

Implementación de Sistemas de Información Geográfica para el Cumplimiento del Reglamento Conjunto para Torres de Comunicaciones

*Luis E. Daumont Gracia
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Prof. Víctor Romero
Departamento de Agrimensura y Ciencia Geoespacial
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen - *El negocio de ubicar torres de celulares es una industria fructífera ya que actualmente Puerto Rico cuenta con sobre 300 torres de comunicaciones y sobre otras 100 en espera de permisos para operar. Las telecomunicaciones móviles surgieron como una maravilla tecnológica que permite el acceso a personas, servicios, conexión a dispositivos, en cualquier lugar y en cualquier momento [1]. La Junta de Planificación de Puerto Rico establece normas y procedimientos necesarios para la obtención de autorizaciones y permisos para proyectos de instalación de torres y establece criterios para lograr la compatibilidad de ellas con las áreas adyacentes a su ubicación [2]. Este estudio busca integrar datos geográficos con las disposiciones del Reglamento Conjunto (RC) implementando un sistema de Información Geográfica para determinar de antemano las áreas disponibles para la instalación de nuevas torres.*

Palabras Claves - *ArcGIS, Calculadora Raster, Método de Factores Ponderados, Reglamento Conjunto, Torres de Telecomunicaciones.*

INTRODUCCIÓN

El propósito del RC según refiere el capítulo 41 es fomentar la co-ubicación de facilidades de telecomunicaciones para reducir la proliferación de torres [2].

El mismo establece (RC) varias limitaciones y/o prohibiciones de las cuales se utilizarán cinco que envuelven aspectos geográficos. Toda esta información geográfica la provee la página Web de Puerto Rico GIS y la Junta Reglamentadora de Telecomunicaciones de Puerto Rico (JR).

Las limitaciones y/o prohibiciones consideradas para este estudio son:

1. Localización de las torres existentes: RC indica que no debe haber más de una torre en un mismo

sector. Un sector se determina por definición al área comprendida a una distancia radial de una milla del lugar en que se proponga la instalación de una facilidad de telecomunicaciones [2].

2. Zonas Susceptibles a Inundaciones: No se permitirá la construcción de estas facilidades en área ubicadas dentro del Cauce Mayor (Floodway). En terrenos clasificados como zonas susceptibles a inundaciones, se permitirá la instalación cumpliendo con el Reglamento 13 de Junta de Planificación (...) [2].
3. Ubicación en Áreas Ecológicamente Sensitivas: En caso de que se determine inevitable la ubicación de una torre de telecomunicaciones en estas áreas habrá que tomar medidas para reducir el impacto visual y estético (...) además de la celebración de una vista pública es mandatorio [2].
4. Terrenos Susceptibles a deslizamientos: No se permitirá en terrenos clasificados como susceptibles a deslizamientos por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura Federal [2].
5. Localización de Escuelas: En caso de proximidad a una escuela y/o uso institucional se observara una separación no menor de la altura de la torre más cincuenta metros como zona de amortiguamiento (...) [2].

Luego de hacer una inspección visual alrededor del Municipio Juncos, se encontró que varias torres no cumplen al menos con uno a más de las limitaciones y/o prohibiciones antes mencionadas. Como ejemplo de la necesidad de integrar información geográfica para el análisis del cumplimiento se incluye una foto (fig. 1) la cual muestra que no hubo estudio al momento de escoger la ubicación.



Figura 1

Dos Torres de Telecomunicaciones a Corta Distancia

La distancia entre las dos torres mostradas es de 62 metros de centro a centro, la más alta no tiene proveedor de servicio celular y la más pequeña tiene un solo proveedor. Se entiende que está en clara violación al RC. No hay necesidad de instalar dos torres a tan corta distancia habiendo disponibilidad de instalar más proveedores, hasta tres por torre según RC [2].

