en estado avanzado del cursado de la carrera Diseño Industrial de la FAUD - UNSJ, Argentina. Convocados para el trabajo, los alumnos manifiestan considerable desarrollo del pensamiento geométrico-espacial-gráfico y predisposición entusiasta a la búsqueda y constitución de conformaciones formales con la lógica que la geometría requiere.

Motivados por la posibilidad de requerir manufactura sencilla, el equipo se aboca a la tarea de explorar superficies de cierta complejidad geométrica-constructiva, las cuales han sido enunciadas en la bibliografía consultada, pero su tratamiento y análisis requieren ser ampliados.

Consideraciones conceptuales

“En geometría las construcciones se demuestran y las demostraciones se construyen”

Roberto Doberti

Desde el proceso de diseño hasta la instancia de fabricación, la producción de un diseñador está condicionada por circunstancias contextuales-culturales, y a su vez estas son determinadas y transformadas por dichas producciones. La existencia o carencia de instrumentos conceptuales u operativos adecuados condicionan la operabilidad de la materia, tanto esta como aquella circunstancia son factores determinantes de diseño. Del mismo modo un determinado diseño, en un juego dialéctico entre forma y contexto, puede prever caminos nuevos de producción cultural. Esta dimensión contextual-cultural, que involucra tanto lo tecnológico como lo social, otorga campo de significación al diseño.

Como respuesta a situaciones, necesidades y limitaciones reales, el diseño provoca la imaginación y el desafío a la creatividad. En consecuencia se prevé que las instancias de generación morfológica y de producción de las nuevas configuraciones tiendan a simplificarse o minimizarse. Ello convoca al placentero y estimulante juego de nuevas búsquedas y exploración de formas que, con belleza y simplificación constructiva, brinden nuevas oportunidades.

En todo este juego creativo del diseño, la gráfica -lejos de ser instrumento neutro- actúa como medio de conocimiento y comunicación.

Durante el proceso proyectual la gráfica pauta y registra las representaciones mentales del diseñador, sus transformaciones y decisiones; condicionando y a la vez siendo condicionada por los múltiples elementos intervinientes. Provee instrumentos conceptuales y operativos para la resolución de situaciones complejas. Lo hace de manera versátil, posibilitando trazados alternativos de acuerdo a las necesidades de comunicación. El diálogo constante entre gráfica y conformación tridimensional, desde la polisemia de los trazos iniciales, da lugar a los sucesivos; reduciendo incertidumbres, depurando ideas, intuiciones, pensamientos y acciones.

Como instrumento que anticipa al objeto -que lo prefigura- provoca, además, el encuentro entre diseñador y posible usuario, trabajando sus devoluciones en el ajuste del proceso proyectual para el logro del producto.

Haciendo un recorte de componentes y determinantes formales, lo geométrico es motor de este trabajo. No sólo pensado como sustrato abstracto que toda forma conlleva, sino también como dispositivo de metamorfosis en la construcción de las conformaciones. Inherente a ello, la gráfica geométrica, más que mera representación, interviene como medio de conocimiento.

Posibilita comprender la estructuración interna de la forma y sus interrelaciones. La gráfica mediatiza, simula, sustituye, anticipa y controla la biunicidad tri-bidimensional; actuando como dispositivo de exploración, reflexión, análisis y determinación en la producción de las conformaciones.

Pensar, dibujar, sentir.

En base a las conceptualizaciones expuestas, el presente trabajo acentúa el nexo entre diseño, forma, geometría, espacio, gráfica y la necesaria presencia del pensamiento geométrico como voluntad morfogenética. En su desarrollo estimula inteligencias varias inherentes al diseñador, como los campos lógico-geométrico, espacial, inter e intrapersonal entre otros.

En lo operativo, organizaciones geométrico-espaciales, en un juego de líneas y superficies interactúan en condiciones de tangencialidad y perpendicularidad, construidas y controladas rigurosamente con y desde una gráfica precisa que impulsa al debate, a los diferentes puntos de vista, al encuentro, a la reflexión desde el error, a la satisfacción de los logros.

METODOLOGÍA

Estratégicamente se prevén etapas para la realización de la tarea, de las cuales, la primera constituye el desarrollo de esta ponencia, quedando estipulado el desarrollo a futuro de las restantes.

