

APLICACIÓN EN LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES

USE IN THE STRATEGIC MANAGEMENT OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR FACILITY LOCATION

José Palao Barberá
jpalao@ucam.edu

Raúl Baños Navarro
rbanos@ucam.edu

Gonzalo Wandosell Fernández de Bobadilla
gwandosell@ucam.edu

Departamento Ciencias Sociales, Jurídicas y de la Empresa
Universidad Católica San Antonio de Murcia
España

Resumen

Una de las decisiones estratégicas más importantes para las organizaciones consiste en seleccionar la localización de sus instalaciones. Una correcta localización permitirá ofrecer un servicio eficiente, al mejorar el acceso del mayor número de usuarios posible a dichas instalaciones. Si esta decisión no es adecuada, tarde o temprano se tendrá que hacer uso de importantes recursos para prestar servicio en otra ubicación. Este tipo de decisiones son muy complejas, ya que existen diferentes criterios a tener en cuenta en su elección, además de numerosas alternativas geográficas, cada una de las cuales presenta ventajas e inconvenientes. Actualmente, existen técnicas computacionales de optimización que permiten abordar este tipo de problemas. En este artículo se ofrece una visión general de los problemas de localización de instalaciones, a la vez que se introducen algunas herramientas básicas que incluyen los sistemas de información geográfica (SIG) para la localización de instalaciones en entornos reales.

Palabras claves: dirección estratégica, toma de decisiones, localización, cobertura, optimización, computación, SIG

Abstract

One of the most important strategic decisions in companies and public organisms is the selection of the location of their facilities. An optimal location will provide efficient service by improving access to such facilities as many users as possible, while if the decision is not suitable, sooner or later they will have to make use of expensive resources to provide service in another location. Such decisions are complex as there are different criteria to consider, in addition to the existence of many potential geographical locations to consider, each of which has advantages and disadvantages. Currently there exist computational optimization techniques that can address these problems. This article offers a comprehensive review of the problems of location of facilities, while also introducing some utilities included in Geographic Information Systems to make location decisions in real environments.

Keywords: Strategic direction; Decision Making; Facility location; Covering; Optimization; Computing, GIS.

Clasificación JEL: C61; C63; C88; R30; R53

Introducción

Los órganos de decisión de empresas y organismos públicos cuentan, entre sus atribuciones, con la responsabilidad de velar por su correcto funcionamiento, llevando a cabo planificaciones y actuaciones a nivel estratégico que, unidas a otras acciones tácticas y operativas delegadas en otros miembros de la organización, permitan optimizar el uso de los recursos económicos, materiales y humanos. Además, en los últimos tiempos, las organizaciones vienen mostrando un creciente interés en incrementar su capital intelectual (Beattie y Smith, 2013), que hace referencia a aspectos tales como la información, las tecnologías, los derechos de propiedad intelectual, el aprendizaje y competencia organizativo, los sistemas de comunicación de equipos, o las relaciones con clientes o reforzamiento de imagen de marca que crean valor para la organización (Stewart, 1997). Para ello, resulta imprescindible mejorar la gestión del conocimiento (Soto-Acosta y Cegarra-Navarro, 2016)

Existe una extensa literatura referente a la teoría de toma de decisiones en organizaciones (Hodgkinson y Starbuck, 2008), (Gil-Lafuente, et al., 2012). No obstante, la consideración de la variable espacial en la toma de decisiones es un factor que no se ha analizado en profundidad hasta épocas recientes, y aun hoy día no es considerada de forma generalizada, pese a que se trata de una variable de gran importancia estratégica a la hora de seleccionar planes o estrategias alternativas (Owen y Daskin, 1998). La localización de instalaciones es una decisión estratégica, puesto que afecta el funcionamiento de la organización en un largo periodo de tiempo. De hecho, una vez que se ha decidido la localización y se ha llevado a cabo la construcción y/o acondicionamiento de dichas instalaciones para un determinado uso, solo sería posible modificar dicha ubicación, haciendo uso de importantes recursos económicos. La consideración de la variable espacial en este tipo de decisiones resulta vital para alcanzar los objetivos planteados, razón por la cual en los últimos años se viene observando un interés creciente en este tipo de decisiones. No en vano, de dichas decisiones depende no solo la eficiencia económica y operativa de dichas instalaciones, sino también la calidad del servicio percibida por los usuarios. Así, la variable espacial debería condicionar el emplazamiento de las instalaciones de las empresas (puntos de atención o venta, oficinas, almacenes, fábricas, etc.), de forma que se cubran aquellas zonas geográficas (países, regiones, provincias, municipios, barrios, calles, etc.) en las que se maximice su cobertura de servicio, visibilidad e influencia, y por tanto, su eficiencia. Según Kotler y Armstrong (2014), las grandes organizaciones normalmente cuentan con especialistas que utilizan métodos avanzados para determinar la localización de sus instalaciones, mientras que los pequeños establecimientos tienen que seleccionar aquellos emplazamientos que puedan encontrar o permitirse económicamente. Además de carecer de recursos y herramientas para analizar este tipo de variables, los cambios organizativos en pequeñas y medianas organizaciones se ven frenados por la propia idiosincrasia. Sirva como ejemplo lo indicado por Cliquet (2006), quien describe un estudio realizado entre comerciantes del Reino Unido, en el cual se concluía que estos elegían el lugar de instalar su negocio, atendiendo a criterios más próximos a la intuición que a lo teóricamente óptimo desde el punto de vista del marketing y geomarketing. Por tanto, resulta evidente la importancia de conocer a profundidad los diferentes factores socioeconómicos, demográficos y ambientales asociados al ámbito geográfico en que las organizaciones tienen o quieren ejercer su influencia. Así, las técnicas de geomarketing pueden ser de gran utilidad para relacionar adecuadamente factores tales como la capacidad económica y hábitos de compra de los individuos, los medios de transporte existentes, o la densidad de empresas, con puntos geográficos concretos.