Es importante antes de empezar con el proceso del estudio que se comprenda varios conceptos y herramientas utilizadas. Uno de ellos es las imágenes Raster, la cual se define como un modelo de datos espacial que define el espacio como una matriz de celdas de igual tamaño. Cada celda contiene un valor de atributo y coordenadas de ubicación [3]. En este caso utilizamos las celdas con tamaño de 50 por 50 metros. De esta forma se le asigna valor a cada capa en cada celda un factor ponderados, lo que no lleva a la próxima definición; el Método de los Factores Ponderados el cual consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de cualidades que se considera relevantes para el investigador, esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes lugares. El método permite ponderar factores de preferencia para el investigador al tomar la decisión [4]. En este caso se utiliza los factores numéricos:

1. Cero (0) para lugares donde indica el RC que está prohibido la instalación de torres
2. Cinco (5) para lugares donde conlleva la celebración de vistas públicas, cumplir con el Reglamento 13 o alguna otra restricción antes mencionada.

3. Diez (10) para lugares donde no existe, según el RC, ninguna restricción que se considera en este estudio.

Y por último es importante entender la herramienta que se utilizó para obtener el resultado, mostrando las áreas disponibles. Se llama, “Raster Calculator”, este permite ejecutar procesos algebraicos con los valores de las celdas de las imágenes Raster obteniendo como resultado otra imagen Raster.

OBJETIVO

El objetivo será:

1. Proveer a los proponentes o reguladores una herramienta científica y tecnológica que minimice o elimine la ubicación innecesaria de torres, indicando las áreas disponibles o áreas disponibles pero con restricciones. De ser necesario ubicar las facilidades dentro de áreas que no cumplan con las limitaciones y/o prohibiciones, proveer alternativas con torres existentes.
2. También se le incorporara al resultado las áreas sin cobertura de un proveedor de celular y de esta forma dará utilidad y propósito a la implementación.

MARCO TEÓRICO

La telefonía celular es la próxima y quizás el ejemplo más representativo de los sistemas de comunicaciones móviles. El sistema de teléfono celular se caracteriza como un sistema que garantiza la comunicación inalámbrica bidireccional con estaciones móviles en movimiento, incluso a alta velocidad en una gran área cubierta por un sistema de estaciones base [5]. El profesor Hanan Samet a través de su libro “Applications of Spatial Data Structures” enfatiza la utilización de herramientas eficientes para extraer información de conjuntos de datos espaciales que pueden ser de importancia para las organizaciones que poseen, generan y gestionan grandes conjuntos de datos espaciales [6]. También indica el cartógrafo Daniel Malmer que los sistemas

de información geográfica “son una herramienta útil para visualizar, así como analizar muchos de los factores que van a decidir las mejores zonas para construir una nueva torre celular [7].

METODOLOGÍA

Para el estudio se utilizó el área territorial comprendido por el Municipio Autónomo de Caguas, Puerto Rico. Aunque el municipio es autónomo, el RC dispone que el único organismo competente para la ubicación de las torres es la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) [2], por lo tanto las solicitudes de ubicación debe ser evaluada por ellos.

Primero se debe buscar las capas antes mencionada accedando al portal www.gis.pr.gov. Bajo la opción “Descarga de Datos” se encuentra la tabla de contenido de geodatos disponibles. Bajo Riesgos Naturales encontramos el geodato para Deslizamientos de Terrenos e Inundabilidad. En el área de Dotaciones, el geodato para la localización de las escuelas y en Ambientales el geodato para conservación de recursos la cual utilizamos para la capa de Áreas Ecológicamente sensitivas.

Para las coordenadas de las torres existentes, la página de la JR provee un mapa interactivo del cual se selecciona el municipio y como resultado da un listado de las torres. Se utilizó todos los municipios colindantes a Caguas. Guaynabo, San Juan, Trujillo Alto, Gurabo, San Lorenzo, Cayey, Guayama, Patillas, Guayama, Cayey, Cidra y Aguas Buenas. Esto debido que algún sector de una torre fuera de Caguas pueda quedar dentro del municipio.

