Geomarketing and Multi-Criteria Analysis for Prioritizing Areas of Commercial Potential in the Telecommunications Sector

Gabriela Aguirre[1]; Henry Osorto[1]
[1]Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Honduras, *gabriela_aguirre@unitec.edu, henry.osorto@unitec.edu.hn*

Abstract– ***This study develops a reproducible geomarketing and multi-criteria analysis procedure to prioritize areas with territorial commercial potential for physical telecommunications stores when financial data are unavailable. Using a quantitative, cross-sectional, exploratory, and descriptive design, neighborhoods in six Honduran cities were analyzed through urban and road cartography, population estimates, and publicly available store locations. Of the 1,400 available polygons, 1,339 met the eligibility criteria. The index combined residential demand, the relative coverage gap of Company 1, and morphological accessibility approximated by road density. Its components were normalized within each city, and ranking stability was evaluated under four weighting scenarios. San Pedro Sula exhibited the largest territorial gap: 48.0% of its eligible population was located within 3 km of a store and 63.8% within 5 km. The rankings showed high overall stability, although the leading candidates were more sensitive in some cities. The procedure identifies relative priorities for subsequent evaluation but does not predict sales, profitability, or investment decisions.***

Keywords-- ***Geomarketing; spatial multi-criteria analysis; retail location; territorial coverage; telecommunications.***

Geomarketing y análisis multicriterio para priorizar áreas de potencial comercial en el sector de telecomunicaciones

Gabriela Aguirre[1]; Henry Osorto[1]
[1]Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Honduras, *gabriela_aguirre@unitec.edu, henry.osorto@unitec.edu.hn*

Resumen– ***Este estudio desarrolla un procedimiento reproducible de geomarketing y análisis multicriterio para priorizar áreas de potencial comercial territorial de tiendas físicas de telecomunicaciones cuando no se dispone de información financiera. Mediante un diseño cuantitativo, transversal y exploratorio-descriptivo, se analizaron barrios y colonias de seis ciudades hondureñas utilizando cartografía urbana y vial, estimaciones poblacionales y ubicaciones públicas de establecimientos. De 1,400 polígonos disponibles, 1,339 cumplieron los criterios de elegibilidad. El índice combinó demanda residencial, brecha relativa de cobertura de la Empresa 1 y accesibilidad morfológica aproximada mediante densidad vial. Los componentes se normalizaron dentro de cada ciudad y la estabilidad del ranking se evaluó bajo cuatro escenarios de ponderación. San Pedro Sula presentó la mayor brecha territorial: el 48.0 % de su población elegible se localizó dentro de 3 km de una tienda y el 63.8 % dentro de 5 km. Los rankings mostraron una estabilidad general elevada, aunque los primeros candidatos fueron más sensibles en algunas ciudades. El procedimiento identifica prioridades relativas para evaluaciones posteriores, pero no predice ventas, rentabilidad ni decisiones de inversión.***

Palabras clave-- ***Geomarketing; análisis geoespacial multicriterio; localización comercial; cobertura territorial; telecomunicaciones.***

I. Introducción

La expansión de los canales digitales ha modificado la relación entre las empresas de telecomunicaciones y sus usuarios, pero no ha eliminado la función de los establecimientos físicos. Las tiendas continúan operando como puntos de adquisición y activación de servicios, renovación de equipos, pagos, asistencia y resolución de incidencias. Por ello, la configuración territorial de una red comercial sigue condicionando la cercanía con la demanda, la cobertura urbana y la posibilidad de atender segmentos que no utilizan exclusivamente canales digitales. Esta dimensión adquiere especial importancia en ciudades de mercados emergentes, donde la distribución de la población, la infraestructura vial y la actividad comercial suele ser heterogénea y donde la disponibilidad de información empresarial detallada es limitada.

La localización de una tienda no es un atributo aislado ni se reduce a una dirección. Cada establecimiento se inserta en un sistema de relaciones espaciales formado por la población circundante, la conectividad vial, la proximidad de otros puntos de atención, la presencia competitiva y la estructura urbana. Los sistemas de información geográfica (SIG) permiten representar estas relaciones mediante capas, distancias, áreas de influencia y unidades territoriales comparables. En estudios de localización comercial, la combinación de macrolocalización y microlocalización facilita pasar de la identificación de áreas generales de oportunidad a la evaluación de sitios concretos [1]. Asimismo, la integración de cartografía, bases de datos, zonificación y matrices de distancia ofrece una base sistemática para comparar alternativas, en lugar de depender únicamente del juicio intuitivo [2].

