



Universidad de Jaén

INFORME al CT-148 de AENOR

MÉTODOLOGÍAS DE CONTROL POSICIONAL: VISIÓN GENERAL Y ANÁLISIS CRÍTICO

**Francisco Javier Ariza López
Alan David James Atkinson Gordo**

**Grupo de investigación en Ingeniería Cartográfica
Universidad de Jaén
Jaén, Noviembre de 2006**

Índice

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	3
MATERIAL Y MÉTODO	5
ANÁLISIS CRÍTICO	8
Aspectos formales.....	13
Planimetría y/o altimetría	13
Control sobre qué (hoja, serie, lote) y cómo (flujo/aislado).....	14
Tamaño de la muestra de puntos de control	14
Calidad o Precisión estándar.....	17
Distribución espacial de la muestra de puntos de control	18
Aspectos estadísticos	19
Recomendaciones y ejemplos de aplicación del proceso normado	23
Exactitud de la posición: absoluta o relativa	24
Elementos de control	24
Informe (expresión del resultado de la evaluación).....	26
CONCLUSIONES	26
AGRADECIMIENTOS	28
REFERENCIAS.....	28
ANEXO I	34

MÉTODOLOGÍAS DE CONTROL POSICIONAL: VISIÓN GENERAL Y ANÁLISIS CRÍTICO

RESUMEN

Utilizando como base un trabajo de encuesta y búsqueda de documentación, se realiza un análisis de las metodologías de control posicional al uso. Este análisis atiende a aspectos diversos como: formalismo, aspectos estadísticos, elementos de control, etc. Se encuentra una gran diversidad de opciones y también grandes grupos o familias de métodos. En este trabajo se destacan y señalan las grandes diferencias y deficiencias que se encuentran en las formulaciones, por lo general muy poco detalladas. El análisis realizado puede servir como primera guía para la elección de alguna de las técnicas existentes o como base para el desarrollo de una metodología de control posicional mejorada a partir del conocimiento de los puntos débiles y fuertes encontrados en los métodos analizados.

INTRODUCCIÓN

El control posicional de una cartografía o base de datos geográficos (BDG) es un proceso de evaluación de la calidad que se realiza sobre un producto o proceso con el objeto de decidir si dicho producto cumple con unos requisitos, especificaciones o expectativas. La calidad puede definirse de muchas formas, una de ellas como “adecuación al uso” (Juran y Gryna, 1970) y por ello desde la perspectiva de la evaluación de la calidad posicional caben diferentes definiciones de acuerdo con el interés del usuario (DoD, 1990): exactitud absoluta o relativa, exactitud horizontal/vertical, etc. En todo control o evaluación, con independencia de la definición que se aplique, es fundamental tener en cuenta el hecho de que el aspecto estadístico ha de estar siempre presente para poder derivar conclusiones válidas.

La calidad posicional es una de las componentes de la calidad del dato geográfico (Morrison, 1995), y viene determinada por la exactitud posicional. La exactitud posicional es, junto con la consistencia lógica, el elemento de la calidad del dato geográfico (ISO 19113) controlado y evaluado más comúnmente por parte de los institutos cartográficos (Jackobson y Vauglin, 2002).

Desde siempre, la exactitud posicional se ha considerado un aspecto definitorio y primordial de todo producto cartográfico. Así, la posición afecta a la geometría, topología y a los aspectos temáticos que se reflejan en dicho modelo de la realidad. Pero la posición también tiene una importancia mayúscula en la integración o interoperabilidad entre fuentes cartográficas. Comportamientos posicionales significativamente distintos entre dos bases de datos geográficos (BDG) significa la existencia de una distorsión posicional entre las mismas y una barrera a la interoperabilidad (Church y col. 1998). Como cabe pensar, esta barrera no afecta sólo a los aspectos posicionales y geométricos, también a los aspectos temáticos y temporales (McGwire, 1996, Carmel y col., 2001, 2006). En esta línea, instituciones como el FGDC (FGDC, 1998) se reconocen y clasifican a este tipo de normas como “*data usability standards*” en sus modelos de referencia de normas.

En la sociedad de la información, en la que los dispositivos GPS y la cartografía digital son ampliamente utilizados por la población, la componente posicional se convierte nuevamente en un factor de suma importancia para los institutos cartográficos. Esto lo han entendido así numerosos organismos productores de cartografía y por ello están desarrollando interesantes programas de mejora de la exactitud posicional de sus productos cartográficos (OS, 2000; Sanderson and Lessware, 2003), catastrales, modelos de elevaciones, etc.

El uso de la información geográfica se ha democratizado en las últimas décadas (Clarke, 1996, Kumar, 2000) y esto significa un gran número de nuevos usuarios y usos, así como una tendencia de aparición y aumento de la litigiosidad. Por ello la exactitud posicional de las BDG se hace, si cabe, más importante ahora que nunca anteriormente. La toma de decisiones apoyadas en información geográfica se ha convertido en un hacer cotidiano para muchas organizaciones a la hora de planificar y desarrollar su trabajo, y por ello existe mucho más riesgo que antes de que datos de mala calidad afecten a un mayor número de usuarios y que ello tenga una mayor repercusión económica. Por ello es imprescindible, por parte de los productores, identificar los usos y actividades a las que pueden afectar sus datos y tener así un mejor conocimiento sobre qué criterios aplicar para evaluar más apropiadamente su producto; o dicho en otras palabras, cuál es el precio de la inexactitud posicional para una aplicación o negocio (Angwiny Fink, 2001). Junto a lo anterior, también se necesita una postura de transparencia que se materialice en dar recomendaciones, ejemplos de uso y no crear falsas expectativas.

Las normas o estándares son un instrumento a tener en cuenta cuando se pretende la transparencia y optimización económica de un sector como el de la información geográfica (Krek y Frank, 1999). Con una norma de calidad, el productor suministrará sus productos de acuerdo a especificaciones y características conocidas, previamente definidas en la norma. Esto asegura cierto nivel de fiabilidad y certeza, permitiendo al cliente reducir sus esfuerzos de evaluación de la calidad, reduciendo costes, plazos y el propio proceso de toma de decisiones. El seguimiento de las normas por parte de todos los productores simplifica la elección de suministradores, hace más compatibles y comparables los productos, etc. Todas estas son las ventajas tradicionales que conllevan los procesos de normalización y por ello, del apoyo que siempre reciben de las administraciones públicas.

Las normas son documentos científico-técnicos que recogen conocimientos y recomendaciones surgidas de la experiencia y que se orientan a la simplificación, unificación y clasificación de los procesos y productos dentro de un ámbito territorial determinado. Ellas son la base del progreso de las industrias, y el auge del sector geomático conlleva necesariamente el desarrollo de normas específicas. Esto se evidencia de una forma inequívoca por los esfuerzos que actualmente realizan los comités técnicos de las distintas organizaciones (ISO/TC 211, OGC, CEN/TC 287, AENOR/CT 148, etc.) que trabajan en la temática de información geográfica o geomática y que se va plasmando en un conjunto, cada vez más abundante y amplio, de normas de las cuales destaca la familia ISO 19100.

Dado que la exactitud posicional es esencial en la producción cartográfica, todos los institutos cartográficos oficiales han utilizado métodos estadísticos de evaluación o control de dicha componente. Además, conviene saber que en los últimos años han existido numerosos procesos de adecuación de gran parte de estas normas a las nuevas circunstancias marcadas por: a) la información en soporte digital (raster o vector), b) la disponibilidad de las tecnologías GPS para trabajos de campo, c) mayores capacidades de proceso para estimar la exactitud. A modo de ejemplo podemos citar la aprobación del NSSDA (FGDC, 1998) como norma sustitutiva del NMAS (USB, 1947) y como en la actualidad el propio NSSDA se encuentra nuevamente en fase de revisión (FGDC; 2003).

Este trabajo se estructura en tres apartados principales; en el primero se presenta, de forma resumida, una encuesta realizada a nivel mundial a numerosas organizaciones en las que se les demandaba información específica sobre esta temática. El segundo apartado desarrolla la propia crítica, la cual se organiza en diversos subíndices como: aspectos formales, tamaño de muestra, elementos de control, etc. Finalmente se presentan unas conclusiones sumarias.

MATERIAL Y MÉTODO

Para el análisis de las distintas metodologías de control posicional se ha seguido una línea de trabajo basada en la recopilación de información y su posterior estudio minucioso. Se ha atendido a: utilizar estudios previos (Veregin, 1989; Giordano y Veregin, 1994; Jakobsson y Vauglin, 2002), a la extracción de elementos comunes y distintos a las metodologías de control, a recopilar información diversa de aplicación (MPLMIC, 1999; FEMA, 2003), revisión (FGDC; 2003), crítica (Tilley, 2002; McCollum, 2003), evolución histórica (Chrisman, 1991; Veregin, 1989, USGS, 1999) y estructuración (Giordano y Veregin, 1994); todos estos aspectos relacionados con el mayor número posible de metodologías. Igualmente, también se ha aplicado un juicio crítico de base estadística. Algunas de las opciones han sido evaluadas mediante técnicas de simulación (para detalles ver Atkinson, 2005). Todo lo anterior ha sido guiado por la experiencia personal en este hacer de los investigadores que presentan este trabajo.

Una fuente que puede guiar sobre el tema es el trabajo de encuesta realizado por Jakobsson y Vauglin (2002). Este trabajo analiza la situación, al año 2000, de los principales aspectos relacionados con la calidad (p.e. elementos considerados, métodos de captura, actualización, evaluación de la calidad, etc.) de las BDG producidas en las instituciones oficiales de los países europeos. De él podemos resaltar lo siguiente respecto a la componente posicional:

- La exactitud posicional se evalúa en el 71% de las BDG producidas, con una casuística muy diversa en la evaluación: muestreo (28%); inspección total (16%); método no definido (10%), sin evaluar (29%).
- La mayoría de las organizaciones no dan ninguna garantía sobre la calidad (71%).
- La mayoría de las BDG se distribuyen o comercializan sin ningún tipo de información sobre los resultados de la evaluación de la calidad (59%).

En cuanto al material propio utilizado, es un conjunto de informaciones procedentes de dos vías distintas:

- Encuesta a instituciones cartográficas (autonómicas, nacionales e internacionales).
- Búsqueda por Internet.

La metodología seguida en la fase de encuesta se describe en Atkinson (2005). Básicamente, esta encuesta consistió en la selección de un total de 120 organizaciones, públicas y privadas, en el ámbito internacional, en la que se hizo especial hincapié en aquellas radicadas en Europa y el continente americano; y de otras 72 organizaciones en el ámbito nacional. Estas entidades se listan en las Tablas A1.1 y A1.2 del Anexo 1.

Posteriormente, y dados los niveles de respuesta y contestación obtenidos, también se ha desarrollado una labor de búsqueda en Internet dirigida a la obtención de aquella documentación referida o mencionada en las encuestas.

Respecto al contenido de las encuesta en lo referente al interés de este documento, se utilizaba una formulario de tipo test para que cada organización marcara si seguía alguno de los métodos de control posicional (planimétrico y altimétrico) más comunes (NMAS, EMAS, NSSDA, etc.) dejando posibilidad para mencionar o nominar cualquier otra metodología, así como para proceder a su explicación o referir algún documento explicativo de la misma.

En cuanto al nivel de respuestas recibidas en la encuesta internacional, fue bastante desalentador. En la Figura 1 se muestran, por continentes, los porcentajes de organismos a los que se les envió la encuesta, así como el nivel de respuestas obtenido.

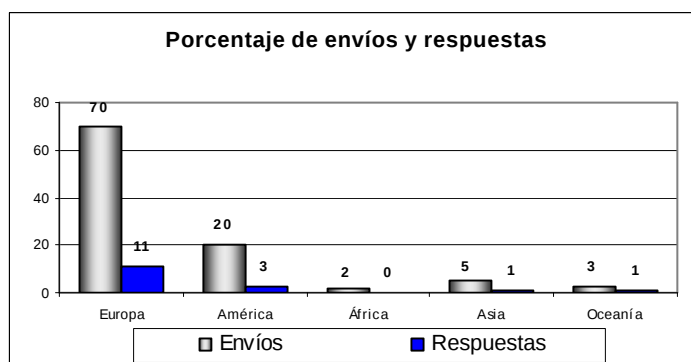


Figura 1.- Porcentaje de encuestas enviadas y respuestas recibidas en la encuesta internacional

Para el caso de la encuesta a nivel nacional, el nivel de respuesta también fue muy bajo: del total de envíos (72), tan sólo se obtuvo algún tipo de respuesta en 11 casos (15%), siendo 6 de ellos (8%) para comunicar que la reenviaban a otro organismo o responsable, lo que indica un nivel de contestación válido final que escasamente llega al 7%. En el caso de las instituciones cartográficas españolas no se tuvo contestación alguna, si bien gracias a diversos trabajos como el de Lucas y Rodríguez (2004) o el de Ariza y Col (2005, 2006) se tiene cierto conocimiento sobre las actividades realizadas en esta línea por el IGN y por el ICA. En ambos casos los trabajos están orientados a una primera evaluación de la calidad y al desarrollo de metodologías.

