

**DIGITIZACION SEMIAUTOMATICA DE AREAS ADMINISTRATIVAS.
PRESENTACION DE LA BASE DE REFERENCIAS ESPACIALES DE LA DIVISION
ADMINISTRATIVA DE MADRID.**

I. DIGITIZACION Y CARTOGRAFIA AUTOMATICA

La aparición, relativamente reciente, de la cartografía automática como herramienta de investigación en Geografía, conlleva una serie de tareas relacionadas, cuya discusión puede ser de gran interés de cara a la mayor y mejor utilización de la informática en la elaboración de gráficos, mapas y planos.

La conversión de un elemento cartografiable en su descripción numérica es, sin duda, la más importante de estas tareas aludidas. Se conoce, indistintamente, con los nombres de digitalización o digitalización.

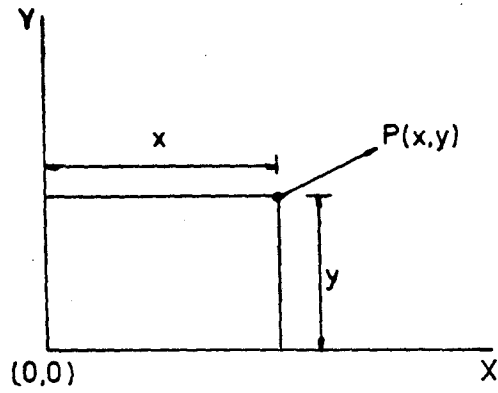
Antes de entrar en el tema concreto de esta comunicación, hemos de referirnos a una serie de nociones básicas sobre el tratamiento digital de imágenes, para encuadrarlo en un contexto adecuado.

En primer lugar, es necesario mostrar cómo los elementos sobre los que se basa la elaboración de un mapa son susceptibles de ser tratados informáticamente, y, por lo tanto, éste puede realizarse de forma automática. En definitiva, el mapa es una simplificación de la realidad, a la que representa mediante puntos (cotas, entidades de población.....), líneas (ríos, carreteras....) y contornos (parcelas, unidades administrativas...). Si tenemos en cuenta que las líneas son una sucesión de puntos, y los contornos un conjunto de líneas, la confección de un mapa se basa, en última instancia, en una información pun-

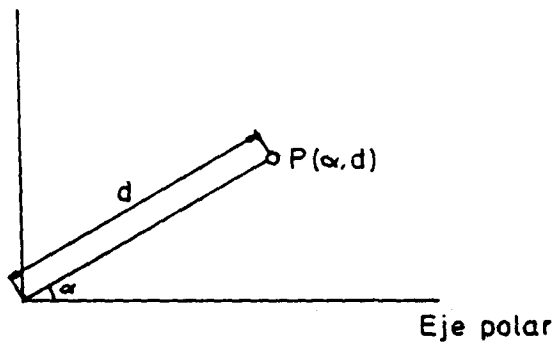
tual. Nosotros, pues, podemos almacenar la localización de estos puntos, bien formando líneas y contornos, o bien aislados, en un soporte informático, que, una vez tratado apropiadamente con un programa de dibujo, es posible verter en un periférico gráfico de un ordenador: impresora de líneas, plotter, pantalla de rayos catódicos, etc.

En general, al geógrafo lo que más le interesa es la cartografía temática, que no es más que el dibujo de un mapa o plano, caracterizando los lugares y áreas que lo componen, a través de una simbología gráfica convencional. Estos símbolos pueden representar la magnitud de una o más variables en un lugar determinado, o la existencia de diversos atributos. En el caso de mapas de unidades administrativas se ha utilizado con profusión el sistema de las tramas. Las figuras convencionales, por su parte, pueden inscribirse dentro de un contorno o localizarse sobre un punto concreto. A su vez, pueden ser figuras geométricas o analógicas, éstas últimas son poco empleadas, el ejemplo más común es el de los mapas climatológicos, donde suelen aparecer figuras como la del sol, gotas de lluvia, cristales de hielo. etc. Cuando se trata de figuras geométricas es muy frecuente que su tamaño sea ponderado de acuerdo con el valor que representen, en este sentido, están muy extendidos los mapas que indican tamaño de poblaciones por medio de esferas; también los círculos, divididos o no en sectores, son muy utilizados en mapas de características demográficas y económicas.

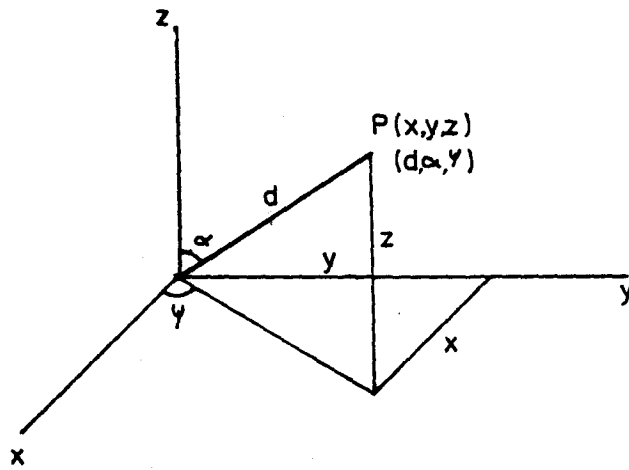
Tanto la descripción de las tramas como la



Coordenadas cartesianas



Coordenadas polares



Coordenadas esfericas

SISTEMAS DE COORDENADAS

Fig. 1

de las figuras puede definirse igualmente como un conjunto de puntos, y, por consiguiente, trazarse con un procedimiento automático.