Etapa 1

Indagación exploratoria. Análisis y construcción geométrica de las láminas.

- a) Búsqueda y análisis de información digital y bibliográfica.
Conceptualizaciones.
- b) Naturaleza de la curva directriz para iniciar la exploración.

- c) Gráficas exploratorias de comprensión de las superficies.
- d) Búsqueda de la herramienta gráfica que sea compatible. Uso de gráfica computarizada para su análisis y constitución.
- e) Construcción y desarrollo.
- f) Indagación de materiales laminares y su grado de curvatura.

Etapa 2

Posibles materializaciones objetuales con las superficies analizadas. Estudio de distintos materiales cuyas propiedades (radio de curvatura, módulo de elasticidad, niveles de recuperación), posibilite lo laminar; y de anclajes y esfuerzos a los cuales se ven sometidos. Búsqueda de procesos de industrialización de baja complejidad, en lo posible con tecnología local.

Etapa 3

Otras generaciones según el triedro fundamental, tomando como directriz una curva plana o alabeada cualquiera.

Etapa 4

Exploración de otras superficies desarrollables. Entre otras: superficies de igual pendiente y generadas por cono director.

Etapa 5

Diseño de un software interactivo con comandos específicos para la generación de este tipo de superficies, posibilidades y alcances de materialización y aplicación.

Etapa 6

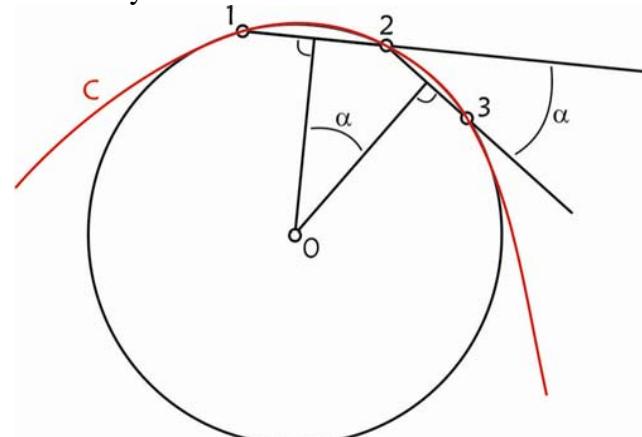
Realización y edición de un libro en el que se considerarán las instancias morfogenéticas de las superficies y de los instrumentos gráficos que las hacen posible.

DESARROLLO

Conceptos varios

Se ha tomado como bibliografía básica de conceptualización “Geometría Descriptiva y sus aplicaciones” de Ángel Taibo Fernández.

a) Líneas curvas y sus elementos.



(Figura 1. Elemento rectilíneos 1-2; 2-3, ángulo de contingencia α , centro de curvatura **O**, círculo osculador y radio del círculo osculador ρ) [1]

Toda curva, ya sea plana o alabeada, conlleva en su constitución, elementos que le son inherentes. En un punto determinado, se leen: elementos rectilíneos, ángulo de contingencia, círculo osculador, con su centro y radio de curvatura.

b) Superficies: generación y clasificación.

Si bien la lectura y constitución de las superficies es de carácter polisémico, a los efectos del tratamiento de los motivos de esta indagación, se trabaja con el enfoque clasificatorio sugerido por Taibo según el siguiente cuadro.

| CLASE | FAMILIA | GRUPO | SUPERFICIE |
|------------|-------------------|--|-------------------------|
| REGLADAS | DESARROLLABLES | POLIEDROS | REGULARES |
| | | RADIADAS | CÓNICAS CILÍNDRICAS |
| | | DE IGUAL PENDIENTE | |
| | | TANGENCIALES | HELIZOIDE DESARROLLABLE |
| | | POLARES | |
| | | RECTIFICANTES | |
| ALABEADAS | DE 3 DIRETRICES | HIPERBOLOIDE ELÍPTICO | |
| | DE PLANO DIRECTOR | PARABOLOIDE HIPERBÓLICO CONOIDE | |
| | DE CONO DIRECTOR | HELIZOIDES ALABEADOS | |
| CURVAS | SEGUNDO GRADO | ESFERA - ELIPSOIDE PARABOLOIDE ELÍPTICO HIPERBOLOIDE HIPERBÓLICO | |
| | REVOLUCIÓN | TORO - ESCOCIA | |
| | VARIAS | HELIZOIDES CURVOS SERPENTINES | |
| COMPUESTAS | | | |

(Figura 2. Cuadro clasificatorio de superficies) [2]

c) Triédro fundamental.

