

Cumplimiento de Estándares en el Componente Posicional y Escalas de Productos Cartográficos en las Agencias Gubernamentales de Puerto Rico

*John Nelson Hernández Olivo
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Profesora Marisol Rodríguez Rivera
Departamento de Ciencias Geomáticas
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen – Esta investigación surge de la necesidad de aplicar de forma clara y rigurosa los estándares internacionales sobre el componente posicional y las escalas cartográficas en los mapas que manejan las agencias en Puerto Rico, además de verificar la disponibilidad y calidad de los datos de los mismos. En el estudio se realizó una búsqueda por internet, en la que se evaluaron las precisiones y las diferentes escalas utilizadas en varias de estas agencias. Como parte de este trabajo de investigación se verificó el cumplimiento de tres agencias con los estándares internacionales en términos del componente posicional y escalas cartográficas de la cartografía bajo su control. De este estudio se puede apreciar que, aunque las tres agencias evaluadas tienen requisitos para los datos cartográficos en los mapas que reciben, los mismos no están definidos claramente ni son cónsonos con los estándares internacionales de ISO (International Organization for Standardization).

Términos claves – Cartografía, Catastro, Componente Posicional, Escala Cartográfica.

INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico, como en otras jurisdicciones, es necesaria la tramitación y endoso de mapas y demás productos cartográficos como parte de los procesos para la obtención de permisos. Entre los trámites más comunes se encuentran la radicación de planos de diseño, construcción, mensura y segregación. Distintas entidades gubernamentales endosan y emiten permisos que requieren la entrega de cartografías o mapas en formato análogo y digital.

Independientemente del formato de entrega del producto cartográfico, el componente posicional no

varía y se mantiene siempre como uno de gran relevancia al igual que el uso de las escalas apropiadas en la cartografía. Por esto, surge la pregunta de si las cartografías o mapas entregados a las entidades gubernamentales son uniformes en cuanto al componente posicional y escala cartográfica. Por otro lado, surge la pregunta de qué guías o parámetros exigen las entidades gubernamentales en dichos mapas o cartografías para cumplir con los estándares mínimos de calidad establecidos por las organizaciones que regulan los mismos, en especial la *International Organization for Standardization* (ISO).

La interacción entre las agencias con los productos cartográficos o planos de diseños que a diario reciben es imperativa para poder integrar los mismos y mantener una calidad uniforme. De esta manera las agencias podrán intercambiar sus datos con información confiable y de calidad.

Objetivos

El objetivo primordial de esta investigación es identificar cuáles son los requisitos de las agencias gubernamentales en cuanto al uso de los estándares internacionales del componente posicional y de su escala cartográfica, además de determinar si dichos parámetros son uniformes en donde la escala de la cartografía sea similar.

CARTOGRAFÍA

El término cartografía se define como “la técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un plano utilizando para este fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (escala) entre terreno y mapa” [1]. El objetivo principal de la

cartografía es poder comunicar de manera que el usuario pueda interpretar la información [2].

Trasfondo

Puerto Rico fue colonia de la corona Española desde el siglo XV hasta las postrimerías del siglo XIX. Durante esos siglos España realizó un aporte significativo a la cartografía del Nuevo Mundo, las Antillas y en particular de Puerto Rico. En aquel entonces, todo lo relacionado a la cartografía de la corona española estaba a cargo de la milicia [3].

Un ejemplo de esto es la formación de un Mapa Itinerario Militar de Puerto Rico. En este mapa se encuentran datos estadísticos de los pueblos y croquis a escala de 1:5,000 o 1:20,000. Aparecen, además, caminos y haciendas en las que se indican, en la mayoría de los casos, el nombre de los dueños, lo cual constituye una valiosa información histórica [3].

Con el cambio en soberanía en el 1898, fruto de la Guerra Hispanoamericana, Puerto Rico es cedido a los Estados Unidos de América (EUA) por lo que ocurre también un cambio cartográfico en nuestro país. Todo lo referente a la cartografía en el país queda inicialmente en manos militares y luego es intervenida por el Servicio Geológico de EUA y por el Departamento de lo Interior. Es en ese tiempo que se levanta la red geodésica de Puerto Rico y se producen los vuelos fotogramétricos y los cuadrángulos topográficos de Puerto Rico.

Para el 1983 las agencias geodéticas *Federal and Provincial* de Canadá y la *National Geodetic Survey* de EUA comenzaron un ajuste al sistema de coordenadas, que incluyeron EUA, Canadá, México y América Central. Dicho ajuste se culminó en el 1986 y se conoció como *North American Datum 1983* o NAD83 (86), el cual incluyó a Puerto Rico. Esta integración del país al sistema NAD83 (86) se hizo mediante 4 estaciones geodésicas establecidas en Puerto Rico.