Lo expuesto en los párrafos anteriores indica un número de respuestas realmente bajo, lo cual nos debería llevar a pensar en las causas de esta circunstancia. Desde nuestro punto de vista, y tomando como base algunos comentarios de las propias contestaciones, las causas son varias, entre ellas:

- Falta de compromiso. El trabajo lo hemos realizado sin el apoyo de ninguna institución (Eurogeographics, OEEPP, ISO, etc.) que haya demandado al mas alto nivel directivo la participación de las organizaciones, por lo que éstas pueden haber considerado de poco interés contestar a nuestra encuesta.
- Falta de documentación preparada. Si la contestación a dar por parte de una organización no coincidía con los ítems propuestos en la parte de tipo test, aspecto por otra parte habitual, se sugería contestar, en extenso, explicando la metodología o dar una referencia a algún documento que la desarrollara. Salvo cuando se ha marcado un ítem de la lista test, en muy pocos casos se han conseguido contestaciones válidas lo que indica que las propias organizaciones no disponen de una norma escrita y aprobada o que no conocen ni de dónde toman los criterios de trabajo.
- Encuesta dirigida de manera genérica. Desgraciadamente en muchas de las ocasiones no conocíamos el responsable directo bajo cuya dirección se realizan los controles posicionales.

Esto puede haber influido negativamente en que la demanda encuesta siguiera algún camino tortuoso de mesa en mesa o de manera directa a la papelera.

- Falta de transparencia, es decir, existe una política de no informar sobre aspectos que se consideran “sensibles” por parte de algunas organizaciones cartográficas.

Un aspecto interesante de estas encuestas es que, gracias a la posibilidad de contestar de manera abierta, nos ha permitido obtener, en algunos casos, una información prosaica pero muy adecuada para caracterizar tanto la disposición de algunas organizaciones (públicas y privadas) en dar a conocer sus métodos de trabajo como las circunstancias en las que se desarrolla el mismo. Algunas de estas contestaciones son verdaderas cartas en las que los técnicos responsables muestran su soledad, queja, abandono y falta de medios. Valgan como ejemplo de las dos circunstancias anteriores los comentarios que se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1.- Algunos comentarios extraídos de la encuesta
Previamente a la recepción definitiva de los trabajos, se realizan diversos controles por parte del Director de los Trabajos, que son de carácter interno y que lógicamente no voy a detallarle , en los que si se detectan diversos errores de tipo accidental (no sistemáticos ni procedimentales), y que en cumplimiento de las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas, son requeridos por el Director al Contratista para que se resuelvan antes de la recepción definitiva.
...soy el único I.T.Top de toda la consejería y sólo somos dos en toda la Junta de Comunidades de Esta comunidad no posee centro cartográfico alguno, ni se produce Cartografía en series. Por el contrario, se produce numerosa cartografía en servicios como el que me ocupa, si bien esta va incluida en proyectos cerrados, en los que el apartado Cartografía (una de las principales partidas en un proyecto) no se somete a ningún tipo de control . A mi me toca el tratamiento posterior de esta información sin homogeneidad, con enormes deficiencias , con escasas referencias a su sistema de producción y en muchos casos con enormes errores posicionales.

Entrando a dar detalle de la información recabada, es de destacar que no presenta una distribución espacial homogénea en tanto y cuanto a que hay grandes regiones (Europa central, Rusia y antiguos países satélites y la zona asiática) de las que no se ha conseguido información. También se observa una cierta homogeneidad en los métodos dentro de grandes áreas como son: Norteamérica, liderada por los EEUU, Hispanoamérica que sigue directrices propias del Instituto Panamericano de Geografía e Historia y también mira al vecino del norte, o el continente austral que también presenta una clara tendencia a seguir los pasos norteamericanos. En Europa existe mucha mayor diversidad. En relación a la calidad de la propia documentación recogida y utilizada en el estudio es muy diversa, y no siempre se han recibido los métodos de control posicional demandados en la encuesta. Algunas organizaciones han contestado con normas y/o elaborados procedimientos de control, otras con breves explicaciones o con simples especificaciones de sus productos, ya sean a nivel de ley o de especificación técnica, otras con algún documento, tipo artículo divulgativo o similar, y en otros casos con ninguna información de valor. Por todo ello se planteó también la fase de búsqueda en Internet al objeto de disponer, en la medida de lo posible, de una información más técnica y orientada al propósito de nuestro trabajo, y seleccionada por nosotros mismos. No obstante, a pesar del esfuerzo de búsqueda realizado no se ha podido completar mucho la información recibida pues, en gran medida, aquellos que contestaron de manera más adecuada a la encuesta son los que también facilitan de forma libre y pública mayor información en sus páginas web.

ANÁLISIS CRÍTICO

Como se ha indicado en el apartado anterior, por motivos muy diversos y ajenos a nuestra voluntad, no ha sido posible disponer siempre de las metodologías de control posicional (MCP) que se aplican. Por ello se ha trabajado con el material recopilado, ya fueran propiamente MCP, especificaciones de producto, artículos de revistas y comunicaciones a congresos sobre la temática, etc., extrayendo de ellos los aspectos más relevantes en lo relativo a controles posicionales.

Como resultado de la fase de encuesta e indagación se consiguió determinar un cierto número de MCP que conviene enumerar antes de proceder a su análisis. Esta enumeración se realiza en la Tabla 2.a (normas de control posicional). En ella se ha realizado una clasificación de los métodos, pues en caso contrario habría que suponer tantos métodos distintos como organizaciones, dado que no siempre se aplica una misma idea base de una misma manera en todas las organizaciones que las implementan. Se emplea como nombre de clase el de aquellas propuestas publicadas y bien referenciadas en la bibliografía (p.e. NSSDA o NMAS). En esta misma Tabla 2.b u 2.c se incluyen otros documentos, que sin ser normas específicas de control posicional tienen un especial interés en este ámbito y trabajo.

Tabla 2.a.- Documentos base del análisis		
Normas de control posicional		
Nombre del Método	Clase o método base	Observaciones
ASP (1985)	EMAS	Borrador de la ASP, basado en el EMAS, que dio lugar al ASPRS (1990)
ASPRS (1990)	ASPRS	Método de la ASPRS ampliamente utilizado en USA para los trabajos a grandes escalas (>E20K).
EMAS (1983)	EMAS	Método de la ASCE.
IHO (1998)	IHO	Norma específica para batimetrías. Gran difusión y aceptación en todo el mundo. Actualmente en fase de revisión.
MIL-STD-600001	--	Más que una norma con especificaciones y métodos de control es una guía para el proceso de cálculo matemático-estadístico.
NMAS (1947)	NMAS	Estándar de muy simple aplicación y ampliamente utilizado en todo el mundo desde su publicación.
NSSDA (1998)	NSSDA	Desde su aprobación en 1998 ha alcanzado una amplia difusión y aceptación en todo el mundo. Actualmente, en fase de revisión.
STANAG (2002)	STANAG	Norma de la OTAN. Método riguroso y documento bien estructurado.
USGS (1997)	USGS	Norma sobre modelos de elevaciones del terreno. Control de calidad.

Tabla 2.b.- Documentos base del análisis (especificaciones y propuestas de normas)		
Otros documentos		
Nombre del Método	Clase o método base	Observaciones
Argentina (UNL-SCIT 2004)	--	Propuesta de norma cartográfica. Establece clases de precisión.
ASfP (1996)	--	Especificaciones de exactitud posicional (Canadá). Establece clases de precisión.
Brasil (1984)	NMAS	Decreto de especificación de las categorías de precisión de los productos cartográficos. Establece clases de precisión.
Colombia (2006)	NSSDA	Propuesta de norma que sigue al NSSDA.
Ecuador (2006)	IPGH	Borrador de Especificaciones Técnicas Generales para la realización de Cartografía topográfica a cualquier escala.
Francia (2003)	FRANCIA	Decreto que especifica las categorías de precisión.
Hungría (1996)	--	Especificación del modelo de datos (norma (MSZ 7772-1 T) que en los aspectos de calidad sigue la Norma Europea prEN 287008:1995, Geographic Information – Data Description – Quality.
ICSM (2004)	--	Especificaciones de exactitud posicional (Australia, Nueva Zelanda, etc.). Usa los conceptos de incertidumbre posicional y local. Establece clases de precisión.
IPGH (1975)	IPGH	Especificaciones para la cartografía adoptada por numerosos países de Hispanoamérica.
México 2005	NSSDA	Propuesta de norma que sigue al NSSDA.

Tabla 2.3.- Documentos base del análisis (otros)		
Otros documentos		
Nombre del Método	Clase o método base	Observaciones
FEMA (2003)	NSSDA	Guía y especificaciones centrada en modelos de elevaciones del terreno. Sigue NSSDA con particularidades para MDT.
IGN (Lucas y Rodríguez, 2004)	--	Breve comentario de métodos de control usando fuentes de mayor exactitud.
IPCC (Bica, 2004)	--	Breve comentario de los métodos de control usados en el Instituto Portugués de Cartografía y Catastro.
ISO 19138	--	Propone diversas medidas para la evaluación de la componente posicional.
NDEP 2004	NSSDA	Guía centrada en modelos de elevaciones del terreno. Sigue NSSDA con particularidades para MDT.
OS (1975) NJUG (1988)	OS	Visión general de las técnicas de control de la exactitud posicional utilizadas o por el Ordnance Survey y procedimiento de control de mapas digitalizados.
NLSF (1995)	--	Metodología de aseguramiento de la calidad de productos carto-topográficos.
Sevilla (1991)	EMAS	Criterios generales de exactitud y técnicas estadísticas de estimación de la incertidumbre.
Suiza (Thomson)	--	Ejemplo de control estudiando normalidad, forma del histograma, etc.
Uruguay (Barbato)	--	Ejemplo de control sobre la cartografía de la Intendencia Municipal de Montevideo. Metodologías con similitud al EMAS. Software específico.
USACE (2002)	NSSDA ASPRS	Completo manual general de levantamientos fotogramétricos. En función de la escala usa una u otra metodología de control.

Con la llegada de los modelos digitales del terreno se han generado también normas especificaciones, y métodos de control específicos para los mismos: USGS (1997, 1998); FGDC (1999), FEMA (2003), aunque con gran convergencia y alineación a los posicionales de carácter general. Otro caso es el de las batimetrías. Los MCP no suelen incluir ningún comentario o criterio especial para el caso de levantamientos. Éste es un campo que, de manera implícita y lógica, parece que queda fuera del alcance de los MCP. No obstante a nivel internacional parece que existe bastante acuerdo en el uso de la especificación S-44 (IHO, 1998; 2006) de la Organización Hidrográfica Internacional. Este último campo queda fuera del alcance de nuestro trabajo.

En esta sección se procede a realizar un análisis crítico de las características principales que se han encontrado en las metodologías de control de la componente posicional de BDGs. De esta forma, la sección se estructura en un conjunto de subapartados, cada uno de los cuales presenta consideraciones sobre un aspecto específico (p.e., tamaño de muestra recomendado, método de cálculo de la incertidumbre, etc.). En parte este análisis se resume y presenta en la Tabla 3, que muestra una visión global de los principales aspectos comparados. Los ítems considerados en la Tabla 3, y sus interpretaciones, son:

- ↪ Fecha: Año de publicación.
- ↪ Aspectos formales: Adherencia del documento a la estructura actual y convencional de una norma. Se asignan los siguientes niveles: total, alto, medio, bajo, ninguno.
- ↪ Tipo: Familia a la que se puede asignar la metodología de control en función de su filosofía base.
- ↪ Hoja, serie, lote,...: Indicación sobre el tipo de elemento al que se aplica el control.
- ↪ Aislado/Flujo: Indicación relativa a si el control se supone sobre lotes aislados o en un proceso continuo.
- ↪ Escalas: En estas normas hay una distinción entre escalas mayores y menores a E20k que conlleva niveles de exigencia distintos.
- ↪ Elemento de control (puntos): Indicación explícita a la tipología puntual como elementos de control.
- ↪ Tamaño de muestra: Tamaño mínimo de muestra recomendado.
- ↪ Tipología de los puntos: Indicación sobre la tipología de los elementos puntuales de control.
- ↪ Guía distribución espacial: Indicaciones sobre la distribución espacial de la muestra de control.
- ↪ Sub-regiones: Propuesta de uso de sub-regiones en caso de diversas calidades.
- ↪ Precisión muestreo: Indicación de la precisión del muestreo de mayor exactitud.
- ↪ Exactitud absoluta: Consideración de este subelemento de la calidad.
- ↪ Exactitud relativa: Consideración de este subelemento de la calidad.
- ↪ Contraste hipótesis básicas: Indicación de realizar estos controles.

- ↪ Normalidad implícita: Asunción de esta hipótesis.
- ↪ Outliers: Indicación sobre su eliminación o de cómo tratarlos.
- ↪ Sesgo: Indicación de cómo tratarlo.
- ↪ ECM: Uso de éste índice estadístico.
- ↪ Media, Desviación: Uso de estos índices.
- ↪ Planimetría: Aplicación a la componente horizontal.
- ↪ Altimetría: Aplicación a la componente vertical.
- ↪ 3D: Aplicación al caso 3D.
- ↪ Desplaza XY para Z: Posibilidad de desplazar en planimetría para encaje altimétrico.
- ↪ Circular/X-Y: Análisis en horizontal o por coordenadas X,Y independientes.
- ↪ Categorías: Uso de categorías de exactitud.
- ↪ MDT: Consideración explícita de la aplicación sobre MDTs.
- ↪ Expresión: Manera de informar sobre el resultado de la aplicación del método de control.
- ↪ Información general: Valoración de la información que se aporta y de la inclusión de recomendaciones, ejemplos, ejemplos de cálculo, etc. Se usa la siguiente escala: Nula=0, Muy escasa =1, Escasa = 2, Media = 3, Adecuada = 4, Muy completa = 5.
- ↪ Probabilidad en el resultado: Valor de probabilidad que considera en el resultado.
- ↪ Incertidumbre del método: Indicación de la propia incertidumbre del método de control.
- ↪ Valoración global: Valor en la escala Malo=1..., Muy Bueno=5 asignado por los autores del trabajo como valoración subjetiva global del método.