Este listado puede ser copiado a una hoja de cálculo o en formato .txt para su posterior uso en ArcMap. Todas las capas antes mencionadas se encuentran en formato shapefile (.shp), un formato propietario de ESRI, las cuales fueron convertidas en formato raster haciendo la reclasificación que a continuación explico en más detalle.

En la capa de las Área Ecológicamente Sensitiva definido como el lugar identificado por el Departamento de Recursos Naturales con prioridad de conservación o con potencial de restauración (...)

[2] se le otorga el factor de cinco ya que pueden obtener permiso de construcción, pero demostrando claramente que dicha ubicación es la única alternativa para satisfacer la necesidad, considerando los últimos avances tecnológicos disponibles [2]. Esta capa cubre un periodo de estudio iniciado en el 1999 y termina en el 2008, indicando que la recopilación de datos fue obtenida con un margen de error de 5 metros [8].

Para la capa de Zonas Susceptibles a Inundaciones, aquellos terrenos que tienen uno por ciento de probabilidad de ser inundados en cualquier año [2], se le asignó el factor de cinco. Las áreas ubicadas dentro de Cauce Mayor (Floodway), por definición son las áreas ubicadas en el lecho de un río, quebrada, arroyo o drenaje pluvial natural y aquellas porciones de terrenos adyacentes que se deben reservar para descargar la inundación base sin aumentar acumulativamente la elevación superficial de las aguas del valle inundable por más de 0.30 metros [9], se le asignó el factor de cero. Esta capa está basada en los mapas de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias Médicas, publicados el 18 de noviembre de 2009. La información vertical tiene una resolución de 0.03 metros y en horizontal de .0002 metros.

La capa de Terrenos Susceptibles a Deslizamientos, se le otorgo el factor de cero a las áreas designadas como muy altas a deslizamientos. Cinco a las áreas ubicadas como moderadas y diez a las bajas o ninguna susceptibilidad. Los datos utilizados para crear la capa fue provista por el “US Geological Survey” oficina de Puerto Rico en el 2013. Tiene una resolución de 1.0 metros en vertical pero no indicando la horizontal.

En la capa para las escuelas, se le asigna el factor de cero al área comprendida como área de amortiguamiento. Para esta capa no se provee metadatos, solamente indicando que la información fue provista por el Departamento de Educación para la Junta de Planificación.

Y por último en los datos representativos a la localización de las torres existentes se le asignó el factor cero al sector comprendido por cada torre. Tampoco se provee metadato de la información.

Entiéndase que al crear las capas Raster, toda el área comprendida dentro de los límites de Caguas que no tiene limitación o prohibición el factor es 10. Esto usando la herramienta de reclasificación que provee ArcMap 10.2 por ESRI en su versión para computadora personal.

Una vez todas las capas sean reclasificadas, entonces procedemos a utilizar la herramienta antes explicada como "Raster Calculator". La expresión matemática utilizada es:

"Torres_Buffer""Escuelas_Buffer"*"Areas_prot egidas_Reclass"*"Areas_Desliz_Reclass"*"Inundacion_Reclass"*

Donde todas las imágenes raster reclasificadas son multiplicadas para crear una nueva imagen raster cumpliendo con el objetivo del estudio.

RESULTADOS

Al utilizar factores cero, cinco y diez, los resultados de la multiplicación raster son bastante sencillos de entender. Alguna celda que sea multiplicada por cero, ya la inhabilita para una torre, indicado en la figura 2 con rojo. De igual forma para una misma celda que cumpla en todas las capas el resultado será de cien mil, el factor de 10 elevado a la cinco o sea las cinco capas utilizadas. Todas las áreas que se muestran en verde son aquellas que cumplen con los cinco criterios establecidos. Todo lo demás que este entremedio de cero y cien mil, mostrado en amarillo, son las áreas que habrá que tomar medidas para reducir el impacto visual y estético o habrá de celebrarse una vista pública o cumplir con el Reglamento 13, entre otros requisitos. No se indica que no se prohíba, pero sí que su ubicación está restringida a cumplir con más evaluación que las áreas verdes.