Si nosotros, junto con la descripción numérica de un elemento cartografiable, definimos un código de identificación, y con este mismo código grabamos una serie de datos correspondientes, podemos obtener una cartografía temática por ordenador, asignando previamente una trama o figura determinada a cada valor o intervalo de valores. Si queremos que los símbolos sean ponderados, su tamaño también se calcula automáticamente, con relación a un sistema de escala prefijado.

Pensemos, por ejemplo, en un mapa de población mediante esferas, además de evitarnos el dibujo de los contornos geográficos y el de las esferas, nos ahorraremos el cálculo de su volumen, normalmente aplicando la fórmula de Steen de Geer, que supone un trabajo bastante pesado y puramente mecánico.

Conversión digital de una imagen.—

La obtención de mapas y planos por ordenador requiere que cualquier imagen real que deseemos representar sea suministrada de forma digital, es decir, que se haga de ella una descripción numérica.

En la actualidad existen dos tipos formalmente distintos, para la conversión digital de una imagen: el modo vectorial y el modo raster.

El modo vectorial consiste en ir tomando, en un orden correlativo, las coordenadas de cada uno de los puntos que aproximan la forma de los elementos que componen una imagen. El sistema de coordenadas más utilizado es el cartesiano. En él, cada punto del espacio viene definido por sus proyecciones sobre un haz de ejes ortogonales que se cruzan en el punto origen. En el caso de puntos de un plano, los dos ejes del haz reciben respectivamente los nombres de ejes de abscisas —o de las X— y eje de ordenadas —el de las Y—. No obstante, existen otros sistemas, como el esférico, que describe la posición de un punto sobre una superficie esférica en términos de distancia angular desde dos círculos máximos perpendiculares entre sí, es el sistema de longitudes y latitudes terrestres, referidas, en este caso,

al Ecuador y al Meridiano de Greenwich. Por su parte, las coordenadas polares dan la localización de un punto por su distancia a un origen y por el ángulo formado con el eje de referencia (Fig. 1).

El modo raster, también llamado matricial, considera la totalidad de la imagen, almacenándola en una matriz de la que posteriormente se puede obtener una salida gráfica. Más adelante explicaremos con mayor detalle la forma en que se realiza este tipo de captación de imágenes.

Las máquinas apropiadas para efectuar una digitización vectorial son los llamados digitizadores de mesa. Es un medio semiautomático, pues han de estar asistidos por un operador.

El digitizador en sí va conectado a una mesa o tablero donde se extienden los mapas, planos o fotos, y a un cursor, lente dispuesta en un soporte especial, cuyo centro, señalado con una cruz, se va colocando sobre los puntos que queremos describir, grabándose sus coordenadas, con una precisión de centésima de milímetro, en una cinta o cassette.

Al principio de un trabajo de digitización ha de elegirse un punto que se considere el origen de los ejes cartesianos, sobre él ha de colocarse el cursor y pulsarse un botón específico de su soporte. A fin de no tener luego puntos con coordenadas negativas, situaremos el origen en el ángulo inferior izquierdo del mapa.

A la vez que se toman las coordenadas que definen un determinado elemento, lo más frecuente es añadir un código que lo identifique. Para grabar estos códigos antes de la descripción numérica de la unidad digitizada, la propia máquina dispone de un teclado, muy similar al de una máquina de escribir. También existen sistemas de codificación automática, conocidos con el nombre de "menús". Son cuadros con una serie de elementos gráficos significativos, cuyos códigos se han definido y almacenado previamente. Cuando se digitiza un elemento en concreto se coloca primero el cursor en el lugar apropiado del menú, pulsándose el botón correspondiente, y automáticamente se graba el código de dicho elemento antes de dar su descripción numérica. En digitización de mapas topográficos este sistema es muy útil, dado que la variedad de ele-