La complejidad de este tipo de decisiones es muy elevada, puesto que normalmente existen numerosas alternativas geográficas para localizar las instalaciones, cada una de las cuales presenta ventajas e inconvenientes. Para abordar este tipo de problemas, se vienen aplicando técnicas de optimización avanzadas que, haciendo uso de sistemas informáticos, permiten obtener soluciones de calidad a estos problemas de localización en tiempos reducidos. Dichas técnicas, que establecen sinergias entre las áreas de investigación operativa y de software de optimización computacional (Baños, et al., 2006), son utilizadas en numerosas aplicaciones. En concreto, este tipo de decisiones suelen aplicarse en el ámbito del geomarketing (Chasco, 2003; Alcaide Casado, et al., 2012), donde se utilizan sistemas de información geográfica (SIG) (Goodchild, 2015) u otras aplicaciones informáticas, que integran diferentes variables (variable espacial, variables socioeconómicas y demográficas, etc.), con el objetivo de optimizar las decisiones de localización y asignación de recursos/usuarios en organizaciones de diferente tipología (empresas y organismos públicos que suministren bienes o servicios). Dado el peso relativo cada vez mayor que tienen los núcleos urbanos en términos de población, actividad económica y empresarial, las investigaciones recientes suelen centrarse en áreas geográficas correspondientes a núcleos urbanos, aunque también son de utilidad para cualquier tipo de ámbito geográfico no urbano.

El resto del artículo se organiza como sigue. En la Sección 2 se describen los problemas de localización y las principales variantes existentes. La Sección 3 analiza de forma resumida algunas de las técnicas y estrategias más utilizadas para su resolución, incluyendo el uso de sistemas de información geográfica. Con el objetivo de facilitar la comprensión de dichos conceptos y técnicas, en la Sección 4 se muestran algunos casos prácticos reales que pueden ser abordados mediante estas técnicas de optimización y herramientas informáticas. Finalmente, en la Sección 5 se incluyen las conclusiones del estudio.

Problemas y variantes de la localización de instalaciones

A continuación se describen algunos de los trabajos de investigación científica que han sido publicados en referencia a la localización de instalaciones y asignación de recursos, a la vez que se comentan algunas de las aportaciones realizadas desde el ámbito de la optimización computacional a este tipo de problemas.

Problemas de localización de instalaciones

Los problemas de localización de instalaciones (en inglés, Facility location problems) son de gran utilidad para determinar la ubicación de instalaciones que formen parte de la organización, teniendo en cuenta las características de la cadena de suministro (Meng, et al., 2009). Estos problemas forman parte de la categoría de problemas NP-completos (Garey y Johnson, 1979), lo que implica que no pueden resolverse de forma óptima en un tiempo polinomial. En los problemas de localización no solo entra en juego la variable espacial (área geográfica donde las instalaciones pueden ser localizadas), sino también el tiempo (intervalo de tiempo en que se puede llevar a cabo la instalación). Los problemas de localización de instalaciones pueden presentarse en diferentes dimensiones (Sarkar y Majumder, 2013) y afectan a la competencia entre empresas, por lo que se suelen utilizar teorías tales como el modelo de competición líder-seguidor de Stackelberg (Ashtiani, et al., 2013) o el equilibrio de Nash (Sáiz, et al., 2011). Dentro de los problemas de cobertura hay diferentes subproblemas, incluyendo (Arabani y

Farahani, 2012): “single facility location problem”, según el cual la nueva instalación debe localizarse en aquella posición en que se minimicen las distancias con otras instalaciones; “multi-facility location problem”, que es similar al anterior, pero en lugar de situar una sola instalación, se consideran varias de forma simultánea; “facility location-allocation problem”, que no solo busca localizaciones óptimas de las instalaciones, sino que también intenta asignarlas desde el punto de vista de satisfacer las demandas de los clientes; “network facility location problems”, que son problemas que también se suelen modelar mediante grafos, entre los cuales encontramos “median problem”, “center problems”, “covering problems”, “hub location problems” y “hierarchical location problems”.