Con estos trabajos se logró por primera vez integrar los controles horizontales viejos con los nuevos y unificar a los países antes mencionados de manera posicional. Este ajuste logró una exactitud

de más o menos un metro. A través de los años y debido al progreso tecnológico de los equipos *Global Position System* (GPS), programación y a la proliferación de controles con alta precisión por distintos usuarios de la misma, el NAD83 (86) ha sufrido distintos ajustes posicionales. Actualmente, el sistema de coordenadas prevaleciente existente es el NAD83 (2011) epoch 2010.00, con una exactitud de más o menos 0.015 centímetros.

Requisitos y Estándares

La utilización de la cartografía siempre ha existido a nivel gubernamental, comercial, profesional y por entes privados. Por otro lado, el desarrollo tecnológico ha llevado la cartografía a más personas que no eran usuarios típicos de ésta. Hoy en día una gran cantidad de personas poseen equipos GPS para automóviles o en sus teléfonos celulares. Esta nueva realidad, a su vez, pone en contacto a un mayor número de usuarios, que tienen diferentes niveles de conocimientos técnicos, con una variedad de productos cartográficos.

Las agencias gubernamentales en Puerto Rico no están exentas de todos estos cambios en tecnología cartográfica. Por esto y para la mejor utilización de esta tecnología, se aprobó en Puerto Rico la Ley Núm. 264 del 16 de noviembre de 2002, según enmendada, para la adopción del Sistema de Coordenadas Planas Estatales mediante el método de la Proyección Cónica Lambert y el NAD83 (86) o su versión más reciente. Esta ley exige que todo plano a radicarse ante una entidad gubernamental en Puerto Rico tiene que presentarse en formato digital, el cual a su vez debe estar georreferenciado.

Así que cada agencia es responsable de exigir el cumplimiento con la ley mencionada y establecer los requisitos o parámetros con los que tienen que cumplir los mapas o cartografías presentadas. La definición de estos parámetros es de suma importancia, en vista de la gran accesibilidad de los usuarios a una variedad de productos cartográficos, los cuales a su vez no necesariamente cumplen con los estándares mínimos de calidad, ni promueven una uniformidad en la cartografía de las agencias

gubernamentales. Es por esto que una base de datos cartográficos debe estar bien definida en su componente posicional, su escala cartográfica y por el uso que se determinó al momento de su compilación, los cuales son los parámetros esenciales para lograr la calidad y uniformidad de mapas o cartografías. El uso de la base cartográfica determinado al momento de su compilación se conoce como *fitness for use* e implica que la práctica de pedir niveles de detalles particulares a mapas desarrollados para propósitos distintos es una equivocación y no es un problema de posición ni de escala. En otras palabras, *fitness for use* es una forma de definir la calidad cartográfica del producto que el usuario espera obtener.

Uno de los aspectos que permite la calidad cartográfica reside en documentar, es decir, darle credibilidad y confiabilidad a los datos. De esta manera, el producto cartográfico resultante permite al usuario entender sus características de estandarización y calidad. Se puede definir un estándar internacional como una norma, regla o modelo que indique los procesos mínimos establecidos por una organización internacional para cumplir con la calidad de un producto [4].

A medida que los estándares internacionales han cobrado importancia, una serie de investigadores, científicos, comités y gobiernos se han dado a la tarea de estudiar las implicaciones y ventajas en asuntos del uso de las guías de dichos estándares. Existen organizaciones internacionales que han definido guías que incluyen parámetros y metodologías, las cuales sirven de base para desarrollar una cartografía con calidad posicional. Una de éstas es la ISO, que se estableció en el 1947 con la misión de promover el desarrollo de la estandarización y las actividades relacionadas con ella en el mundo para facilitar el intercambio de bienes y servicios. Otro de sus propósitos es promover la cooperación en la esfera de lo científico, intelectual, tecnológico y económico [5].

Por otro lado, el *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) es una agencia federal de los EUA que se encarga de coordinar el desarrollo de la *National Spatial Data Infrastructure* (NSDI). La

NSDI incluye guías y manuales para producir estándares en los datos geográficos conjuntamente con otras agencias. El seguir estas guías resulta en el desarrollo de estándares y criterios conducentes a obtener un índice de calidad posicional en las cartografías.

Además, el documento *Geospatial Positional Accuracy Standards* (FGDC-STD-007.1-1998) del FGDC provee una metodología para cuantificar la precisión horizontal y vertical de las coordenadas cuya localización representa un punto único, tal como estaciones de control, disco de bronce, varillas y monumentos permanentes. Esta metodología provee la comparación directa de los valores de las coordenadas obtenidas con GPS y el valor de las mismas coordenadas derivadas por otros métodos cartográficos.

Componente Posicional

Los elementos de calidad de los datos cartográficos se subdividen en: compleción, consecuencia lógica, exactitud temporal, exactitud temática y exactitud posicional, este último siendo uno de los ejes de esta investigación. La exactitud posicional se considera un aspecto definitorio y primordial de todo producto cartográfico [6]. De aquí surge la importancia del componente posicional de las cartografías o mapas.

