

## 2.2.7 - PUNTOS CORDILLERA

Tendrán esta consideración todos aquellos de la malla que por sus coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  y  $Z(I,J)$  se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona estará compuesta por superficies de tipo cúspide dispuestas según una posición entre ellas que permita considerarlas de forma conjunta como un solo entorno.

### Tratamiento de los puntos cordillera:

Consideremos una sección vertical que pase por los vértices de las cúspides (Figura 2-2-7-1). Diferenciaremos los siguientes tipos de puntos en estas zonas:

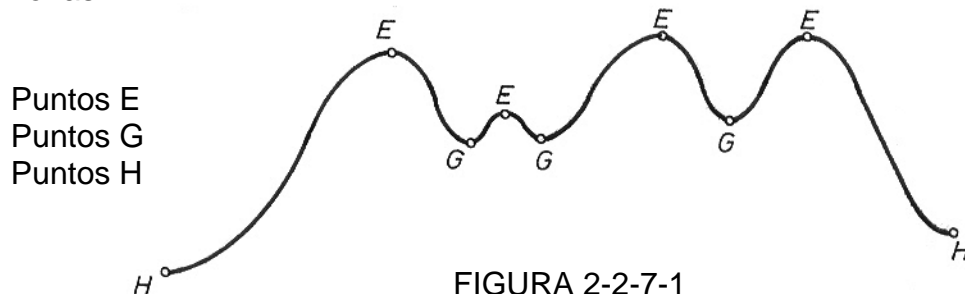


FIGURA 2-2-7-1

Los puntos E serán los vértices de las cúspides que integrarán la cordillera, que en principio se supondrán de las mismas características que las cúspides ya estudiadas.

Los puntos G serán puntos de altura intermedia y estarán situados entre dos crestas; los denominaremos puntos silla por analogía con las sillas de montar. Servirán en esa zona como límites de influencia de una cúspide para separarla de la contigua.

Los puntos H serán los pie de las cúspides y cada una tendrá unos cuantos que al mismo tiempo limitarán su contorno junto con los puntos silla relacionados con esa misma cúspide.

Habrá por tanto tantas subzonas como cúspides en la cordillera y los puntos silla serán los que separarán cada subzona pues pertenecerán al mismo tiempo a dos cúspides distintas.

Existen muchas posibilidades en cuanto al tratamiento de estos puntos entre las que tendremos que elegir la que más se ajuste a nuestras pretensiones. Veamos algunas de ellas:

- a) **Utilización de un sistema de entrada que sólo trate los puntos  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  que tengan una altura  $Z(I,J)$  igual a 0 (estas alturas son las que todavía no han sido asignadas).**

Este sistema requiere una entrada que evite las interferencias entre dos zonas de distinta cúspide, ya que una vez asignada una altura como perteneciente a la influencia de una cúspide, aunque esté también dentro de otra zona de influencia, no lo considerará pasando el tratamiento a otro vértice. La figura 2-2-7-2 ilustra perfectamente esta hipótesis.

El sistema de limitación no puede ser en este caso el que se ha utilizado en los otros entornos, pues de ser así se produciría una interferencia en los puntos silla que haría que los puntos de la malla más cercanos a esta zona fuesen considerados dentro de la primera subzona que tratásemos con el consiguiente error si se trata de un punto que pertenece a la subzona contigua.

Los límites de subzona no pueden ser curvos, sino que deben ser planos vértices que pasan por los puntos exteriores de subzona (poligonal cerrada en proyección horizontal, figura 2-2-7-2 ya mencionada).

Esto obliga a que los puntos contiguos a los puntos silla deban ser pertenecientes a las dos cúspides donde concurren por lo que se tomarán al asignar las alturas en los dos casos.

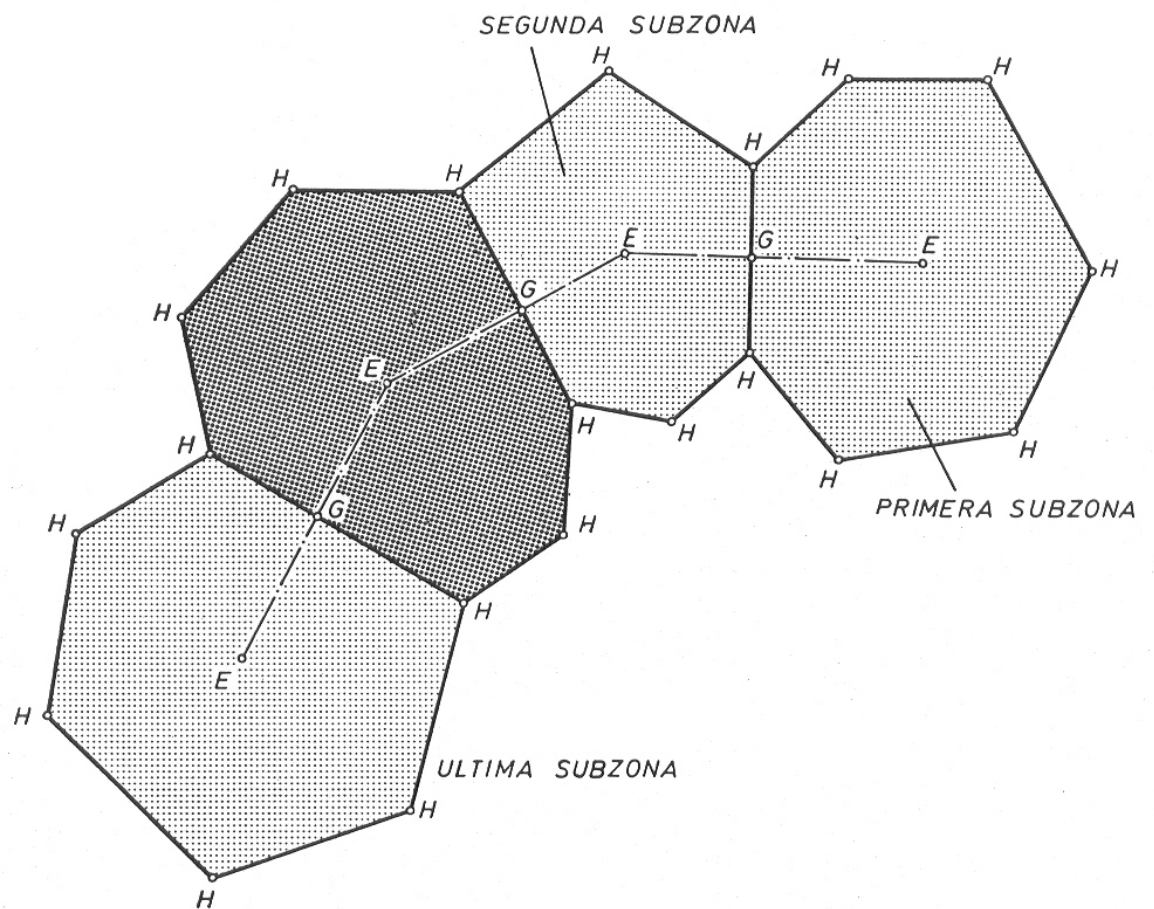


FIGURA 2-2-7-2

La primera cúspide de la cordillera y también la última tendrán un tratamiento especial pues solo contienen un punto silla, mientras que las cúspides intermedias tienen dos. Esto debe reflejarse en la entrada de puntos, que debe ser especialmente ordenada para que el sistema lo "entienda" y procese los datos de forma adecuada. La secuencia que se ha considerado para establecer este modelo es la siguiente:

- Elección del primer punto cresta E; este punto será el correspondiente al extremo más oriental de los dos que componen la unión ordenada de todos los puntos cresta.
- Entrada del primer punto silla G; este punto será el perteneciente a la cúspide del primer punto cresta.
- Entrada del resto de puntos pié correspondientes a esta primer cúspide (puntos H).
- Determinación del límite de la primera subzona; esto se hará de la forma siguiente (figura 2-2-7-3):

Se dividirá la subzona en 36 partes mediante planos verticales que pasen por el punto cresta E que coincidirán en proyección horizontal con los múltiplos de  $10^\circ$  sexagesimales empezando por la horizontal desde E hacia la derecha. Las superficies encerradas en estos sectores quedarán limitadas por las rectas que unen los distintos puntos H en su parte más alejada del vértice o cresta E.

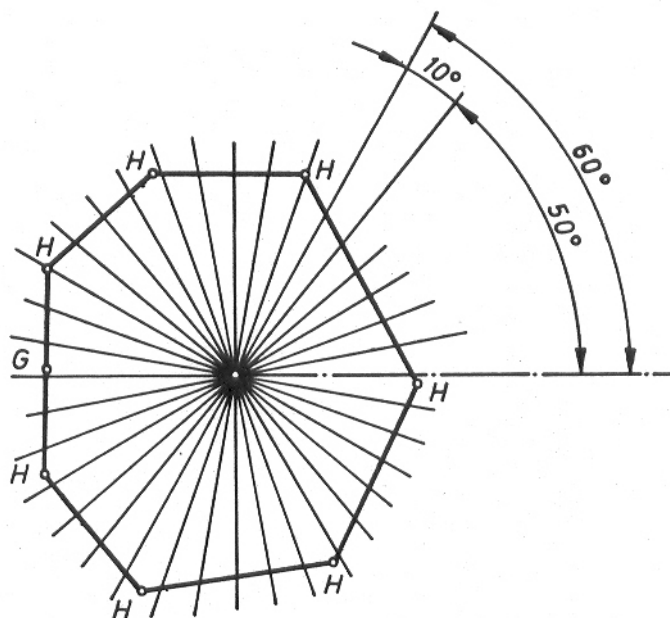


Figura 2-2-7-3

• La obtención de la altura de los puntos se hará de forma similar a los otros entornos y será: Considerar los puntos dentro de una curva que tendrá las siguientes características (figura 2-2-7-4):

- Se formará a partir de dos puntos principales, uno será el punto E y el otro se obtendrá por interpolación dentro de la recta que une los dos puntos H a cuyo sector pertenece (en función del ángulo que forma con respecto a la horizontal de referencia), y la proyección del plano vertical que pasa por E y por el punto X(I,J), Y(I,J).
- Tendrá un máximo en el punto E.
- Tendrá un mínimo en el punto H\* (el punto G tendrá la misma consideración que los puntos H).
- Tendrá una curva sin ningún máximo o mínimo en la zona intermedia entre E y H\*.

