

UPB

ETSIIT

T E S I S

**para la obtención del  
GRADO DE DOCTOR INGENIERO**

**por**

**F. Hernández Abad**

**Ingeniero Industrial**

**Junio 1985**



## 1. INTRODUCCIÓN

<b>1.1 Motivos que han conducido a la elección de esta tesis</b>	9
1.1.1 Planteamiento de tareas por parte de la industria	9
1.1.2 Aparición de un grupo de investigadores	9
1.1.3. Repercusión en distintos campos del mundo laboral	10
<b>1.2 Desarrollo de la tecnología destinada a Periféricos Gráficos</b>	10
<b>1.3 Pretensión de la tecnología destinada al dibujo de gráficos mediante ordenador</b>	11
<b>1.4 Constitución de un terminal gráfico</b>	11
<b>1.5 Color en terminales gráficos de pantalla</b>	12
<b>1.6 Condiciones en los dispositivos gráficos</b>	12
<b>1.7 Funciones del generador de imágenes</b>	16
<b>1.8 Funciones de los controladores gráficos inteligentes</b>	16
<b>1.9 Software gráfico generalizado</b>	16
<b>1.10 Características de los principales dispositivos de salida gráfica</b>	17
<b>1.11 Fase Actual del diseño así como de la producción asistidas por ordenador</b>	21
<b>1.12 Algunos de los sistemas DAC-FAC</b>	22
<b>1.13 Objetivos</b>	28
<b>1.14 Equipo utilizado</b>	30

## 2. ANÁLISIS

<b>2.1 Nomenclatura utilizada en la elaboración del modelo topográfico</b>	31
<b>2.2 Descripción del modelo</b>	33
2.2.1 Generalidades	33
2.2.2 Tipos de entorno considerados de forma general	35
2.2.3 Puntos cúspide	40
2.2.4 Puntos valle	53
2.2.5 Puntos meseta	58
2.2.6 Puntos cráter	70
2.2.7 Puntos cordillera	79
2.2.8 Puntos cauce	89
2.2.9 Puntos precipicio	96
2.2.10 Puntos de altura generalizada	104
2.2.11 Otros entornos no clasificados entre los anteriores	106
2.2.12 Requisitos de los diferentes entornos	121
2.2.12.1 Orden en la entrada de datos. Interrelación entre los entornos	121
2.2.12.2 Rectificación de puntos de una zona	122
2.2.12.3 Coordenadas reales y coordenadas del modelo	123
2.2.12.4 Multiplicidad de formas de entrada	125
2.2.12.5 Visualización de la matriz de resultados analíticos	127
<b>2.3 Métodos matemáticos a utilizar en la confección de curvas</b>	131
2.3.1 Poligonal simple	131
2.3.2 Método de Spline. Generalidades	132
2.3.2.1 Splines locales	135
2.3.2.2 Splines globales	138
2.3.2.3 Curvas de Bezier	140
2.3.2.4 B-Spline	141
2.3.2.5 Ejemplos de curvas	143
<b>2.4 Obtención de los puntos de las curvas de nivel correspondientes a superficies generadas mediante nuestro modelo</b>	145
2.4.1 Nomenclatura	145
2.4.2 Descripción y generalidades	145
2.4.3 Diferentes opciones en la determinación de puntos de la curva	146
2.4.4 Casos diferenciados que se pueden presentar	150
2.4.5 Detección de los lados del cuadro por donde pasa la curva	155
2.4.6 Obtención del punto de intersección en el lado en que esté situado	156