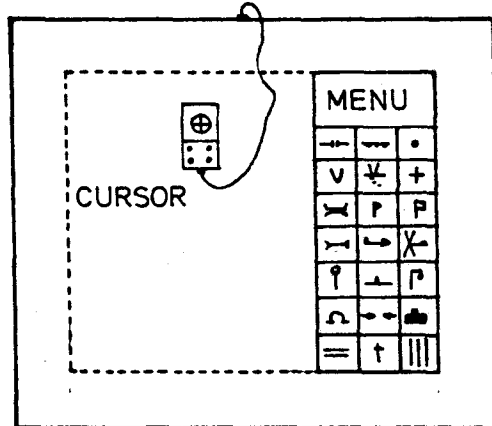


Fig. 2

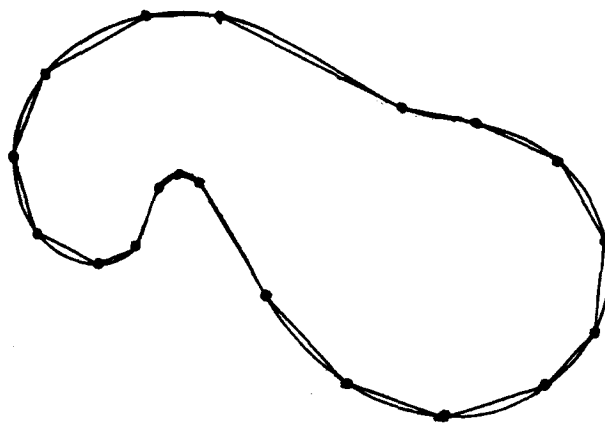


Fig. 3

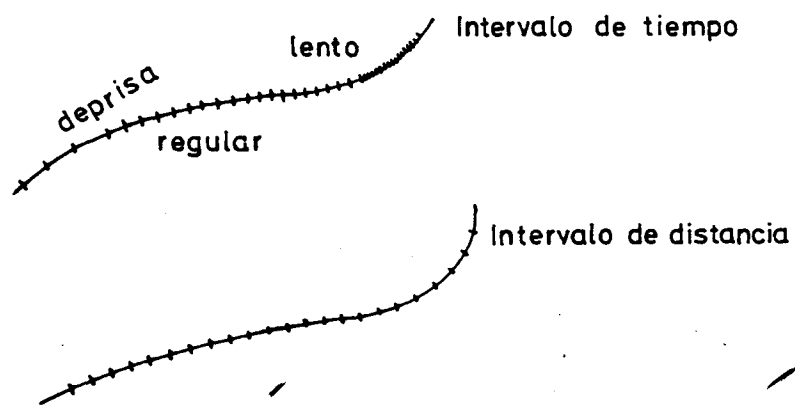


Fig. 4

mentos cartografiados es muy grande, y, por tanto, los códigos son muchos y, a veces, complicados, por lo que definirlos cada vez que se requieran puede resultar muy engorroso (Fig. 2).

Dentro de los "digitizadores de mesa" hay modelos muy diferentes según su grado de sofisticación técnica. Los más simples funcionan por inducción magnética, y no poseen pantalla donde se vaya dibujando lo que se digitiza, lo cual trae consigo que, después del trabajo de digitización, nuestras referencias espaciales tengan que ser dibujadas mediante un periférico gráfico de un ordenador, para, de este modo, poder ver los fallos cometidos. A esta forma de digitización se le denomina OFF-LINE, implica el hecho de que la digitización sea una tarea totalmente independiente del proceso de los datos. Como los resultados sólo pueden verse "a posteriori", es necesario emplear después programas de depuración y corrección de coordenadas, aumentando considerablemente el trabajo.

En general, los digitizadores más utilizados actualmente disponen de una pantalla sobre la que se reproducen los movimientos que va describiendo el cursor, lo que permite una digitización ON-LINE o interactiva, pues se efectúan a la par el registro de coordenadas y la manipulación informática. Posee la enorme ventaja de que los errores pueden detectarse sobre la marcha, corrigiéndolos inmediatamente. Pero requiere un equipo mecánico más costoso, siendo imprescindible que estén conectados al digitizador, por lo menos, una pantalla y un mini-ordenador.

Por otra parte, nuevos procedimientos electrónicos están sustituyendo al tradicional sistema magnético de captación de coordenadas (1).

Para finalizar este apartado, vamos a referirnos, muy por encima, a las máquinas empleadas en una digitización raster: los scanners.

Dentro del scanner, los mapas o fotos que deseamos digitizar se colocan en un tambor que es girado a gran velocidad, produciendo la descomposición de la imagen en una matriz de filas y columnas de amplitud microscópica. A cada celda de esta matriz se le asigna un valor blanco o negro, o incluso gris en algunos modelos, según

contenga o no un elemento visible de la imagen.

El sistema raster supone una completa automatización del trabajo de digitización, ya que no necesita la asistencia de un operador. Proporciona mapas de una exactitud inigualable, y, mediante la aplicación de programas de conversión matricial a vectorial, puede también ofrecer las prestaciones específicas de este modo de descripción digital, como son la posibilidad de cálculo de perímetros y superficies y la obtención de mapas de una calidad estética superior.

Digitización de unidades físicas y digitización de unidades administrativas.—

Aunque nuestro tema es la digitización de unidades administrativas, vamos a comentar, brevemente, las principales características de la referenciación espacial de unidades físicas. Es evidente que éstas últimas entrañan una dificultad mucho mayor que las áreas administrativas que, al fin y al cabo, se reducen a unos contornos más o menos simples.

En primer lugar, entendemos como elemento físico todo aquel que tenga una plasmación real en el paisaje, sea natural o no (p. ej. una carretera).

Los elementos físicos, en un sentido geométrico, pueden ser puntuales, poligonales abiertas y poligonales cerradas. De cada uno de ellos debe digitizarse su localización y codificarse su tipo.

La localización, a su vez, puede estar definida únicamente por las coordenadas, o, también, incluir una segunda información: la orientación.

La codificación del tipo puede tener diversos grados de complejidad. Así una carretera la podemos codificar primero con una letra o número que la identifique como elemento de comunicación, a continuación otro carácter alfanumérico específica que se trata de una carretera, para distinguirla, por ejemplo, de una línea de ferrocarril, e iremos añadiendo otros que indiquen la categoría, materiales, etc.

En la digitización topográfica la codificación supone un trabajo fundamental, puesto que

ha de ser muy precisa, y, no siempre, resulta fácil encasillar todos los elementos que aparecen en los mapas.

Existen otros muchos aspectos de la digitización de unidades físicas que, pese a su interés, no vamos a comentar aquí para no alejarnos demasiado del objeto de esta comunicación.

La digitización de unidades administrativas resulta mucho más sencilla. Un mapa de áreas administrativas es, en definitiva, un mosaico de poligonales cerradas. Consiguientemente, su digitización consiste en ir tomando las coordenadas de los puntos que aproximen la forma de estos contornos. Según que éstos sean más o menos regulares y el grado de acercamiento a la realidad que deseemos alcanzar, variará el número de puntos descritos.

Para el registro de los puntos que definen un contorno hay dos procedimientos diferentes: nodal y continuo.

El nodal implica que han de señalarse, antes de la digitización en sí, los puntos que, a nuestro juicio, aproximen bien un contorno dado. Normalmente elegiremos los puntos de inflexión. La figura nº 3 aclara totalmente la idea que queremos expresar.