El geomarketing extiende esta lógica hacia la gestión del mercado. Su valor no reside solamente en visualizar puntos de venta, sino en convertir proximidad, concentración, accesibilidad y cobertura en información útil para decisiones de expansión, reubicación o consolidación. La georreferenciación de establecimientos y servicios relacionados permite reconocer áreas de influencia, concentración de oferta y vacíos territoriales que pueden pasar inadvertidos en una base tabular [3]. La ubicación también forma parte de la estrategia de marketing porque incide en la visibilidad del negocio, la cercanía al mercado y la comodidad de acceso; sin embargo, su efecto depende de la interacción con otras condiciones comerciales y operativas [4].

Una parte importante de la literatura de analítica empresarial evalúa ventas, inventarios o rentabilidad mediante registros transaccionales. La integración de datos de distintas tiendas puede mejorar la disponibilidad de indicadores y apoyar decisiones sobre demanda, costos e inventario [5]. De manera similar, se han aplicado herramientas de visualización, series temporales y aprendizaje automático a la estimación de ventas en empresas específicas [6], [7], [8]. Estos antecedentes demuestran la utilidad de la analítica cuando existe una variable de resultado histórica. No obstante, no proporcionan por sí mismos una solución válida cuando las ventas, los costos y la rentabilidad por establecimiento son confidenciales o no están disponibles.

Esta restricción define el alcance del presente estudio. La investigación no pretende predecir ventas, estimar rentabilidad ni reproducir el desempeño financiero observado de una empresa. En su lugar, examina el potencial comercial territorial, entendido como una valoración relativa de las condiciones

geoespaciales que pueden favorecer la presencia comercial en un área urbana. El constructo se operacionaliza mediante tres dimensiones observables: demanda residencial aproximada por población y densidad poblacional; brecha relativa de cobertura, medida a partir de la distancia a la red de la Empresa 1; y accesibilidad morfológica, aproximada mediante la densidad vial. El resultado es una priorización exploratoria de barrios y colonias, no una recomendación automática de apertura ni una medida de retorno financiero.

El problema empírico se analiza en seis ciudades hondureñas: Tegucigalpa-Comayagüela, San Pedro Sula, Choluteca, Danlí, El Progreso y Juticalpa. La unidad de análisis es el barrio o colonia. La investigación integra cartografía urbana y vial, estimaciones poblacionales y ubicaciones públicas de establecimientos de dos operadores de telecomunicaciones. Para proteger la neutralidad de la comunicación científica, la organización que autorizó el desarrollo académico del estudio se identifica como Empresa 1, mientras que el operador utilizado como referencia competitiva se denomina Empresa 2. La autorización no implicó acceso a información financiera, transaccional ni individual de clientes; las ubicaciones comerciales se recuperaron de los localizadores públicos de ambas empresas.

La evidencia existente presenta una fragmentación relevante. Los estudios de SIG y geomarketing explican cómo evaluar la localización de franquicias, restaurantes o establecimientos de servicios [1], [3], mientras que la literatura de analítica de retail se concentra en resultados comerciales históricos [5], [6], [7], [8]. En telecomunicaciones, los modelos analíticos se han dirigido principalmente a la planificación de redes, la asignación de recursos y el retorno de la infraestructura tecnológica [9], [10], no a la configuración territorial de la red física de atención. En el corpus revisado no se identificó una aplicación equivalente que integre estas perspectivas para priorizar barrios y colonias en varias ciudades hondureñas bajo restricciones de datos empresariales. Esta afirmación se limita a la literatura examinada y no supone la inexistencia absoluta de estudios no indexados o no accesibles.

En consecuencia, el estudio se orienta por tres preguntas de investigación:

1. ¿Cómo varía la cobertura poblacional aproximada de la red de la Empresa 1 entre las seis ciudades estudiadas?
2. ¿Qué barrios o colonias combinan mayor demanda residencial, mayor brecha relativa de cobertura y mejor accesibilidad vial para constituirse en áreas territoriales prioritarias?
3. ¿Qué tan estable es la priorización cuando se modifican las ponderaciones asignadas a las dimensiones del índice?

El objetivo general es desarrollar y aplicar una metodología geoespacial multicriterio, reproducible y sensible a la incertidumbre de sus ponderaciones, para identificar áreas de potencial comercial territorial en ciudades hondureñas con información financiera restringida. De este objetivo se desprenden tres propósitos específicos: caracterizar la cobertura espacial de la red comercial; construir indicadores comparables dentro de cada ciudad; y evaluar la robustez del ordenamiento mediante escenarios alternativos.