El componente posicional se refiere a los datos geográficos que se caracterizan por una posición espacial (N, E, H) [7]; es decir, es la representación de las posiciones horizontales y verticales de los objetos de un mapa cartográfico [8]. En otras palabras, este componente indica lugares, alturas, precisión, etcétera.

Por tanto, el componente posicional es esencial para saber a qué exactitudes planimétricas y altimétricas se encuentra la cartografía o una base de datos geográficos. Es por esto que toda agencia que produce o recibe cartografía debe prestarle atención a este elemento. Esto es de suma importancia, ya que los productos cartográficos siempre terminan en manos de usuarios que confían en que la información ilustrada es correcta y de calidad.

Con el componente posicional se busca cotejar de forma rigurosa y redundante el verdadero valor de un punto o, en otras palabras, sus coordenadas. Este punto puede representarse por una infinidad de monumentos utilizados, tales como torres de radios, chapas de bronce, marcas en varillas y tarjetas para fotogrametría. Es por esto que se han desarrollado metodologías para comparar directamente la exactitud de las coordenadas obtenidas por un método; es decir, comparar coordenadas derivadas de una cartografía con otra derivada de un nivel de mayor precisión, como la de una red geodésica establecida con un GPS.

Escala Cartográfica

El uso de las escalas cartográficas es importante debido a que son el medio en el que se expresa gráficamente el producto final del trabajo de cartografía. Identificar las escalas cartográficas en la cartografía permite conocer de antemano el grado de precisión o tolerancias en la misma. La única manera en que se puede representar la cartografía de manera gráfica es mediante el uso de las escalas cartográficas. Dichas escalas se logran mediante una ampliación, reducción o al natural de lo que se quiere ilustrar.

Las escalas se pueden presentar de forma constante o de manera variable o dinámica. Las escalas constantes son aquellas que no pueden variar, tal como los son las escalas impresas en planos. Por otro lado, las escalas variables o dinámicas son las que pueden variar en el medio en el que se muestra la cartografía, ejemplo de lo cual son las utilizadas en las computadoras, celulares y tabletas.

La escala cartográfica se define como [9]:

$$\text{Factor Escala} = \frac{\text{Escala Verdadera}}{\text{Escala Nominal}} \quad (1)$$

Estas escalas cartográficas se presentan de manera numérica y gráfica lineal.

Las escalas numéricas son una fracción o razón en donde el numerador se llama módulo y el denominador es la fracción representativa. Ejemplo de esta escala es 1:10,000 o 1/10,000, lo cual se lee uno en diez mil. La forma de interpretar esta escala

es que una unidad de distancia en el mapa equivale a 10,000 unidades en el terreno. En este caso, 1 cm podría equivaler a 10,000 m en el terreno.

Las escalas gráficas son una barra o línea impresa en la misma cartografía. La barra o línea se subdivide en segmentos que pueden ser de longitud variable [9]. Una de las ventajas de esta escala gráfica es que ella toma la elasticidad del medio en que se utiliza, por lo que su medida es lo más cerca a la medida cartográfica que se pretende representar. Otra de sus ventajas es el que si el medio impreso se saca de escala por la impresión, la escala gráfica permanecerá intacta.

En este estudio se hace referencia a escalas de diseño, catastrales y de planificación. La escala de diseño está hecha para que el usuario la pueda interpretar y no a conveniencia del cartógrafo o diseñador. La escala catastral es requerida primordialmente para visualizar parcelas y sirve de base para cualquier sistema de información geográfica (SIG) territorial, lo cual consiste regularmente en una serie de mapas a escalas pequeñas con sus registros correspondientes. La escala de planificación es la que define regiones de ordenación territorial y urbanismo (local).

AGENCIAS BAJO ESTUDIO

Las agencias que se evaluaron en este estudio fueron la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE), el Centro de Recaudación de Ingresos Municipales (CRIM) y la Junta de Planificación (JP).

La AEE es una corporación pública que transmite y distribuye toda la energía eléctrica de Puerto Rico. Entre otras cosas, la AEE posee y recibe planos georreferenciados de instalaciones eléctricas y las servidumbres de éstas. Esta agencia utiliza las escalas de diseño para realizar proyectos nuevos de construcción, mejoras y ampliaciones de sus instalaciones.

El CRIM tiene la función de tasar, recaudar y distribuir los impuestos sobre la propiedad de forma eficiente y equitativa entre los municipios, además de mantener un registro cartográfico de propiedades o catastro [10]. Esta agencia requiere la utilización

de escalas catastrales debido a que su fin primordial es identificar las parcelas.