Problemas de cobertura

Dentro de los problemas de localización que acabamos de comentar, cabe destacar la importancia de los problemas de cobertura (Covering problems), ya que se trata de una variante destacada dentro de la familia de los problemas de localización de instalaciones, hasta el punto de que en muchas clasificaciones existentes se presentan de forma diferenciada. Estos problemas de cobertura suelen incluirse dentro de los problemas de redes (“network facility location problems”), y consisten en que los clientes deben tener a su alcance un determinado servicio a una distancia igual o inferior a la predefinida (coverage distance o coverage radius), por tanto, este problema no tiene por qué ser abordado para obtener la mejor solución, sino que la misma sea válida (Fallah, et al., 2009). El interés de los problemas de cobertura radica principalmente en su gran aplicabilidad en el ámbito de la localización de instalaciones para servicios públicos. Por ejemplo, un problema de cobertura consistiría en determinar la ubicación de un conjunto de farmacias dentro de una ciudad, de forma que ningún habitante de la misma tenga que desplazarse más de 1.000 metros o más de 5 minutos desde su domicilio. En los problemas de cobertura hay diferentes subproblemas (Farahani, et al., 2012): “Set Covering Problem (SCP)”, que intenta minimizar el coste de localización a la vez que se satisface el nivel de cobertura; “Maximal Covering Location Problem (MCLP)”, que hace referencia al caso en que no es posible cubrir todas las áreas, razón por la cual se intenta maximizar la cantidad de cobertura dentro de una distancia de servicio aceptable mediante la localización de nuevas instalaciones; “Anti-covering location problem (ACLP)”, que maximiza el conjunto de localizaciones de forma que no haya dos localizaciones dentro de una distancia predefinida; “Hierarchical covering problem”, que tiene en cuenta que los problemas de localización son jerárquicos por naturaleza (por ejemplo, el sistema de salud consiste en consultas médicas locales, centros médicos y hospitales); “Coherent covering location problem”, que toma en consideración que las áreas en que se determine la localización de una instalación debería pertenecer al mismo distrito de nivel superior; “Spatial covering problem”, que considera una cobertura mínima aceptable y un mínimo número de instalaciones necesarias para la cobertura completa; “double coverage”, aplicado inicialmente para localizar ambulancias, el cual consiste en definir varios radios (distancia) de cobertura, de forma que todos los puntos de demanda deben ser cubiertos dentro del radio de mayor diámetro, y un porcentaje determinado, también cubierto dentro de un radio inferior; “Undesirable covering problem”, en el cual los nodos se pueden dividir en deseables y no deseables (recolección de basuras, plantas químicas, prisiones, industrias contaminadoras, etc.), e incluso los que no son deseables pueden dividirse, a su vez, en dos grupos: instalaciones nocivas (peligroso para la salud) y desagradables (molestias al estilo de vida), de forma que se asignan pesos a cada una de ellas, según sus características, de forma que el problema consiste en encontrar la localización de los

círculos con determinado radio, que cierran el menor peso de puntos; “circular covering” en que las instalaciones se asignan en regiones con demanda uniformemente distribuida, con el objetivo de maximizar el radio; “r-Interdiction covering problem, que consiste en que determinado número de localizaciones existentes se encuentre un subconjunto de ellas que, una vez eliminadas, minimice la caída en la cobertura; “Variable radius covering”, que es una variante en que el radio de cobertura es variable, por lo que el interés se enfoca más en determinar el radio de cobertura que en el número o localización de instalaciones, de forma que la función objetivo minimiza el coste de localización de las instalaciones con respecto a la demanda cubierta por todos los puntos. En estas variantes, si trabajamos un mapa (modelado con un grafo), el radio se podría considerar tanto circular geométricamente, como no circular, si se tienen en cuenta las distancias efectivas de la red. Anteriormente, comentamos que los problemas de cobertura no se suelen abordar sobre la base de encontrar la mejor solución existente, sino que esta sea válida en función de las restricciones de cobertura establecidas. No obstante, existen ciertas formulaciones como, por ejemplo, “Maximum Expected Coverage Location Problem”, que intenta localizar la posición de un número determinado de instalaciones en localizaciones potenciales de una red, con el objetivo de maximizar la cobertura de población esperada, siempre cumpliendo con los umbrales de distancia máxima entre dichas instalaciones y los usuarios de las mismas.

Otros problemas relacionados

Se sabe que los costes logísticos consumen gran parte del presupuesto de las empresas. Esos costes pueden reducirse de forma considerable mediante el diseño cuidadoso de la cadena de suministro. La red de distribución, al final de la cadena de suministro, es particularmente importante, dado que conlleva muchos pequeños flujos de productos hacia los consumidores finales o detallistas, de forma que el diseño de esta red tiene asociados dos problemas muy importantes: localizar las instalaciones y determinar las rutas óptimas para suplir las demandas desde esos puntos. Es lo que se conoce como problemas de localización-enrutado (Location-routing problems). Por tanto, queda claro que las decisiones de enrutado y localización son interdependientes, como se ha corroborado en diversos estudios que han demostrado que el coste global del sistema puede reducirse si ambos problemas son tratados de forma simultánea (Prodhon y Prins, 2014).

Además de los problemas anteriores, existen otros muy relacionados con la localización de instalaciones, entre los que encontramos los problemas de enrutado y empaquetado (Routing-packing problems), que hacen referencia a las situaciones habituales, donde las empresas hacen uso de vehículos de carga que distribuyen las mercancías entre varios de sus clientes, cada vez que llevan a cabo un reparto, razón por la cual la forma de empaquetar sus productos puede variar según el orden de visita, especialmente en aquellos ámbitos en que los productos sean heterogéneos. Es por ello que la optimización simultánea del vehicle routing problem y del bin-packing problem sea muy conveniente explorar.

Por otro lado, encontramos los problemas de asignación de recursos (Resource allocation problems), que son muy importantes para las organizaciones, y que consisten en determinar qué recursos financieros, materiales, humanos y productivos, tecnologías de la información, etc. se deben asignar a cada instalación. La localización eficiente de recursos es una tarea dinámica compleja en el proceso de gestión empresarial, aunque no suele considerarse la optimización del rendimiento (Huang,

et al., 2011). En este trabajo los autores proponen un mecanismo que observa el entorno para comprender las políticas que optimizan la asignación de recursos en el proceso de ejecución de decisiones, comparándolo con heurísticas y estrategias manuales utilizadas habitualmente en este contexto. Existen diferentes investigaciones que hacen uso de heurísticas y metaheurísticas para resolver estos problemas (Levin y Ben-Israel, 2004), aunque también se han aplicado técnicas de minería de datos (Liu, et al., 2012).