La contribución es metodológica, empírica y aplicada. En el plano metodológico, se propone una secuencia auditable que integra control de calidad, normalización intraurbana, agregación multicriterio y análisis de sensibilidad, con una delimitación explícita entre priorización territorial y predicción. En el plano empírico, se aporta una base geoespacial multiciudad en un contexto centroamericano poco representado en la literatura revisada. En el plano aplicado, el estudio ofrece un instrumento de cribado para identificar áreas que requieren verificación posterior mediante trabajo de campo, tiempos de viaje, población flotante, actividad económica y criterios inmobiliarios. Su utilidad radica en reducir el universo de análisis y hacer transparentes los supuestos de la priorización, no en sustituir la decisión empresarial.

II. Revisión de Literatura

A. Geomarketing e inteligencia geoespacial para la toma de decisiones comerciales

El geomarketing integra información de mercado con su dimensión espacial para apoyar decisiones cuya conveniencia depende de la distribución territorial de la demanda, la oferta y la infraestructura. Su alcance trasciende la representación cartográfica de establecimientos, pues comprende la delimitación de unidades de análisis, la construcción de medidas de proximidad y cobertura, la combinación de criterios heterogéneos y la interpretación de las relaciones entre los puntos comerciales y el territorio atendido. La evolución de las teorías de localización comercial desde la gravitación minorista y la teoría de lugares centrales hasta los modelos de Huff, interacción competitiva y localización-asignación demuestra que la conveniencia de una instalación no puede evaluarse de forma aislada de la estructura territorial y de la red comercial a la que pertenece [11].

Los sistemas de información geográfica se han incorporado progresivamente en la selección de sitios, la segmentación espacial y el análisis de mercados. No obstante, la integración entre estas herramientas y los enfoques convencionales de investigación de marketing sigue siendo parcial, especialmente cuando las aplicaciones se concentran en la producción de mapas sin una articulación explícita entre los indicadores territoriales y el problema de decisión [12]. En consecuencia, el valor analítico del geomarketing no reside únicamente en visualizar establecimientos, sino en construir medidas espaciales coherentes con los mecanismos de demanda, cobertura, competencia y accesibilidad que se pretende examinar.

Esta perspectiva resulta pertinente para las redes físicas de atención porque la localización determina qué población puede aproximarse a un punto de servicio, qué áreas permanecen relativamente desatendidas y cómo interactúan los establecimientos existentes. Los estudios sobre redes de oficinas bancarias han propuesto procedimientos orientados a

estimar su capacidad y cobertura, destacando que la conveniencia de una ubicación depende tanto de las características del mercado local como de la especialización del servicio ofrecido [13]. En el ámbito minorista, las aplicaciones basadas en WebGIS han combinado geovisualización, agrupamiento, diagramas de Voronoi, puntos medios ponderados y estimación de densidades para apoyar la configuración de redes de establecimientos [14]. Estos antecedentes respaldan el uso de información georreferenciada como soporte para la toma de decisiones, aunque también indican que un mapa de prioridades no constituye, por sí mismo, una estimación de desempeño comercial.

Uno de los antecedentes metodológicos más cercanos propone un flujo geoespacial abierto y reproducible para identificar áreas de idoneidad comercial mediante una cuadrícula censal, puntos de interés y una superficie multicriterio. El procedimiento complementa la evaluación de idoneidad con autocorrelación espacial, indicadores locales de asociación, regresión geográficamente ponderada y análisis de brechas. Las áreas de oportunidad se definen como unidades con condiciones territoriales favorables y ausencia o presencia limitada de infraestructura comercial. Los resultados muestran que la influencia de la densidad poblacional y de los puntos de interés varía según el tamaño y la estructura de los sistemas urbanos [15]. Este antecedente confirma que la combinación de demanda, oferta y características territoriales posee precedentes claros. Por tanto, la contribución del presente estudio debe sustentarse en su adaptación sectorial, multiciudad e intraurbana, y no en la supuesta invención de la arquitectura general de idoneidad espacial.

B. Localización de establecimientos y planificación de redes comerciales

La literatura distingue entre la selección de un sitio individual y la planificación de una red completa. Los modelos de localización-asignación, p-mediana y maximización de la cobertura o de la competencia espacial permiten evaluar simultáneamente la distribución de la demanda, los desplazamientos y la configuración de los establecimientos. La aplicación de estos modelos a desplazamientos observados de compradores ha demostrado que la mejor decisión para cada establecimiento considerado de manera aislada no necesariamente genera la mejor cobertura para la red y que una configuración coordinada puede reducir los desplazamientos de los consumidores [15]. Esta distinción es fundamental para interpretar un ejercicio de priorización territorial: identificar un barrio con condiciones relativamente favorables no demuestra que la incorporación de una nueva tienda mejore el desempeño agregado de la red.