2.4.7	Secuencia lógica en el proceso de obtención de las curvas	156
2.4.8	Visualización en pantalla, impresora y plotter	158
2.4.9	Utilización de los diferentes métodos de trazado de curvas con los resultados obtenidos y comparación entre éstos.	159
<b>2.5</b>	<b>Obtención de la proyección axonométrica de las superficies generadas mediante nuestro modelo</b>	<b>165</b>
2.5.1	Proyecciones planas. Descripción y generalidades	165
2.5.2	Modelos de alambre con líneas ocultas	169
2.5.2.1	Tratamiento gráfico de puntos mediante variables indexadas	169
2.5.2.2	Axonometría simple con líneas ocultas. Perspectiva Isométrica	172
2.5.3	Métodos de eliminación de líneas ocultas en axonometría	183
<b>2.6</b>	<b>Obtención de la proyección cónica de las superficies generadas mediante nuestro modelo</b>	<b>195</b>
2.6.1	Descripción y generalidades	195
2.6.2	Modelos de alambre con líneas ocultas	202
2.6.3	Eliminación de líneas ocultas	205
<b>2.7</b>	<b>Generación de un sistema conjunto de obtención de proyecciones cónicas o axonométricas</b>	<b>217</b>
2.7.1	Comparación de algoritmos utilizados en ambos métodos y coordinación entre ambos	217
2.7.2	Centrado de las perspectivas obtenidas	220
2.7.3	Laterales de la malla	221
<b>2.8</b>	<b>Obtención de perfiles en las superficies generadas mediante nuestro modelo</b>	<b>223</b>
2.8.1	Perfiles longitudinales y transversales	223
2.8.2	Perfiles oblicuos	223
2.8.3	Perfiles según itinerario	226
<b>2.9</b>	<b>Mallas Ficticias</b>	<b>229</b>
2.9.1	Descripción y características	229
2.9.2	Tratamiento de mallas ficticias	235
2.9.3	Obtención de la perspectiva en este tipo de malla	235
<b>3.</b>	<b>SÍNTESIS</b>	
<b>3.1</b>	<b>Modelo topográfico</b>	<b>237</b>
3.1.1	Programa que lo desarrolla	237
3.1.2	Resultados obtenidos mediante el programa TOPOGRAFICO	258
<b>3.2</b>	<b>Curvas de Nivel</b>	<b>281</b>
3.2.1	Programas utilizados y resultados obtenidos	281
3.2.2	Obtención de las curvas de nivel mediante plotter	290
<b>3.3</b>	<b>Visualización de la malla en perspectiva</b>	<b>299</b>
3.3.1	Programa utilizado y resultados obtenidos	299
<b>3.4</b>	<b>Perfiles sobre la superficie de la malla</b>	<b>309</b>
<b>3.5</b>	<b>Mallas Ficticias</b>	<b>315</b>
3.5.1	Programa que transforma la malla y resultados obtenidos	315
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	
4.1	Aplicaciones	321
4.2	Aportación a la investigación actual	327
4.3	Caminos abiertos a otros investigadores	329
<b>5.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>331</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>333</b>

**ÍNDICE DE PROGRAMAS**

ERRCUSPVALL	43
VALLECUSPIDE	48
PERCRATMES	67
MESETACRATER	68
AXONOMETRIA SIMPLE	180
AXONOMETRIA CENTRADA SIMPLE	181
AXON SIN LÍNEAS OCULTAS (DIMETRICO)	187
CONICAPERS	210
TOPOGRAFICO I	238
TOPOGRAFICO II	247
PERFIL DESLIZANTE	255
CURVAS DE NIVEL	282
PLOTTER	291
ADECUADOR	292
PROYECCION MALLA	300
PERFIL POLIGONAL	310
PERFIL SOBRE PLANO	313
MALLA FICTICIA	316



Esta tesis doctoral pretende establecer un modelo matemático para la confección de superficies continuas de tipo topográfico que cumplan determinadas condiciones que van a quedar establecidas a lo largo de su desarrollo.

Existen ya en el mercado algunos modelos de los denominados “de alambre” para la determinación de superficies mediante ordenador; todos ellos tienen como fundamento la triangulación de toda la superficie a partir de las coordenadas de un conjunto de puntos, y se adapta tanto más a la superficie que desea reproducir cuanto mayor es el número de puntos y menor es la distancia entre ellos.

Para el desarrollo de estos modelos no es necesario tener una idea aproximada de la configuración de dicha superficie, pues al ser unos métodos en los que todos los puntos tienen el mismo valor, no puede alterarse el resultado final sin alterar esa nube de puntos.