Por otra parte, la JP es responsable de guiar el desarrollo integral de Puerto Rico estableciendo un plan racional, balanceado y sensible, el cual esté de acuerdo con las actuales y futuras necesidades sociales, ambientales, físicas y económicas. [11] La JP utiliza escalas de planificación debido a que define áreas por regiones a base de distintos niveles de información a suministrar.

MATERIALES

Los materiales, herramientas y documentos usados en este estudio se muestran a continuación.

Documentos

Los documentos analizados en términos del componente posicional fueron:

- **AEE:** De la AEE se utilizó el Reglamento de Servidumbres para la Autoridad Energía Eléctrica de Puerto Rico, el cual establece el proceso para la adquisición, establecimiento, constitución y cancelación de las servidumbres. Este reglamento es el número 7282 del Departamento de Estado de Puerto Rico y está vigente desde el 24 de febrero de 2007.
- **CRIM:** La información del CRIM se encuentra en su portal en línea bajo la página de Preguntas Frecuentes, sección Catastro Digital, preguntas frecuentes sobre Cartografía.
- **JP:** De la JP se usó la Resolución Número JP-2010-298, aprobada con el propósito de adoptar las especificaciones del SIG para la creación de geodatos de calificación y clasificación de Puerto Rico. La JP es responsable de implementar los controles necesarios para mantener la confidencialidad e integridad del SIG de Puerto Rico, el cual es el repositorio central de los geodatos oficiales.
- **ISO:** Se estudiaron los requisitos de los estándares ISO 19113:2002 e ISO 5455:1995. ISO es una organización internacional no gubernamental constituida por los cuerpos de estandarización nacionales de 153 países.

- **FGDC:** Se verificaron las guías de los documentos FGDC-STD-007.1-1998 y FGDC-STD-007.3-1998, sección 3. FGDC es una agencia federal de EUA que normaliza la información de la NSDI y se sustenta por varias agencias estatales, universitarias y algunas empresas privadas.

La cartografía analizada en relación a escalas cartográficas fue:

- Mapa o Plano Catastral del portal del CRIM en 1:10,000.
- Mapa de Calificación del portal de la JP en 1:2,000.

Programas Computadorizados

En esta investigación se usaron los programas computadorizados o *softwares* Snagit 11, Adobe Reader 10.1.9, Google Docs Spreadsheets, Microsoft Word & Excel 2010, ArcMap 10.1, Carlson Civil Suite 2014, Topcon Tools 8.2.3 y Survey Pro 5.3.

Computadora

Para la investigación se usó una computadora Toshiba Satellite P755-S5387, Procesador Intel i7 2670QM, RAM de 6 Gb, y disco duro de 750 Gb.

Equipos GPS

Los puntos en el campo se levantaron con un equipo GPS marca Topcon GR-3 doble frecuencia y un colector de datos Nomad.

PROCEDIMIENTO

Esta investigación se basa en un análisis comparativo, método con el cual se pueden ver las semejanzas y diferencias entre lo requerido por las agencias bajo evaluación y los estándares internacionales. Para esto se creó una plantilla donde se tabularon los estándares internacionales ISO y FGDC. Con esa plantilla ya diseñada se tabularon los planos y la información obtenida de las agencias.

La investigación sobre los estándares ISO Y FGDC para las escalas cartográficas se llevó a cabo

a partir de los portales de internet de las organizaciones, ya que los portales son las fuentes oficiales de referencias establecidas por las mismas. Los estándares de ISO sobre la escala cartográfica se hallaron bajo la codificación ISO 5455:1995. Como marco de referencia, los análisis y comparaciones se realizaron en el sistema de unidades métricas, debido a que los mapas objeto de estudio se encontraron en escalas métricas.

En el internet se accedieron los portales de las agencias bajo estudio, AEE, CRIM y JP, en busca de documentos y ejemplos de su cartografía. Se encontraron algunos documentos en formato *Portable Document Format* (PDF) y las imágenes de la cartografía que se encontraron se descargaron en formato *Joint Photographic Experts Group* o JPEG. Para la información del CRIM y JP se usó el programa de Snagit versión 11, el cual permite capturar y guardar la imagen en la computadora.

Se encontró que la cartografía del CRIM está en escala 1:10,000, aunque se puede ampliar a una de 1:1,000. Vea la Figura 1. Estas escalas se usaron en el análisis de los requisitos del CRIM. Tanto en la página *web* del CRIM como en comunicaciones telefónicas con personal de la agencia, se encontró que no tienen requisitos escritos en cuanto a formato o guía para las escalas cartográficas.

En el caso de la JP se utilizó el Mapa de Clasificación de dicha agencia. Para obtener el mapa, se accedió la página de *internet* de la JP, <http://jp.gobierno.pr/>, en su sección de Mapas Interactivos de Puerto Rico y en el enlace Catálogo Mapas Calificación Zonificación. De ahí surgió un mapa con todos los municipios de Puerto Rico, lo cual llevó a otro enlace con dos opciones: Mapa Calificación San Juan o Buscar otro municipio. Se escogió el Mapa Calificación San Juan.