Para una mejor visualización se ha dibujado la curva en la figura 2-2-7-5 dentro del plano del papel.

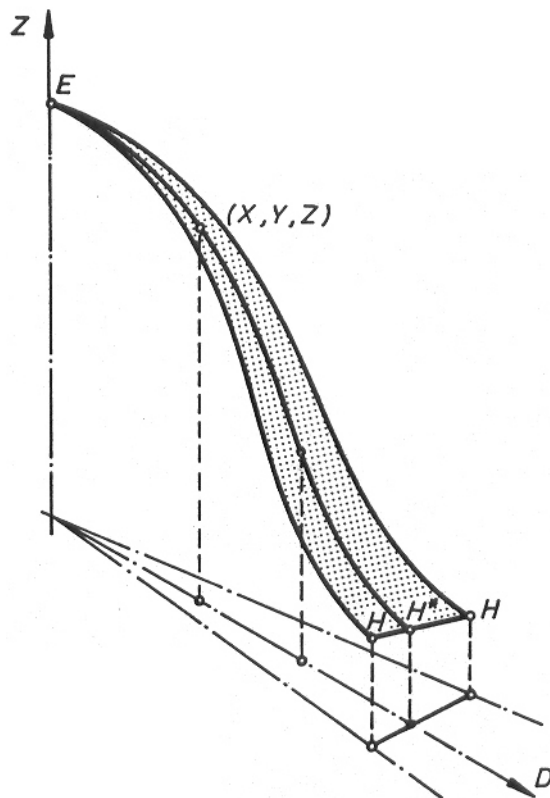


FIGURA 2-2-7-4

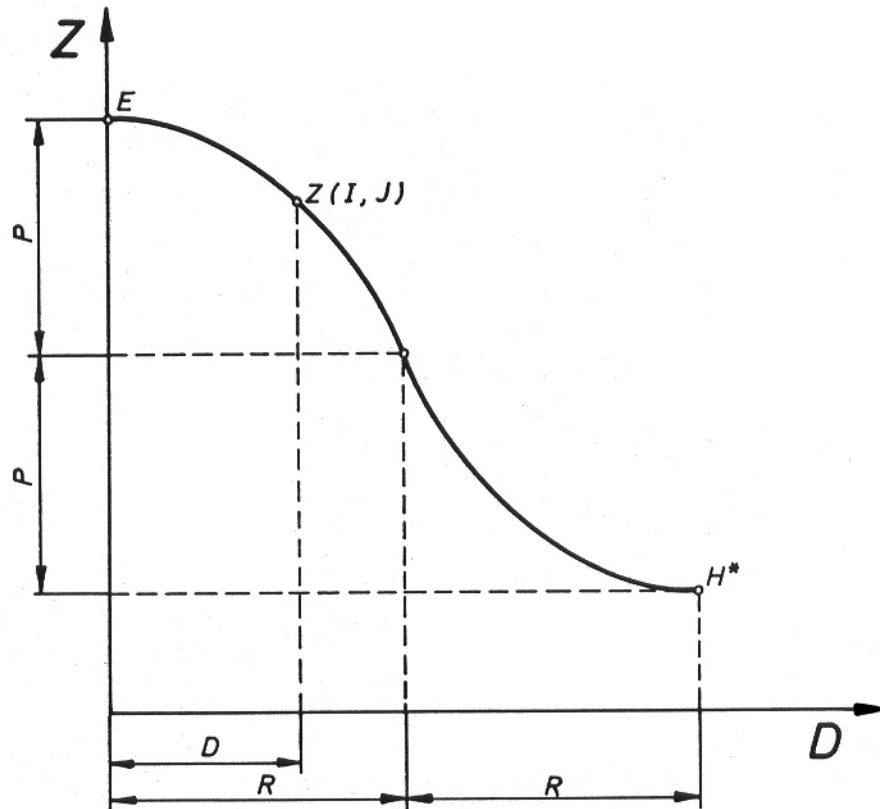


Figura 2-2-7-5

Puesto que hay muchas curvas que podrían cumplir esos requisitos, vamos a considerar dicha curva como una de tercer grado que además de las condiciones anteriores cumple que pasa por el punto que está a distancia media entre E y H proyectados y que su altura es el promedio de alturas entre E y H.

Se determinará la distancia  $d$  que existe entre el punto que estamos tratando y el punto E en proyección horizontal. Esta será la abscisa cuya ordenada deberemos encontrar dentro de la curva que ya hemos descrito.

Hecho esto, esa ordenada la convertiremos en  $Z(I, J)$  pues será la altura que corresponde al vértice  $(I, J)$  de la malla cuyas coordenadas horizontal son  $X(I, J)$ ,  $Y(I, J)$ . Posteriormente pasaremos al cálculo de la altura de otro punto de la misma subzona.

Una vez finalizada la obtención de puntos de la primera subzona, deberemos continuar la entrada de puntos para completar el entorno.

El siguiente punto a entrar será la cresta de la segunda subzona (figura 2-2-7-2) que debe ser diferenciado en caso de ser la última cresta de la cordillera, pues ésta tendrá un tratamiento específico al igual que la primera.

A este punto cresta, caso de no ser el último, seguirá el punto silla siguiente y tras éste los puntos ladera en sentido antihorario.

Estos puntos servirán para determinar la subzona y posteriormente las alturas de los puntos que se encuentran en ella mediante el mismo procedimiento que en la primera.

Continuaremos la entrada de puntos de las diferentes subzonas siguiendo el mismo orden y tratamiento hasta llegar a la última, en la que el número de puntos silla será sólo uno tal como sucedía en la primera.

El tratamiento de esta última será el mismo que se le aplicó a la primera, teniendo de esta forma asignadas las alturas a la totalidad de puntos de la zona o entorno "cordillera" que estamos tratando.

Este método es el que se ha elegido en principio para el modelo TOPOGRÁFICO, no obstante veremos una variación que ha sido incorporada en otro programa paralelo y que constituye una opción a analizar aunque no la única, por supuesto.

**b) *Utilización de un sistema de entrada a través de subzonas totalmente aisladas, que podrán considerarse como cúspides aisladas a pesar que pueden interferirse entre ellas y cuyas características serían las siguientes (figura 2-2-7-6):***

- No importaría el orden de entrada de las subzonas.
- Cada subzona podría quedar definida como cúspide aislada de las ya vistas (un punto cresta, varios puntos ladera y varios puntos pié).
- En cada subzona deben hallarse las alturas de todos los puntos que las integran (incluidos los que pertenecen también a otra subzona).
- Pueden formarse grupos de cúspides desordenadas (puede ramificarse en más de una poligonal la disposición de las crestas).
- Cuando a un punto corresponda más de una altura (casos de interferencia entre las distintas zonas) entonces se debe determinar la más elevada que será la válida.

Este sistema tiene sus ventajas e inconvenientes, pudiéndose hacer simplificaciones tendentes a eliminar los puntos ladera (puntos B en la figura 2-2-7-6) o combinar ambos métodos utilizando una variable indexada distinta de Z(20,20) para contener las alturas de los puntos hasta que sean definitivas una vez ya se ha finalizado el tratamiento de esas "cordillera".