El registro continuo supone ir recorriendo los contornos sin levantar el cursor del tablero, existiendo dos modalidades para la grabación de las coordenadas de los puntos que recorre. La primera de ellas es ir tomando, a intervalos de tiempo iguales, la localización de los puntos sobre los que en esos momentos esté el cursor. Su mayor problema estriba en las distintas velocidades con que podemos recorrer las líneas, pues, si en un tramo vamos muy deprisa, tomaremos menos puntos que en otro que vayamos más lentos. La otra modalidad consiste en almacenar las coordenadas de los puntos que se encuentran a intervalos de igual distancia, de manera que todos ellos son equidistantes. El resultado de este tipo de registro suele ser muy satisfactorio (Fig. 4).

En general la digitización continua es más precisa que la nodal, sobre todo en contornos muy irregulares. El único inconveniente es que

puede no considerar puntos que sean muy significativos. En contornos geométricos no es muy interesante, ya que resulta mucho más efectivo digitizar sólo los vértices (registro nodal).

II. ALTERNATIVAS DE DIGITIZACION DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS.

En este apartado vamos a tratar las diferentes alternativas con que podemos realizar una digitización vectorial de unidades administrativas.

Ya expusimos anteriormente que la descripción numérica de una poligonal cerrada se reduce a la captación de las dos coordenadas cartesianas de todos los puntos que aproximen suficientemente su forma, pero esto se puede realizar, básicamente, de tres formas distintas.

Descripción por poligonales cerradas.—

Consiste en ir tomando la localización de todos los puntos que definen cada contorno, una vez simplificado. El orden en que éstos se van registrando a partir de uno, arbitrariamente elegido como el primero, ha de ser, por supuesto, correlativo, y es recomendable que se haga en el sentido de las agujas del reloj, pues existen programas que, leyendo las coordenadas de un polígono en dicho orden, calculan su superficie. Además, en una digitización OFF—LINE hay que tener mucho cuidado en seguir siempre el mismo orden en el recorrido de los contornos, si no queremos dificultar mucho la labor de depuración posterior, como se verá más adelante (Fig. 5).

Digitización por líneas de frontera.—

Si observamos la figura nº 5 nos daremos cuenta que los puntos comunes a dos contornos han sido digitizados dos veces, por consiguiente, hemos repetido trabajo, y, por otra parte, corremos el riesgo de que, si no digitizamos exactamente los puntos comunes, el dibujo resultante puede mostrar las poligonales contiguas muy próximas, pero no del todo ajustadas.

Sin embargo, nosotros podemos optar por otra alternativa que evita estos problemas. Si subdividimos la figura en las seis fronteras existentes, considerando frontera no sólo las líneas que separan dos áreas, sino también las externas, únicamente tendremos que describir estas seis

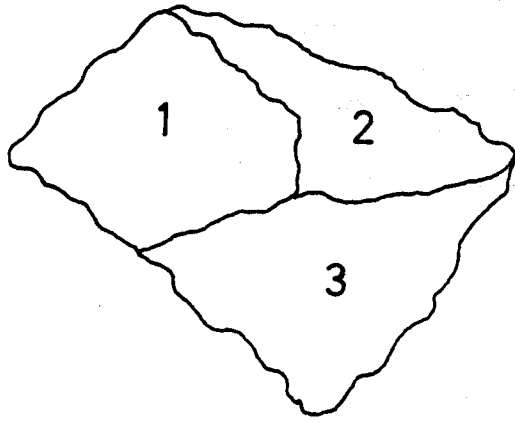
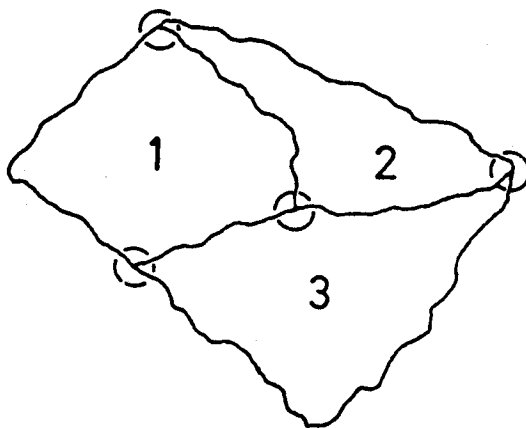


Fig. 5



Linea de
frontera

Fig. 6

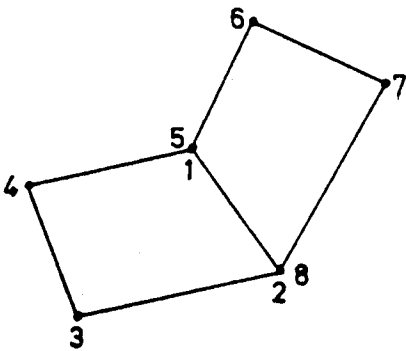


Fig. 7

CUADRO Nº 1

<u>DISTRITOS</u> <u>Nº NOMBRE</u>	<u>Nº DE BARRIOS</u>	<u>Nº DE SECCIONES</u>
1 CENTRO	6	202
2 ARGANZUELA	6	93
3 RETIRO	6	88
4 SALAMANCA	6	153
5 CHAMARTIN	6	97
6 TETUAN	6	132
7 CHAMBERI	6	157
8 FUENCARRAL	7	108
9 MONCLOA	7	81
10 LATINA	7	185
11 CARABANCHEL	7	171
12 VILLAVERDE	8	144
13 MEDIODIA	6	106
14 VALLECAS	6	150
15 MORATALAZ	7	89
16 CIUDAD LINEAL	9	159
17 SAN BLAS	7	87
18 HORTALEZA	7	102

fronteras (Fig. 6).

El problema que se deriva de este tipo de digitización es que, generalmente, a parte del dibujo de las áreas, se desea obtener una cartografía temática. Esto se soluciona con la utilización de programas capaces de reconstruir y reconocer un área por sus líneas de fronteras (2).