Los problemas de asignación de recursos son de gran interés para empresas de cierto tamaño que cubran diferentes áreas geográficas, o que tengan diferentes sucursales o departamentos de zona, ya que una correcta asignación de recursos materiales, económicos y humanos suele permitir una mejora en la eficiencia. La localización de recursos resulta especialmente importante en épocas de crisis, en que las restricciones presupuestarias hacen que el número de recursos disminuya y que haya más necesidad de aumentar su eficiencia.

Sistemas de información geográfica para la localización de instalaciones

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) desempeñan un rol crítico en las organizaciones, especialmente en un entorno global cada vez más interconectado. Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas software de valor estratégico para organizaciones de diferentes sectores y tamaños, ya que permiten capturar, gestionar y analizar datos espaciales o geográficos. Los SIG contienen métodos diversos de análisis de datos, así como procedimientos para la toma de decisiones, con el objetivo de comprender lo que ocurre en el espacio geográfico (Goodchild, 2009; Goodchild, 2015). Así, por ejemplo, las organizaciones de tamaño medio y grande suelen utilizar sistemas de información para el marketing, que no son más que sistemas de apoyo a la decisión, orientados a la toma de decisiones específicas sobre aspectos relacionados con el ámbito del marketing.

Tabla 1. Algunos de los análisis que se pueden realizar a través de SIG

Tipo de análisis	Descripción	Ejemplo
Localización de instalaciones	Seleccionar la mejor localización para una fábrica, edificio, tienda, etcétera.	Determinar la ubicación óptima de un nuevo establecimiento de venta de automóviles en Lisboa.
Cobertura	Seleccionar la localización para una fábrica, edificio, tienda, etc. que cumpla determinados criterios de cobertura.	Indicar en qué ciudad de Cuba de más de 1.000 habitantes se debería establecer un nuevo hospital de forma que se cubriera al mayor número de habitantes posible.
Proximidad	Seleccionar un área geográfica que se encuentre a una distancia (física o temporal) determinada.	Determinar el área urbana de la ciudad de Roma en la que la población viva a menos de 5 minutos de la Piazza Venezia.
Localización de recursos	Asignar recursos a localizaciones.	Determinar el área de las diferentes áreas de cultivo de la región de Murcia para asignar recursos a las mismas
Particionamiento	Dividir el espacio objetivo en diferentes secciones.	Dividir geográficamente la ciudad de Santiago de Chile en distritos, de forma que cada distrito tenga

		la misma población, y se pueda asignar a cada una de ellas un puesto de información turística.
Tendencias	Encontrar las diferencias existentes en una zona geográfica en dos instantes de tiempo diferentes.	Determinar la variación de ingresos de la población que vive en el distrito 9º de París.
Enrutado	Calcular rutas óptimas para viajar entre diferentes localizaciones.	Determinar la ruta de carretera más rápida para viajar entre Tokio y Osaka.

Fuente: Elaboración propia.

Los SIG son técnicas útiles para construir sistemas de información de marketing, ya que les permiten integrar la información desde diferentes fuentes y tomar decisiones en múltiples dominios (Hess, et al., 2004). Estudios recientes (Wandosell, et al., 2015; Baños, et al., 2016) han mostrado las capacidades que las TIC en general, y los SIG, en particular, tienen para mejorar el capital intelectual de las organizaciones y reforzar los procesos de toma de decisiones en las mismas. En la Tabla 1 se enumeran algunos de los tipos de análisis que pueden ser llevados a cabo a través de un SIG, mientras que la Tabla 2 muestra algunas de las aplicaciones de dichos sistemas. Ambas tablas ayudan a ilustrar la potencia de los SIG, que no en vano sirven de soporte en los procesos de toma de decisiones en múltiples aplicaciones de diferentes disciplinas.

Tabla 2. Algunos ejemplos de aplicaciones GIS en diferentes sectores de actividad

Sector	Actividad
Gestión de recursos naturales	Conservación y gestión de recursos (agua, vegetación, animales). Gestión de zonas protegidas (ríos, bosques). Agricultura y gestión del territorio. Meteorología y clima.
Energía e ingeniería	Redes de distribución y fuentes de energía (petróleo, electricidad, gas). Transporte intermodal de mercancías y personas Ingeniería civil y arquitectura. Redes de telecomunicaciones.
Economía y empresa	Marketing/geomarketing. Logística y distribución. Ventas.
Sector público	Planificación urbana y regional. Organización administrativa. Servicios de emergencias. Infraestructuras públicas. Transporte público. Geoestrategia. Educación. Sanidad.

Fuente: Elaboración propia.

Existe un creciente interés en la aplicación de técnicas de geomarketing para aplicaciones empresariales. El uso de técnicas de geomarketing son de gran utilidad para obtener y analizar información sobre clientes, proveedores, puntos de venta, etc., tomando en consideración la variable geográfica (Hess, et al., 2004; Cliquet, 2006). Para ello se suele hacer uso de SIG que integran datos internos, externos y mapas, con el objetivo de llevar a cabo análisis que tengan en cuenta la variable geográfica. Así, en trabajo reciente (Roig-Tierno, et al., 2013) se ha desarrollado una metodología para la selección del lugar geográfico

adecuado para la instalación de supermercados, haciendo uso de SIG y una estrategia de jerarquía analítica que muestra que los factores de éxito de dicha instalación están relacionados con factores como la localización y la competición. En otra investigación (Suárez-Vega, et al., 2012) se analizan los modelos de localización competitiva utilizando SIG, con especial atención en el análisis de los efectos de canibalización derivados de la apertura de nuevas instalaciones (Pelegrin, et al., 2012).