El resultado por área superficial se desglosa de la siguiente forma:

1. No Permitida: 114, 441,392 metros cuadrados equivalentes a 29,117 cuerdas.
2. Con Restricciones: 924,768 metros cuadrados equivalentes a 235 cuerdas

3. Sin Restricciones: 35, 398,064 metros cuadrados equivalentes a 9,006 cuerdas.

Las estadísticas para la imagen raster resultante arrojo un promedio de 23,785 con una desviación standard de 42,397 en 55,756 celdas.

Al comparar estos resultados con un mapa de cobertura para el proveedor de telefonía T-Mobile (fig. 2) podría serle de gran utilidad.

Una porción del área sur de Caguas esta descubierta por esta compañía, donde justamente se encuentra la mayor parte de las áreas sin restricciones evaluadas. De haber tenido su deficiencia de cobertura en la zona roja debería buscar una co-ubicación antes de proponer una torre nueva.

Vale la pena señalar, como resultado adicional, la falta de cobertura celular de esta compañía sobre una escuela, entendiéndose que podría tener potenciales clientes en ella y la comunidad que la rodea.

CONCLUSIÓN

Al tener un sistema integrado de Información Geográfica y con los análisis correctos brinda ideas, respuestas y guía para la toma de decisiones; sea desde el punto de vista como proponente o regulador. Se logra dar mejor utilidad al terreno, evita instalar torres innecesarias que a la larga no sean utilizadas o no generen el servicio o beneficio económico esperado. Logra que el proponente tenga una idea clara y exacta de las áreas disponibles que cumplan con el RC y que se requiera por necesidad de servicio la instalación de una torre.

Basado en el análisis, si algún proponente deseara instalar una nueva torre de comunicaciones, debe explorar el sur de Caguas, en especial interés en los alrededores de ambas escuelas que se encuentran en esta área.

El trabajo se limitó al RC pero también podría incorporarse densidad poblacional, topografía para modelar la propagación de ondas, entre otros para tener un mapa más completo a la hora de proponer dichas facilidades.