Tabla 3.- Resumen de los MCP analizados

	Estándar/norma	ASIP	ASP	ASPRS	EMAS	GMF	MILSTD00001	NIMAS	NSSDA	OS	STANAG	USGS
	Procedencia	Canadá	EE.UU.	EE.UU.	EE.UU.	Francia	EE.UU.	EE.UU.	EE.UU.	G.Bretaña	OTAN	EE.UU.
Aplicación	Año	1996	1985	1990	1983	2003	1990	1947	1998	1988	2002	1997
	Aspectos formales	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Alto	Medio	Total	Bajo
	Tipo (EMAS, NIMAS...)	NSSDA	EMAS	ASPRS	EMAS			NIMAS	NSSDA		STANAG	USGS
	Hoja, serie, lote, área ...	Área	Área	Hoja	Área			Área	Área	Hoja	BDG	Hoja
	Aislado o en flujo											
Muestreo	Escala		> 20000	> 20000	> 20000					>20000	< 25000	
	Elemento de control: puntos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Tamaño de la muestra		20	20	20				20	50	167	28
	Tipo puntos (descripción)										Si	
	Guía distribución espacial puntos			Si					Si		Si	Si
	Sub-regiones						Si				Si	
	Predicción muestreo FME		3x	3x	3x	2x			3x		5x	
	Absoluta	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Relativa	Si				Si	Si				Si	
	Contraste de hipótesis básicas											
Control	Normalidad implícita	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Outliers		Si	Si	Si			Si	Si	Si	Si	
	Seguimiento		Si		Si		Si			Si	Si	
	E.M.C.			Si					Si			
	m, s	Si	Si		Si	Si	Si			Si	X	
	Planimetría	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	X	
	Altimetría	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si		X	Si
	3D					Si	Si				X	
	Desplaza X,Y para la Z		Si	Si				Si				
	Circular, X,Y	C	X,Y	X,Y	X,Y		C	X,Y	C	X,Y	C	
Resultados	Categorías exactitud	Si	Si	Si			Si				Si	Si
	MDT								Si		Si	Si
	Expresión	Categoría	Frase	Frase	Ac.Rechaza	Categoría	Frase	Ac.Rechaza	Frase	Ac.Rechaza	Código	Frase
	Información general *		3	3	3	3	3	1	3	2	5	1
	Probabilidad en el resultado	95%	≈100%	≈100%	≈95%	≈99%	90%	90%	95%	≈95%	90%	
Otros	Incertidumbre del método										Si, 10 %	
	Valoración global *	3	2	2	3	3	3	1	3	3	4	1

Aspectos formales

Se pretendía analizar aquí algunos aspectos formales de los MCP disponible. Estos aspectos se refieren tanto a la presentación, ordenación y estructuración de los documentos base en los que se describen estas metodologías.

Podemos decir que, salvo un par de casos, ninguno presenta una formulación rigurosa que siga la estructura de una norma o procedimiento, la cual podría quedar definida por las especificaciones de la “*Guía para la preparación de documentos normativos*” (AENOR, 1990). Por ello en la Tabla 3, se incluye una columna en la que se ha realizado una categorización que determina, de manera aproximada, nuestra valoración (nada, baja, media, alta, total) de este aspecto. Algunos casos analizados (Brasil, 1984; Francia 2003) presentan una ordenación propia de documento legislativo, con una estructura basada en artículos y más orientado, en el caso brasileño a la especificación de las calidades que a su control.

Por otra parte, tampoco se utiliza una nomenclatura y formulación estadística acorde con las recomendaciones del vocabulario internacional de metrología y (ISO, 1993; CEM 1994) ni de la guía que define la incertidumbre, los métodos de estimación de la misma, y diversas formas de expresarla (ISO, 1995). Si bien la última revisión de esta documentación es de 1994, y a pesar de que existen numerosos MCP posteriores a esa fecha, parece que en el ámbito cartográfico no ha calado el uso de esas recomendaciones de suerte que existe una clara disparidad entre los distintos MCP.

Planimetría y/o altimetría

El comportamiento diferencial, en cuanto a la incertidumbre, de las componentes altimétrica y planimétrica, así como la posibilidad de que un producto sea meramente planimétrico (p.e. catastro) o altimétricos (modelos de elevaciones del terreno) hace que los MCP consideren, en su totalidad, de manera independiente la evaluación de la ambas. Esta evaluación independiente, conlleva que los productos se evalúen sólo en una de ellas o que, incluso, puedan exigirse niveles o categorías distintas de exactitud en cada una.

Por otra parte, en cuanto a la planimetría, entre los MCP también se distinguen dos formas básicas de trabajo: a) análisis por componentes (x, y), y b) análisis planimétrico. Esto supone realmente la consideración de dos hipótesis básicas que condicionan también el análisis estadístico: errores lineales en cada una de las componentes o un error global planimétrico (error circular). El caso altimétrico es claro y se trata siempre de forma lineal. En la mayoría de los casos la altimetría se considera independiente de la planimetría aunque en algunos MCP se permite jugar con la posición planimétrica para encajar la altimetría.

En relación a la altimetría, el auge de los MDT ha llevado también a un especial interés en el control de estos productos, sin embargo no todas las opciones analizadas incluyen una mención específica a los mismos y a su control. En algunos casos se han desarrollado algunos métodos de control específicos para ellos, como es el caso de las categorías del USGS (1997, 1998). En otros existen recomendaciones que, sobre métodos generales, establecen de manera específica diversos organismos y programas (p.e. FEMA, 2003; NDEP, 2004) para el caso del control de este tipo de productos. En este ámbito destaca especialmente el manual de la ASPRS (2001) que incluye un

capítulo dedicado al control de calidad de MDT y que puede servir de guía MDTs obtenidos de diversas fuentes (topografía, fotogrametría, LIDAR, etc.).

Control sobre qué (hoja, serie, lote) y cómo (flujo/aislado)

La contratación y recepción de trabajos cartográficos puede adoptar muy diversas formas dependiendo de la entidad del proyecto, plazos disponibles, metodologías, etc., existiendo actualmente procesos de producción cada vez más masivos y parecidos a los procesos industriales (algunos autores hablan de “fábricas de mapas”) (Ariza, 2002). No obstante, los MCP no muestran el grado de refinamiento alcanzado en el ámbito industrial.

Los MCP son procedimientos de muestreo para la inspección y posterior aceptación o rechazo de productos cartográficos desde una perspectiva posicional. De esta forma puede establecerse cierto paralelismo con otros procesos de inspección más generalizados como son los que se realizan por atributos o por variables, y que quedan reglados en las normas ISO 2859-2:1999 e ISO 3951:2005.

Indudablemente son muchas las diferencias entre los procesos industriales de inspección y los cartográficos, pero la amplia experiencia de los primeros debería ser aplicada, en la medida de lo posible, sobre los segundos. De esta forma, y en lo que se refiere a este epígrafe, encontramos que los procesos industriales distinguen muy bien si la aceptación se realiza sobre un lote o partida aislada, o sobre un proceso lote a lote. También se distinguen alternativas de inspección más o menos rigurosas, procesos de muestreo simples, dobles, triples, etc., en orden a obtener economías cuando la calidad es extrema. Es decir, se muestra un amplio abanico de posibilidades de ajustar la inspección frente a aspectos cruciales como son la economía y el riesgo.

En el caso de los MCPs, la circunstancia más general es no indicar nada en relación a todo lo anterior, cuestión que consideramos crítica. Caso aparte y especialmente llamativo, por su severidad, es el criterio que se establece en el manual EM-1110-1-1000 (USACE, 2002): *When a series of sheets are involved in a mapping project, the existence of errors (i.e. map test failure) on any individual sheet will constitute prima facie evidence of deficiencies throughout the project (i.e. all the sheets are assumed to have similar deficiencies) and field map testing will cease.* Pero, en general, los MCP utilizan opciones bien distintas como extensión geográfica, área geográfica, proyecto, producto, hoja o mapa, etc., para referirse al ámbito de aplicación de dicho control. Queda pues bastante difuso si el control debe aplicarse a cada trabajo independiente, a cada una de las hojas de una serie, a un área generada bajo unas mismas condiciones y métodos de trabajos (p.e. bloque fotogramétrico), etc. Dado que no se considera el caso de una producción en flujo, se ha de pensar que los MCP tienen una aplicación más propia sobre elementos aislados. Lo anterior supone no aprovechar las posibilidades de ahorro que se derivan de los métodos de control sobre producción en flujo.

Tamaño de la muestra de puntos de control

El tamaño de la muestra es uno de los aspectos clave de cualquier metodología de estimación por muestreo. La normalidad suele ser la hipótesis más asumida en el control de variables cuantitativas y así ocurre para el caso cartográfico y posicional (Mikhail, 1976; Goodchild y Gopal, 1989; Li; 1991; DoD, 1990; Leung y Yang; 1998 o Shi y Li, 2000). A partir del las

ecuaciones de la Normal se puede obtener la expresión que muestra la siguiente relación entre el tamaño de la muestra n , el de la población N , la precisión del muestreo e , la varianza poblacional σ^2 y el nivel de significación α del estadístico t :

$$n = \frac{N\hat{s}^2}{\hat{s}^2 + N\frac{e^2}{t_{\alpha/2}^2}}; \text{ cuando } N \text{ es suficientemente grande } \rightarrow n = \frac{\hat{s}^2}{\frac{e^2}{z_{\alpha/2}^2}}$$

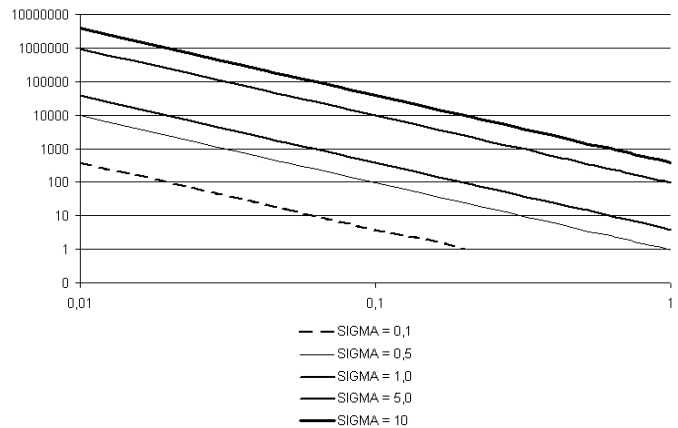
La aplicación de esta formulación permite obtener recomendaciones como la mostrada de forma numérica y gráfica en la Tabla 4. En ella se observa como para diversas variabilidades ($\sigma = 0.1$; 0.5 ; 1 ; 5 ; 10) y diversas precisiones, expresadas como porcentajes de esas variabilidades, se obtienen tamaños muy diferentes para cada caso.

Por tanto, este es un asunto realmente resuelto desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, tanto los MCP como los ejemplos encontrados presentan recomendaciones de tamaños de muestreo muy diversas: $n=20$ (NMAS, EMAS, NSSDA), $n=30$ (Ecuador), $n=50$ (OS), $n=167$ (STANAG). Para nosotros éste es uno de los aspectos más críticos de la mayoría de MCP por cuanto que el tamaño mínimo de muestra recomendado suele ser relativamente bajo (“...al menos 20 elementos de control...”).

En coincidencia con los trabajos de Li (1991) y las prescripciones que dan algunos MCP como el STANAG (2002), nuestra opinión, basada en numerosas simulaciones es que se necesitan tamaños superiores a la centena si se desea acotar la variabilidad del propio proceso de estimación dentro de unos niveles aceptables.