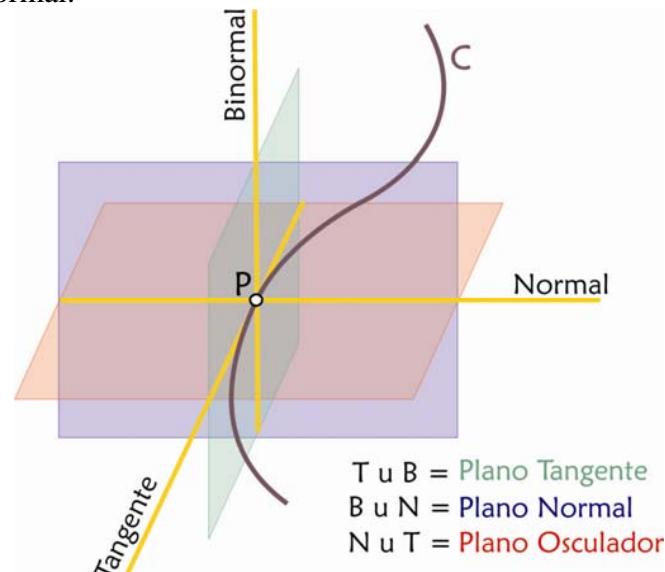
Según el autor consultado, se obtienen superficies regladas desarrollables de tal modo que “*un plano que se mueve en el espacio según una ley cualquiera, engendra siempre una superficie reglada desarrollable, la cual es la superficie envolvente de las distintas posiciones del plano móvil. Las generatrices rectilíneas de esta superficie serán las intersecciones consecutivas de dos posiciones del plano generador infinitamente próximas*” [3]

Entre otras generaciones, cuyo estudio continuará en otra oportunidad, se opta por la de “*las caras del triédro trirrectángulo unido invariablemente al punto generador de una línea alabeada*” [4], por considerarla relevante y como punto de partida para desarrollar otras a futuro.

Ahora bien, el triédro trirrectángulo está formado por tres rectas fundamentales que corresponden a todo punto de una curva: normal, tangente y binormal, las cuales tomadas de dos en dos, conforman las caras o planos del triédro.

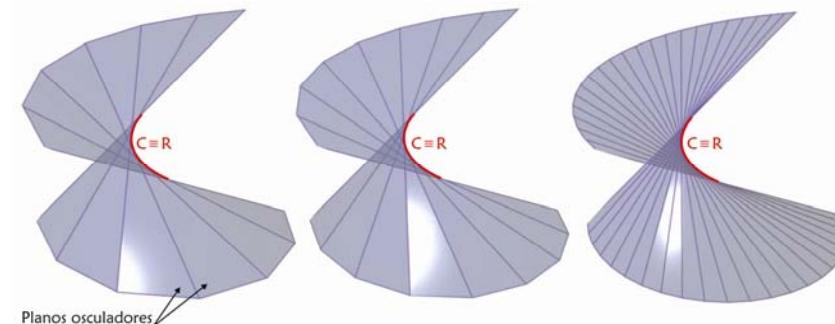
Adoptando las denominaciones que otorga el autor consultado, los planos son:

- Plano **osculador**, constituido por las rectas tangente y normal.
- Plano **normal**, constituido por las rectas normal y binormal.
- Plano **tangente principal**, constituido por las rectas tangente y binormal.