Entonces, se encontró otra cartografía con el límite del municipio dividido en un mapa guía o *keymap* usando filas y columnas con una nomenclatura de números y letras. Esto es, se ilustra las ubicaciones en el mapa como 01A, 02A, 02B, 03A, 03B, 03C, sucesivamente hasta terminar con el 14F. En este caso se escogió la cartografía de SanJuan06D, el cual se ilustra en la Figura 2.

El título de la cartografía de la JP mostrado en la Figura 2 es Mapa de Calificación de Suelo y dentro de la leyenda se indica cuál es la simbología para las zonas de clasificación. En otras palabras, dentro del Mapa de Calificación está el Mapa de Clasificación. Este mapa está hecho en una escala 1:2,000. No se encontró ninguna guía de la JP en relación a las escalas cartográficas.

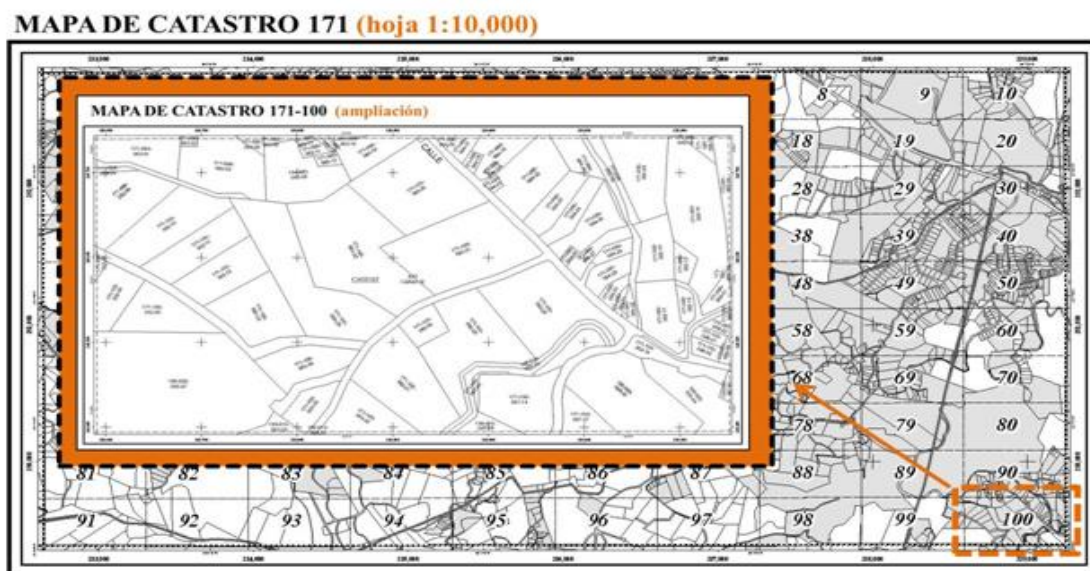


Figura 1
Cartografía del CRIM [12]