Tabla 4.- Tamaños de muestra bajo la hipótesis de normalidad para diversas variabilidades en la población y diversas precisiones a alcanzar en el muestreo

Precisión (% σ)	$\sigma=0,1$	$\sigma=0,5$	$\sigma=1$	$\sigma=5$	$\sigma=10$
0,01	384	9604	38416	960400	3841600
0,05	15	384	1537	38416	153664
0,10	4	96	384	9604	38416
0,15	2	43	171	4268	17074
0,20	1	24	96	2401	9604
0,25		15	61	1537	6147
0,30		11	43	1067	4268
0,35		8	31	784	3136
0,40		6	24	600	2401
0,45		5	19	474	1897
0,50		4	15	384	1537
0,55		3	13	317	1270
0,60		3	11	267	1067
0,65		2	9	227	909
0,70		2	8	196	784
0,75		2	7	171	683
0,80		2	6	150	600
0,85		1	5	133	532
0,90		1	5	119	474
0,95		1	4	106	426
1,00		1	4	96	384



Evolución gráfica, en un diagrama log-log, de los tamaños de muestra (eje vertical) bajo la hipótesis de normalidad para diversas variabilidades ($\sigma=0.1$, 0.5 , 1.0 , 5.0 , 10.0) en la población y diversas precisiones a alcanzar en el muestreo (eje horizontal)

Desde nuestro punto de vista, el que los MCP hagan referencia a tamaños mínimos realmente pequeños (en su mayoría “al menos 20 puntos”), y que no se ligue el tamaño de la muestra con la fiabilidad del propio muestreo, hace que dichas recomendaciones sean aplicadas no como la recomendación para el peor de los casos, que sería aquel para el que en la zona a controlar resulta realmente difícil encontrar más elementos de control, sino como una regla a seguir en todo momento. Ejemplo de ello es el documento *Positional Accuracy Handbook* (MPLMIC, 1999) donde se presentan algunos ejemplos de aplicación del método NSSDA y tal que cuando se utilizan más de 20 puntos de control se dan justificaciones diciendo que realmente no sería necesario hacer uso de mayor número. A continuación se recoge un comentario extraído de dicho documento:

Twenty or more test points are required to conduct a statistically significant accuracy evaluation regardless of the size of the data sets or area of coverage.

Forty points were chosen rather than the minimum of 20 because they were fairly easy to collect.

...296 control points available... Even though this is far more than the minimum suggested...

El motivo de reducir hasta 20 el número de puntos de control no nos queda claro. Por una parte podemos pensar que toma su base en ciertos teoremas estadísticos (teorema central del límite y leyes de los grandes números) que permiten suponer que a partir de ese número de elementos en una muestra se cumplen ya las hipótesis de normalidad. Por otra parte, dada la ambigüedad con que se trata en los MCP si deben aplicarse a una hoja de un mapa, a cada una de ellas de un lote o serie, etc., podemos pensar que en algún momento esta recomendación era por hoja y que, sin embargo, se ha perdido esta referencia quedando así hipotecada la fiabilidad de los trabajos de control. El IPCC (Bica, 2004) siguiendo un muestreo estratificado aplica el control a un porcentaje de hojas determinado tomando 20 puntos en cada una de ellas.

En EM-1110-1-1005 se dice que cuanto menor es la muestra, mas restrictivo se vuelve la tolerancia y que por ese motivo bastan con 20 puntos para aplicar el ASPRS. En el mismo documento se comenta que para cartografía aplicada a la construcción, se requiere un mínimo de tres pares de puntos de comprobación por hoja de mapa.

El coste del control debe ser consecuente con el coste del propio proyecto cartográfico, esta es una norma básica en todos los proyectos de ingeniería; lo que viene a indicar que el volumen económico del proyecto sugiere, en cierta forma, la cuantificación económica del control del mismo. Junto a lo anterior también se debe considerar que el tamaño de muestra de control debe venir determinado por la fiabilidad del muestreo y, que ésta debe ser una elección primordial en función del uso del producto. Por ello, a la hora de controlar un producto realmente debería tenerse en cuenta una función económica que vincule los costes de muestreo, en función del tamaño de muestra, con la inversión total realizada, la fiabilidad obtenida en el producto y los costes de las malas decisiones que se puedan tomar sobre unos datos que no posean la suficiente calidad para el uso que se les pretende dar.

Otro aspecto relacionado directamente con el tamaño de la muestra es la propia tipología de los elementos que la conforman; este aspecto se comenta en el epígrafe dedicado a los elementos de control.

Calidad o Precisión estándar

Hace referencia al establecimiento de un nivel de calidad o precisión estándar. Siendo muy diversos los usos y escalas de la cartografía, tradicionalmente este nivel se ha venido considerando en las unidades de la representación o mapa, producto último de todo proceso cartográfico y sobre el que se realizaba el uso tanto interpretativo como cartométrico. Esta precisión estándar sobre el mapa está pues íntimamente ligada a la capacidad de discriminación del usuario, es decir al límite de percepción visual del ser humano. En esta línea, tampoco existe una coincidencia total en los estándares que utilizan esta opción pues también está relacionada con el nivel de probabilidad que se establece para este error máximo, si bien la mayoría de los casos se asume un 90%. Algunos determinan éste límite en 0.2 mm, otros distinguen varios niveles (p.e. el NMAS) en función de la escala (0.5 mm para escalas < E20k y 0.85 mm para escalas >E20K), en otros casos este valor se incrementa hasta 0.28 mm al considerar un 95% de probabilidad.

Con el advenimiento de era digital la representación cartográfica se convierte en un producto más de las BDG digitales y por ello la precisión se refiere al propio dato geográfico, expresándose en unidades terreno. Esta evolución en el tipo de unidades utilizadas es muy clara en los documentos analizados y en sus versiones. Aquí las precisiones que caben son muchas y por ello básicamente existen dos opciones de trabajo en los MCP: a) una clasificación de las mismas, como la mostrada en la Tabla 5; o b) dar un valor de la estimación que realiza el MCP aplicado, siendo el usuario quien decide sobre su adecuación o no a su propósito de uso.

Tabla 5.- Ejemplo de categorías de exactitud	
Norma	Categorías
GC (1996)	1cm, 2cm, 5cm, 1dm, 2dm, 5dm, 1m, 2m, 5m, 10m, 20m, 50m, 100m, 200m

En otras propuestas, como ASPRS (1989) las categorías no se definen por las exactitudes en sí, si no por el error límite que cabe esperar para un conjunto de escalas. De esta manera se establecen productos de Clase 1 como los más precisos y productos de clases 2 y 3 como 2 y tres veces menos precisos que aquellos. Esto no es mas que la traslación del criterio del límite de percepción visual a cada escala y luego la introducción de un factor de relajación para las categorías propuestas (Tabla 6).

Tabla 6.- Requerimientos de exactitud planimétrica (en coordenadas X o Y) para mapas de Clase I	
Escala	Límite RMSE (m)
1:50	0,0125
1:100	0,025
1:200	0,050
1:500	0,125
1:1.000	0,25
1:2.000	0,50
1:4.000	1,00
1:5.000	1,25
1:10.000	2,50
1:20.000	5,00

El uso de categorías es interesante y cómo para el sector una de los aspectos que se están tratando en la revisión del NSSDA es la propuesta de clasificación realizada por Tilley (XXX).

De forma similar a la anterior también se encuentran algunas clasificaciones específicas para MDT como las tres categorías de exactitud que propone el USGS (1998), si bien éstas están muy condicionadas por los productos de los que el USGS derivó sus modelos digitales del terreno.

Distribución espacial de la muestra de puntos de control

La distribución espacial de la muestra es otro aspecto que puede condicionar la validez de un muestreo estadístico. Son algunos los MCP que explicitan, aunque someramente, la distribución espacial idónea de los elementos de control. En algún caso se indica el uso de una distribución acordada entre el productor y el usuario (USACE, 2002).

Si se supone que el área bajo control es homogénea respecto al interés de sus elementos y comportamiento de la incertidumbre en el espacio, se podría considerar que una distribución aleatoria, pero bien distribuida, es la más adecuada. Esta es la recomendación la realizan varios MCP y se presenta de manera gráfica en la Figura 2. Según esto, se recomienda que en cada cuarto se distribuyan al menos un 20% de los puntos de control y que la distancia entre ellos sea aproximadamente de un décimo de la diagonal. No obstante lo anterior no deja de ser una recomendación que, además, queda sujeta al acuerdo entre las partes. En el control de modelos digitales del terreno, en algún caso se especifica que los puntos de control han de situarse sobre terrenos llanos o planos de ladera con pendiente máxima limitada al 20% (NDEP, 2004). En otros casos (USGS, 1997) esta cifra se eleva hasta 28, los cuáles se propone que se repartan en 20 según el caso anterior y los 8 restantes en los límites o periferia de la zona, para asegurarse que no existe “efecto borde”.

La manera de generar la muestra aleatoria debería ser por algún método computerizado como se propone en NJUG (1988) evitando así la introducción de sesgo en la muestra por parte del operador que diseñe el control. Indudablemente esta selección automatizada debería ser posteriormente revisada.

Según se deduce de lo anterior, en ningún caso se propone ni utiliza una métrica concreta para objetivizar esta circunstancia.

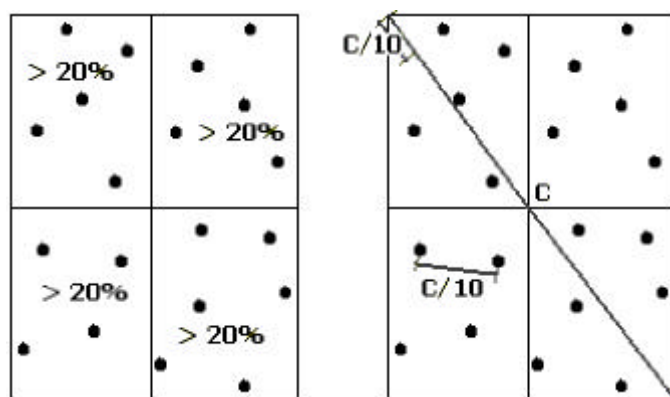


Figura 2.- Recomendación para la distribución espacial de los puntos de control.

Si existe algún(os) elemento(s) de interés (p.e. una infraestructura), el muestreo debería intensificarse entorno a él(ellos). En ningún caso se menciona o propone el uso de algún índice o estadístico que, de una manera más cuantitativa y objetiva, pueda dar idea de la bondad de esta distribución.

En el caso de MDT, se establecen además condiciones adicionales como son (FEMA, 2003): que los puntos de control se encuentren a una cierta distancia de elementos estructurantes del terreno y que se tomen en zonas llanas o planos de pendiente uniforme, menor del 20%, y con un tamaño determinado en función del paso de malla del MDT. Además, en el caso de usar datos obtenidos por técnicas como LIDAR se requiere que los puntos de control se distribuyan entre las distintas categorías de cubierta vegetal.

Algunas especificaciones de control, como la del *Space Applications Institute* (SAI, 2000) para el chequeo externo de la exactitud geométrica de imágenes, recomiendan el uso de gráficos que muestren la distribución de los puntos de control y los vectores de error de cada uno de ellos. Este es el único caso detectado donde se solicita esta información.

Aspectos estadísticos

Todos los MCP son procesos de base estadística, por lo que debe atenderse con cuidado a todo aquello (formulación, hipótesis, etc.) que pueda afectar a que la estimación que se deriva de ellos no tenga la suficiente robustez. Si bien son métodos de base estadística, no comparten la misma formulación por lo que los resultados y fiabilidades obtenidos de aplicar distintos MCP a un mismo caso pueden ser distintos.

En otros apartados se han presentado aspectos como el tamaño de muestra, etc., que también tienen su importancia estadística, sin embargo, y sin ánimo de ser exhaustivos, aquí nos centraremos en los siguientes:

- Hipótesis básicas: Las necesarias para que funcione adecuadamente el aparato estadístico que soporta cada MCP.
- Precisión de los trabajos de muestreo: Las recomendaciones que se vierten al respecto para poder asegurar la precisión de la estimación estadística.
- Estimación de la incertidumbre: Alternativa seguida para calcular la incertidumbre, básicamente el error medio cuadrático o la desviación (estándar).
- Sesgo: Tratamiento de los sesgos en el MCP.
- Valores atípicos: Tratamiento de los valores atípicos (outliers) en los MCP.
- Información sobre el método: Información sobre el comportamiento de los MCP.

Hipótesis básicas: Los métodos estadísticos suelen basarse en algunas hipótesis previas que han de cumplirse para que las conclusiones derivadas del aparato estadístico que se aplica sean realmente válidas. Estas hipótesis no están claramente enunciadas en los MCP y aún menos la manera de contrastar su cumplimiento. Ejemplo de ello son la aleatoriedad y normalidad que se debe suponer en los datos sobre los que se aplican los MCP. En la mayoría de las veces estas hipótesis se cumplirán, pero son justamente los casos en los que no se cumplen aquellos que nos interesa detectar en orden a analizar las causas. Entendemos que el coste de realizar este tipo de contrastes es realmente bajo con las herramientas informáticas disponibles en la actualidad, por lo que, desde la perspectiva de un organismo cartográfico no se debería despreciar una oportunidad de conocer y mejorar los procesos.

En el caso de MDT derivados de técnicas de captura como es el LIDAR se comenta la posibilidad de que éstos datos no sigan una distribución normal y por ello se proponen métodos alternativos de control basados en el análisis de histogramas y su forma (curtosis) así como la expresión del error en forma de cuantil (ASPRS, 2001).

Precisión de los trabajos de muestreo: Para la realización de los controles posicionales se recurre a una fuente de mayor exactitud o, en la mayoría de los casos a trabajos de campo. Para que la estimación que se deriva del proceso de control sea fiable, es necesario que el método de control tenga una precisión mayor que el método de levantamiento de la BDG a controlar. La cuestión es qué precisión se requiere en los trabajos de control respecto a la que poseen los elementos que se controlan. Un simple análisis estadístico nos indica que hacen falta métodos de control que sean, al menos, tres veces más precisos que los que se van a controlar. La justificación de esta circunstancia radica en cómo afecta la presencia de pequeños sesgos a la probabilidad. La Figura 3 presenta el ejemplo de una población distribuida como $N(m=0, s=3)$ (curva de color negro) frente a dos muestreos que se realizan (curvas de color azul): el primero con una precisión equivalente a la de la población ($s' \gg s$) y, el segundo, a tres veces superior a la de aquella ($s' \gg s/3$). En ambos casos se considera la presencia de un sesgo equivalente a un tercio de la desviación ($1/3s$). Para el primero de los casos la proporción de población del muestreo comprendida entre $\pm 1s$ de la población es el 65.36%; mientras que para el segundo esta proporción alcanza el 97.72%.