Esta alternativa es muy recomendable en trabajos de digitalización de polígonos irregulares, como son, por ejemplo, los contornos provinciales y municipales. En cambio, si se trata de áreas muy regulares, no suele ser rentable este tipo de digitalización, pues muchas fronteras en realidad son segmentos, y, como consecuencia, no hay puntos intermedios entre los nodos (puntos que son confluencia de fronteras).

Descripción continua.—

La descripción continua no debe confundirse con el registro continuo, que habíamos visto en el apartado 1.2, sino que se refiere a la digitización de un mosaico de contorno, comenzando en un punto determinado, y recorriendo todas las líneas de forma indiscriminada, es decir, sin tener en cuenta a qué áreas pertenecen. La figura nº 7 ilustra lo que intentamos explicar, los números indican el orden en que han sido tomados los puntos.

Esta forma de descripción continúa necesita para su posterior tratamiento un programa adecuado que reconozca los segmentos internodos, y los fragmenta para poder obtener luego el dibujo individualizado de los contornos que se deseen representar.

III. DIGITIZACION DE AREAS ADMINISTRATIVAS Y JERARQUIA ESPACIAL.

La división administrativa de un territorio, normalmente, se organiza en una jerarquía espacial. Una división de orden superior queda formada por otras más desagregadas. Por tanto, al digitizar un mapa de áreas administrativas elementales, hemos definido implícitamente los contornos de las divisiones administrativas superiores.

En España la unidad elemental, desde un punto de vista administrativo, es la sección cen-

sal. Las secciones se agrupan en distritos, éstos en municipios que, a su vez, se unen formando provincias, y, en el último escalón de la jerarquía están los entes autonómicos.

Si nosotros codificamos cada unidad administrativa elemental digitizada, de modo que se especifique a qué áreas superiores de la jerarquía espacial pertenece, podremos luego identificar estas divisiones superiores y obtener su dibujo automáticamente, mediante un programa que elimine las fronteras internas de las unidades elementales.

Para aclarar el sistema de codificación expuesto, supongamos que vamos a digitizar todos los municipios españoles. El código de cada uno estaría formado por un primer número que indicara la comunidad autónoma a la que pertenece, el segundo sería el correspondiente de la provincia, y, por último, iría el número de orden que tiene dentro de ésta.

Esta codificación descendente nos permitirá reconstruir un mosaico de áreas administrativas superiores a partir de otro inferior. Así, en nuestro ejemplo, podremos obtener el mapa provincial y autonómico de España, una vez digitizado el de municipios.

Una ventaja mucho más importante que se deriva de tener estructurados de este modo los códigos, es que posibilita el dibujo sólo de la parte que nos interese de toda la base espacial digitizada. De esta forma, especificando en un programa idóneo el código que corresponde a Galicia, obtendremos el mapa de los términos municipales de esta región; si, luego, lanzamos el mismo programa con el código de Pontevedra, que estaría formado por el de Galicia, seguido del número de esta provincia, se dibujará únicamente el mapa de los municipios de la citada provincia.

Estas prestaciones son fundamentales en cartografía temática. Asimismo, la codificación escalonada facilita el reconocimiento de cada unidad en el fichero donde estén grabadas nuestras referencias espaciales.

La codificación detallada en el ejemplo implica que la descripción se haya hecho por poligonales cerradas (ver apartado II. 1). Pero si se

ha seguido la alternativa de las líneas de frontera, cada una de estas ha de tener un doble código descendente, los de las áreas dejadas a derecha e izquierda.

Para ambas alternativas existen procedimientos automáticos de reconstrucción de unidades de superior nivel en la jerarquía espacial (3).

IV. BASE ESPACIAL DE LA DIVISION ADMINISTRATIVA DE MADRID.

Una vez vistas todas las consideraciones técnicas y teóricas anteriormente expuestas, intentaremos, en este apartado, explicar la génesis y características de la base de referencias espaciales de la división administrativa del término municipal madrileño, trabajo que realizamos íntegramente en el Instituto Geográfico Nacional, donde se pusieron a nuestra disposición todos los medios técnicos necesarios (4).

Dado que la unidad administrativa mínima es la sección censal, la parte más importante y costosa del trabajo consistió en la digitización de las dos mil trescientas cuatro secciones en que está dividido el municipio de Madrid. A partir de este fichero obtuvimos, de una forma automática, otros dos, uno formado por la descripción digital de los ciento veinte barrios madrileños, y, el otro por la de los dieciocho distritos municipales.

En el cuadro nº 1 puede verse el número de barrios y secciones que comprende cada distrito.

El mapa base que digitizamos fue el confeccionado por COPLACO, a escala 1:10.000, con el seccionamiento censal municipal referido al año 1981. Comprende cinco hojas de tamaño 92 X 141 cm. En realidad, es un plano callejero sobre el que se han dibujado los límites de las secciones censales, así como los de los barrios y distritos, en trazos sucesivamente más gruesos.

Los errores que descubrimos en la forma de algunas secciones los corregimos según lo que indicaban los planos de cada sección, que el Ayuntamiento tiene a escala 1: 2.000, en los que se muestra, de modo preciso, su tamaño y límites.

Tareas previas.—

En primer lugar, tuvimos que diseñar el sistema de codificación. En este sentido, decidimos que el código fuera exclusivamente numérico, y que estuviera estructurado en cuatro enteros distintos. El primero sería el número del distrito, por lo que puede variar desde el 01 hasta el 18. El segundo el número de barrio dentro del distrito, como el número máximo de barrios de un mismo distrito es nueve, únicamente constará de un dígito. En tercer lugar vendría el número de orden de la sección, puede tomar los valores desde el 001 hasta el 202, como máximo. Finalmente, el cuarto sería el número de puntos que aproximen el contorno de esa sección, tendrá, a lo sumo, dos dígitos, pues no hay ninguna sección definida por más de 99 puntos.