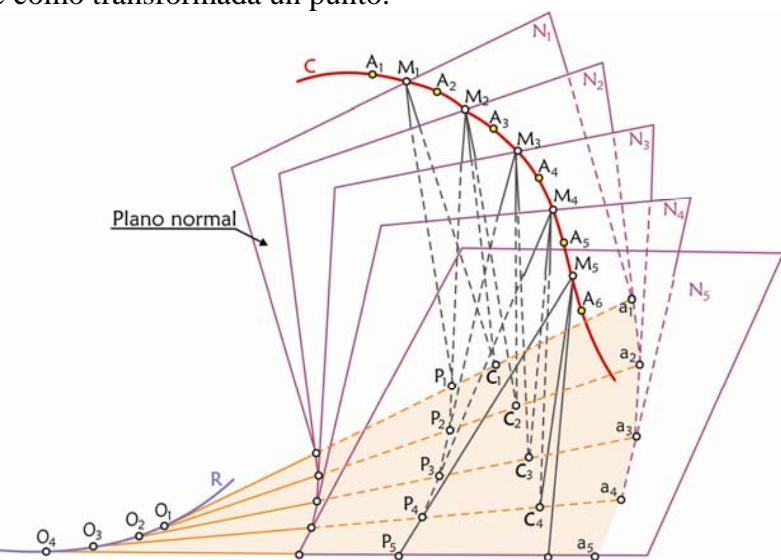


Se denomina:

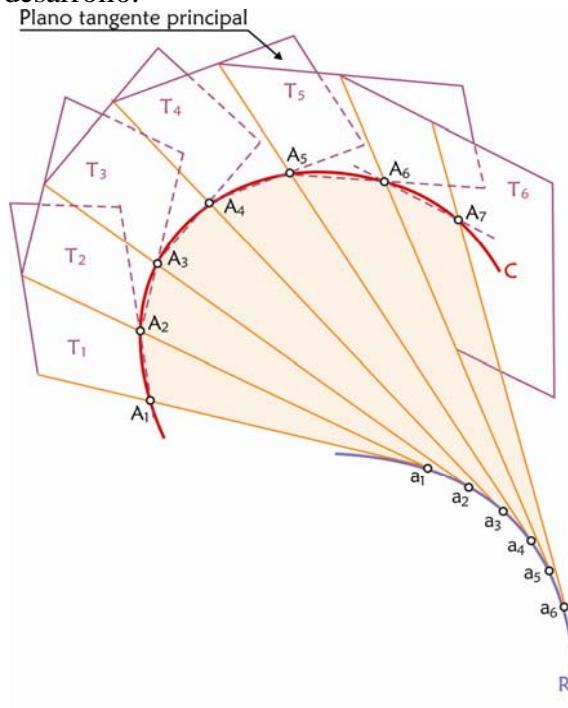
Tangencial, a la superficie desarrollable constituida por el movimiento del plano *osculador*, por ser sus generatrices tangentes a la desarrollada de la curva que le dio origen. Esta superficie tiene la particularidad, de poder ser generada también, solamente por el movimiento de la recta tangente.



Polar, a la superficie desarrollable constituida por el movimiento del plano *normal* y en cuyo desarrollo la curva que le dio origen tiene como transformada un punto.



Rectificante, a la superficie desarrollable constituida por el movimiento del plano tangente principal y cuya curva de origen es recta en su desarrollo.



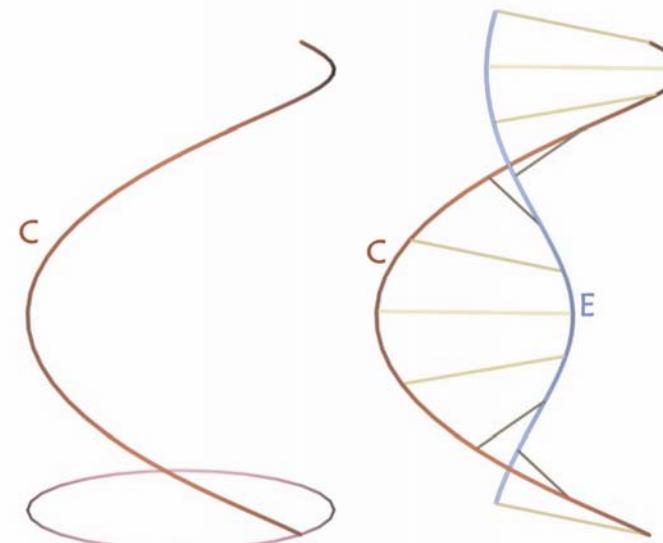
(Figura 6. Generación de una superficie rectificante.) [6]

Las tres aristas del triedro fundamental de una curva alabeada engendran superficies regladas características, y son:

- 1º. La tangente da lugar a la ya conocida “Superficie Tangencial” (figura 4), reglada desarrollable.
 - 2º. La normal principal da lugar a superficies **generalmente** regladas alabeadas.
 - 3º. La binormal asimismo a superficies regladas alabeadas **en general**. [7]

Selección de la curva directriz

Ante las limitaciones de comandos informatizados que permitan la generación directa y controlada de estas superficies teniendo como directriz una curva alabeada cualquiera, se ha comenzado la exploración considerando una hélice cilíndrica, por ser esta una curva perfectamente controlable. Es por esto que, el esfuerzo inicial está puesto en la exploración, análisis y generación de las superficies.