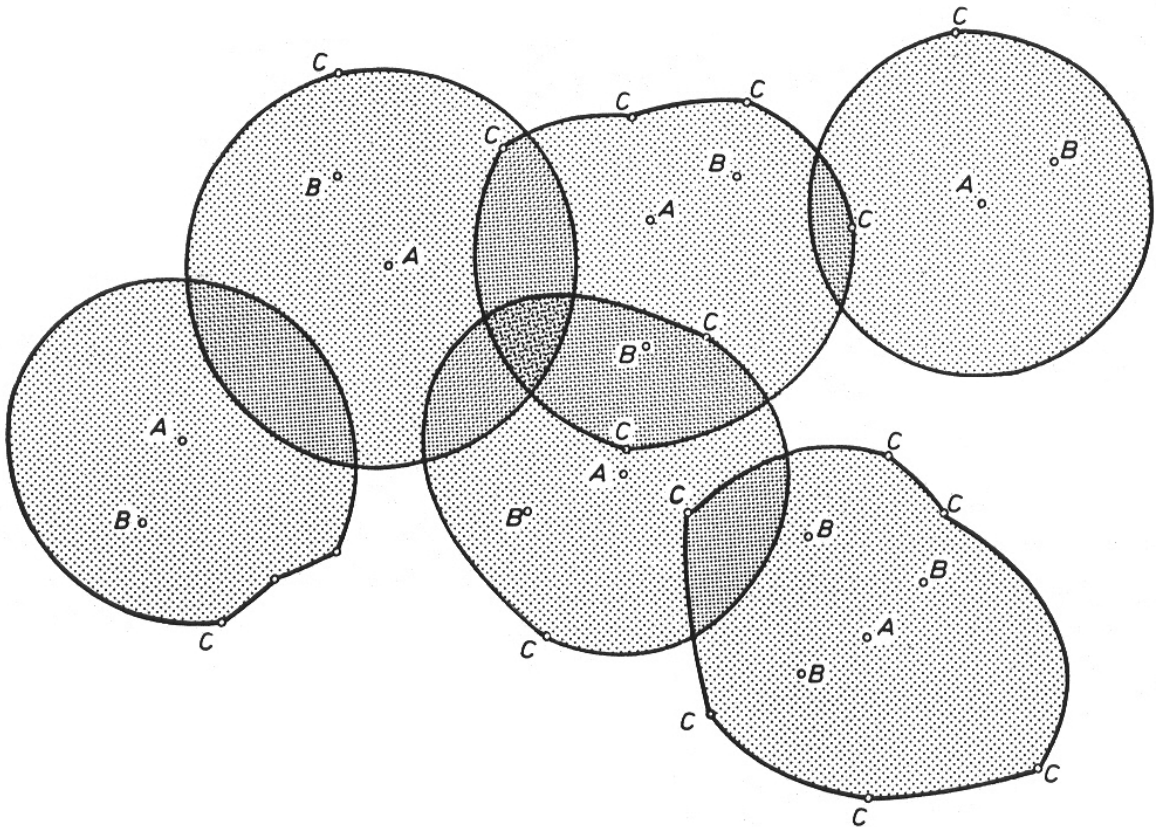


FIGURA 2-2-7-6

Las carencias del primer sistema pueden suplirse con el uso posterior de "cúspides condicionadas" como veremos posteriormente, por lo que en general los resultados van a ser análogos, no obstante, el segundo modo de tratamiento de puntos cordillera es más exacto en cuanto a la determinación de límites de zonas y subzonas, puesto que considera curvas límite en lugar de poligonales en proyección horizontal como hace el primer sistema.

En contrapartida, y como se verá después, el número de puntos a entrar debe ser necesariamente más elevado ya que en el primer caso no utilizamos puntos ladera, aunque su adaptación a la superficie aumente considerablemente.

La resolución de esta zona dentro del programa TOPOGRÁFICO está situada entre las instrucciones 4000 y 4960, aunque utiliza también algunas subrutinas de las situadas fuera de esta zona como por ejemplo la que calcula la altura una vez establecida la curva (instrucciones 6000 a 6240).

Para encontrar los puntos principales de las curvas en este caso se utiliza el método siguiente:

Se consideran los puntos extremos de las curvas dentro de las rectas que unen los puntos pie (o silla) H que habían sido entradas

anteriormente por mediación de sus coordenadas (figura 2-2-7-7). No se hace pues como en los casos anteriores (cúspide, valle, meseta o cráter), mediante interpolación angular o espiral de Arquímedes en planta, sino que debe calcularse la intersección del plano vertical que pasa por el punto de coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  y por el punto E, contra la recta que une los dos puntos H entre los cuales se encuentra.

Puesto que los datos que podemos obtener para determinar las posiciones de los puntos con más facilidad son las coordenadas polares, vamos a utilizarlas para obtener dicha intersección.

Sea la figura 2-2-7-8 el punto  $H(I)$  determinado por su distancia horizontal al punto E(DT), y su ángulo con respecto a la horizontal (DC) así como por su altura (ZT).

Sea la figura 2-2-7-8 el punto  $H(I+1)$  determinado por su distancia horizontal al punto E(DS) y su ángulo con respecto a la horizontal del papel (sentido antihorario) (CC) así como su altura (ZS).

Para cambiar de ejes coordenados restaremos a ambos ángulos el menor de ellos, es decir DC. La figura mencionada se transformaría en esta otra figura 2-2-7-9 y los ángulos equivalentes serían:

$$AF = CC - DC$$
$$\text{El otro ángulo } DC - DC = 0$$

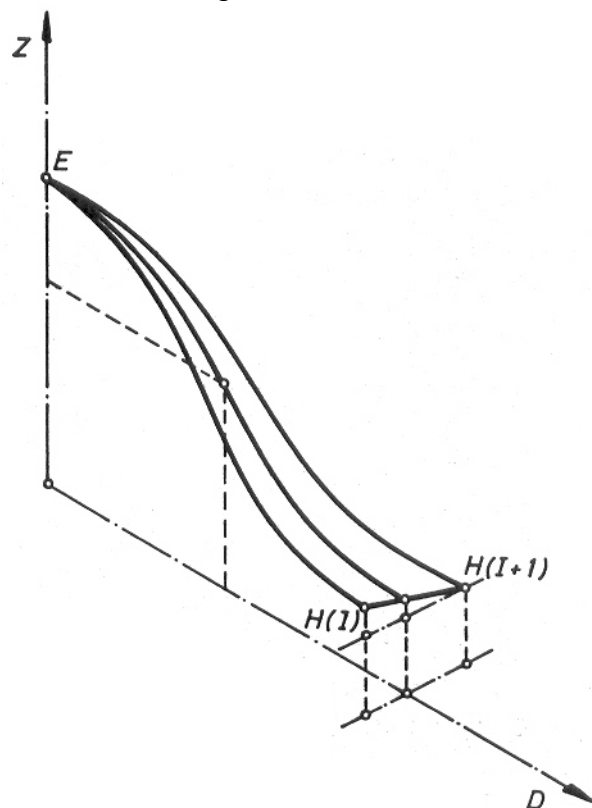


FIGURA 2-2-7-7



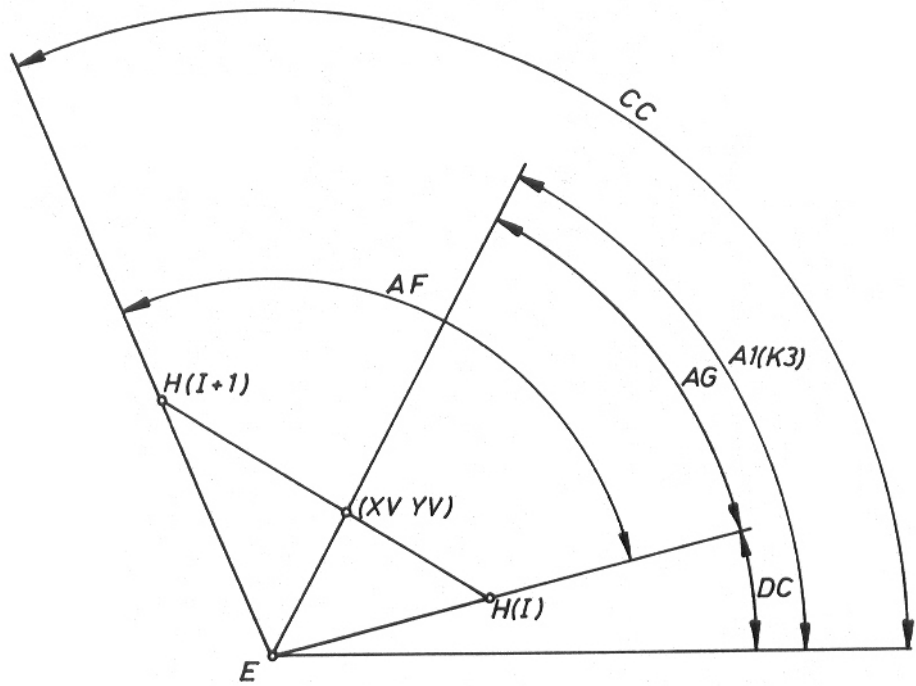


FIGURA 2-2-7-8

Las coordenadas cartesianas que corresponden a estos puntos en el nuevo sistema serán  $(DT,0)$  para el primer punto y  $DS(\cos AF)$ ,  $DS(\sin AF)$  para el segundo.

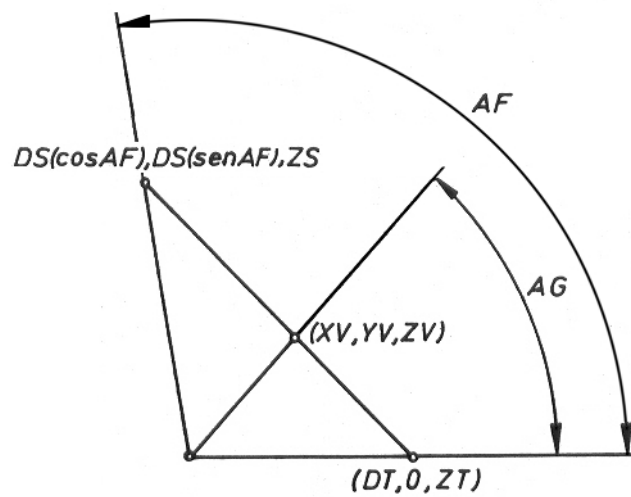


FIGURA 2-2-7-9

La ecuación de la recta correspondiente será, en función de los vectores directores V1 y V2, la siguiente en el plano horizontal:

$$V1 = [DS(\cos AF) - DT] \quad V2 = [DS(\sen AF)] \\ (X - DT)V1 = Y/V2 \quad Y = (V2/V1) * (X - DT)$$

Sea A1(K3) el ángulo que corresponde con respecto a la horizontal del papel (sentido antihorario) al plano que pasa por el punto X(I,J), Y(I,J) y por el punto E siendo vertical (figura 2-2-7-8).

Aplicando la misma reducción hecha a los dos ángulos anteriores tendríamos que A1(K3) se transformará en AG de tal forma que AG = A1(K3)-DC.

Puesto que esta recta pasa por el nuevo origen tendríamos que su ecuación sería: Y = X\*tg AG en el plano horizontal.

El punto XV, YV que cumple ambas ecuaciones será la intersección (punto H de nuestra curva en proyección horizontal).