Casos de estudio

Una vez que se han descrito la importancia de las decisiones de localización de instalaciones y las principales variantes de esta familia de problemas, así como las técnicas computacionales existentes para su resolución, incluido el uso de SIG, procedemos a presentar unos casos de estudio básico que pueden resultar de interés para abordar en la práctica este tipo de cuestiones. El objetivo es dar a conocer el uso de estas técnicas y herramientas a investigadores de diferentes disciplinas, de forma que puedan aplicar dichas técnicas para resolver problemas específicos de su campo. Para ello se van a describir algunas de las múltiples utilidades que incluye uno de los SIG comerciales más utilizados, ArcGIS desktop (ArcGIS, 2016), que es un programa software con aplicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar y publicar información geográfica de diferente índole. Aunque se haya seleccionado este software, existen muchos otros SIG que incluyen funcionalidades similares. Para ilustrar los diferentes ejemplos gráficos, se hace uso de configuración existente en una zona urbana de la ciudad de Murcia, la capital de la región española del mismo nombre. Por motivos de visualización, vamos a trabajar con una sección geográfica del distrito norte de la ciudad, que incluye más de 300 tramos de calle. Además, en estas imágenes se muestran los puntos correspondientes a portales de edificios residenciales. Estos datos geográficos provienen de la base de datos “Cartociudad”, que se puede descargar del sitio web del Instituto Geográfico Nacional de España (IGN, 2016). Cartociudad es un sistema de información basado en una base de datos de red viaria, cartografía urbana y divisiones censal y postal, con continuidad topológica del territorio de España.

Análisis de distribución geográfica de instalaciones existentes

En muchas ocasiones resulta interesante llevar a cabo un estudio sobre qué áreas están cubiertas por un conjunto de instalaciones existentes, y cuáles las que cuentan con un servicio inferior. El ejemplo seleccionado corresponde a la localización de los supermercados existentes en un área geográfica de la ciudad de Murcia. En la Figura 1(a) se muestra la distribución de calles, así como la posición de los portales de viviendas y los siete supermercados existentes. En la Figura 1(b) se hace uso de la herramienta “distancia euclidiana” incluida en la extensión Spatial Analyst de ArcGIS para mostrar, para cada posición, la distancia euclidiana hasta el supermercado más cercano. En la Figura 1(c) se muestra la división por zonas que, haciendo uso de la herramienta “asignación euclidiana”, muestra para cada posición el supermercado más cercano, según la distancia euclidiana.

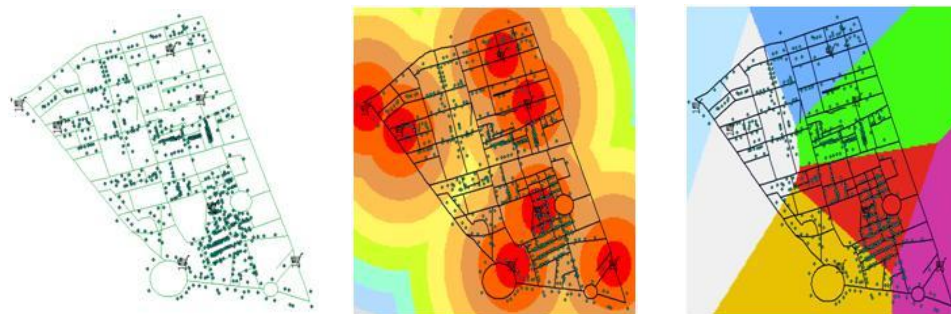


Figura 1. (a) Supermercados existentes en una zona urbana. (b) Influencia por niveles de distancia de cada supermercado. (c) Asignación de áreas más cercanas a cada supermercado.

El análisis que acabamos de mostrar corresponde a la distribución geográfica en el plano de puntos de venta (supermercados) y puntos demanda (edificios residenciales). Cabe indicar que, mediante un proceso ligeramente más complejo, estas herramientas también permiten trabajar directamente sobre redes; en este caso, la red de calles de la zona seleccionada, de forma que los resultados consideren la distancia existente en la red. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que para realizar un modelado totalmente ajustado a la realidad, sería necesario considerar la variable temporal en lugar de espacial, pero ello requeriría conocer y procesar todas las características de la calle, incluyendo la anchura de calles y aceras, sentido del tráfico, semáforos, etc., de forma que se pudiera calcular el tiempo necesario en trasladarse de un punto a otro. Es por ello que la descripción presentada para la distribución en el plano puede ser una aproximación aceptable a la hora de tomar decisiones sobre localización de instalaciones, y nos permite ofrecer una descripción comprensible sobre la utilidad de los SIG en este contexto.

Análisis para la elección de una nueva localización

Además de llevar a cabo el análisis de la situación actual, resulta habitual que muchas organizaciones, ya sean aquellas que se crean nuevas, u otras que deseen ampliar su red de instalaciones, deban determinar la mejor ubicación para la misma. En esos casos, los sistemas GIS incluyen herramientas que permiten tomar decisiones de localización de calidad de forma automática. No obstante, en la mayoría de los casos reales, el número de localizaciones posibles se suele circunscribir a un conjunto de alternativas posibles. Por ejemplo, en el caso de pequeñas actividades empresariales, resulta habitual que los emprendedores o directivos de las mismas opten por intentar localizar sus instalaciones en determinados locales que pudieran estar disponibles mediante alquiler. Para eso planteamos un caso de estudio real en un área geográfica de la ciudad de Murcia, en la que se desea instalar una nueva actividad, en concreto un establecimiento financiero, teniendo en cuenta la situación de competencia en dicho sector. Para llevar a cabo esta decisión, es necesario, en primer lugar, determinar la localización geográfica de todos los establecimientos financieros de la competencia. En segundo lugar, se determinan las localizaciones posibles, para lo cual se hace uso de un portal de Internet con locales en alquiler, como se muestra en la Figura 2(a) y 2(b).