(Figura 7. Hélice cilíndrica y su evoluta.)

Características de la curva hélice cilíndrica:

Esta curva se genera por el movimiento de rototraslación constante de un punto respecto de un eje.

Las rectas normales a la hélice contienen los centros de curvatura en cada punto de la línea generando una nueva hélice evoluta de la

primera. Así mismo su pendiente es la respectiva a todos los planos osculadores.

Expresión analítica del radio de curvatura:

$$\rho = \frac{r}{(\cos \alpha)^2}$$

Donde r es el radio del cilindro núcleo y α pendiente de la tangente.

Correlación entre la curva y su evoluta:

El análisis exploratorio arroja que:

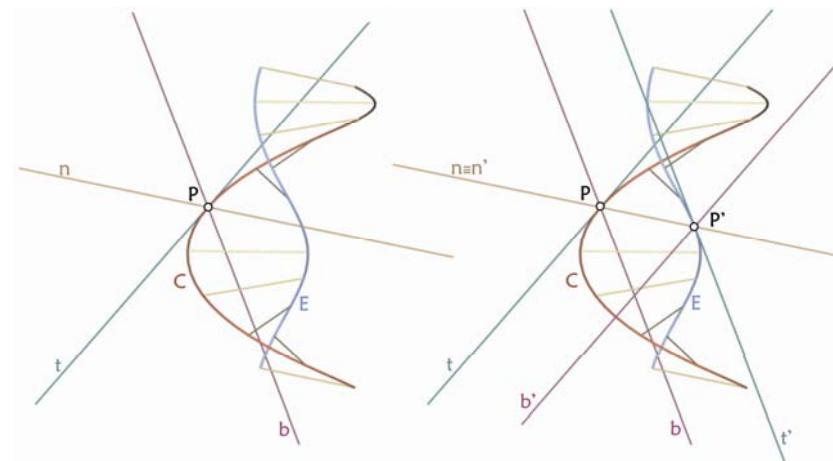
Entre la curva origen y su evoluta, se establece reciprocidad, ya que los puntos que generan la evoluta son los centros de curvatura de los puntos de la curva inicial, y a su vez, los puntos de la curva origen, son centros de curvatura de los puntos de la curva evoluta. Consecuentemente el radio de curvatura en ambos tiene la misma longitud.

Se comprueba que:

$$\rho = \frac{r_1}{(\cos \alpha)^2} = \frac{r_2}{(\cos \beta)^2} \quad \text{siendo } \alpha + \beta = 90^\circ$$

De ello se deduce que las pendientes de las tangentes a las curvas C y E son magnitudes complementarias.

En todos los pares de puntos correspondientes, pertenecientes a ambas hélices, su recta normal es la misma; siendo esta la resultante de la intersección entre los planos osculadores respectivos.



(Figura 8. Triédro fundamental en la hélice y en su evoluta.)

Considerando los triédros fundamentales en dos puntos correspondientes en cada hélice, relacionados con la normal: La recta tangente en un punto de la curva origen, es paralela a la recta binormal en el punto correspondiente (centro de curvatura) en la curva evoluta y viceversa.