Su altura se obtendrá por interpolación simple entre los dos puntos C utilizados proporcionalmente a la altura de éstos.

Distancia horizontal entre los extremos:

$$DA = \sqrt{[DS(\cos AF) * DT]^2 + [DS(\sen AF)]^2}$$

Distancia horizontal entre el punto XV, YV y un extremo (punto DT,0):

$$DX = \sqrt{[(XV - DT)^2 + (YV - DT)^2]}$$

Coefficiente de reparto: r = DX/DA

Altura del punto XV, YV:  $ZV = ZT + (ZS - ZT) * r$

Esta labor se realiza en las instrucciones 4845 a la 4940.

Los puntos principales H así obtenidos se utilizan posteriormente para condicionar las curvas que pasan por los puntos de la retícula (coordenadas X(I,J), Y(I,J) y encontrar su altura.

Este procedimiento está ya descrito y puede apreciarse en las figuras 2-2-7-4 y 2-2-7-5.

Para poder aplicar todos estos procedimientos a este entorno, en cada subzona se deben ordenar angularmente las posiciones de los puntos H de partida, y luego obtener para cada punto los dos punto H bajo cuya ángulo se encuentran situados (ángulos DC y CC, figura 2-2-7-8). Esta labor se cumplimenta en las instrucciones 4600 a 4840.

## 2.2.8 - PUNTOS CAUCE

Tendrán esta consideración todos aquellos puntos de la malla que por sus coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  y  $Z(I,J)$ , se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona estará compuesta por superficies tipo valle dispuestas según una posición entre ellas que permita considerarlas de forma conjunta como un solo entorno.

Bajo este nombre no vamos a considerar solamente las superficies con forma de lecho de un río, sino que también incluiremos las que puedan considerarse como cordilleras de alturas negativas. Crearemos un modelo matemático apropiado para los cauces de río que nos permitirá suplir las carencias de este tipo de entorno, que añadiremos al modelo global como una posibilidad más.

### Tratamiento de los puntos Cauce:

Consideremos una sección vertical que pase por los puntos más profundos (vértices de los valles, figura 2-2-8-1).

Diferenciaremos los siguientes tipos de puntos en estas zonas:

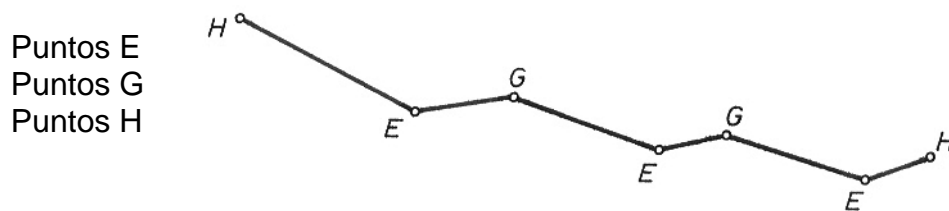


FIGURA 2-2-8-1

Los puntos E serán los vértices de los valles que integrarán el cauce, que en principio se supondrán de las mismas características que los valles ya estudiados.

Los puntos G señalarán la zona de mayor altura en el plano vertical que une dos vértices E. Por analogía con los puntos G de las cordilleras, les llamaremos también puntos silla y servirán para separar las diferentes subzonas que al igual que en las cordilleras integrarán la totalidad del entorno.

Los puntos H serán los puntos término de hondonada. Cada subzona (correspondiente a los vértices que se hayan entrado), contendrá unos cuantos de estos puntos que servirán para limitar el contorno de la misma junto con los puntos silla que también estén relacionados con la misma subzona.

Habrá tantas subzonas como vértices se hayan entrado. Los puntos silla pertenecerán cada uno de ellos a dos subzonas distintas, pues formarán al mismo tiempo parte de dos valles.

Veamos las distintas posibilidades en cuanto al tratamiento de estos puntos:

a) **Sistema de entrada sin interferencias asignando altura solamente a los puntos  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  de la malla cuya altura  $Z(I,J)$  sea cero (no haya sido asignada previamente).**

Como en las cordilleras de este sistema se requiere señalar muy bien las fronteras de cada entorno, así como no dejarse algún punto intermedio, ya que esto supondría una discontinuidad en la superficie generada.

Podemos seguir el desarrollo de esta hipótesis en la figura 2-2-8-2.

A pesar de que utilizamos para los puntos G el mismo nombre que en las cordilleras (puntos silla), en este caso hay veces en que esa acepción no se ajusta a la forma que adopta la superficie alrededor de esos puntos. Esto puede verse claramente en el caso de que tratemos de representar por este sistema el lecho de un río, ya que en este caso es posible que la altura del punto G sea incluso inferior al punto E, que se supone que es el vértice (punto más bajo) de la subzona en que se encuentra.

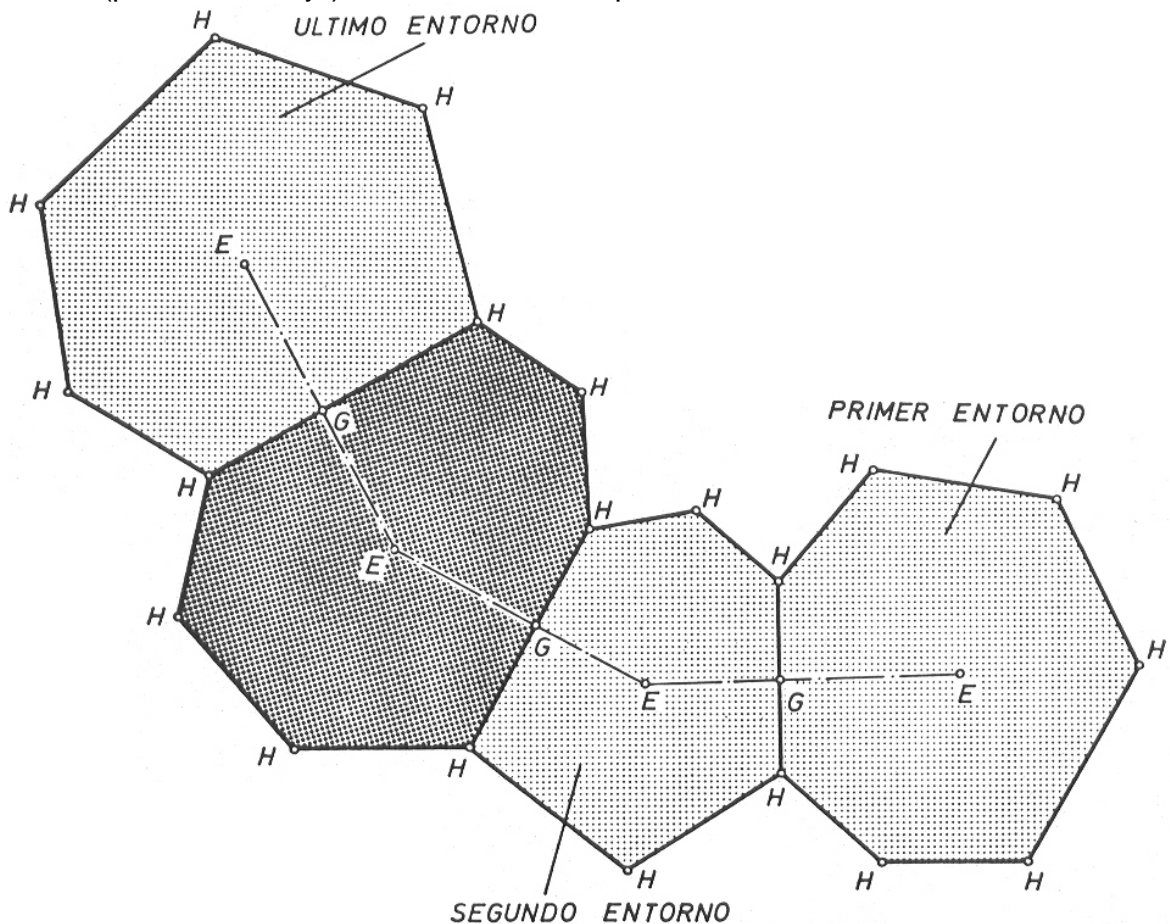


Figura 2-2-8-2

La proyección de la subzona sobre el plano horizontal será un polígono tal como sucedía en la cordillera y el tratamiento de sus puntos muy parecido. Vamos a abordarlo en el orden en que se efectúa:

- Elección del primer punto vértice inferior E: cogemos el más oriental de los extremos de la poligonal que une de forma ordenada estos vértices (en el caso de un lecho sería siguiendo al lecho del río).
- Entrada del primer punto silla G: será un punto alineado en proyección horizontal con el siguiente vértice aunque su altura en general no será la misma.
- Entrada del resto de puntos borde superior correspondientes a esta subzona de influencia del primer vértice (puntos H).
- Determinación de la frontera de la primer subzona. Esta será la limitada por los planos verticales que contienen a los segmentos del polígono que determinan los puntos H y el punto G.

Para una mejor interpretación, podríamos decir que la frontera es la superficie exterior de un prisma recto cuya base es el polígono formado por la unión ordenada de los puntos H y G (figura 2-2-8-3), una vez han sido proyectados sobre el plano horizontal.