En tercer lugar, se seleccionarán aquellos que cuenten con unas características determinadas como, por ejemplo, que el precio del alquiler no sea superior a 500 euros/mes; en este ejemplo son cuatro establecimientos. En cuarto lugar, consideramos cada una de las posibles alternativas disponibles (cuatro establecimientos con precio inferior a 500 euros mensuales), y haciendo uso de la utilidad de asignación euclidiana, se puede realizar un conteo del número de edificios (puntos de demanda) que entran dentro del área de influencia de cada uno de ellos, tal y como se muestra en la Figura 2(c). Por último, después de calcular el número de portales de cada alternativa, se escogería aquella localización que tenga un mayor número de edificios en su área de influencia.

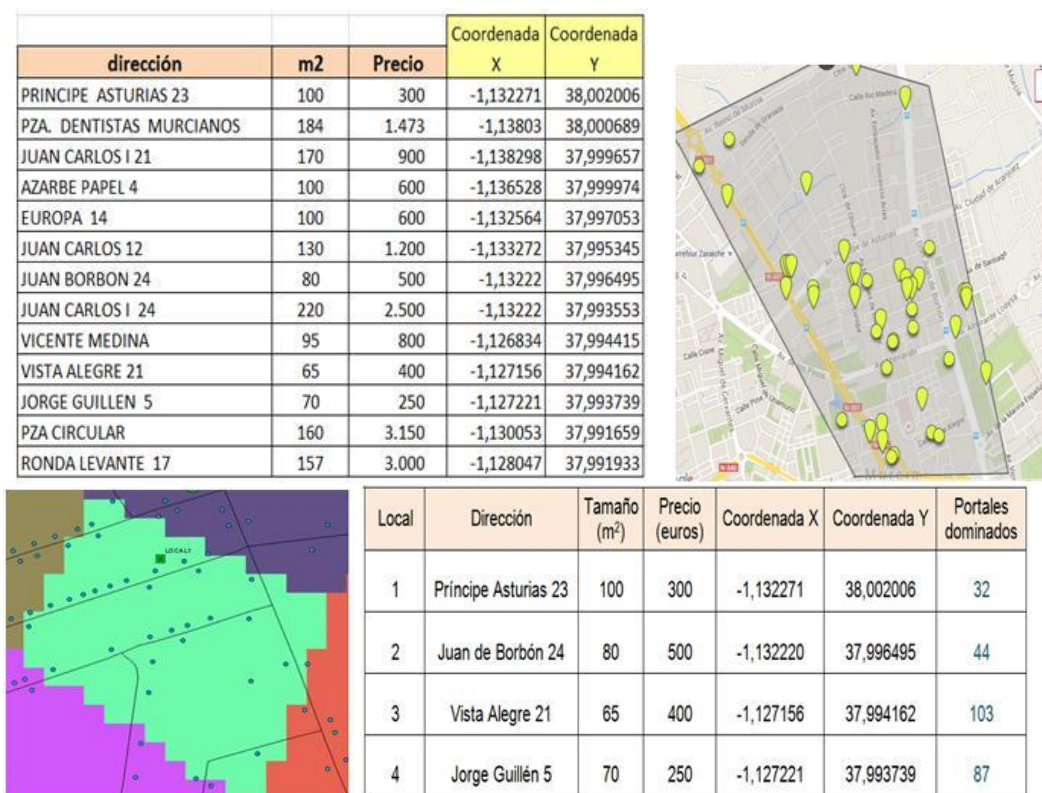


Figura 2. (a) Localizaciones posibles, utilizando un buscador de locales de alquiler. (b) Localización geográfica en el plano de dichas localizaciones posibles, y de los establecimientos de la competencia ya existentes. (c) Área de influencia del primer local. (d) Número de edificios dentro del área de influencia.

Cabe señalar que el ejemplo mostrado podría generalizarse al caso en que hubiera que determinar la ubicación de dos o más nuevas instalaciones, para lo cual habría que analizar todas las combinaciones posibles, siguiendo el proceso descrito anteriormente. De igual modo, es pertinente indicar que, en lugar de considerar directamente el número de edificios dentro de cada área de influencia, lo ideal sería contabilizar el número total de personas que viven en dichos edificios, para lo cual sería necesario obtener información, bien sea a través de algún registro público del censo, o similar. En cualquier caso, resulta evidente que realizar un estudio sencillo como el que se acaba de presentar, mejorará con alta probabilidad cualquier otra decisión de localización que se lleve a cabo sin hacer uso de ningún tipo de análisis técnico.

Análisis para la eliminación de una localización existente

En algunas ocasiones, por cuestiones organizativas u económicas, aquellas organizaciones que cuentan con dos o más instalaciones se ven en la necesidad de eliminar una o varias de ellas, por motivos de eficiencia económica. En el caso más simple en que hay que suprimir una sola instalación, la estrategia consiste en determinar cuál de ellas provocaría que la demanda cubierta se redujese en la menor cuantía posible.