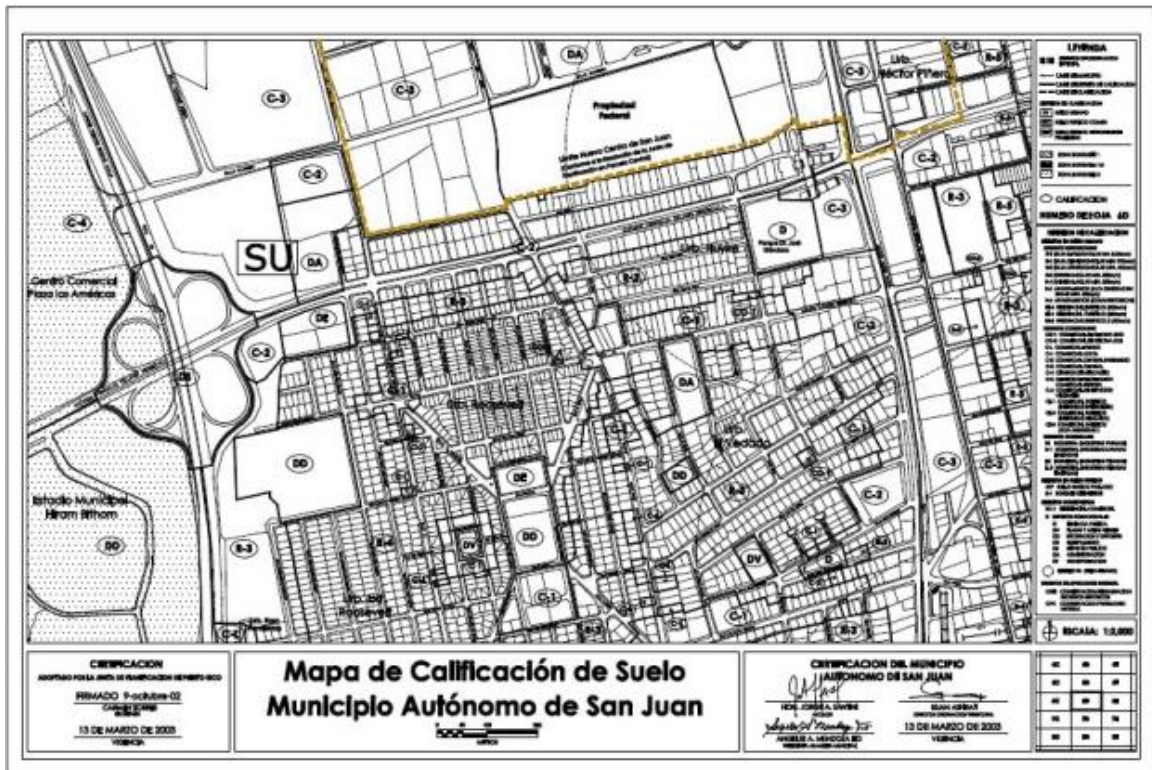


Figura 2
Cartografía de la JP [13]

Como tercer caso se buscó información por *internet* relacionada con la AEE. El Departamento de Tasación y Bienes Inmuebles, mejor conocido como el Departamento de Catastro en la AEE, no está accesible por *internet*. Este departamento es el que recopila, clasifica y analiza toda la información relacionada con las propiedades, derechos reales y servidumbres a favor de la AEE. Además, archivan los documentos correspondientes a las propiedades en pleno dominio y las servidumbres constituidas a favor de la AEE. Por último, este departamento es el que realiza estudios de valores y tasación de las propiedades de la agencia.

Mediante comunicación telefónica con personal del Departamento de Catastro, se encontró que no existe una cartografía a nivel Isla, sino planos de parcelas individuales, por lo que la AEE no tiene un solo mapa del país a una escala en particular. Las escalas de la cartografía existente en la AEE se basan en el tamaño de la adquisición individual de la parcela, según definidas por los

profesionales, ingenieros y agrimensores, que elaboraron los planos.

En la comunicación con la AEE se señaló que existe el Reglamento de Servidumbres para la Autoridad de Energía Eléctrica, el cual tiene requisitos para los planos que se presenten a dicha corporación. Al revisar este reglamento, se encontró que el Apéndice B, Guía de Información a Incluirse en Planos de Servidumbre, Solares y Otros, página 32, contiene una lista de información que deben mostrar los planos a presentarse a la AEE. En particular, el inciso 2 de este apéndice lee “Escala gráfica que muestre la proporción y el sistema de unidades utilizado. (Por ejemplo: Escala Métrica 1:2,000)”.

Se comprobó el componente posicional y la escala cartográfica mediante un ejercicio práctico de comprobación de precisión, para el que se identificaron 38 puntos en común de los mapas digitales SIG del CRIM y el de la JP en los municipios de Camuy y Hatillo. Estos puntos se localizaron en el campo con un equipo *Real Time*

Kinematic (RTK), lo que provee correcciones instantáneas de los puntos con precisiones en centímetros. El sistema se basa en el método de *Virtual Reference Station* (VRS). Los puntos tomados se distribuyeron entre los dos municipios en un tramo de 5 kilómetros a lo largo de la carretera PR-2.

RESULTADOS

De la evaluación de las tres agencias se encontró que todas requieren el componente posicional en su cartografía. A pesar de esto, la Tabla 1 muestra que solamente el CRIM cumple con los estándares de ISO y FGDC en relación a dicho componente posicional.

Tabla 1
Cumplimiento con ISO y FGDC – Componente Posicional

Cumple con estándares internacionales de ISO/FGDC componente posicional		
Agencia Gubernamental	Si	No
AEE		X
CRIM	X	
JP		X

La Tabla 2 ilustra las escalas de los mapas cartográficos que utilizan las agencias evaluadas con sus respectivas exactitudes, determinadas según el estándar de la FGDC y en comparación con la exactitud según los datos de campo. Los datos de los 38 puntos identificados y levantados en el campo se normalizaron, quedando una muestra representativa de 20 puntos. La tabulación de la exactitud posicional horizontal con el *Root Mean Square Error* (RMSE) fue de 1.088 metros. Los datos arrojaron que el nivel de confianza fue de 1.714 metros.

Para la AEE no hay una escala única definida, por lo que no aparecen resultados en esta tabla. Por otro lado, estos resultados muestran que la exactitud de la cartografía de la JP no cumple con el estándar ya que el error es mayor que el establecido. El CRIM sí cumple con los estándares debido a que el error está por debajo del permitido.