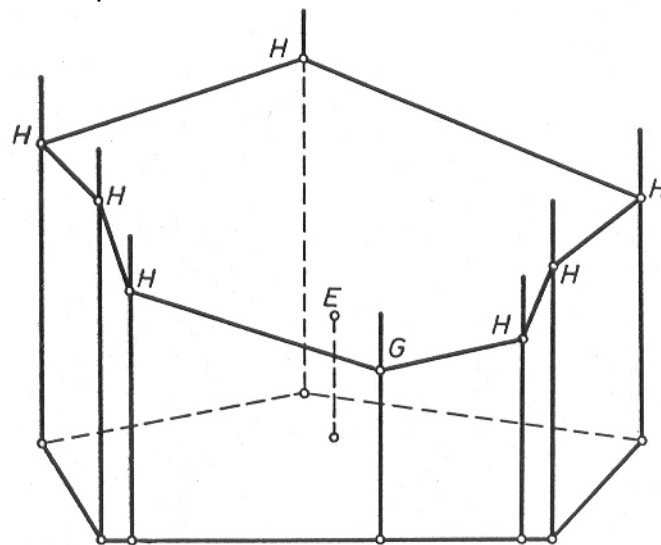


Figura 2-2-8-3

Por último tendríamos que encontrar en esta subzona las alturas de los puntos que están dentro de ella.

La determinación de la frontera se hará hallando en primer lugar el ángulo que forman en proyección horizontal las rectas que unen los puntos H con el punto E (convirtiendo las coordenadas cartesianas en polares con centro en el mismo punto E que se está tratando). El ángulo que se toma como referencia igual a cero será el que determina en cada entorno la recta horizontal que va desde E hacia la derecha (figura 2-2-8-4) y el sentido en el que se toman los ángulos es el antihorario.

Veamos un ejemplo de determinación teniendo en cuenta las coordenadas del punto E y las del punto H en la figura 2-2-8-5.

Llamaremos DH a la distancia del punto H al D y AH al ángulo con respecto al sistema según figura mencionada. Sus valores con respecto a las coordenadas primitivas serán:

$$DH = \sqrt{[(H1 - E1)^2 + (H2 - E2)^2]}$$
$$AH = \text{arcTg}[(H2 - E2) / (H1 - E1)]$$

El ángulo no nos daría siempre entre  $-90^\circ$  y  $+90^\circ$ .

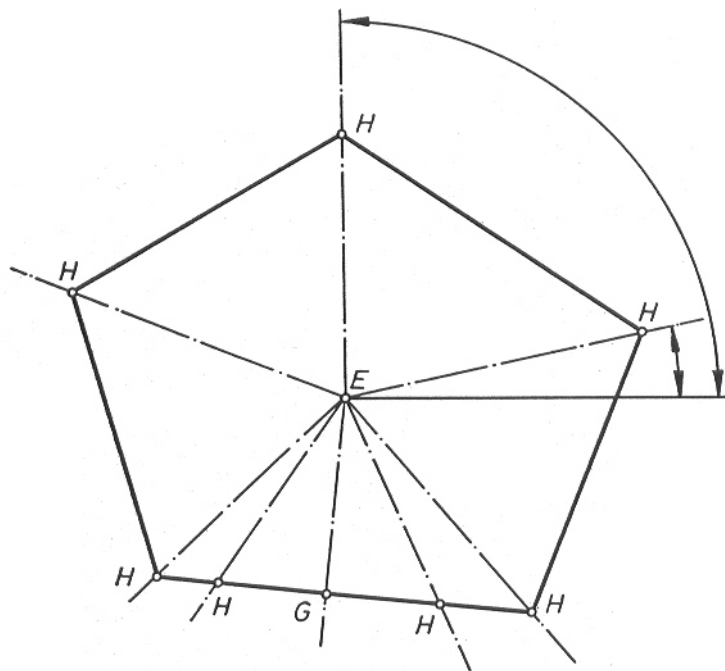


Figura 2-2-8-4

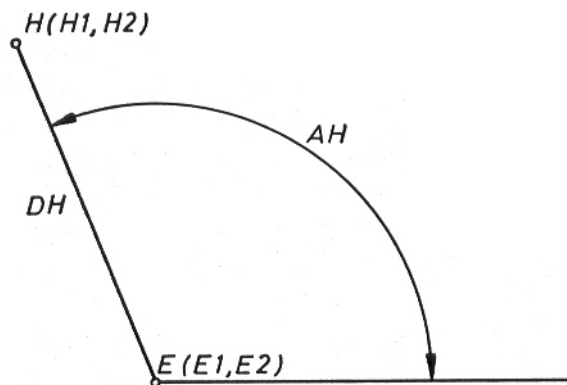


Figura 2-2-8-5

En el tratamiento informático deberemos simplemente evitar que se anule el denominador e identificar el cuadrante en que nos encontramos a través de las coordenadas cartesianas.

La subrutina que efectúa estos cálculos se halla en el programa TOPOGRÁFICO entre las instrucciones 4600 y 4690 también utilizadas en el caso de los entornos cordillera. En las instrucciones 4700 a 4750 se ordenan de forma creciente los ángulos, con lo que tenemos perfectamente identificada esta subzona.

Para poder utilizar las subrutinas frontera que habíamos creado en las zonas cúspides y valles, también utilizadas en mesetas y cráteres, procedemos a la partición de esta subzona en 36 partes cuyos límites se obtendrán a través de las coordenadas polares de las proyecciones horizontales de los puntos H (o G en su caso), tal como se hizo en los puntos cordillera (punto 2.2.7 hipótesis a) figuras 2-2-7-7 y 2-2-7-8) con la única diferencia de que en este caso el punto E va a tener en general una altura inferior a los puntos H con lo que la figura 2-2-7-7 se convertirá en figura 2-2-8-6.

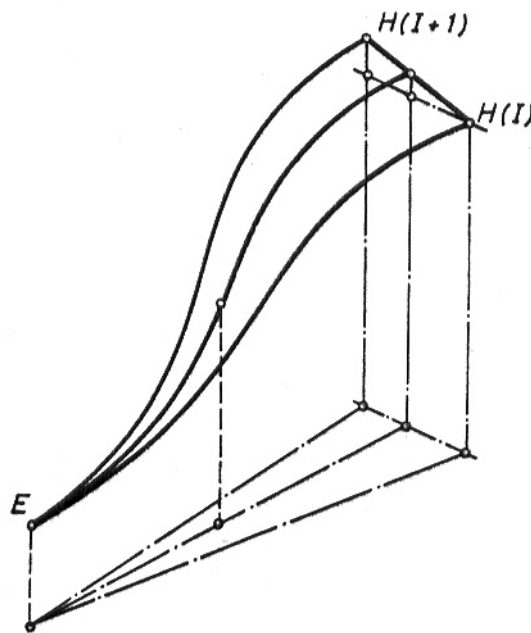


FIGURA 2-2-8-6

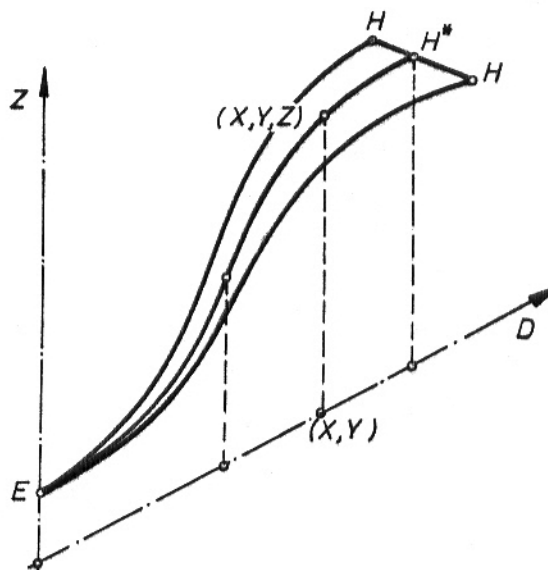


FIGURA 2-2-8-7

Realizado el proceso de obtención de la altura en el extremo de la frontera para cada ángulo de  $10^\circ$  hasta  $360^\circ$ , procederíamos a la obtención de los puntos principales de la curva que pasa por el vértice de la malla cuyas coordenadas  $X(I,J)$  e  $Y(I,J)$  son conocidas y por lo tanto cuya distancia horizontal al punto E nos ha permitido considerarle en el interior del entorno.

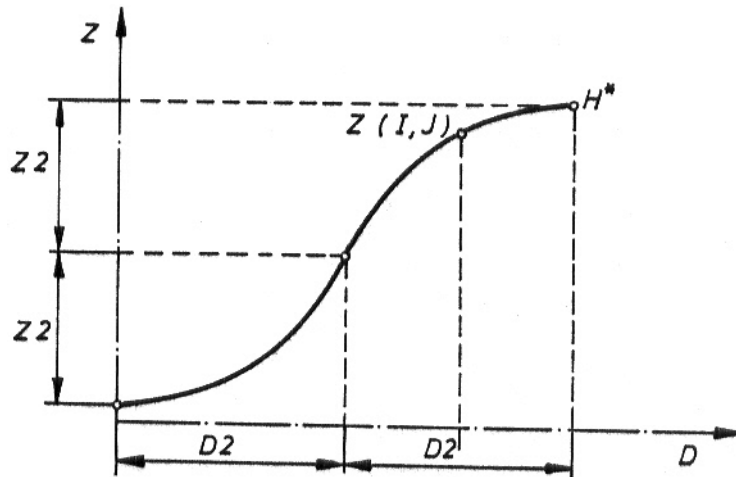


FIGURA 2-2-8-8

La curva ya localizada entre estos dos planos verticales de abertura  $10^\circ$ , deberá tener las siguientes características (figuras 2-2-8-7 y 2-2-8-8):

- Se tomará a partir de dos puntos principales, uno de los cuales será el punto E y el otro se obtendrá por interpolación dentro de la recta que une los dos puntos H a cuyo sector pertenece (de entre los 36 hallados), en función del ángulo que forma respecto a la horizontal de referencia, y la proyección del plano vertical que pasa por E y por el punto de coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$ .
- Tendrá una pendiente nula en el punto E.
- Tendrá un máximo en el punto  $H^*$ .
- Será una curva sin ningún máximo o mínimo en la zona intermedia entre los puntos E y  $H^*$ .