Por ejemplo el código (07-1-001-03) indica que es la sección primera del distrito de Chamberí (7), en el barrio de Gaztambide (71), y su forma ha de ser triangular, pues la definen tres vértices.

Como nosotros optamos por un registro nodal (ver apartado 1.2), uno de los trabajos que tuvimos que realizar, previamente a la digitización, fue la simplificación de los contornos en el mapa base. En nuestro caso no fue demasiado complicado, puesto que la mayoría de las secciones tienen forma poligonal. no obstante, tuvimos que tener cuidado para no dejarnos puntos sin señalar. Una situación muy común es la que se representa en la figura nº 8, donde, a pesar de que la sección nº1 es un cuadrado (cuatro vértices), son cinco los puntos que la definen. El tercero no es un vértice, pero es un punto común con otra sección, y también debe digitizarse, tanto para obtener un dibujo perfecto, como, fundamentalmente, si queremos someter nuestro fichero de coordenadas a un procedimiento informático de reconstrucción de áreas de nivel superior jerárquico (Fig. 8).

Simultáneamente a la labor de simplificación, hemos de señalar de forma clara el punto que va a digitizarse en primer lugar dentro de cada sección, pues es muy importante saber esto a la hora de detectar y corregir los posibles errores que cometamos en la digitalización. En la figura 9 se muestra un ejemplo de sección mal di-

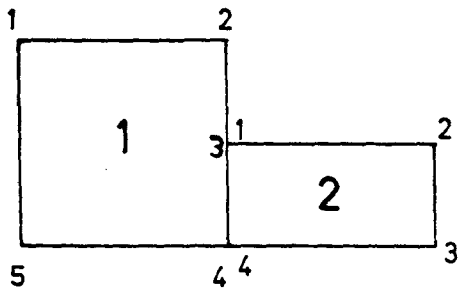


Fig. 8

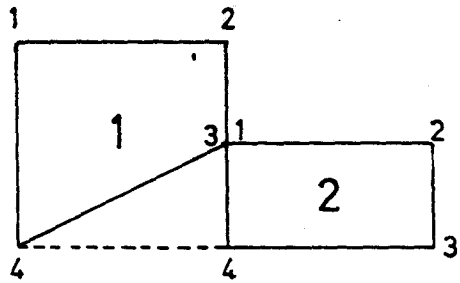
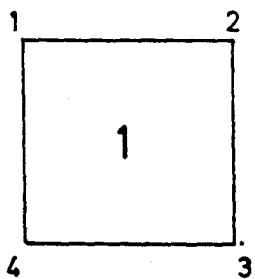
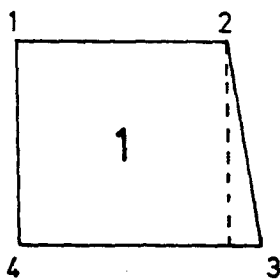


Fig. 11



Seccion en el
mapa base



Seccion
digitizada

Fig. 9

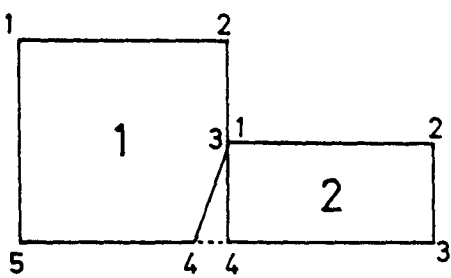


Fig. 10

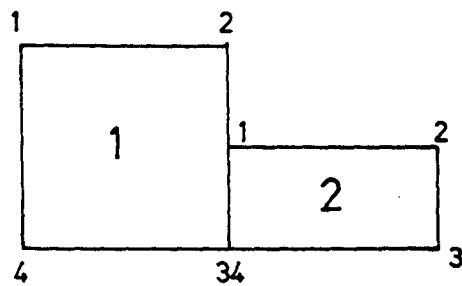


Fig. 12

gitizada. El punto equivocado es el tercero, si no supieramos en que orden han sido registrados, tendríamos que comprobar las coordenadas de los cuatro puntos que definen la sección, para localizar el erróneo. Cuando tengamos contornos menos regulares el trabajo de corrección se hará terriblemente costoso, si no tomamos esta precaución.

Nosotros, en concreto, señalamos con una cruz todos los vértices y puntos de intersección de las secciones, y pintamos un "1" en aquellos puntos que iban a ser los primeros en la descripción de cada contorno. De este modo, el mapa base fue mucho más fácil de digitizar, y, por otro lado, resultó un instrumento básico para la depuración posterior de las referencias espaciales (Fig. 9).

Grabación de las coordenadas.—

La alternativa de digitización elegida fue la descripción por poligonales cerradas, dado que la mayor parte de las líneas de frontera se reducían a segmentos. Derivado también de la frecuente forma poligonal de las secciones, pensamos que lo mejor era hacer un registro de tipo nodal, puesto que nos interesaba sólo la localización exacta de los puntos señalados, como hemos visto en el apartado anterior.

El digitizador utilizado fue un BENDIX, únicamente adecuado para una digitización OFF-LINE (ver apartado I.1). Esta máquina graba las coordenadas de los puntos tomados con el cursor en una cinta magnética de 800 BPI.