En determinadas aplicaciones se hace conveniente ofrecer al usuario la posibilidad de establecer formas de superficie totales o parciales de las que se conoce previamente una configuración aproximada, sin tener por ello que dar un gran número de puntos para poderlas definir (cosa que requerirían los métodos convencionales), sino solamente unos puntos elegidos de forma discriminada y con un orden concreto, de manera que estos puntos puedan servir de base para generar mediante un tratamiento específico el resto de puntos que se necesiten para determinar la parte de la superficie en cuestión. Esto hace que la triangulación no sea el tratamiento más adecuado pues no “discrimina puntos”.

El método que se desarrolla en esta tesis permite “discriminar” diferentes tipos de zona dentro de la superficie y que ocupan sólo una parte de ella. En contrapartida tiene una serie de características que hacen que la entrada de puntos sea “ordenada” de forma que se facilite al sistema su identificación para aplicarle el tratamiento que precise.

El equipo mediante el cual se desarrolla el modelo matemático es extraordinariamente importante, pues mientras en algunos equipos existen implementadas determinadas funciones, en otros deben resolverse dichas funciones en base a su programación, con lo que el objetivo final es más difícil de conseguir ya que se produce una disminución en la totalidad de la memoria disponible para el resto de funciones.

Una de las principales barreras con que nos encontramos al pretender introducirnos en el mundo de los gráficos por ordenador es la complejidad de los equipos y su coste.

Por una parte los equipos de los que dispone nuestra Universidad tienen una serie de inconvenientes. A saber:

- Los grandes equipos en los que la capacidad de memoria no es obstáculo disponen de una información que no es fácilmente accesible.

- La posibilidad de su utilización por parte de personas de otros centros de manera continuada en investigación es muy reducida.

- La programación interactiva tiene muchas limitaciones.

- Están generalmente alejados del lugar de residencia del investigador.

- Generalmente son sistemas centralizados con la consiguiente falta de operatividad.

- Los periféricos que utilizan suelen estar compartidos.

Estos problemas se han resuelto en su mayoría utilizando como unidad central de proceso un microordenador, lo cual ha acarreado el tener que ajustarse a las siguientes condiciones:

- Capacidad de memoria relativamente pequeña (64 K RAM + 2 memorias de pantalla).
- Posibilidad de programación interactiva por pantalla.
- Utilización de un lenguaje de bajo nivel (BASIC).
- Funcionamiento autónomo por no pertenecer a una red centralizada.
- Funciones gráficas no implementadas.
- Periféricos adaptados mediante interfaces.

Estas características han hecho a su vez que las funciones a realizar tuviesen limitaciones, entre las cuales destacan:

- No tener facilidad para utilizar un lenguaje de alto nivel (FORTRAN), con lo que la ejecución resulta más lenta.
- Desdoblamiento de tarea en diferentes programas debido a la insuficiente capacidad para crear programas multitarea.
- Dificultades en el tratamiento de funciones angulares continuas de grado en grado, pues los vectores de una dimensión tienen como limitación un número de elementos de 255 cuando serían necesarios 360.
- Obligatoriedad de crear todas las funciones gráficas mediante programa por carecer del implementado de dichas funciones.

No obstante todas las dificultades los objetivos de esta tesis se han logrado hasta el punto de que las previsiones apuntan el hecho de que durante el curso 85-86 este modelo sea utilizado por alumnos de la ETSII de Barcelona, habiéndose interesado también en su utilización la Diputación de Barcelona para su aplicación a niveles de contaminación, Hidroeléctrica de Cataluña para su aplicación en la obtención de perfiles de terreno para la instalación de líneas eléctricas, así como algún gabinete de arquitectos que ha tenido acceso indirecto a la información.

Al programa principal, que confecciona la malla de puntos, acompañan una serie de programas anexos que permiten su tratamiento en cuanto a visualización y que no han podido integrarse en el mismo debido a la capacidad limitada de memoria disponible. En una adaptación del modelo a un lenguaje de alto nivel como el FORTRAN y con el equipo físico apropiado, podían integrarse estos programas en uno solo, que constituiría un paquete de SOFTWARE de características similares a las que se consiguen mediante SISTEMAS CAD-CAM, aunque en este caso no podemos hablar de CAM (fabricación o manufacturación) al menos en las aplicaciones más idóneas, ya que parece ser que los otros métodos son más adecuados para el diseño de carrocerías etc. A pesar de que estas superficies también pueden definirse con este modelo.