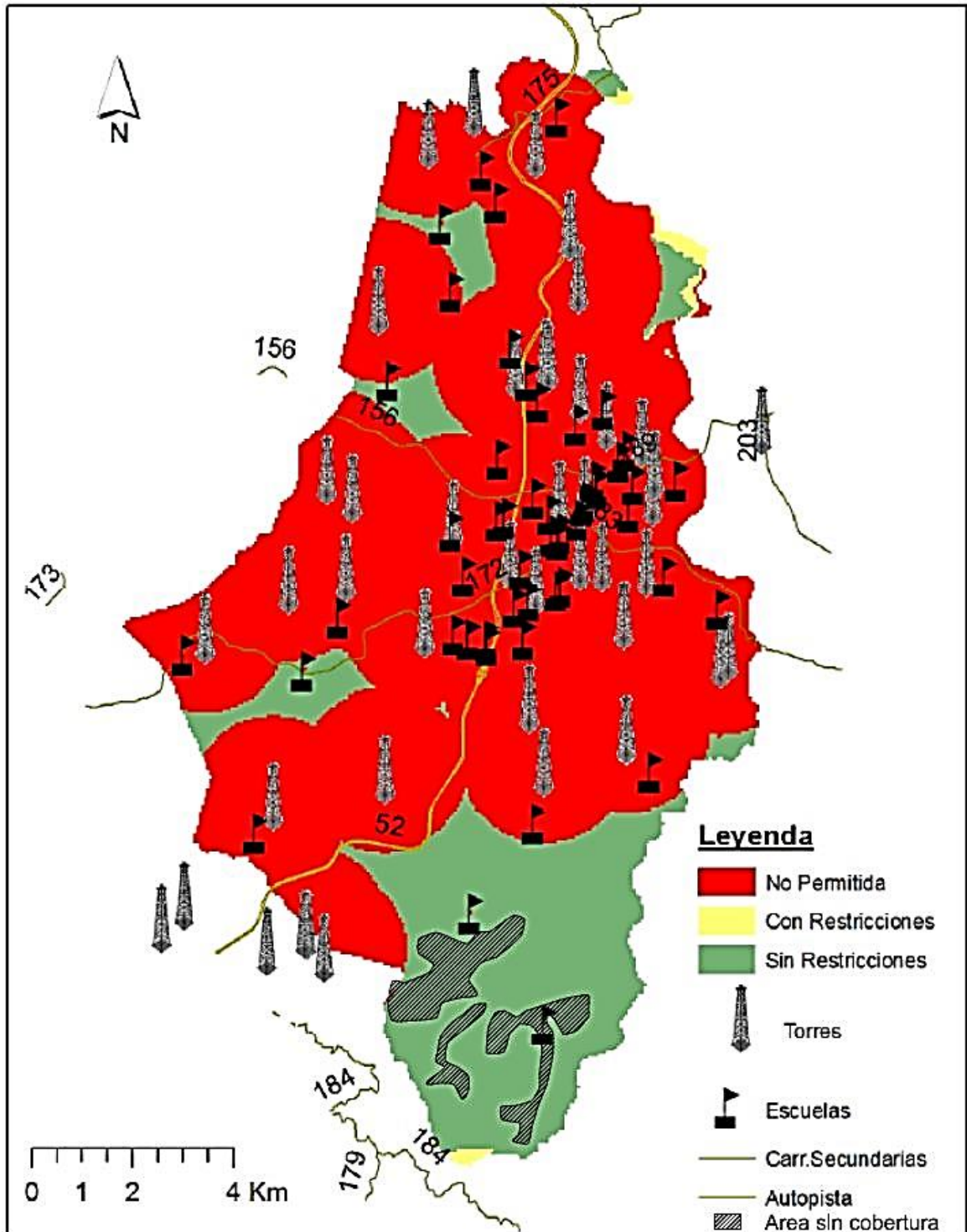


Figura 2
Imagen Raster Mostrando Áreas Disponibles

REFERENCIAS

- [1] A. H. Al-Hamami, "Optimal Cell Tower Distribution by using Spatial Mining and Geographic Information System", *World of Computer Science and Information Technology Journal (WCSIT)*, Vol.1, 2011, p. 44.
- [2] Junta de Planificación, E.L.A., "*Reglamento Conjunto para la Evaluación y Expedición de Permisos Relacionados al Desarrollo y Uso de Terrenos*", 24 de marzo de 2015.
- [3] S. Sommer y T. Wade, "A to Z GIS: An Illustrated Dictionary of Geographic System," ESRI Dictionary.
- [4] J. Herbas Contreras. (n. d.) *Métodos de Localización para un Proyecto-Metodo Cualitativo por Puntos* [Online]. Disponible: http://www.academia.edu/5288401/METODOS_DE_LOCALIZACION_PARA_UN_PROYECTO_M%C3%89TODO_CUALITATIVO_POR_PUNTOS.
- [5] A. H. Al-Hamami, "Optimal Cell Tower Distribution by using Spatial Mining and Geographic Information System," in *World of Computer Science and Information Technology Journal (WCSIT)*, Vol.1, 2011, p. 44.
- [6] H. Samet, "Applications of Spatial Data Structures: Computer Graphics", *Image Processing and GIS*, September, 1989.
- [7] D. Malmer, "Determining Cell Phone Tower Placement in Maine, Summer 2009.
- [8] División de Patrimonio, DRNA, *Áreas Prioridad Conservación 2008*, 2008, p. 1.
- [9] Junta de Planificación, E.L.A., *Reglamento sobre Áreas Especiales de Riesgo a Inundación*, 7 de enero de 2010, p. 8.