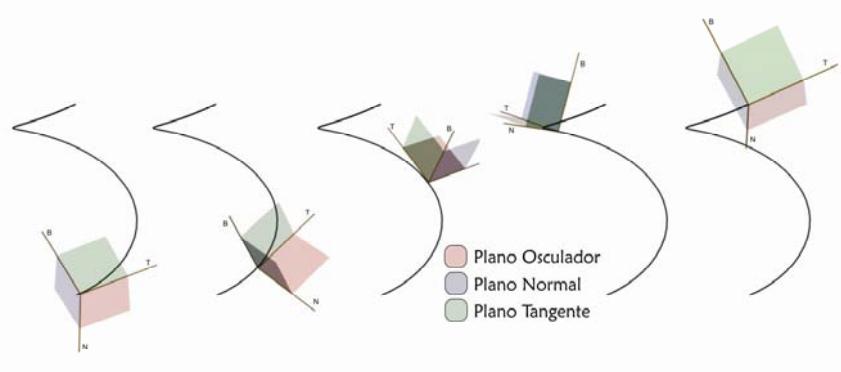
Exploración de generaciones

El pensamiento espacial desde la lógica geométrica de la constitución de las superficies y sus trazados gráficos conforman el eje estructurador de trabajo.

Durante el proceso de exploración, -que implica análisis y determinaciones- se atiende a la conjunción entre lo conceptual y los trazados operativos, en un juego de búsqueda de concertaciones, superación de obstáculos y aciertos.

En lo respectivo a las instancias de generación de las superficies, el triédro ortogonal conformado por las rectas tangente, normal y binormal a la hélice en cada uno de sus puntos, manifiesta un movimiento que posibilita que cada uno de los tres planos del

mismo, en las distintas posiciones respectivas, conformen tres superficies diferenciadas.



(Figura 9. Movimiento del triedro en una hélice cilíndrica.)

Por una cuestión de ordenamiento clasificatorio y conformando una nueva familia de superficies, se sugiere denominarlas con la conceptualización de la curva de origen y la forma de su desarrollada.

a) **Helizoide rectificante.**

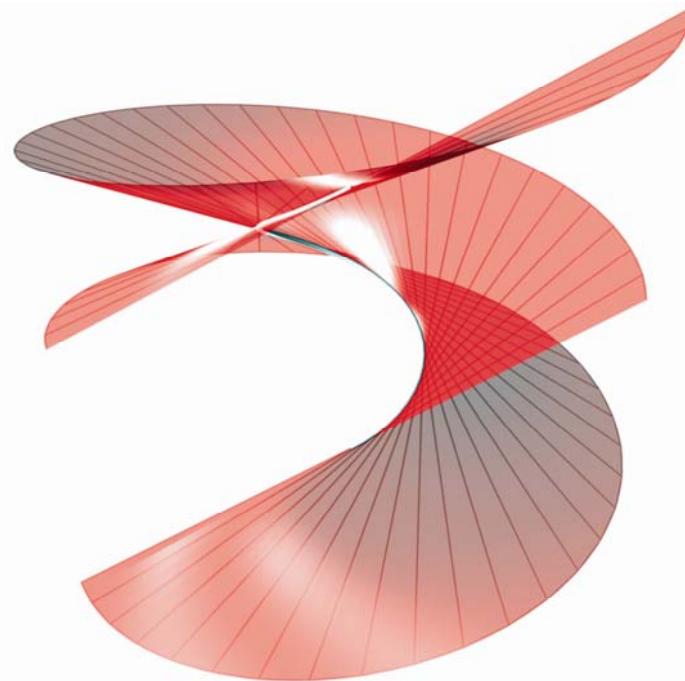
Se considera como tal a la superficie generada por el plano tangente principal en cada punto de la hélice. El movimiento de dicho plano, recordemos que está conformado por las rectas tangente y binormal en cada punto de la curva hélice cilíndrica, engendra una superficie envolvente a las distintas intersecciones de los mismos, siendo ésta la propia superficie cilíndrica, núcleo de la curva.



(Figura 10. Helizoide Rectificante.)

b) **Helizoide Tangencial.**

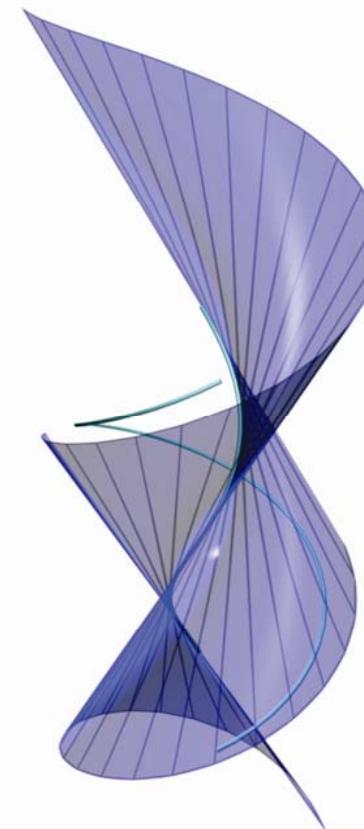
No se redunda en su generación y análisis, ya que es motivo de tratamiento en bibliografías varias. Sí, la exploración arrojó datos contundentes para llevar a cabo el análisis de la generación de las superficies restantes.