Puesto que con estos requisitos la curva podría ser de varias formas, vamos a situar como en el entorno anterior un punto entre ambos de forma que nos la determine. El punto tendrá la altura intermedia entre E y  $H^*$  y su distancia al punto E será la mitad de la distancia entre E y  $H^*$  en proyección horizontal.

Podemos cumplir todos estos requisitos con una curva de tercer grado con dos tramos como las que habíamos visto con anterioridad y utilizar la misma subrutina para su resolución por lo que no vamos a repetir las ecuaciones que la resuelven y que se hallan en el programa TOPOGRÁFICO en las instrucciones 6000 a 6240.



La resolución de estas ecuaciones nos proporciona la altura del punto, que es lo que nos interesaba.

Después de haber hallado la altura de todos los puntos que están dentro de esta primera subzona, se procede a definir la segunda, que sólo se diferenciará de la primera en que contendrá dos puntos silla en lugar de uno. una vez convertidos estos últimos en puntos H para su tratamiento, el procedimiento será idéntico al aplicado en la primera fase.

En la última subzona volveremos a encontrarnos con un solo punto silla y ello nos permitirá repetir el proceso de la primera.

De esta manera habríamos hallado la totalidad de las alturas de los puntos de la cuadrícula que se encuentran en este entorno.

**b) Utilización de un sistema de entrada a través de subzonas totalmente aisladas, que podrían considerarse como valles aislados a pesar que pueden interferirse entre ellos y cuyas características serían las siguientes (figura 2-2-8-9):**

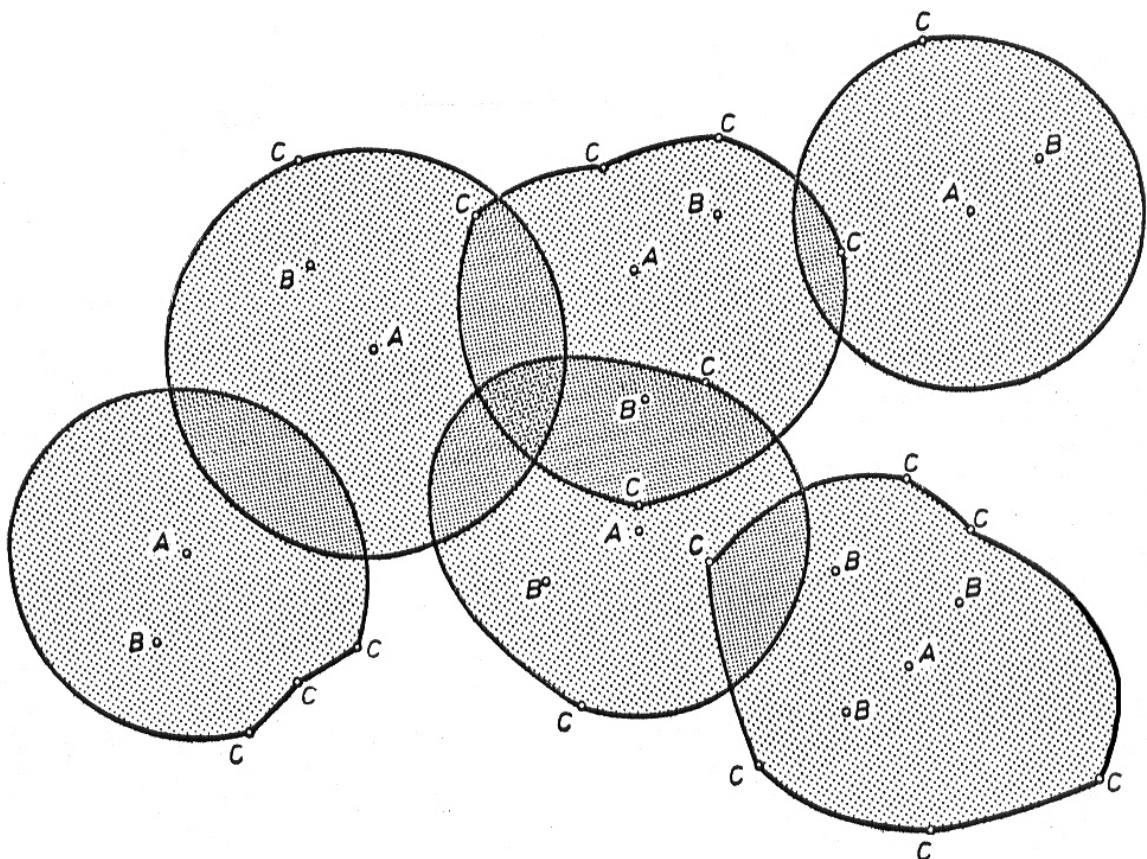


FIGURA 2-2-8-9

- Todos los valles deben definirse mediante su vértice inferior (punto A), puntos ladera en número de uno a nueve (puntos B) y puntos pie también de uno a nueve (puntos C).

- Los puntos que pertenezcan a más de un valle deben calcularse tantas veces como valles a los que pertenecen, tomándose en última instancia el valor más bajo en altura de todos los que se le hubieran asignado.
- Una vez obtenidas las alturas de todos los puntos de la zona (conjunto de varios valles), se procederá mediante una matriz de alturas paralelas, a su vuelco sobre los vértices de la malla, no asignando altura alguna, si así se desea, a los puntos que la tuvieran asignada anteriormente.
- Los modelos matemáticos que se utilizan para la obtención de las alturas, son los mismos empleados en los valles aislados, es decir, que en el punto A la superficie tendrá tangente horizontal, en los puntos C sucederá otro tanto, y en los B la curva tendrá la dirección del segmento AC.

Una variante sería el no utilizar puntos B, sino solamente puntos A y C para obtener automáticamente los puntos B a través de los anteriores.

Naturalmente perderíamos precisión en la definición de la superficie a cambio de mayor rapidez, sin embargo, para entornos normales sería suficientemente aproximado.

Este modelo se ha adoptado en la variante del programa TOPOGRÁFICO que también incorpora el sistema b) de definición de puntos cordillera. Sus restricciones se detallarán más adelante en los puntos 2.2.12 y 2.2.13.

### **2.2.9 - PUNTOS PRECIPICIO**

Consideraremos puntos precipicio a todos los de coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  y  $Z(I,J)$  que se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esa zona consistirá en toda la malla y afectará a aquellos puntos cuya altura no haya sido asignada con anterioridad por pertenecer a otro entorno. Básicamente habrá una subzona de puntos elevados y otra subzona de puntos bajos separadas ambas por una poligonal que será la que determinará la frontera entre ambas.

#### **Tratamiento de los puntos precipicio:**

Consideraremos una sección vertical de la superficie que atraviese la poligonal de puntos frontera (figura 2-2-9-1). En estas zonas habrán cuatro tipos diferenciados de puntos:

Puntos borde elevado  $G(F,1)$ ,  $G(F,2)$ ,  $G(F,3)$

Puntos borde bajo  $G(F,1)$ ,  $G(F,2)$ ,  $G(F,4)$

Punto de referencia en subzona alta  $H(1,1)$ ,  $H(1,2)$

Punto de referencia en subzona baja  $H(2,2)$ ,  $H(2,2)$

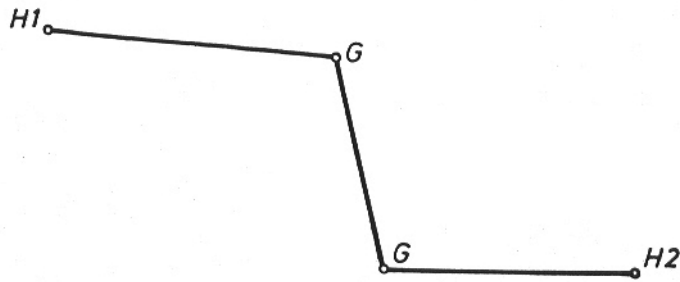


FIGURA 2-2-9-1

Los puntos borde elevado y borde bajo tienen las mismas coordenadas horizontales y únicamente difieren en su altura. En proyección horizontal constituyen la poligonal que vamos a utilizar como frontera (figura 2-2-9-2).

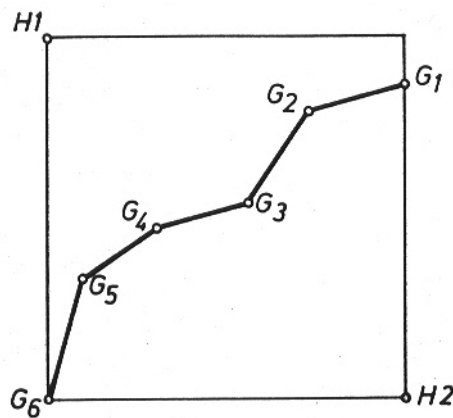


FIGURA 2-2-9-2

El punto de referencia para la zona superior será el vértice de la cuadrícula más alejado de la poligonal en su parte baja H2.

Estos puntos de referencia servirán como datos en la delimitación de las dos subzonas de influencia.

En el apartado 2.2.11 se establece también la posibilidad de definir este tipo de entorno con otras características.

*Forma de entrada de los puntos cordillera:* La entrada de puntos se hará de forma ordenada y empezará por un extremo de la poligonal, que tampoco será cualquiera de ellos, sino el más oriental, es decir, el más orientado hacia la derecha del observador. este punto debe coincidir por lo tanto con uno de los lados de la cuadrícula, aunque no tiene por que coincidir con un vértice. El último punto también estará situado en un lado de la cuadrícula y tiene las mismas características del primero en cuanto a su posición.