Tabla 2
Exactitud FGDC y Física – Escala Cartográfica

Comparación Exactitud Estándar VS Física			
Escala	Cartografía	Exactitud FGDC	Exactitud Física
No Escala	AEE	No Aplica	No Aplica
1:10,000	CRIM	2.500	1.714
1:2,000	JP	0.500	1.714

Las especificaciones de la escala cartográfica del FGDC están en el FGDC-STD-007.3-1998, páginas 3 a 24. Se encontró que el FGDC sólo tiene escala de ampliación, mientras el ISO tiene escalas naturales, de ampliación y reducción. Esto es una diferencia significativa entre ambas entidades. Además, el FGDC tiene estipulada la exactitud por cada escala cartográfica, mientras que el ISO no menciona nada al respecto.

Para la exactitud del componente posicional de 1.714 metros, el orden de clasificación es 3° orden, Clase uno. Vea la Tabla 3. Este orden aplica a parcelas en áreas rurales de alto desarrollo, valores y límites de suelos, límites administrativos, y toda cartografía que requiera dicha exactitud.

Tabla 3
Orden de Precisión

Agencia Gubernamental	Exactitud Posicional	Ordenes de Precisión (1985 y 1998)
JP	2	3° orden, Clase uno
CRIM	2	3° orden, Clase uno

CONCLUSIONES

Como se pudo apreciar en los resultados, las tres agencias evaluadas requieren el componente posicional para los mapas que reciben como parte de los trámites de permisos. Sin embargo, si bien es cierto que solicitan dicho componente, las características del mismo no están definidas claramente ni son cónsonas con los estándares internacionales de ISO y FGDC.

Por tanto, se puede concluir que los requisitos de las agencias gubernamentales de Puerto Rico en cuanto al componente posicional de su cartografía corresponden sólo a un cumplimiento mínimo con

la Ley Núm. 264 de 2002, según enmendada, de que todo plano a radicarse ante una entidad gubernamental en Puerto Rico tiene que estar georreferenciado. Esto es, si se tiene el componente posicional se cumple con la ley, aunque el mismo no cumpla con los estándares internacionales de ISO y FGDC.

Se concluye también que, aun cuando la cartografía actual de las agencias es funcional, no se puede garantizar la calidad de la misma por no cumplir con los estándares internacionales de ISO y FGDC. Esta falta de cumplimiento tampoco promueve la uniformidad en los requisitos de la cartografía entre las diferentes entidades gubernamentales. Aunque el país no opte por la adopción de los estándares ISO o FGDC, es fundamental el desarrollo de estándares locales en forma clara y explícita para establecer la calidad posicional de los datos y homogenización en los procesos.

En relación con las escalas de los mapas cartográficos que utilizan las agencias evaluadas con sus respectivas exactitudes, se puede concluir que la JP tiene un nivel de confianza en el posicionamiento horizontal de 1.714 m, el cual no es aceptable para los estándares ya que el mismo debe ser 0.50 m o menos para una escala 1:2,000. Por otro lado, el CRIM sí cumple ya que 1.714 m es menor que lo permitido en los estándares internacionales, que es 2.50 m para una escala cartográfica de 1:10,000. En cuanto a la AEE que no tiene una escala única definida, su cartografía puede mejorar al establecer una o varias escalas estándar para la ilustración de sus instalaciones, las cuales cumplan con los estándares internacionales.

RECOMENDACIONES

Los errores existen en toda disciplina, por lo que la cartografía no es la excepción. Es por esto que el componente posicional y las escalas cartográficas no están exentos de éstos. Aunque no es posible eliminar los errores del todo, los mismos se pueden minimizar con diferentes herramientas,

tales como diagramas de Pareto, estadísticas, histogramas y matrices. [14]

Con las estadísticas, a su vez, se pueden generar análisis de varianza, análisis de *cluster*, series, etcétera. Las estadísticas aplicadas para la cartografía se pueden agrupar en cuatro tipos: estadísticas descriptivas, probabilidad, inferencia estadística y estadística circular [6]. Un ejemplo de esto sería determinar el grado de precisión de la cartografía con el análisis estadístico.

Por otro lado, el 20 de julio de 2011, la División de Gobierno Electrónico de la Oficina de Tecnologías de Información Gubernamental de la Oficina de Gerencia y Presupuesto (OGP) emitió la Política Número TIG-005 para establecer una serie de estándares y guías relacionadas a la información geográfica y las ciencias geomáticas. Esta política se basa en el estándar FGDC-STD-007.3-1998 y tiene como tema “Geomática: Geodesia, Cartografía, Sistemas de información geográfica, Teledetección, Sistemas de posicionamiento global (GPS)”. [15]

La política mencionada aplica a todas las entidades gubernamentales de Puerto Rico que utilizan información geográfica en sus distintas manifestaciones, oficinas que poseen programas SIG, cartografía digital, teledetección y GPS. Por tanto, al no cumplir con los requisitos de la FGDC, las agencias evaluadas no cumplen con esta política. Por esto, se recomienda que tanto las agencias evaluadas como las que utilicen datos cartográficos cumplan con los estándares de la FGDC, para así cumplir con la Política Número TIG-005 de la OGP.