(Figura 11. Helizoide Tangencial.)

c) **Helizoide polar.**

Su exploración analítica y tratamiento implicó mayor tiempo de debates y conjeturas. A la riqueza de la exploración formal y gráfica entre supuestos, intuiciones y análisis geométricos ajustados a la conceptualización teórica, se sumaron fórmulas matemáticas que contribuyeron a la determinación de sus trazados, verificando su constitución. Se llega a la conclusión que es un nuevo helizoide desarrollable cuya curva directriz es la hélice evoluta de la curva hélice de origen. Se demuestra que esta curva hélice de origen, si bien necesaria para el proceso generativo, no pertenece a la superficie polar.



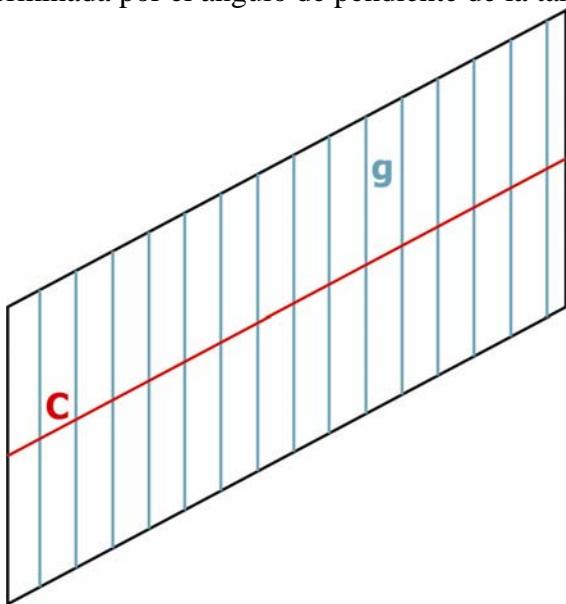
(Figura 12. Helizoide Polar.)

En el caso particular del helizoide polar, está en curso la exploración exhaustiva de ciertos casos particulares, variando la pendiente de la hélice de origen, atendiendo a la complementariedad de la misma con la de su evoluta.

Desarrollo plano de las superficies

Helizoide rectificante.

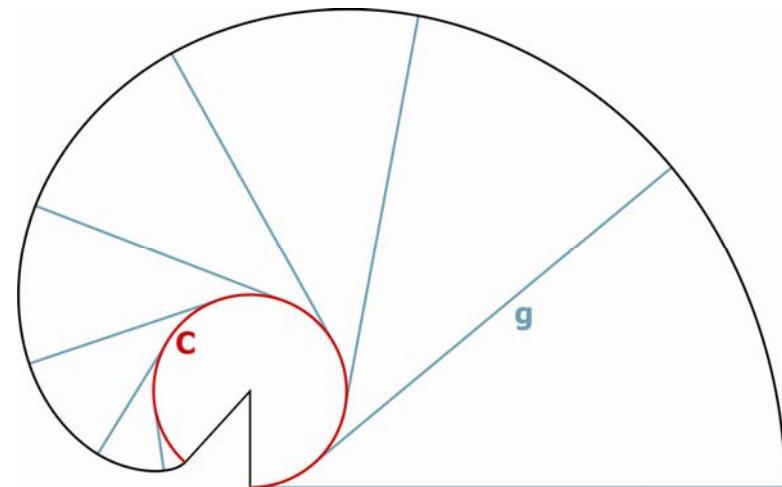
En el desarrollo de la superficie, la curva que le da origen es una recta **C** determinada por el ángulo de pendiente de la tangente.



(Figura 13. Desarrollo Helizoide Rectificante.)

Helizoide tangencial.