Puesto que los puntos de la poligonal sirven para obtener puntos de la parte superior del entorno así como de la base inferior, no entraremos dos veces la poligonal, sino que solamente repetiremos la tercera coordenada (altura) estableciendo el criterio que la tercera coordenada corresponda al punto

elevado mientras que la cuarta corresponderá al punto bajo cuya proyección horizontal coincide por tener las mismas coordenadas.

Tras el último punto de la poligonal, se introducirá el punto de referencia que corresponde a la zona alta, que deberá ser uno de los cuatro vértices del cuadrado global de la malla y cuya altura será el promedio de las diferentes alturas elevadas de la poligonal. por último se introducirán las coordenadas del punto de referencia correspondiente a la zona baja (también dos coordenadas). Su altura será el promedio de las diferentes alturas de la poligonal en su zona baja.

El modelo matemático que vamos a adaptar a este entorno es el siguiente (figura 2-2-9-3):

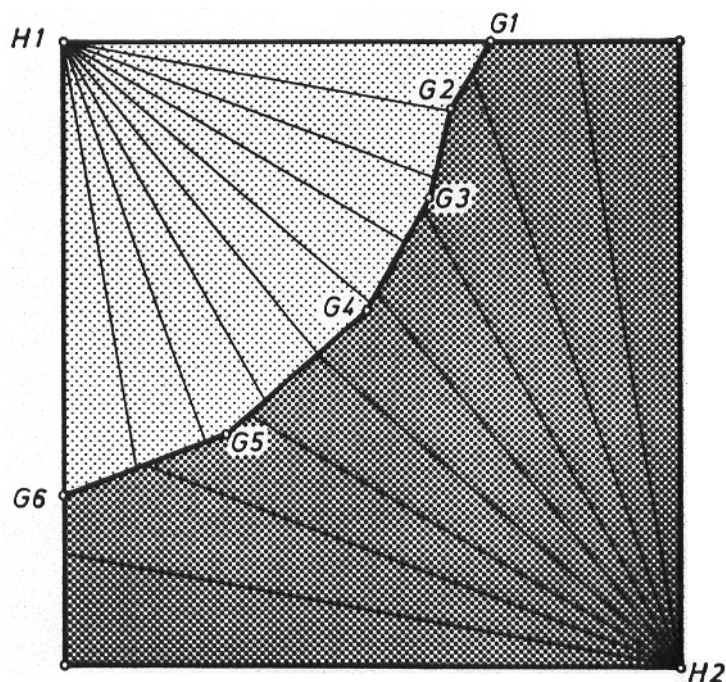


FIGURA 2-2-9-3

*Consideraremos la superficie total de la malla (puntos no definidos) dividida en dos partes: zona alta y zona baja. Los límites de ambos entornos serán los de la cuadrícula hacia el exterior y la propia poligonal hacia el interior.*

*Primero consideraremos las alturas de los puntos altos y posteriormente los puntos bajos. Para establecer los límites del subentorno procederemos de forma análoga que en cordilleras o mesetas. El punto de referencia será el centro de las radiaciones que de  $10^\circ$  en  $10^\circ$  apartarán los  $90^\circ$  de cada subzona.*

*Para cada una de estas radiaciones (figura 2-2-9-3), calcularemos la intersección del plano vertical con la poligonal.*

*Por último consideraremos que los puntos situados entre dos de estas radiaciones se encuentran en el plano determinado por ellas, es decir, el plano que determinan los tres puntos (figura 2-2-9-4).*



FIGURA 2-2-9-4

*Como la poligonal no cubre los 90° de la cuadrícula en todos los casos, deberemos añadir cuando así se requiera, los puntos necesarios para completar la malla (que será en casi todos los casos). estos puntos serán los vértices extremos de la cuadrícula que no hayan sido utilizados ya como puntos de referencia.*

Esta última parte requiere una identificación de la trayectoria de la poligonal por parte del procesado. La base de esta identificación está en concretar la posición del extremo inicial, así como del final y del punto de referencia tomado para los puntos altos.

Podemos decir que hay ocho posiciones básicas posibles que podemos definir mediante los dibujos simplificados de las cuadrículas que les corresponden (figura 2-2-9-5).

Para cada una de estas trayectorias simplificadas en proyección horizontal, existen dos posibilidades en cuanto a la posición del punto de referencia (que se encuentre a uno u otro lado de la poligonal).

Cuando estemos tratando las posiciones uno, dos, tres y cuatro; mientras que desde un punto de referencia abarcamos toda la poligonal con los 90°, desde el otro punto de referencia el ángulo abarca no sólo la poligonal, sino también dos segmentos (uno por cada lado) que forman parte del contorno de la cuadrícula. Para hacer el estudio sistemático de esa subzona, debemos añadir a los puntos de la poligonal un punto más por cada lado (el vértice de la cuadrícula).

Por el contrario en los casos cinco, seis y siete, aparece en cada subzona un segmento en un extremo de la poligonal a fin de completar el área que abarca los 90°.

Deberemos identificar el caso del que se trata y añadir el punto o puntos correspondientes cuando estamos calculando las alturas de los puntos pertenecientes a la subzona en la que se necesitan.

En el programa TOPOGRÁFICO se consigue identificar las distintas hipótesis (también numeradas en el mismo orden) y darles el tratamiento adecuado a partir de la instrucción 3210 a 3320 y 3500 a 3870.

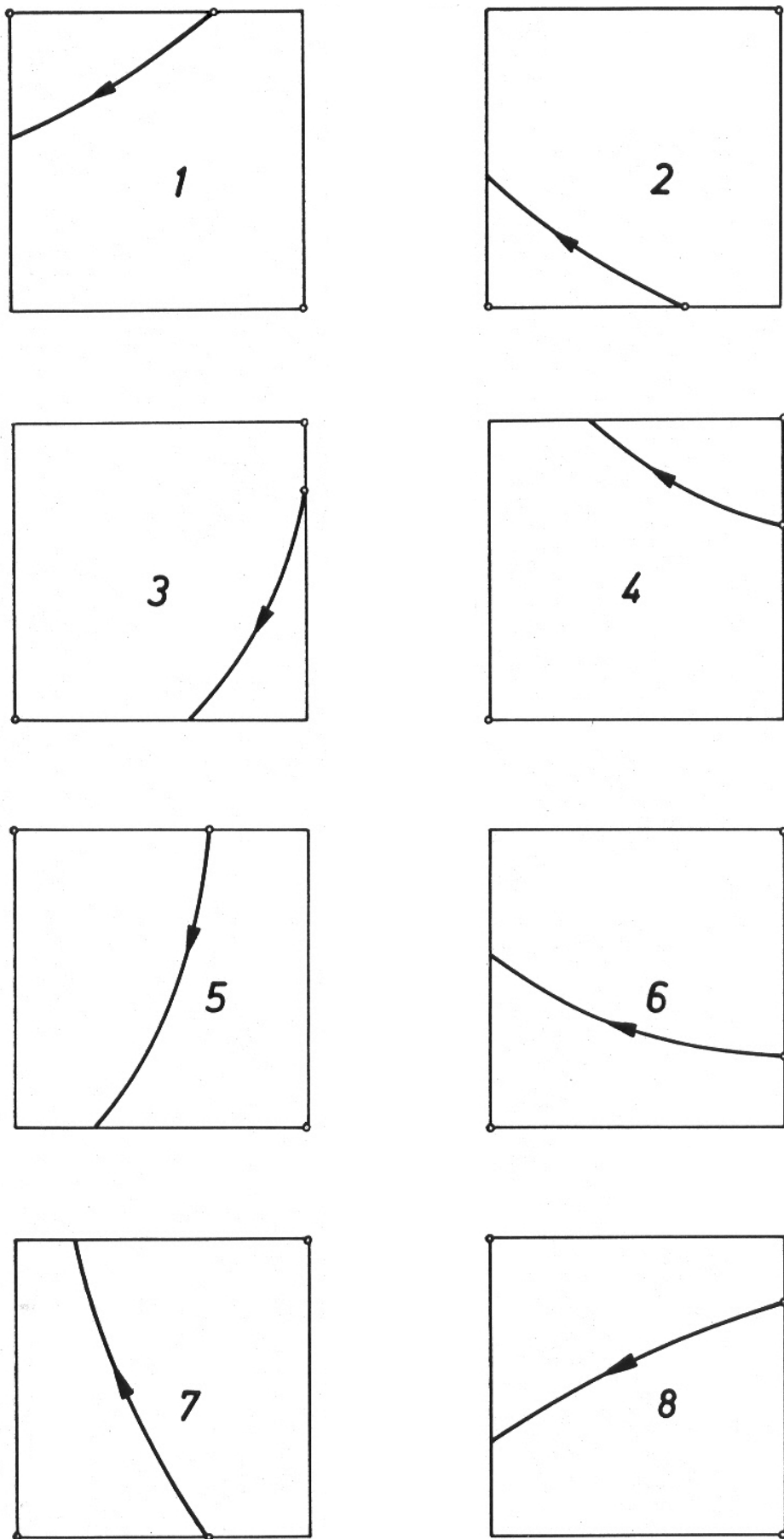


FIGURA 2-2-9-5

Una vez tenemos el subentorno definido a través de sus puntos, debemos aplicarle la subdivisión en zonas que abarcan  $10^\circ$  para lo que previamente hay que determinar los ángulos con que se ve cada punto desde el de referencia y posteriormente ordenarlos.