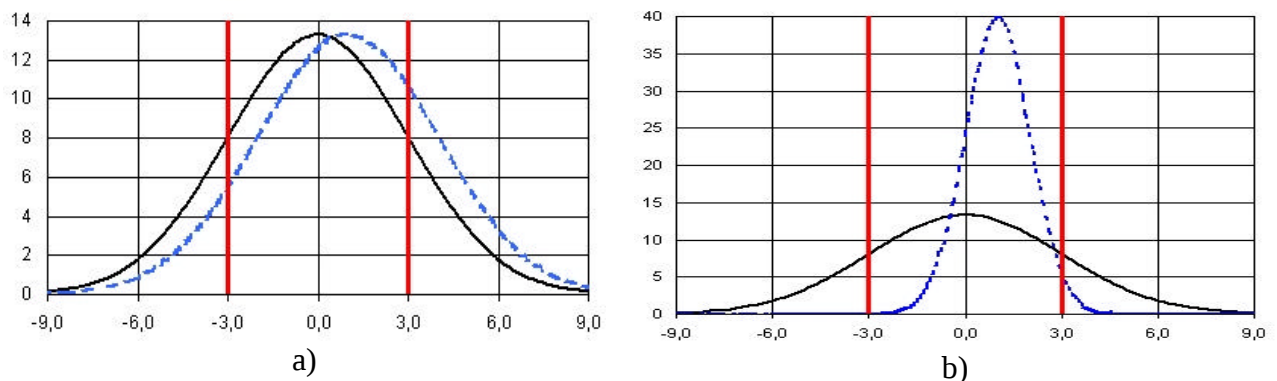


Figura 3.- Ejemplo de cómo afecta un sesgo de $1/3\sigma$ a la proporción de población de un muestreo (curva azul) comprendida en $\pm 1s$ de la distribución de la población (curva negra) cuando los muestreos poseen precisiones del mismo orden que la población (a) o tres veces superiores a aquella (b)

En relación a este asunto en la mayoría de los MCP sólo se hace referencia al uso de una fuente de mayor exactitud sin llegar a indicar en qué se cuantifica dicha circunstancia. En otros documentos sí se hace referencia a precisiones concretas, por lo general tres veces la precisión de los trabajos bajo control. En uno de los casos, se indica que esta precisión debe ser cinco veces mayor.

Estimación del nivel de incertidumbre: Básicamente existen dos opciones en la estimación del nivel de incertidumbre posicional de una BDG, estas son:

— Error cuadrático medio: La presencia de la incertidumbre se resume bajo este único índice

- Media y desviación: En este caso, el comportamiento de la incertidumbre se desdobra en: a) una componente de medida central que cuantifica en desplazamiento medio (la media) y b) una medida de dispersión (la desviación, también denominada desviación estándar o error estándar). Esta segunda opción da más información que la anterior al emplear dos índices. Esto es un aspecto de gran importancia para el caso de evaluar la interoperabilidad, dado que los sesgos se pueden corregir con transformaciones, siendo las desviaciones (variabilidad) un aspecto más difícil de tratar.

Las dos alternativas sirven para lo mismo y permiten describir adecuadamente el comportamiento de la incertidumbre posicional. A modo de ejemplo gráfico, la Figura 4 presenta la evolución de los tres parámetros las dos alternativas cuando, para una variabilidad acotada ($s = 1$) se incrementa el nivel de sesgo presente en los datos. Según lo dicho, podría pensarse que el usar uno (el RMSE) o dos índices (media y desviación) es sólo cuestión de economía y que, por tanto, es más interesante usar el primero. No obstante, los métodos de control más depurados prefieren el uso de la segunda opción dado que distingue perfectamente entre dos posibles causas que pueden afectar al no cumplimiento del estándar, es decir, esta opción da más información y permite detectar si hay que buscar una causa asignable a los sesgos o al incremento de la variabilidad.

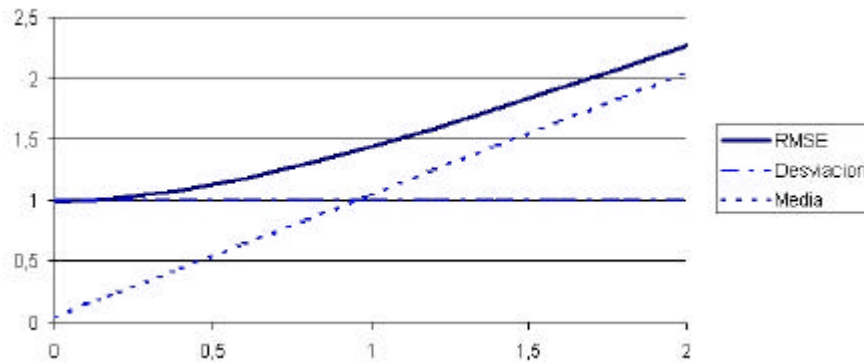


Figura 4.- Evolución del RMSE y de la media y desviación para una muestra con desviación fija ($s = 1$) y media en el intervalo $[0, 2]$

Sesgos: La presencia de sistematismos en una estimación supone un comportamiento no deseable y que puede ser asignable a algunos procesos concretos. En algunos MCP (p.e. NMAS) este comportamiento no es detectable y no se indica nada. El NSSDA tampoco permite detectar esta circunstancia, sin embargo, la propia norma indica que, de forma previa a su aplicación, deberán haberse eliminado los sesgos (*“it is assumed that systematic errors have been eliminated as best as possible”*). En el caso del EMAS se formula un contraste de hipótesis específico para detectar la presencia de estos.

Lo que no queda claro en ningún caso es el tratamiento específico del sesgo, es decir, si las referencias a la eliminación se refieren a las causas del sesgo o a un simple tratamiento analítico para eliminarlo. Este aspecto es realmente importante para el caso del EMAS, pues es bien distinto considerar los contrastes que realiza sobre el sesgo como análisis previo o como parte del propio estándar.

En otros casos, como STANAG, la formulación estadística que realiza sí permite que éstos entren de forma explícita en el análisis y determinación de la incertidumbre.

En el caso de las aplicaciones a modelos de elevaciones del terreno el NDEP propone la toma de 20 puntos sobre cada una de las principales categorías de coberturas al objeto de detectar la presencia de estos sesgos.

Valores atípicos: Los valores atípicos (outliers) de una muestra, son aquellos excesivamente grandes o pequeños tal que, tras su comprobación, no pueden considerarse como equivocaciones o errores groseros del proceso. Por lo anterior, aunque tengan poca probabilidad de ocurrencia, estos valores pueden considerarse pertenecientes a la función de distribución del fenómeno o característica, pero su inclusión en el análisis condiciona extremadamente los resultados que se derivan de la estadística tradicional que se aplica. Frente a esta circunstancia, común en los controles posicionales, los MCP no dan ninguna indicación al respecto. Aquí la situación es interesante: por un lado la inclusión en los cálculos estadísticos afectaría mucho a los valores estimados y, por otro, la eliminación de los mismos es como cerrar los ojos frente a una realidad que nos incomoda. Por ello la solución común suele consistir en un cuidadoso proceso de eliminación, para no tomarlos en cuenta en el análisis numérico, junto con su inclusión en los informes finales dando aviso de esta circunstancia. Ejemplos de este hacer, y que pueden servir de guía para el tratamiento de estos casos, pueden encontrarse en alguna información complementaria como MPLMIC (1999) y ASPRS (2001).

Información sobre el método: En general los MCP se formulan de una manera muy simple, a la que no se acompaña ninguna información sobre aspectos que puedan ser relevantes en el uso y conocimiento de cómo se comporta cada metodología concreta. Valgan como ejemplos los dos casos siguientes:

- **Fiabilidad el método:** Casi la totalidad de los MCP se formulan sin dar información alguna sobre la fiabilidad del método estadístico que se propone como base. En el caso de STANAG es cuestión a parte, en este documento se repite varias veces que para tener acotada la fiabilidad de la estimación se requiere una muestra con un tamaño de 167 elementos y que, en caso de no ser disponible, deben aplicarse otras formulaciones que la propia norma incluye. Sin embargo, en otras metodologías como el NSSDA, para la que se ha demostrado que posee gran variabilidad (Ariza y Atkinson, 2005) (Figura 5) en tamaños de muestra pequeños como el recomendado por la propia norma, no se indica nada sobre tamaños y fiabilidad esperable para cada uno de ellos.

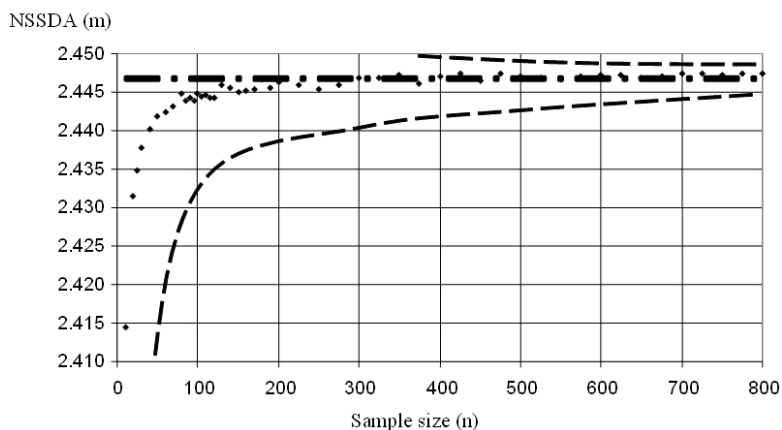


Figura 5.- Variabilidad de las estimaciones derivadas del NSSDA en función del tamaño de muestra para una población $N(0,1)$

- Peculiaridades del método: El EMAS se formula para el caso planimétrico como una batería de cuatro test (contrastes de hipótesis) que han de superarse de manera conjunta para considerar que la BDG satisface el estándar. La aplicación de cuatro pruebas estadísticas, cada una de ellas con un nivel de significación α dado, hace que si se consideran todas ellas independientes, el nivel de significación global sea 4α . Esto supone que el error de tipo I se incrementa sobremanera (Atkinson, 2005), por lo que habría que aplicar la corrección de Bonferroni (Bonferroni, 1935; Miller, 1991). La Figura 6 presenta gráficamente ambas circunstancias en la aceptación esperada: la original y la corregida. La explicación de esta circunstancia o la justificación de la solución adoptada en el EMAS, brillan por su ausencia en el documento que lo define.

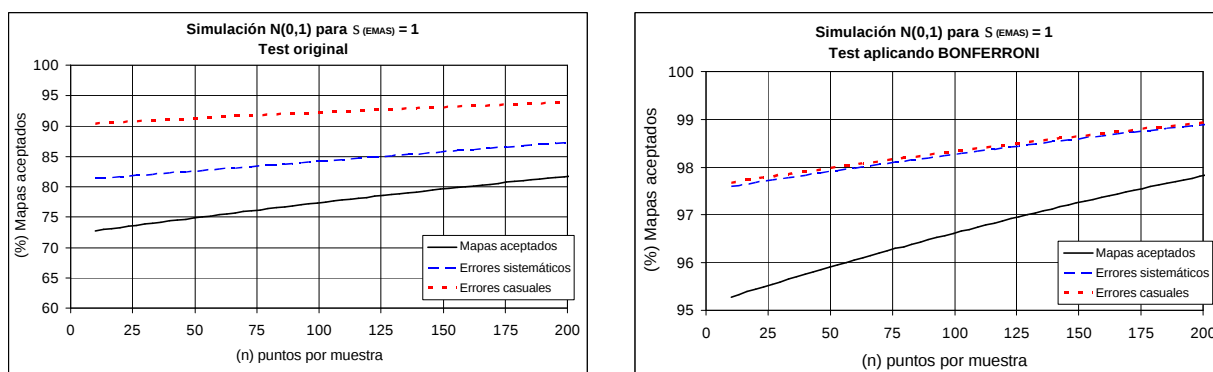


Figura 6.- Porcentajes de aceptación del estándar EMAS: a) definición original, b) con corrección en el nivel de significación global según Bonferroni

Por todo lo anterior consideramos necesario que las normas se acompañen, ya sea en sus anejos, en forma de guías explicativas, o cualquier otra opción posible, de información de valor sobre el propio método, hipótesis, limitaciones, aspectos críticos, fiabilidad, conveniencia, etc.

Recomendaciones y ejemplos de aplicación del proceso normado

La vocación fundamental de toda norma es su utilización. Para ello es indispensable su divulgación y conocimiento por parte de los agentes del sector y del mayor número de posibles interesados. Dado que la aplicación práctica y rigurosa de una norma puede ser difícil a partir del propio texto que conforma la norma, consideramos que éstas deben acompañarse de anejos u otro tipo de documentos en los que se explique con detalle su filosofía y se incluyan ejemplos de aplicación. Se dispone de esta manera, de una guía con las recomendaciones básicas pertinentes para aplicar adecuadamente el método propuesto en la propia norma. Esto ha sido bien entendido por ISO en el desarrollo de la familia 19100 en la que, junto a la norma, se suelen incluir un conjunto de anexos que resultan muy esclarecedores y formativos de cómo llevar a cabo la aplicación de las mismas.