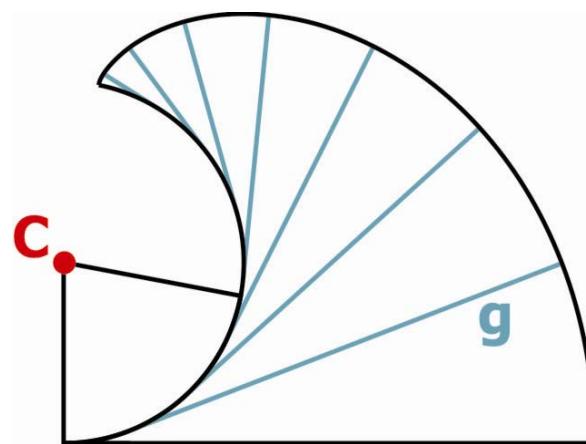
En su desarrollo, la curva que le da origen es un arco de circunferencia **C** que tiene por radio el de curvatura de la hélice y cuya longitud es la de la hélice de origen.



(Figura 14. Desarrollo Helizoide Tangencial.)

Helizoide polar.

En el desarrollo de esta superficie, la curva que le da origen no pertenece a la superficie y su transformada es un punto **C** que sí pertenece al plano de desarrollo. La hélice evoluta se transforma en un arco de circunferencia, con el mismo radio de curvatura ρ .



(Figura 15. Desarrollo Helizoide Polar.)

Indagación de materiales laminares.

Motivados por la posibilidad de encontrar un proceso de fabricación sencillo y económico, se indagó sobre materiales laminares existentes que fuesen acordes para la producción de estas superficies, siendo hasta ahora el metal el recurso más idóneo por diversas cualidades como:

- No requiere calor para ser curvado.
- No requiere de un proceso complejo, ni largos tiempos de conformación.
- Permite corrección de errores.
- Se pueden lograr radios de curvatura pequeños sin rotura por quiebre.
- Pocas piezas defectuosas.
- Gran disponibilidad de espesores, acabados, colores y texturas en el mercado.

Así mismo se considera la posibilidad de experimentar con otros materiales (plástico; madera; yeso-cartón; etc.) ya que en la dimensión contextual-cultural que involucra tanto lo tecnológico como lo social, no podemos obviar el campo de significación al que alude nuestra producción cultural.

Escala, espesores y propiedades tales como traslucidez, refracción de la luz, texturas, y en sí la apariencia general de la forma; juegan un papel determinante en su situación de uso.

La innovación a nivel formal que conlleva la conformación de estas superficies, requeriría también de una innovación a nivel de procesos constructivos para su concreción; como anclajes, uniones y vínculos que permitan posicionarlas espacialmente sin deformación del material. Se prevé también, por su propiedad laminar no deformable, economía en espacio de acopio y traslado.

La profundización en el estudio de materiales laminares echará luz sobre concreciones objetuales con estas superficies.

CONCLUSIONES

Durante el tratamiento morfológico geométrico, la experiencia ha sido motivante, muy positiva. La exploración se ha realizado en un ámbito de taller de producción de conocimiento, con intervenciones teóricas de acuerdo a la demanda de la situación. La gráfica propulsó el ritmo de trabajo, fue medio de cuestionamientos y comprensión, permitió prefigurar representaciones mentales, autorregular procesos de pensamiento, reducir incertidumbres, posibilitar decisiones, rechazar desaciertos, registrar avances. Queda un camino por recorrer; la tarea exploratoria brinda la posibilidad de tomar conciencia tanto de potencialidades en lo individual y en lo colectivo, como de limitaciones que -lejos de inhibir- son un reto para que el trabajo continúe en la realización de las etapas previstas. Es posible que durante la ejecución de las mismas sea necesaria la incorporación de especialistas en disciplinas específicas tales como matemática e informática.

Una actitud crítica y reflexiva fue la constante, así como el buen humor y compañerismo. Quien dice que lo geométrico es limitante y aburrido?

REFERENCIAS

- [1] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 13 Fig. 2.
- [1] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 13 Fig. 2.
- [2] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 63.
- [3] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 13 Fig. 2.
- [4] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 67.
- [5] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 68 Fig. 83.
- [6] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 70 Fig. 85.
- [7] TAIBO FERNÁNDEZ Ángel. (1983). **Geometría descriptiva y sus aplicaciones.** Tebal Flores. Tomo 2: Curvas y Superficies, 76.