La identificación de ángulos se efectúa a través del vector director de los diferentes segmentos (figura 2-2-9-6).

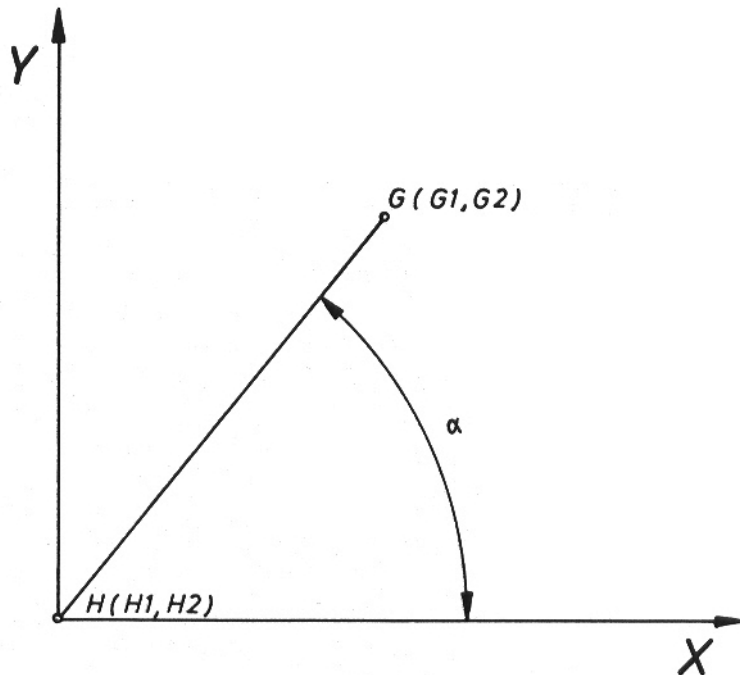


FIGURA 2-2-9-6

Para evitar el arrastrar una nomenclatura más engorrosa, al punto de referencia le llamaremos  $H(H_1, H_2)$  y al punto de la poligonal  $G(G_1, G_2)$ , bien entendido que habrá que repetir el proceso para cada punto de la poligonal y en las dos subzonas con el punto  $H$  correspondiente  $(H(1,1), H(1,2))$  para la zona alta y  $H(2,1), H(2,2)$  para la baja como establecimos anteriormente).

Vector director del segmento  $HG V_1 = (G_1 - H_1) V_2 = (G_2 - H_2)$

Puesto que  $Tg \alpha = V_2/V_1$  se verifica que  $\alpha = \text{arc Tg } V_2/V_1$

Esto sólo nos daría valores de ángulos comprendidos entre  $90^\circ$  y  $-90^\circ$  por lo que debemos añadir la identificación completa para los casos en que el cuadrante en el que está situado el punto sea distinto del primero. La identificación la hacemos en función de los signos que adquieren los componentes del vector director:

$V_1$  y  $V_2$  positivos indican primer cuadrante.

$V_1$  negativo y  $V_2$  positivo indican segundo cuadrante.

$V_1$  y  $V_2$  negativos indican tercer cuadrante.

$V_1$  positivo y  $V_2$  negativo indican cuarto cuadrante.

Cuando  $V_1$  se acerca al valor cero, el tratamiento se hace a través del arco cotangente con lo que se elimina la posibilidad de que el resultado del cociente, es decir,  $V_2/V_1$  sobrepase la capacidad del ordenador.

Al mismo tiempo que se determina el ángulo y puesto que hay que hacerlo para todos los puntos  $G$  (incluidos los añadidos vértices de la malla) determinamos la distancia que les separa del punto  $H$ , lo que nos ayudará posteriormente a formar la frontera del subentorno, que también se hace a partir de los vectores de posición respectiva que son los vectores directores utilizados:  $DB = \sqrt{[V_1^2 + V_2^2]}$ .

El proceso que hemos descrito se encuentra en las instrucciones 3321 a 3348 del programa TOPOGRÁFICO con la única variante que supone la nomenclatura, adecuada en este caso para el proceso repetitivo (que requiere un cambio de nombre en las variables).

El siguiente paso será ordenar estos ángulos en el sentido creciente considerado como tal el antihorario. es conveniente hacerlo así para poder identificar entre qué radiaciones se encuentran los puntos a tratar. esto se desarrolla en las instrucciones 3352 a 3362 del programa TOPOGRÁFICO.

La frontera del subentorno quedará bien definida (figura 2-2-9-7) cuando obtengamos los valores de los puntos de la poligonal que están situados en los planos verticales que pasando por la vertical de  $IH$ , pasan de  $10^\circ$  en  $10^\circ$  dividiendo el cuadrante.

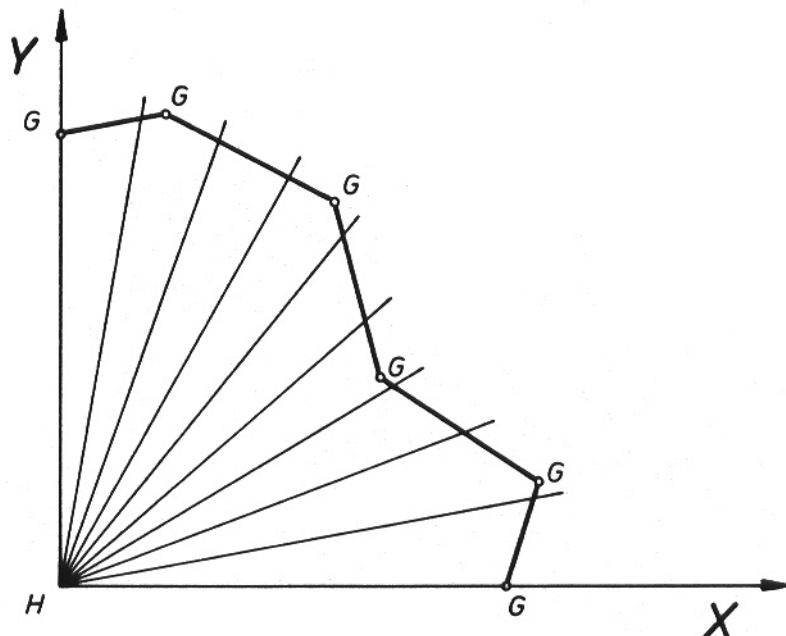


FIGURA 2-2-9-7

Para cada ángulo hay que encontrar el punto  $G$  anterior y el posterior e interpolar para conseguir la posición sobre ese ángulo. las instrucciones 3366 a 3446 del programa TOPOGRÁFICO efectúan esta labor.



El último paso es determinar la altura del vértice de la malla, suponiendo que en la zona de  $10^\circ$  la superficie es plana como habíamos planteado ya (figura 2-2-9-4).

Considerando ese trozo plano de superficie, tendríamos (figura 2-2-9-8):

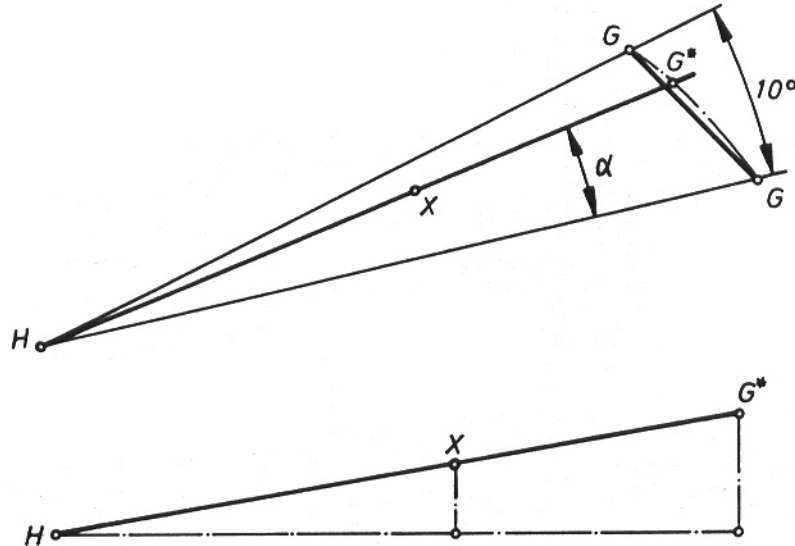


FIGURA 2-2-9-8

Puesto que se trata de un modelo de alambre podemos obtener sin gran error el extremo interpolando angularmente una vez determinado el ángulo  $\alpha$ . Para ello se utilizará la subrutina que localiza ese tipo de puntos en los entornos cúspide, valle, meseta y cráter.

Una vez tenemos los dos extremos del segmento, podemos obtener la altura del vértice de la malla mediante interpolación lineal.

Suponiendo que los puntos extremos fuesen H(H1, H2, H3) y G(G1, G2, G3) y el punto cuya altura buscamos X(X, Y, Z) tendríamos:

$$\text{Distancia H-G } DT = \sqrt{[(H1 - G1)^2 + (H2 - G2)^2]}$$

$$\text{Distancia X-H } D = \sqrt{[(H1 - X)^2 + (H2 - Y)^2]}$$

$$\text{Factor de proporcionalidad } R = D / DT$$

$$\text{Altura del punto } XZ = H^3 + (G3 - H3) * R$$

Este procedimiento está incorporado en el programa TOPOGRÁFICO y corresponde a las instrucciones 6600 a 6620. Dada la condición repetitiva del proceso, las variables han sido cambiadas de nombre, siendo H el punto de coordenadas A(N,1), A(N,2), A(N,3) por su parte la distancia DT es D2(KF) y la altura del punto G es ZZ(KF).

Aplicando este procedimiento a todos los puntos que están dentro de cada subzona habríamos completado el cálculo del entorno.