La localización también puede abordarse mediante la combinación de sistemas de información geográfica y métodos multicriterio. Los procedimientos que integran geometría espacial, restricciones regulatorias y proceso analítico jerárquico permiten identificar espacios aptos y asignarles puntuaciones de acuerdo con criterios previamente definidos [16]. Otras aplicaciones combinan densidad poblacional, presencia de competidores y centros de afluencia para priorizar zonas destinadas a nuevos establecimientos o franquicias [17]. Estos estudios respaldan el uso del análisis multicriterio como herramienta de selección preliminar, pero también muestran que la procedencia de los pesos, la calibración de los parámetros y la calidad de los datos condicionan la estabilidad y validez del ordenamiento resultante.

La segmentación espacial representa una línea metodológica relacionada, aunque responde a un problema diferente. Los algoritmos de agrupamiento permiten dividir el territorio en conglomerados procurando cobertura urbana, separación entre establecimientos y proximidad a concentraciones de demanda. La sustitución de medidas geodésicas por información de rutas puede modificar los límites de esos conglomerados al incorporar condiciones más próximas a la movilidad real [18]. De manera complementaria, las soluciones de geomarketing en dos etapas pueden combinar datos de clientes potenciales con técnicas de agrupamiento y análisis espacial para proponer configuraciones de sucursales [14].

Por consiguiente, el agrupamiento, la localización-asignación y los índices multicriterio no deben utilizarse como conceptos intercambiables. El agrupamiento segmenta observaciones o unidades territoriales según su similitud; la localización-asignación optimiza una función de cobertura, distancia o costo; y un índice multicriterio ordena alternativas de acuerdo con reglas, transformaciones y ponderaciones previamente definidas. El presente estudio pertenece a esta última categoría y, por tanto, debe describirse como un procedimiento exploratorio de priorización territorial, no como un modelo de optimización de la red.

C. Demanda territorial y potencial de mercado bajo restricciones de datos

La población constituye uno de los insumos más frecuentes del geomarketing, pero no equivale directamente a demanda monetaria, comportamiento de compra o desempeño comercial. La estimación del tamaño de los mercados locales puede fortalecerse mediante información sobre gasto de consumo procedente de fuentes públicas, pues esta variable representa de forma más cercana la capacidad de compra que el simple conteo de habitantes [19]. De manera similar, las aplicaciones que combinan geomarketing y aprendizaje automático para identificar oportunidades regionales utilizan patrones de gasto, características territoriales y presencia de competidores, además de una variable que permite calibrar o evaluar el resultado [20].

Estas aproximaciones cuentan con señales de consumo y variables de resultado que no se encuentran disponibles en el presente estudio. En ausencia de ventas, gasto, transacciones o afluencia, la población residencial puede emplearse como un indicador de demanda demográfica relativa, siempre que su interpretación se limite explícitamente. Los censos y las proyecciones demográficas registran principalmente el lugar de

residencia habitual, mientras que numerosos establecimientos atienden poblaciones diurnas, móviles o temporalmente presentes. La incorporación de distribuciones espaciotemporales y técnicas de cartografía dasimétrica puede modificar de manera significativa las soluciones de localización y cobertura al representar los desplazamientos de la población durante el ciclo diario [21].

En consecuencia, la población por barrios y colonias permite aproximar el volumen residencial del mercado, pero no captura trabajadores, estudiantes, visitantes, usuarios del transporte, capacidad adquisitiva o intención de contratar servicios de telecomunicaciones. Esta limitación adquiere mayor relevancia en los mercados emergentes, donde la menor granularidad y disponibilidad de datos socioeconómicos restringe el desarrollo de aplicaciones convencionales de geomarketing [22].

La escasez de información comercial no invalida necesariamente una evaluación exploratoria, pero exige procedimientos transparentes, controles explícitos de calidad y una separación rigurosa entre las variables observadas y las aproximaciones territoriales. Bajo estas condiciones, un índice construido con población, cobertura e infraestructura vial debe interpretarse como una medida relativa de condiciones territoriales favorables. No debe presentarse como una medición de demanda efectiva, potencial financiero, ventas esperadas o probabilidad de éxito comercial.

C. Análisis multicriterio, ponderaciones y sensibilidad

El análisis multicriterio permite sintetizar dimensiones expresadas en escalas diferentes, pero su aplicación exige documentar al menos cuatro decisiones: la orientación de cada indicador, su transformación, el procedimiento de normalización y la asignación de ponderaciones. Los métodos basados en el proceso analítico jerárquico formalizan las preferencias entre criterios mediante comparaciones estructuradas [16], [17]. Las superficies multicriterio también pueden someterse a especificaciones alternativas para determinar si los patrones espaciales y las unidades prioritarias persisten cuando se modifican los pesos [15].