Tabla 3. Listado de instalaciones de nuestra organización y de la competencia en la zona de estudio

LOCAL	EMPRESA	DIRECCIÓN	COORDENADAS	
			X	Y
1	NUESTRA ORGANIZACIÓN	Dirección 1	-1,125457	37,996822
2	NUESTRA ORGANIZACIÓN	Dirección 2	-1,128646	37,992368
3	NUESTRA ORGANIZACIÓN	Dirección 3	-1,133281	38,002885
4	NUESTRA ORGANIZACIÓN	Dirección 4	-1,142283	38,003225
5	ORGANIZACIÓN A	Dirección 6	-1,131638	37,993864
6	ORGANIZACIÓN A	Dirección 7	-1,131744	37,992894
7	ORGANIZACIÓN B	Dirección 10	-1,131699	37,997007
8	ORGANIZACIÓN B	Dirección 11	-1,126516	37,998699
9	ORGANIZACIÓN B	Dirección 12	-1,14430	38,005897
10	ORGANIZACIÓN C	Dirección 13	-1,133629	37,998077
11	ORGANIZACIÓN C	Dirección 14	-1,141306	38,003793
12	ORGANIZACIÓN D	Dirección 16	-1,132873	38,001127
13	ORGANIZACIÓN E	Dirección 17	-1,128654	37,992366
14	ORGANIZACIÓN E	Dirección 18	-1,147830	38,013722

Fuente:

Elaboración propia.

A continuación, exponemos un caso de estudio en que se analiza cómo proceder para eliminar una instalación, aunque podría aplicarse a la eliminación de dos o más nuevas instalaciones, para lo cual habría que analizar todas las combinaciones posibles, siguiendo este mismo proceso. Para ello, lo primero que debemos hacer es obtener un listado de locales de nuestra

organización y de la competencia en dicha zona, como se muestra en la Tabla 3. En segundo lugar, tal y como describe la Figura 3, se procederá a eliminar, una a una, nuestras instalaciones, computando el número de edificios que quedan bajo la influencia de las restantes instalaciones de nuestra organización. En tercer lugar, tras repetir dicho proceso con las restantes instalaciones, conoceríamos cuál sería la demanda cubierta que mantendría nuestra organización, al eliminar cada una de estas instalaciones, manteniendo el resto en funcionamiento. Para este caso de estudio, según muestra la Tabla 4, se concluye que lo óptimo sería la eliminación del local número 3; en cuanto la demanda cubierta, es la más elevada, casualmente bastante próxima a la situación de partida, que contaba con cuatro instalaciones. Obviamente, en este estudio se podrían incluir determinados factores adicionales como, por ejemplo, considerar los costes de funcionamiento de cada instalación, de forma que se pudiera establecer algún factor de ponderación adicional.



Figura 3. (a) Situación y área de influencia de los establecimientos tras eliminar el local 1. (b) Influencia de las restantes instalaciones que mantendría la organización tras eliminar el local 1.

Tabla 4: Cómputo de edificios que entrarían dentro del dominio de nuestra organización, al analizar las distintas alternativas de supresión de instalaciones en los respectivos locales.

Eliminando	NÚMERO DE VIVIENDAS ASOCIADAS A CADA LOCAL				
	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4	TOTAL
Local 1		21	41	53	115
Local 2	89		35	36	160
Local 3	101	25		40	166
Local 4	98	23	32		153
Ninguno	86	18	30	35	169

Fuente:
Elaboración
propia.

Conclusiones

Los directivos de las organizaciones, independientemente de las características particulares de las mismas y del sector del que formen parte, deben tomar decisiones estratégicas de gran importancia a medio y largo plazo. Una de estas decisiones es la selección de la localización de sus instalaciones, incluyendo centros de producción, centros logísticos, puntos de venta o atención al público, etcétera.

El proceso de toma de decisiones en aplicaciones reales es altamente complejo, debido principalmente a que puede llegar a existir un elevado número de alternativas geográficas para la ubicación de las instalaciones y cada una de estas suele presentar ventajas e inconvenientes con respecto a las demás. Este artículo ofrece una serie de ideas básicas que permiten abordar estos problemas haciendo uso de los sistemas de información geográfica y visualizando los datos geográficos de forma intuitiva, aplicando, a su vez, las técnicas computacionales de optimización, que incluyen los SIG.

Por un lado, este artículo revisa, de forma resumida, algunas de las principales variantes de los problemas de localización de instalaciones más estudiadas en la literatura. Por otro, se incluye una serie de casos de estudio sencillos para introducir el uso de este tipo de herramientas en las organizaciones. Concretamente, se plantea el uso de la extensión Spatial Analyst de ArcGIS para analizar las zonas de influencia de determinadas instalaciones, desde un doble punto de vista: un análisis de la situación actual de distribución geográfica de diferentes instalaciones, atendiendo a su posición relativa con respecto a un conjunto de edificios residenciales (puntos de demanda); y un análisis a futuro sobre cuál podría ser la mejor decisión a la hora de crear nuevas instalaciones en localizaciones disponibles, o eliminar instalaciones ya existentes, en un entorno de competencia. Aunque, como se ha indicado en el artículo, se podría analizar la posibilidad de utilizar otras herramientas, incluidos los SIG, como podría ser la extensión Network Analyst para trabajar con redes, además de considerar datos adicionales que aumenten la precisión del proceso de toma de decisiones, los ejemplos didácticos aquí presentados pueden ser de utilidad a la hora de que investigadores y profesionales, especialmente –los responsables de dirección estratégica– conozcan y hagan uso de este tipo de herramientas, utilizando este u otros SIG para dar soporte a la toma de decisiones.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Universidad Católica San Antonio de Murcia, a través del proyecto con código PMAFI/18/14.