La situación descrita en el párrafo anterior es cada vez más común. Así, podemos encontrar que para los estándares más antiguos no hemos encontrado ninguna guía de uso, mientras que para otros más recientes se incluye un anexo con ejemplos de cálculo (ASPRS, 2001) o como para el NSSDA, para el que, aunque fuera de la propia norma, existe un manual explicativo: *Positinal Accuracy Handbook MPLMIC* (1999). En algún caso se incluyen los programas o listados

informáticos para aplicar la metodología (STANAG) o están disponibles en la red como es para el caso del NSSDA.

Exactitud de la posición: absoluta o relativa

En algunos métodos como ASfP (GC, 1996) se le denomina exactitud en red y exactitud local (*network accuracy/ local accuracy*).

Hasta hace poco la exactitud relativa ha sido más importante que la absoluta (Rönsdorf, 2004). Debido a las limitaciones en las técnicas de levantamiento de cada momento, se puede asumir que la exactitud absoluta de la cartografía tradicional es siempre peor que la exactitud relativa. No obstante, con la difusión del uso del GPS, hoy en día se la perspectiva absoluta ha cobrado una gran importancia. Sin embargo a lo dicho, todos los MCP analizados se basan en el control de la exactitud absoluta, y casi ninguno de ellos hace referencia expresa a un análisis desde una perspectiva relativa. Indudablemente la perspectiva absoluta es primordial desde el punto de vista de una organización cartográfica puesto que viene a significar cómo se encaja una BDG concreta en su marco posicional. No obstante, para algunas aplicaciones de ingeniería interesa más el comportamiento relativo entre elementos, aspecto que queda convenientemente reflejado mediante una estimación de la exactitud posicional relativa. Casi ninguna norma atiende a esta última circunstancia dejando por ello, a nuestro modo de ver, sin cubrir un campo muy importante de aplicaciones.

Consideramos que, dada la capacidad actual de los medios de cálculo informáticos, una vez se dispone de una muestra de puntos de control para el caso absoluto no resulta nada problemático el derivar de ellos una estimación de la componente relativa. Además, disponer de manera conjunta de las estimaciones absoluta y relativa, lejos de ser redundante permitiría, en algún caso, detectar la existencia de algún tipo de problema relativo a la aplicación del marco posicional.

Lo anterior queda en evidencia en algunas normas mas modernas como STANAG e ICSM, donde se propone el uso de ambas medidas. De igual manera ocurre con la norma ISO 19138 que, sin ser una norma dedicada al control posicional, incluye algunas medidas que pueden ser de aplicación en la evaluación de la exactitud posicional relativa. Entendemos por ello que en el futuro inmediato se abre paso un mayor uso de esta perspectiva.

Elementos de control

Todos los MCP son metodologías basadas en el uso de puntos como elementos de control. En prácticamente todos los MCP se utiliza el giro o expresión “elementos bien definidos” o “elementos fácilmente identificables” para referirse a ellos. Esto significa utilizar un conjunto de puntos homólogos en la BDG bajo control y en la fuente o campo, que no ofrezcan dudas en su identificación, y que presenten una geometría que evidencie la posición de forma clara (p.e. esquina o cruce). Son bastantes tipologías de elementos las que permiten una identificación inequívoca pero, sin embargo, pueden presentar notables diferencias desde el punto de vista de su comportamiento posicional como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7.- Clasificación de elementos por su facilidad y fiabilidad de identificación para su uso en controles posicionales	
Clase	Elemento
Excelente (1-5 cm)	- Elementos artificiales de tipología puntual: puntos monumentalizados sobre el terreno.
Bueno (5-20 cm)	- Elementos artificiales de tipología casi puntual o lineal bien definidos y en cruce de 90°: pequeñas obras de fábrica (arquetas, casetas, sifones, torres, postes, etc.), cruces a 90° de canales/acequias, cruces a 90° de vías férreas y caminos, etc., esquinas de casas, muros y otras obras de fábrica en ángulo recto, etc.
Satisfactorio (20-50cm)	- Centros geométricos y elementos lineales en cruce: Centro geométrico de estructuras (casas, casetas, fuentes, pozos, etc.), esquinas y cruces de estructuras lineales en ángulos no recto ($\alpha = 150^\circ$), cruces de setos estrechos, cruces de vías/caminos con cauces fluviales, etc.
Pobre (>50cm)	- Elementos naturales y mal definidos: elementos naturales aislados (plantas, piedras), cruce de setos anchos, cruce de caminos mal definido sobre el terreno.

Las tipologías utilizadas deberían ser fiel reflejo de todos los elementos existentes en la cartografía, y no sólo de un subconjunto limitado y muy específico que de lugar a estimaciones optimistas. Una vez se dispone de una BDG, su explotación suele realizarse de toda ella y no de una clase concreta de elementos. En esta línea podríamos decir que los elementos de control deberían conformarse como una muestra estratificada de lo que existe en la BDG, pues en caso de usar unas tipologías concretas, las estimaciones sólo serían válidas para las mismas. Algunas especificaciones modernas de BDG proponen niveles distintos de calidad para cada tipología de elemento, aspecto que afecta a la componente posicional y justifica aún más lo comentado en párrafos anteriores. Estudios como el de Lucas y Rodríguez (2004) presentan ya estimaciones de incertidumbre distintas para un conjunto de elementos tanto puntuales como lineales.

En algunos casos se especifica que la muestra debe ser independiente de todo elemento usado en ajustes de bloques, apoyos fotogramétricos, etc. Por ejemplo, en STANAG se indica: “*points which are likely to be precisely positioned should be avoided*”. Autores como Veregin y Giordano (1994) ya han apuntado que el uso de éstos como elementos de control introduce sesgo en la estimación.

Otro aspecto que influye tanto sobre los posibles elementos de control como en el uso posicional de cualquier otro elemento de una BDG son los procesos de generalización (y simbolización). En esta línea debe dejarse claro, y así se hace en algunas especificaciones de productos (p.e. AUSLIG, 1999) la jerarquía aplicada en los procesos de generalización por cuanto ésta afecta en forma de posibles desplazamientos. Por ejemplo, para el caso mencionado la jerarquía es la siguiente: hidrografía, ferrocarriles, carreteras principales, carreteras secundarias, carreteras menores, caminos, construcciones, límites de vegetación.

Cuando se controlan MDE no existen puntos fácilmente identificables (bien definidos) dado que sería mucha suerte que los mismos estuvieran situados sobre los propios puntos de la malla. En este caso, siendo válida toda la base estadística que soporta a los MCP, se debe especificar cómo realizar estos controles atendiendo a esta particularidad, la cual lleva, por lo general a la necesidad de interpolar. En algunos otros casos (USACE, 2002; FEMA, 2003) se considera el uso de perfiles en el control de la altimetría. Por ejemplo, para el primero de ellos: un perfil por hoja, ó 3 por modelo fotogramétrico, de longitud superior o igual a 12,7 cm (sobre el mapa) y que corte un mínimo de 10 curvas de nivel. En el caso de los MDE también se apuntan el uso del chequeo visual (USGS, 1997; IGN) como método de control de este tipo de productos.

Informe (expresión del resultado de la evaluación)

La expresión del resultado final de las evaluaciones realizadas por los MCP es diversa. Básicamente existen las siguientes alternativas:

- Paso/Fallo: Indican si la BDG bajo control ha superado o no el control.
- Clasificación: Indican el nivel de exactitud alcanzado mediante la asignación de una categoría o clase al producto.
- Valor: Se da un valor de incertidumbre que caracteriza a la BDG y se deja en manos del usuario la consideración de si es adecuado o no a su propósito.

La manera más ventajosa de proceder, en nuestra opinión, es una forma híbrida, dando una clasificación y un valor numérico. La clasificación supone el uso de un conjunto de clases que deben estar aprobadas en una norma y, por tanto, aclaran mucho la situación en el sector, pero con la suficiente flexibilidad si el conjunto de clases se ha elegido de manera adecuada. La falta de clases es una de las críticas han vertido autores como Tilley (2002) sobre el NSSDA y que está propiciando la revisión de dicha norma (FGDC, 2003). Por otra parte, aunque aparentemente redundante con lo anterior, el uso conjunto del valor, permite no perder una información que puede ser de interés a algunos usuarios más especializados.

Un aspecto que consideramos especialmente crítico de la manera en que se realiza la expresión de los resultados de las evaluaciones, es la ausencia de cualquier tipo de expresión gráfica de la variabilidad espacial detectada en el comportamiento de las incertidumbres. Esta expresión gráfica debería incluir los elementos de control en sus posiciones, los vectores de error e incluso, si se da el caso y se estima procedente, una división del espacio en sectores de comportamiento homogéneo (IHO, 1998, MIL-STD-600001).

Otros aspectos, tan importantes como la fecha, descripción de los métodos de trabajo, etc., no se incluyen en ninguna de estas metodologías.

No obstante, la aplicación de las normas ISO 19113, 19114 y 19115 permitirá disponer de informes mucho más detallados y de mayor calidad.

CONCLUSIONES

El aspecto posicional es una componente primordial de la calidad de los datos y un elemento básico para conseguir la Interoperabilidad entre BDG por ello ha sido, y es, un caballo de batalla de las instituciones cartográficas. En la actualidad muchas de ellas están desarrollando programas de mejora de esta componente.

En nuestro caso se ha realizado un trabajo de análisis de diversas metodologías de control posicional en cartografía tomando como base un proceso de encuesta y búsqueda en Internet. Los niveles de contestación obtenidos no han sido elevados. La principal impresión que hemos obtenido de la fase de encuesta, nos lleva a pensar que muchas instituciones cartográficas, a pesar de la responsabilidad de liderar el sector cartográfico en sus distintos países o territorios (lo cual supondría regular, dar transparencia, homogeneidad, transferir tecnología y buenas prácticas a dicho sector), no ejercen este liderazgo. En base a la experiencia obtenida de la encuesta,

podríamos ir más allá afirmando que, en algunos casos, se muestran realmente recelosas en lo que concierne a los aspectos de calidad.

El análisis realizado se ha centrado en numerosos aspectos (formalismo, tamaño de muestra propuesto, método de estimación, recomendaciones para sesgos y outliers, exactitud absoluta y/o relativa, etc.), y de manera resumida las principales conclusiones son:

- Los MCP son procesos de base estadística pero difieren mucho en el método de estimación.
- No emplean la terminología de incertidumbres propia de la metrología.
- En su mayoría no presentan gran formalismo en su definición.
- Se basan en muestreos de base estadística.
- No suelen requerir pruebas sobre las hipótesis básicas.
- No informan sobre el comportamiento estadístico y fiabilidad del propio método.
- No suelen indicar de forma explícita el tratamiento a dar a los sesgos y outliers.
- Utilizan puntos bien definidos como elementos de control.
- La mayoría no especifica cómo tratar los MDT al no existir puntos fácilmente identificables.
- No indican si se debe tomar una única tipología de puntos de control o, por el contrario, deben ser de varios tipos. En este caso, tampoco se indica en qué cantidad o proporción.
- Presentan gran disparidad en cuanto al tamaño de la muestra de control.
- El tamaño o área a la que se aplica/debe aplicar no siempre queda bien explicitado.
- Dan la idea de un proceso aislado, algo alejado con otros posibles entornos en los que existen lotes, procesos continuos de producción, etc.
- No suelen incorporar la perspectiva de exactitud posicional relativa.
- Los resultados se expresan de maneras muy diversas: valores, clases, pasa/falla, etc.
- No suelen existir manuales o documentos que los expliquen en detalle (bases, comportamiento, ejemplos de aplicación, etc.).

Por todo ello, consideramos que los métodos existentes, aunque operativos, en su mayoría no están adecuados a la nueva situación tecnológica y por ello presentan numerosos puntos débiles siendo imprescindible una revisión de los mismos justamente por la importancia renovada de la componente posicional de las BDG. De esta forma, entendemos que el análisis aquí presentado puede servir para guiar el desarrollo de una norma de control posicional que presente notables mejoras respecto a las existentes.

Entendemos que el coste de algunas pruebas que aquí se han apuntado es realmente bajo gracias a las herramientas informáticas disponibles en la actualidad y que por ello no se debería despreciar una oportunidad de conocer y mejorar los procesos. Debería plantearse una norma con un informe básico formado por unos campos obligatorios y otros de carácter opcional y condicional en función del nivel de detalle con el que se realicen los controles posicionales o y

del deseo de informar a otras partes. De cualquier forma, para un productor el disponer de la mayor información posible es la mejor herramienta para mejorar sus procesos.

Las instituciones cartográficas y normativas deberían aunar esfuerzos en el desarrollo de normas que presenten un alto grado de definición. Este desarrollo debería contemplar distintas opciones de muestreo, riesgo y protección, etc., y también debería incluir, junto a su parte prescriptiva, los oportunos desarrollos descriptivos que, mediante ejemplos prácticos, permitan eliminar dudas y ejemplizar un buen hacer. Hemos de pensar que la ausencia de prescripción o guía en una norma en los aspectos más importantes de su aplicación, ocasiona un efecto contradictorio a la propia idea de normalización: se da pie a aplicaciones distintas que, sin embargo, pueden ser interpretadas como similares.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación y Ciencia por la financiaron parcial con cargo al proyecto “*Control Posicional en Cartografía por Elementos Lineales*” (BIA2003-02234).