El cumplimiento con los estándares mencionados debe ser requerido por todas las entidades gubernamentales relacionadas y los profesionales involucrados en la elaboración de las cartografías y mapas deben llevar la iniciativa en dicho cumplimiento. Además, este cumplimiento debe asegurarse mediante la implantación de medidas de evaluación y control de la calidad de los productos cartográficos (*quality assurance and quality control*).

Futuras Investigaciones

La falta de uniformidad en los estándares de productos cartográficos que siguen las agencias gubernamentales deja abierta la posibilidad de futuras investigaciones. Es importante evaluar si otras agencias de Puerto Rico que manejan planos y mapas, tales como los municipios autónomos, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados y la Autoridad de Carreteras y Transportación, cumplen con dichos requerimientos. En estudios posteriores se puede evaluar el cumplimiento de las agencias mediante el muestreo científico de planos vigentes. Otro estudio sería el conocer las consecuencias que tiene el hecho de que el nivel de detalle en la cartografía, debido a las escalas cartográficas, sea distinto.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece y reconoce el apoyo de la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, en especial del Sr. Marcos J. Sevilla Ortiz, agrimensor del Departamento de Catastro desde 1992, quien lo atendió muy amablemente y ofreció una excelente orientación para esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Alfaro Chavarría, C., “Definición Cartografía”, Grupo UNA webpage, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de <http://grupo.unavirtual.una.ac.cr/mahara/view/view.php?id=147>.
- [2] Meine, K.H., “El Campo de la Cartografía”, *Cartografía Básica para Estudiantes y Técnicos*, Vol. 1, 1989, pp. 16-25.
- [3] Ministerio de Defensa, “Inventario del fondo documental”, “Mapa militar de la isla de Puerto Rico” y “Cartografía exenta de Puerto Rico”, *Documentación de Puerto Rico en el Archivo Cartográfico y Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército*, Primera edición, 2007, pp. 1-8.
- [4] Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud (DGPLADES), “Definición de Estándares”, DGPLADES Webpage, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/DEFINICION_ESTANDARES.pdf.
- [5] Gobierno del Estado de Baja California, “Organización Internacional para la Estandarización (ISO)”, Webpage del Gobierno del Estado de Baja California, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de <http://www.bajacalifornia.gob.mx/registrocivilbc/queesiso.htm>.
- [6] Ariza López, F.J., et al., “Metodologías de control posicional: Visión general y análisis crítico”, *Informe al CT-148 de AENOR*, 2006, pp. 3-7.
- [7] Ariza, F. J., “Introducción al concepto de calidad”, *Calidad en cartografía*, Primera edición, 2002, pp. 19.
- [8] Usach, C., “Exactitud Posicional”, Scribd webpage, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de <http://www.scribd.com/doc/105524308/Exactitud-Posicional>.
- [9] Fallas, J., “Los mapas y sus propiedades”, *Conceptos básicos de cartografía*, 2003, pp.1-9.
- [10] Centro de Recaudaciones de Impuestos Municipales de Puerto Rico, “¿Qué es el Catastro Digital?”, Preguntas Frecuentes en el Webpage del CRIM, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de crimpr.net/crimdnn/Preguntas/Catastro-Digital-de-Puerto-Rico.
- [11] Junta de Planificación de Puerto Rico, “Visión y Misión”, Webpage de la JP, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de www.jp.gobierno.pr/portal_jp/Conócenos/MisiónyVisión/abid/169/Default.aspx.
- [12] Centro de Recaudaciones de Impuestos Municipales de Puerto Rico, “Mapa de Catastro 171”, Webpage del CRIM, Recuperado en mayo de 2014 de <http://crimpr.net/crimdnn/Preguntas/Catastro-Digital-de-Puerto-Rico>.
- [13] Junta de Planificación de Puerto Rico, “Visión y Misión”, Webpage de la JP, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de <http://portals.jp.pr.gov/SiteDirectory/Calificacion/Calificacion%20Vigente/SanJuan/SanJuan06D.pdf>.
- [14] Ariza López, F. J., et al., “Mejora de la Calidad” y “Estadística”, *Casos prácticos de la calidad en la producción cartográfica*, Primera Edición, 2004, pp. 33-34, 215-221.
- [15] División de Gobierno Electrónico de la Oficina de Tecnologías de Información Gubernamental de la Oficina de Gerencia y Presupuesto (OGP), “Política Número TIG-005”, Webpage de la OGP, Recuperado el 4 de mayo de 2014 de http://gis.otg.gobierno.pr/OGP/Download/standards/Estandar004_ExactitudPosicional31mayo2011.pdf.