Bibliografía

- Alcaide, J.C.; Calero, R.; Hernández, R. (2012). Geomarketing: Marketing Territorial para Vender y Fidelizar más. ESIC, Madrid.
- Arabani, A.B.; Farahani, R.Z. (2012). "Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications". Computers & Industrial Engineering, Vol. 62, pp. 408-420.
- ArcGIS (2016). Disponible en: <https://www.arcgis.com> Fecha de consulta: abril de 2016.
- Ashtiani, M.G.; Makui, A.; Ramezani, R. (2013). "A Robust Model for a Leader-follower Competitive Facility Location Problem in a Discrete Space". Applied Mathematical Modelling. Vol. 37, pp. 62-71.
- Baños, R.; Gil, C.; Paechter, B.; Ortega, J. (2006). "Parallelization of Population-based Multi-objective Meta-heuristics: An Empirical Study". Applied Mathematical Modelling. Vol. 30, No 7, pp. 578-592.
- Baños, R.; Wandosell, G.; Parra, M. (2016). "Web GIS to Enhance Relational Capital: The Case of General Merchandise Retailers". Journal of Knowledge Management, Vol. 20, No 3.
- Beattie, V.; Smith, S.J. (2013). "Value Creation and Business Models: Refocusing the Intellectual Capital Debate". The British Accounting Review, Vol. 45, pp. 243-254.
- Chasco, C. (2003). "El geomarketing y la distribución commercial". Investigación y Marketing. Vol. 79, pp. 6-13.
- Cliquet G. (2006). Geomarketing. Methods and Strategies in Spatial Marketing, ISTE Ltd., Londres.
- Fallah, H.; Sadigh, A.N.; Aslanzadeh, M. (2009). Covering problem in Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies. Heidelberg, Germany: Physica Verlag.
- Farahani, R.Z. (et al.) (2012). "Covering Problems in Facility Location: A Review". Computers & Industrial Engineering, Vol. 62, pp. 368-407.
- Garey, M.R.; Johnson, D.S. (1979). Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-completeness. W. H. Freeman, Nueva York.

- Gil-Lafuente, A.M (et al.) (2012). «Decision Making Systems in Business Administration». Proceedings of the MS'12 International Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 10-13 December 2012. Series on Computer Engineering and Information Science.
- Goodchild, M. F. (2009). "Geographic Information Systems and Science: Today and Tomorrow". *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol. 1, No 1, pp. 1037-1043.
- Goodchild, M.F. (2015). "Geographic Information Systems". *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*, pp. 58-63.
- Hodgkinson, G. P.; Starbuck, W.H. (2008). *The Oxford Handbook of Organizational Decision Making*. Oxford Handbooks Online. Disponible en: www.oxfordhandbooks.com/view Fecha de consulta: abril de 2016.
- Hess, R.L.; Rubin, R.S.; West, L.A. (2004). "Geographic Information Systems as a Marketing Information System Technology". *Decision Support Systems*, Vol. 38, No 2, pp. 197-212.
- Huang, Z (et al.) (2011). "Reinforcement Learning based Resource Allocation in Business Process Management". *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 70, No 1, pp. 127-145.
- Levin, Y.; Ben-Israel, A. (2004). "A Heuristic Method for Large-scale Multi-facility Location Problems". *Computers & Operations Research*, Vol. 31, pp. 257-272.
- Liu, T.; Cheng, Y.; Ni, Z. (2012). "Mining Event Logs to Support Workflow Resource Allocation". *Knowledge-Based Systems*, Vol. 35, pp. 320-331.
- Meng, Q.; Huang, Y.; Cheu, R.L. (2009). "Competitive Facility Location on Decentralized Supply Chains". *European Journal of Operational Research*, Vol. 196, pp. 487-499.
- Owen, S.H., Daskin, M.S. (1998). «Strategic Facility Location: a Review». *Journal of Operational Research*, Vol. 111, No. 3, pp. 423-447.
- Pelegrin, B.; Fernández, P.; García, M.; Cano, S. (2012). "On the Location of New Facilities for Chain Expansion under Delivered Pricing". *Omega*, Vol. 40, pp. 149-158.
- Prodhon, C.; Prins, C. (2014). "A Survey of Recent Research on Location-Routing Problems". *European Journal of Operational Research*. Vol. 238, No 1, pp. 1-17.
- Roig-Tierno, N.; Baviera, A.; Buitrago, J.; Mas, F. (2013). "The Retail Site Location Decision Process using GIS and the Analytical Hierarchy Process". *Applied Geography*, Vol. 40, pp. 191-198.
- Sáiz, M.; Hendrix, E.; Pelegrin, B. (2011). "On Nash Equilibria of a Competitive Location-design Problem". *European Journal of Operational Research*, Vol. 210, pp. 588-593.

- Sarkar, B.; Majumder, A. (2013). "A Study on Three Different Dimensional Facility Location Problems". *Economic Modelling*. Vol. 30, pp. 879-887.
- Soto-Acosta, P.; Cegarra, J.G. (2016). "New ICTs for Knowledge Management in Organizations". *Journal of Knowledge Management*, Vol. 20, No 3.
- Stewart, T.A. (1997). *Intellectual Capital: The new Wealth of Organizations*. Bantam Doubleday Dell Publishing Group Inc, New York, 1997.
- Suárez, R.; Santos, D., Dorta, P. (2012). "Location Models and GIS Tools for Retail Site Location". *Applied Geography*, Vol. 35, pp. 12-22.
- Wandosell, G.; Baños, R.; Parra, M. (2015). "Intellectual Capital Acquisition Through ICTs and Geomarketing". In *proceedings of 7th European Conference on Intellectual Capital*. Cartagena, Spain, pp. 359-366.