El principal problema de una digitización de tipo OFF-LINE, como se recordará, es que los errores no pueden ser detectados hasta que no computemos los datos informáticamente. Por esta razón tuvimos que desarrollar diversos procedimientos de corrección y depuración de coordenadas que, a continuación, vamos a exponer en la consideración de que puede resultar interesante para aquellas personas que no dispongan de los medios técnicos necesarios en una digitización interactiva (ON LINE).

Corrección de coordenadas (5).—

Entre todos los errores cometidos, el más frecuente fue que un mismo punto estuviera definido, en cada una de las secciones a las que es

común, de forma distinta, como sería el caso que muestra la figura nº 10. este problema tiene una solución muy fácil, sólo hay que corregir en el fichero el punto mal digitizado, dándole las coordenadas que tiene en la sección bien descrita (Fig. 10).

Otro tipo de error bastante común consistió en olvidarnos de digitizar algún punto en un contorno. Así, en la figura nº 11, puede comprobarse que nos hemos saltado el punto 4º de la sección nº 1. Aquí la solución también es sencilla, no hay más que añadir en el lugar correspondiente las coordenadas de dicho vértice, que sabemos que son las del 4º punto de la sección nº 2, pero debemos tener en cuenta que hay que especificar en el código de la primera sección que son cinco puntos los que la definen y no cuatro.

A decir verdad, incurrimos en errores de este tipo que no fue fácil descubrir, esto ocurría cuando el dibujo no nos mostraba claramente el fallo. Por ejemplo, en la figura nº 12, el punto 3º de la sección nº 1 no ha sido definido, y, sin embargo, el dibujo es correcto. El problema que se nos planteó no era, pues, el de representación, sino que algunos programas, con que tratamos posteriormente nuestra base espacial, requerían la descripción real de los contornos (Fig. 12).

Una dificultad de otra índole tuvimos como consecuencia de que el mapa base constaba de varias hojas, y, por consiguiente, teníamos que desplazar el origen cada vez que colocábamos una hoja nueva en la mesa del digitizador, ya que las cinco juntas no cabían.

Nosotros definimos el origen (0.,0.) de todo el mapa en el ángulo inferior izquierdo, señalado con la letra O en la figura nº 13. Cuando digitizamos la hoja nº 2 dimos como origen funcional de ésta las coordenadas del punto A, para la hoja nº 3 fueron las del B, para la nº 4 el C, y para la 5ª el punto D. Las coordenadas de A, B y C las anotamos al digitizar la primera hoja, y las del punto D, cuando estábamos con la tercera.

Los valores de las coordenadas de cada uno de estos orígenes auxiliares se indican manualmente, mediante unas teclas que a este propósito tiene el digitizador, y, los puntos que digitice-

mos a continuación se grabarán con su localización real respecto al verdadero origen O. (Fig. 13).

Alguna vez nos ocurrió que no definimos exactamente las coordenadas de estos orígenes secundarios, de forma que el dibujo de esa hoja resultaba desplazado, o bien solapado, en relación con el resto (Fig. 14).

En estos casos, utilizamos un programa que leía las coordenadas de la zona desplazada, y las modificaba todas, restando o sumando, según fuera necesario, la cantidad en X e Y que le ajustara.

Fichero "LIMITSEC.MADRID".—

El fichero informático denominado "LIMITSEC. MADRID" contiene la descripción digital de las dos mil trescientas cuatro secciones del municipio madrileño. Se formó almacenando en una unidad de memoria externa del ordenador del I.G.N. las coordenadas que habíamos grabado en la cinta del digitizador (6).

Cada sección se dispone ocupando tantos registros del fichero, como número de puntos la definen. En el primer registro aparece el código de la sección, seguido de las coordenadas del primer punto. Pero desde la segunda hasta la última de las filas que tiene cada sección, sólo hay un par de números reales por registro, las coordenadas cartesianas de un punto.

En total "LIMITSEC. MADRID" consta de 15.847 registros, es decir, almacena 31.694 coordenadas y 2.304 códigos compuestos, lo que supone un volumen de información espacial muy considerable.

Formación de los ficheros "LIMITBAR. MADRID" y "LIMITDIS. MADRID".—

Estos dos ficheros han sido creados a partir de "LIMITSEC. MADRID" por medio de un proceso, totalmente automático, de fundido de áreas.

Para formar el primero hubo de ser ejecutado ciento veinte veces el programa POLIGS4 (ver apartado III), dado que éste es el número de barrios en que está dividido Madrid. La estructura de cada una de estas envolventes es igual a la de las secciones censales. El tamaño de este fi-

chero es bastante menor que el de "LIMITSEC. MADRID", conteniendo sólo la descripción numérica de 3.063 puntos.

A su vez, el fichero de barrios fue la base para formar el de distritos, "LIMITDIS. MADRID", que almacena las envolventes de los dieciocho distritos municipales, definidos por 1.053 pares de coordenadas.

Nuevas perspectivas en cartografía temática de variables socioeconómicas de Madrid.—

El trabajo presentado en esta comunicación constituye un paso previo e imprescindible en la realización de nuestra Tesis Doctoral sobre ecología factorial de Madrid. Nos proponemos el estudio de la diferenciación residencial en dicha ciudad a un nivel de análisis que sea realmente significativo de los procesos que intervienen en la segregación urbana, por lo que la unidad de observación elegida es la sección censal.

Un primer grado de acercamiento a la realidad será el estudio del comportamiento y distribución de una serie de variables demográficas, sociales y económicas, recogidas a este nivel tan desagregado. Creemos que revelará aspectos de gran interés, pues, en general, los estudios existentes se basan en los valores por distritos y, a lo sumo, por barrios, unidades que abarcan áreas de composición social muy diversa.