A la Junta de Andalucía (Consejerías de Educación y de Ciencia y Tecnología) por la financiación que viene realizando al Grupo de Investigación del PAI (TEP-164) “Ingeniería Cartográfica” desde 1997.

A todas las organizaciones que contestaron a nuestro requerimiento de información por la documentación aportada.

REFERENCIAS

- AEC (1990). Técnicas de control de calidad. Asociación Española para la calidad, Madrid.
- AENOR (1990). Guía para la preparación de documentos normativos. Asociación Española para la Normalización y Certificación, Madrid. (este documento anula y sustituye a UNE-0-000-85).
- Angwin, G., and Fink, E. (2001). The value position of high quality data. Tele Atlas North America, Boston.
- Ariza, F.J. (2002). Control de Calidad en la Producción Cartográfica. Ra-Ma, Madrid.
- Ariza, F.J.; Atkinson, A.D. (2005). Sample size and confidence when applying the NSSDA. En XXII International Cartographic Conference, La Coruña.
- Ariza, F.J.; Atkinson, A.D. (2005). Sample size and confidence when applying the NSSDA. En XXII International Cartographic Conference, La Coruña.
- Ariza, F.J.; Atkinson, A.D.; Rodríguez, J. (2005). Positional quality control by means of the EMAS test and acceptance curves. En XXII International Cartographic Conference, La Coruña.
- Ariza, F.J.; Atkinson, A.D.; Rodríguez, J. (2005). Positional quality control by means of the EMAS test and acceptance curves. En XXII International Cartographic Conference, La Coruña.

- ASCE (1983). Map Uses, scales and accuracies for engineering and associated purposes. American Society of Civil Engineers, Committee on Cartographic Surveying, Surveying and Mapping Division, New York.
- ASP (1985). "Accuracy Specification for Large-Scale Line Maps". PE& RS, vol. 51, n° 2, 195-199.
- ASPRS (1989). "Accuracy standards for large scale maps". PE&RS, vol. 56, n°7, 1068-1070.
- ASPRS (2001). Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual. Maune, D.F. (Ed). American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Atkinson, A. (2005). Control de calidad posicional en cartografía: análisis de los principales estándares y propuesta de mejora. Universidad de Jaén, Jaén.
- Barbato, F. (). Control de Precisión Posicional de la Cartografía Base de la Intendencia Municipal de Montevideo – Uruguay.
- Barbato, F. (). Modelling errors and Accuracy in Cartography Base of GID.
- Besterfield, D. (1994). Control de Calidad. Prentice Hall, Mexico.
- Bica, V. (2004). Quality evaluation in the Portuguese Institute for Cartography and cadastre.
- Bonferroni, C. E. (1935). "Il calcolo delle assicurazioni su gruppi di teste." Studi in Onore del Professore Salvatore Ortu Carboni. Rome, 13-60.
- Box, G.; and Muller, M. (1958). "A note on the generation of random normal deviates". Ann. Math. Statistics, vol. 29, 610-611.
- Brasil (1984). Decreto n° 89.817 de 20 de Junio de 1984 que establece las instrucciones reguladoras de las Normas Técnicas de Cartografía Nacional.
- Caridad, J.M. (1985). Calculo de probabilidades y análisis de datos. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Carmel, Y., Dean, D., and Flather, C. (2001). "Combining Location and Classification Error Sources for Estimating Multi-Temporal Data Base Accuracy". PE&RS, vol. 67, n° 7, 865-872.
- Carmel, y., Flather, C., and Dean, D. (2006). "A methodology for translating positional error into measures of attribute error, and combining the two error sources". Proceedings of Accuracy 2006. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Caetano, M and Painho, M. (eds.), Lisbon, 3-17.
- Caspary, W.; and Joos, G. (2002). "Statistical Quality Control of geodata". Spatial Data Quality. Shi, W.; Fisher, P. and Goodchild, M.F. (eds). Taylor and Francis, London.
- CEM (1994). Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología. Centro Español de Metrología.
- Clarke, K. (1996). "Words from the Chair". Cartography Specialty Group Newsletters of the Association American Geographers, vol. 16, n° 2, 1-2.
- Colombia (2006). Parte 3, Estándar nacional para la precisión de los datos espaciales (EPDE). Comité Técnico Incotec 34. (En <http://codazzi4.igac.gov.co/comite034/documentos/posicionamiento/parte3.pdf> , accedida el 29 octubre 2006).

- Chrisman N.R, (1991). The Error Component in Spatial Data. D.J, Goodchild M.F and Rhind D.W, (eds.). Geographical Information Systems. Longman Scientific and Technical, Exxex, 165-174.
- Church, R., Curtin, K., Fohl, P., Funk, C., Goodchild, M., Kyriakidis, P., and Noronha, V. (1998). Positional Distortion in Geographic Data Sets as a Barrier to Interoperation. Technical Papers ACSM. American Congress on Surveying and Mapping. Bethesda.
- Deming, W.E. (1986). Out of the crisis. MIT, Cambridge, Massachusetts.
- DOD (1990). MIL STD 60001: Mapping, Charting and Geodesy Accuracy. U.S. Department Of Defense. Washington.
- ECUADOR (2006). Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala (primer borrador: IGMC-PG-N-ET-01) (<http://www.igm.gov.ec/downloads/especcarto3.html>).
- FEMA (2003). Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Partners. Appendix A: Guidance for Aerial Mapping and Surveying. Federal Emergency Management Agency.
- FGDC (1998). FGDC-STD-007: Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3. National Standard for Spatial Data Accuracy. Federal Geographic Data Committee, Reston.
- FGDC (1999). Content Standard for Framework Land Elevation Data. Federal Geographic Data Committee, Reston.
- FGDC (2003). Revision of Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3. National Standard for Spatial Data Accuracy, FGDC-STD-007.3-1998. <<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/index.html>> (September 20, 2006).
- Francia (2003a). Arrêté du 16 septembre 2004 portant sur les classes de precisions applicables aux categories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales, ou pour leur compte.
- Francia (2003b). Circulaire du 16 septembre 2003 relative à la mise en ceuvre de l'arrêté du 16 septembre4 2003 portant sur les classes de precisions applicables aux categories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales, ou pour leur compte.
- GC (1996). Accuracy Standards for Positioning, Version 1.0. Geomatics Canada.
- GC (1996). Standards and Specifications of the National Topographic Data Base. Geomatics Canada.
- Goodchild, M.F.; and Gopal, S. (1989). Accuracy of spatial data bases. Taylor & Francis, London.
- Greenwalt, C., and Shultz, M. (1962). Principles of error theory and cartographic applications. ACIC Technical Report n° 96. Aeronautical Chart and Information Center, St Louis.
- Gustafson, G.C; and Loon, J.C. (1982). "Contour accuracy and the National Map Accuracy Standards". Surveying and Mapping, vol. 42, n° 4, pp. 385-402.
- Hansen, B.; and Ghare, P. (1990). Control de calidad. Teoría y Aplicaciones. Díaz de Santos, Madrid.
- Hines, W.W.; and Montgomery D.C. (1990). Probability and Statistics in Engineering and Management Science. Wiley, New York.

- ICSM (2004). Standards and practices for control surveys (SP1) V1.6. Inter-Governmental Committee on Surveying and Mapping.
- ICSM (2004). Standards and Practices for Control Surveys (SP1), Version 1.6. Inter-Governmental Committee on Surveying and Mapping.
- IHO (1998). IHO Standards for Hydrographics Surveys. Special Publication n° 44, 4th Edition.
- IHO (2006). IHO Standards for Hydrographics Surveys. Special Publication n° 44, 5th Edition.
- ISO (1993). International vocabulary of basic and general terms in metrology.
- ISO (1995). Guide to the expression of uncertainty and measurement.
- ISO (1999). ISO 2859-1: Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection. International Organization for Standardization. Geneva.
- ISO (2000). ISO 9001: Quality management systems -- Requirements. International Organization for Standardization. Geneva.
- ISO (2002). ISO 19113: Geographic information - Quality principles. International Organization for Standardization. Geneva.
- ISO (2005). ISO 3951-1: Sampling procedures for inspection by variables -- Part 1: Specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection for a single quality characteristic and a single AQL. International Organization for Standardization. Geneva.
- Jakobsson, A., and Vauglin, F. (2002). Report of a questionnaire on data quality in National Mapping Agencies. CERCO Working Group on Quality. Comité Européen de Responsables de la Cartographie Officielle, Mame-la-Vallée.
- Juran, J.M. and Gryna RM. (1970). Quality planning and analysis; from product development through usage. McGraw-Hill, New York.
- Kellie, A.C.; Bryan, D.G. (1981). "A comparison of field methods for testing the vertical accuracy of topographic maps". Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping, 195-284.
- Krek, A., and Frank, A.U.(1999). "Optimization of Quality of Geoinformation Products". Proceedings of 11th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, SIRC'99, Whigham, P.A., (eds.). Dunedin, New Zealand. 151-159.
- Kumar, N. (2000). "Democratization and Automation in Cartography". The Cartographic Journal, 37(1), 65-77.
- Leung, Y. (1998). "A locational error model for spatial features". International Journal of Geographical Information Science, vol. 12, n° 6, 607-620(14).
- Li, Z. (1991). "Effects of check points on the reliability of DTM accuracy estimates obtained from experimental test". PE&RS, vol. 57, n° 10, 1333-1340.
- Lucas; J.L.; Rodríguez; A.F. (2004). La calidad en la información geográfica de productos vectoriales del IGN. VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, TOPCART 2004, Madrid.
- Maune, D.F. (2000). Digital elevation model technologies and applications: The DEM users manual. ASPRS.

- McCollum, J. (2003). Map Error and Root Mean Square. Proceedings of the Sixteenth Annual Geographic Information Sciences Conference of the Towson University and Towson University's Department of Geography and Environmental Planning. 1-3.
- McGwire, K.C. (1996). "Cross-Validated Assessment of Geometric Accuracy". PE&RS, vol 62, nº 10, 1179-1187.
- MEJICO (2005). Propuesta preliminar de diseño de prueba para la evaluación de la exactitud posicional de productos cartográficos a escalas mayores, aplicando la metodología del "Minnesota Department of Transportation".
- Merchant, D. (1987). "A Spatial Accuracy Specification for Large Scale Topographic Maps". PE&SR, vol. 53, nº 3, 958-961.
- Mikhail, E.M. (1976). Observations and least squares. IEP-DunDonnelly, New York.
- Miller, R. G. (1991). Simultaneous Statistical Inference. Springer-Verlag, New York.
- Montgomery, D.C. (2001). Introduction to statistical quality control. 4th Ed. John Wiley & Sons, New York.
- Montgomery, D.C. and Runger G.C. (1999). Applied Statistics and Probability for Engineers. Wiley, New York.
- Morrison, J. (1995). "Spatial data quality". Elements of spatial data quality. Gupta, S.C. and Morrison, J.L. (eds.). International Cartographic Association. Pergamon Press, Oxford. pp 1-12.
- MPLMIC (1999). Positional Accuracy Handbook. Minnesota Planning Land Management Information Center. St. Paul.
- NDEP (2004). Guidelines for digital elevation data V1.0. National Digital Elevation Program.
- NDEP (2006). "Digital Elevation Data Guidelines". <<http://www.ndep.gov/TechSubComm.html>> (September 20, 2006).
- Newby, P.R. (1992). Quality management for surveying, photogrammetry and digital mapping at the Ordnance Survey. Photogrammetric Records, 14(79), 45-58.
- NJUG (1988). Quality control procedure for large scale Ordnance Survey maps digitised to OS 1988. Version 1. NJUG Publication nº 13. National Joint Utilities Group, London.
- NLSF (1995). Topographic data quality model. National Land Survey Finland.
- OS (1975). Ordnance Survey Maps, a descriptive Manual.
- OS (2000). Information paper 4/2000. Positional accuracy of mapping data at 1:2500 scales. Resolving a problem in consultation with customers. Ordnance Survey GB, London.
- Pyzdek, T. (1989). What every engineer should know about quality control. ASQC-Quality Press, New York.
- Rönsdorf, C. (2004). Positional Integration of Geodata. En EuroSDR, Commission 4 XXX.
- SAI, (1999). Guideline for quality checking of ortho imagery. Space Applications Institute, ISPRA.
- Sanderson, M., and Lessware, S. (2003). Reaping the benefits of PAI. Laser-Scan UK. Cambridge.
- Schmidley, R.W. (1997). "Quality Control in Mapping: Some Fundamental Concepts". Surveying and Land Information Systems, vol. 57, nº 1, 31-36.