Un paso más en orden a la explicación de los fenómenos implicados en la heterogeneidad urbana, lo efectuaremos mediante la aplicación de las técnicas de análisis factorial, con las que intentaremos descubrir los ejes de la diferenciación socioeconómica en el espacio urbano madrileño.

En una tercera etapa de nuestra investigación pensamos agrupar las secciones, a través de procedimientos estadísticos como el análisis de "cluster", a fin de delimitar áreas homogéneas desde un punto de vista social.

Como expresión gráfica de todo este trabajo realizaremos un atlas social de Madrid, que incluirá, tanto mapas sencillos de distribución de variables, como los que muestren los resultados de los análisis estadísticos llevados a cabo.

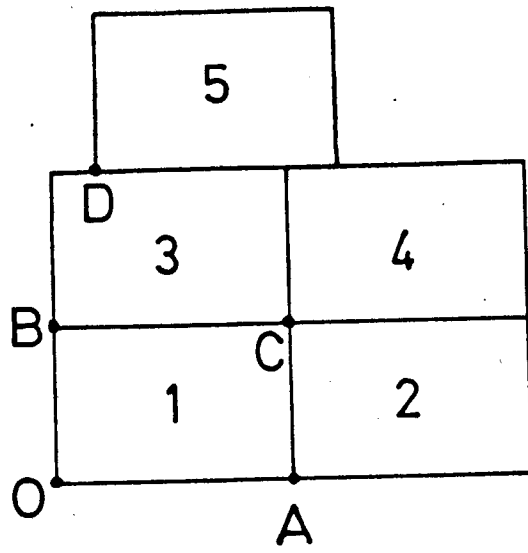


Fig. 13

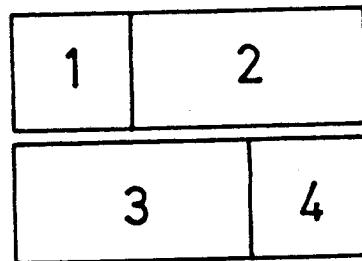
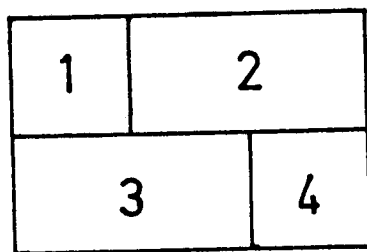


Fig. 14

Por otra parte, queremos presentar esta labor cartográfica en los tres niveles de la jerarquía administrativa: sección censal, barrio y distrito, de modo que puedan observarse las distorsiones que produce la escala de análisis en el tratamiento estadístico de los datos, matizándose, así, determinadas apreciaciones sobre la realidad urbana de nuestra ciudad, poco exactas y demasiado generales.

Dado el volumen de información que contendrá el citado atlas, y el grado de detalle que pretendemos alcanzar, ha sido preciso pensar en un procedimiento automático para su confección, lo cual implicaba la creación previa de una base digital de referencias espaciales de la división administrativa de Madrid, que, a nuestro juicio, abre unas nuevas perspectivas en la cartografía temática de variables demográficas, socioeconómicas, y de utilización y precio del suelo, material que, sin duda, será de suma utilidad para la ordenación y planeamiento de la ciudad.

REFERENCIAS

- (1) Una explicación sencilla de las características técnicas de ambos sistemas puede encontrarse en la Memoria de Licenciatura de Doña Isabela Martínez de Sola (ver bibliografía).
- (2) En este sentido, Don Juan Antonio Cebrián de Miguel ha realizado el programa POLIGS1, presentado en su Tesis Doctoral (ver bibliografía).
- (3) Los programas POLIGS3 y POLIGS4, realizados también por Don Juan Antonio Cebrián de Miguel, llevan a cabo la fusión de unidades elementales en otras de orden jerárquico superior, respectivamente, para áreas digitizadas por líneas de frontera y para las consideradas como poligonales cerradas. En la tesis doctoral de este autor se incluye el texto de los programas, así como una exposición detallada de su funcionamiento y prestaciones.
- (4) Queremos desde aquí agradecer la generosa colaboración de Don Germán Vidal, Subdirector General de Investigación y Coordinación de Trabajos Geográficos, Don Antonio

Gauchía, Jefe del Servicio del Centro de Estudios y Don José María García-Courel, Jefe de la Sección de Cartografía Automática y Digitización.

- (5) Al igual que la digitización, las tareas de dibujo y depuración de nuestra base espacial las efectuamos en el Instituto Geográfico Nacional. Por otra parte, los programas que empleamos en esta fase de nuestro trabajo han sido también elaborados por Don Juan Antonio Cebrián de Miguel.
- (6) El procedimiento utilizado fue diseñado por el analista del Centro de Proceso de Datos del Instituto Geográfico Nacional Don Adolfo Izquierdo.

BIBLIOGRAFIA

CEBRIAN DE MIGUEL, J.A. (1983), *Diseño mediante ordenador en resolución de problemas de representación gráfica y cartográfica en Geografía*. Tesis Doctoral, Facultad de Geografía e Historia U.C.M.

FRASER TAYLOR, D.R. (Ed.) (1980), *The computer in contemporary cartography*, New York, John Wiley & Sons.

GARCIA-COUREL, J.M. (1979), *Digitización y edición de información cartográfica*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional.

MACDOUGALL, E.R. (1976), *Computer programming for spatial problems*. London, Edward Arnold.

MARTINEZ DE SOLA Y COELLO DE PORTUGAL, I. (1981), *Aproximación a la cartografía automática mediante ordenador. Análisis de sus posibilidades en el marco de una investigación geográfica*. Memoria de Licenciatura, Facultad de Geografía e Historia, U.C.M.

MONMONIER, M.S. (1982), *Computer-assisted cartography. Principles and prospects*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.