- Sebastián, M.A., Bargueño, V.; and Novo, V. (1999). *Gestión y Control de Calidad*. UNED, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.
- Sevilla, M.J. (1991). "Criterios de precisión cartográfica". *Catastro*, 3(8), 12-20.
- Shewhart, W.A. (1931). *Economic control of quality manufactured product*. D. Von Nostrand Company, New York.
- Shi, W. (1998). "A generic statistical approach for modelling error of geometric features in GIS". *Internacional Journal of Geographical Information Science*, vol. 12, nº 2, 131-143.
- Shi, W.; and Liu, W. (2001). "A stochastic process-based model for the positional error of a line segmentsin GIS". *Internacional Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, nº 1, 51-66.
- Simley, J. (2001). "Improving the Quality of Mass Produced Maps". *Cartography and Geographic Information Science*, vol 28, nº 2, 97-110.
- STANAG (2002). *Standardization agreement: Evaluation of land maps, aeronautical charts and digital topographic data*. North Atlantic Treaty Organization.
- Thompson, M.K. (). *Quality evaluation procedure for the quantitative horizontal positional accuracy assessment of orthophotos of the Swiss National Park*.
- Thompson, M.M.; and Rosenfield, G.H. (1971). "On Map Accuracy Specifications". *Surveying and Mapping*, vol. 31, nº 1, 57-64.
- Tilley, G. (2002). "A classification system for National Standards for Spatial data Accuracy". *Proceedings of the Fifteenth Annual Geographic Information Sciences Conference of the Towson University and Towson University's Department of Geography and Environmental Planning*. 1-3.
- UNL-SCIT (2004). *Norma Cartográfica de la Provincia de Santa Fe*. Universidad Nacional del Litoral – Servicio de Catastro e Información Territorial.
- USACE (1994). *Topographic Surveying. Engineer Manual*. US Army Corps of Engineers, Washington.
- USACE (2002). *Engineering and Design - Photogrammetric Mapping*. Publication EM 1110-1-1000. US Army Corps of Engineers, Washington.
- USBB (1947). *United States National Map Accuracy Standards*. U.S. Bureau of the Budget. Washington.
- USGS (1997). *Standards for Digital Elevation Models. Part 3: Quality Control, Standards for Digital Elevation Models*. United States Geological Survey.
- USGS (1998). *Standards for Digital Elevation Models. Part 2: Specifications, Standards for Digital Elevation Models*. United States Geological Survey.
- USGS (1999). *Map Accuracy Standards*. USGS Fact Sheet 171-99.
- Veregin H. (1989). *Taxonomy of Errors in Spatial Data Bases*. NCGIA Technical Paper 89-12. National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara.
- Veregin, H., and Giordano, A. (1994). *Il controllo di qualità nei sistemi informative territoriali*. Il Cardo Editore, Venetia.

ANEXO I

Tabla A1.-1.- Relación de entidades (España)	
Entidad	Provincia
Agencia Catalana del Agua	Barcelona
Ayuntamiento de Barcelona. Punto de Información Cartográfica	Barcelona
Ayuntamiento de Bilbao. Área de Urbanismo	Vizcaya
Ayuntamiento de La Coruña	La Coruña
Ayuntamiento de Palma - Secretaría de la Gerencia, Planificación, Ordenación Urbanística	Palma de Mallorca
Ayuntamiento de Pamplona. Comisión de Urbanismo. Topografía	Navarra
Ayuntamiento de Santander	Cantabria
Ayuntamiento de Valencia. Área de Urbanismo y Vivienda	Valencia
Ayuntamiento de Valladolid. Área de Urbanismo. Cartografía.	Valladolid
Ayuntamiento de Zaragoza. Área de Urbanismo	Zaragoza
Centro Nacional de Información Geográfica	Madrid
Confederación Hidrográfica del Duero	Valladolid
Confederación Hidrográfica del Ebro	Zaragoza
Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	Sevilla
Confederación Hidrográfica del Guadiana	Badajoz
Confederación Hidrográfica del Júcar	Valencia
Confederación Hidrográfica del Norte	Asturias
Confederación Hidrográfica del Sur	Málaga
Confederación Hidrográfica del Tago	Madrid
Consejería de Infraestructuras y Política Territorial. Servicio de Cartografía	Oviedo
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Cántabro	Cantabria
Consejería de Obras Públicas - Secretaría General Técnica	Madrid
Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio.	Murcia
Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente, Junta CLM	Toledo
Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente, Junta CLM	Albacete
Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente, Junta CLM	Ciudad Real
Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente, Junta CLM	Cuenca
Delegación Provincial de Agricultura y Medio Ambiente, Junta CLM	Guadalajara
Delegación Provincial de Obras Públicas, Junta CLM	Toledo
Delegación Provincial de Obras Públicas, Junta CLM	Albacete
Delegación Provincial de Obras Públicas, Junta CLM	Ciudad Real
Delegación Provincial de Obras Públicas, Junta CLM	Cuenca
Delegación Provincial de Obras Públicas, Junta CLM	Guadalajara
Diputación de Málaga. Área de Infraestructuras, Obras y Urbanismo	Málaga
Dirección General de Administración Local y Política Territorial. Área Cartografía y S.I.G.	Zaragoza
Dirección General de Carreteras y Transportes, Junta CLM	Toledo
Dirección General de Desarrollo Rural, Junta CCL	Valladolid
Dirección General de Ordenación del Territorio	Santa C.de Tenerife
Dirección General de Ordenación del Territorio. Sección de Cartografía	Palma Gran Canaria
Dirección General de Urbanismo y Planificación Regional	Madrid
Dirección General de Urbanismo y Vivienda, Junta CLM	Toledo
Dirección General de Urbanismo, Arquitectura y Ordenación del Territorio, Junta Ext.	Badajoz
Dirección General de Urbanismo, Junta de Galicia	La Coruña
Dirección General Medio Natural, Junta CLM	Toledo
Dpto. Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, Gobierno Vasco	Álava
Instituto Cartográfico de Cataluña	Barcelona

Tabla A1.-1.- Relación de entidades (España)	
Entidad	Provincia
Instituto Cartográfico Valenciano	Valencia
Instituto de Cartografía de Andalucía, Junta de Andalucía	Sevilla
Servicio de Ordenación del Territorio y Urbanismo, Gobierno de la Rioja	La Rioja
Servicio de Planificación e Información Geográfica, Junta CCL	Valladolid
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Palencia
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Segovia
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Soria
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Valladolid
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Zamora
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Ávila
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	Burgos
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería, Junta CCL	León
Servicios Territoriales de Agricultura y Ganadería; Junta CCL	Salamanca
Sociedad Gallega de Medio Ambiente	La Coruña
Stereocarto	Madrid
Trabajos Catastrales S.A.	Navarra
XYZ Ingenieros Topográficos, S.L	Álava

Tabla A1.-2.- Relación de entidades (Internacional)	
Organización	País
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der BRD	ALEMANIA
Bundesamt Für Kartographie Und Geodäsie	ALEMANIA
Instituto Geográfico Militar de Argentina	ARGENTINA
Australia's National Mapping Agency	AUSTRALIA
Western Australian Land Information System (WALIS)	AUSTRALIA
Bundesamt für Eich und Vermessungswesen - Federal Office of Metrology and Surveying	AUSTRIA
Institut Geographique National	BÉLGICA
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	BRASIL
Geomatics Canada	CANADÁ
Land Information Ontario Project	CANADÁ
Ministère des Ressources naturelles - Direction générale de l'information géographique	CANADÁ
Ontario Natural Heritage Information Centre	CANADÁ
Quebec Conservation Data Centre - Centre de Données sur le Patrimoine Naturel du Québec	CANADÁ
Saskatchewan Conservation Data Centre SK - Environment & Resource Management	CANADÁ
Cesky úrad zeměměřický a katastrální	CHEQUIA
Survey & Mapping Office, Lands Department	CHINA
Instituto Geográfico Agustín Codazzi	COLOMBIA
Državna Geodetska Uprava	CROACIA
Kort & Matrikelstyrelsen - National Survey and Cadastre	DINAMARCA
Centro de Datos para la Conservación	ECUADOR
Egyptian Geological Survey and Mining Authority	EGIPTO
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky - (ÚGKK)	ESLOVAQUIA
Geodetska Uprava Republike Slovenije	ESLOVENIA
Delaware Natural Heritage Program	ESTADOS UNIDOS
Division of Nature Heritage	ESTADOS UNIDOS
Indiana Natural Heritage Data Center	ESTADOS UNIDOS
Indiana Natural Heritage Data Center - Division of Nature Preserves Department of Natural Resources	ESTADOS UNIDOS
Iowa Natural Areas Inventory - Department of Natural Resources Wallace State Office Building	ESTADOS UNIDOS
Kentucky Natural Heritage Program - Kentucky State Nature Preserves Commission	ESTADOS UNIDOS
Michigan Natural Features Inventory	ESTADOS UNIDOS
Michigan Natural Features Inventory	ESTADOS UNIDOS
Minnesota Department of Natural Resources. Natural Heritage and Nongame Research	ESTADOS UNIDOS
Montana Natural Heritage Program	ESTADOS UNIDOS
New York Natural Heritage Program - Department of Environmental Conservation	ESTADOS UNIDOS
Phoenix Mapping	ESTADOS UNIDOS
The Nature Conservancy	ESTADOS UNIDOS
Virginia Division of Natural Heritage - Department of Conservation & Recreation	ESTADOS UNIDOS
Estonian National Land Board	ESTONIA
Finnish Geodetic Institute	FINLANDIA
National Land Survey of Finland (NLS)	FINLANDIA
Institut Géographique National	FRANCIA
Hellenic Military Geographical Service	GRECIA
Instituto Geográfico Nacional "Ing. Alfredo Obiols Gómez"	GUATEMALA
C.U.R.E.F.	GUINEA ECUATORIAL
International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences	HOLANDA
Topographic Service	HOLANDA

Tabla A1.-2.- Relación de entidades (Internacional)	
Organización	País
Centro de Información Geográfica	HONDURAS
Survey and Mapping Office, Land Department, Hon Kong SAR Government	HONG KONG
Geocarto International centre	HONG KONG - CHINA
Földmérési és Távérzékelési Intézet	HUNGRIA
National Archives of Ireland	IRLANDA
Ordnance Survey Ireland	IRLANDA
Landmælingar Íslands (LMI) - National Land Survey	ISLANDIA
Ministry of Science	ISRAEL
Istituto Geografico Militare	ITALIA
Geographical Survey Institute of Japan	JAPON
Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba	LITUANIA
Administration du Cadastre et de la Topographie	LUXEMBURGO
Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental	MEXICO
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática	MEXICO
International Hydrographic Bureau - BP 445	MÓNACO
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	NICARAGUA
Statens Kartverk - Norwegian Mapping Authority	NORUEGA
Land Information New Zealand	NUEVA ZELANDA
Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia	PANAMÁ
Instituto Geográfico Nacional del Perú	PERÚ
TELEMATICA S.A	PERÚ
Stowarzyszenie Użytkowników Krajowego Systemu Informacji o Terenie	POLONIA
CNIG– Centro Nacional de Informação Geográfica	PORTUGAL
Instituto Geográfico do Exército	PORTUGAL
Instituto Hidrográfico	PORTUGAL
Instituto Português de Cartografia e Cadastro	PORTUGAL
42 Engineer Regiment (Geographic)	REINO UNIDO
Advent System Ltd.	REINO UNIDO
Alan Collinson Design	REINO UNIDO
ARKA Cartographics Ltd	REINO UNIDO
Atkins AMC - Fordbrook Business Centre	REINO UNIDO
Automobile Association	REINO UNIDO
Bartholomew Mapping Services	REINO UNIDO
BKS Surveys Limited	REINO UNIDO
British Geological Survey	REINO UNIDO
Clifford Press Ltd. Colour Printers	REINO UNIDO
Colourmap Scanning Ltd	REINO UNIDO
Cook Hammond & Kell Limited	REINO UNIDO
Cosmographics	REINO UNIDO
Countryside Agency	REINO UNIDO
Cyngor Cefn Gwlad Cymru	REINO UNIDO
Estate Publications	REINO UNIDO
European Map Graphics Ltd.	REINO UNIDO
Forestry Commission	REINO UNIDO
Forestry Commission - Headquarters	REINO UNIDO
Forestry Commission - National Office	REINO UNIDO
Forestry Commission - National Office	REINO UNIDO
Harvey Map Services Limited	REINO UNIDO
Highways Agency	REINO UNIDO
Laser-Scan Limited	REINO UNIDO

Tabla A1.-2.- Relación de entidades (Internacional)	
Organización	País
Lovell Johns Limited	REINO UNIDO
Macaulay Land Use Research Institute	REINO UNIDO
Micro Scientific Techniques	REINO UNIDO
Military Survey Defence Agency	REINO UNIDO
ML Design	REINO UNIDO
MR - Data Graphics	REINO UNIDO
National Assembly for Wales	REINO UNIDO
Ordnance Survey	REINO UNIDO
Ordnance Survey of Northern Ireland	REINO UNIDO
Stirling Surveys - Unit 87	REINO UNIDO
The XYZ Digital Map Company Ltd	REINO UNIDO
United Kingdom Hydrographic Office	REINO UNIDO
University of Leicester - Department of Geography	REINO UNIDO
University of Southampton - Department of Geography: Cartographic Unit	REINO UNIDO
Victoria Litho Ltd	REINO UNIDO
National Spatial Information Framework	SUDÁFRICA
Lantmäteriverket - National Land Survey of Sweden	SUECIA
Universitet Stockholms - Department of Systema Ecology	SUECIA
Federal Office of Topography - Cartogrphic Services	SUIZA
Departament Geodezii, Cartographii ta Cadastru Ministerstva Ecologiita Pryrodnykh Resursiv Ukrainy	UCRANIA
ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos	URUGUAY
Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar	VENEZUELA