Estos antecedentes no convierten el proceso analítico jerárquico en un requisito universal. No obstante, sí establecen la necesidad de justificar las ponderaciones y examinar si las prioridades dependen de una combinación particular de criterios. Cuando los pesos no han sido estimados mediante variables de desempeño ni obtenidos a partir de consultas formales a expertos, deben presentarse como supuestos normativos o escenarios analíticos.

En los estudios multiciudad, la normalización separada dentro de cada sistema urbano facilita la comparación de posiciones relativas entre unidades que pertenecen a una misma ciudad y poseen distribuciones diferentes. La contrapartida es que los valores absolutos resultantes no pueden compararse directamente entre ciudades. Un puntaje elevado representa una posición favorable respecto de las demás unidades de la misma ciudad, pero no necesariamente una mayor oportunidad que un puntaje inferior obtenido en otro territorio.

Asimismo, una correlación global elevada entre escenarios puede coexistir con modificaciones importantes en los primeros lugares del ranking. La sensibilidad debe evaluarse mediante correlaciones de rango, coincidencia del top (k), distribución de posiciones y permanencia de los candidatos bajo múltiples combinaciones de pesos. Esta evaluación resulta particularmente importante cuando el resultado se utiliza para reducir un conjunto amplio de unidades territoriales a una lista corta destinada a análisis posteriores.

III. Materiales y Métodos

A. Diseño de la Investigación

La investigación adoptó un diseño cuantitativo, no experimental y transversal, con alcance exploratorio-descriptivo. Su propósito fue desarrollar un procedimiento reproducible para priorizar áreas urbanas según su potencial comercial territorial para establecimientos minoristas de telecomunicaciones. Este concepto se operacionalizó mediante la combinación de demanda residencial, brecha relativa de cobertura y accesibilidad aproximada por la configuración vial. El enfoque se inscribe en la literatura de geomarketing y localización comercial, que propone integrar información demográfica, cartográfica y competitiva para evaluar alternativas territoriales.

La ausencia de ventas, ingresos, costos, rentabilidad o afluencia por establecimiento impidió estimar un modelo supervisado de desempeño. Por consiguiente, el procedimiento no se formuló como predicción financiera ni como inferencia causal, sino como una evaluación geoespacial multicriterio. El resultado es una clasificación relativa de barrios y colonias destinada a reducir el universo de alternativas que posteriormente deberían someterse a verificación de campo, análisis de microlocalización y evaluación económica.

B. Área de estudio y unidad de análisis

El estudio comprendió seis ciudades hondureñas: Tegucigalpa-Comayagüela, San Pedro Sula, Choluteca, Danlí, El Progreso y Juticalpa. La selección fue intencional y estuvo determinada por la disponibilidad simultánea de cartografía de barrios o colonias, estimaciones de población, red vial y coordenadas de establecimientos de telecomunicaciones. Tegucigalpa y Comayagüela se trataron como una sola aglomeración urbana por su continuidad territorial y funcional.

La unidad de análisis fue el polígono correspondiente a cada barrio o colonia. La base integrada incluyó 1,400 polígonos, de los cuales 1,339 cumplieron los criterios de elegibilidad. La distribución de la muestra se presenta en la Tabla 1.

TABLA I
UNIDADES TERRITORIALES POR CIUDAD

Ciudad	Polígonos disponibles	Polígonos elegibles
Tegucigalpa-Comayagüela	591	557
San Pedro Sula	499	490
Choluteca	78	78
Danlí	36	32
El Progreso	129	116
Juticalpa	67	66
Total	**1,400**	**1,339**

C. *Fuentes de información*

La información cartográfica se obtuvo del Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT). Las capas utilizadas comprendieron los polígonos de barrios y colonias y la red vial nacional. Los datos poblacionales procedieron del Instituto Nacional de Estadística (INE) y corresponden a estimaciones construidas a partir del Censo de Población y Vivienda 2013 y de las proyecciones poblacionales. Las ubicaciones de los establecimientos se recuperaron electrónicamente de los localizadores o páginas oficiales de dos empresas de telecomunicaciones.

La operadora cuya red constituyó el objeto de evaluación se identifica como Empresa 1, mientras que el operador utilizado como referencia competitiva se denomina Empresa 2. La investigación se desarrolló con permiso de la Empresa 1 para fines académicos. Aunque las ubicaciones comerciales empleadas son de acceso público, su identidad se mantiene reservada para preservar la neutralidad del manuscrito y reducir riesgos de conflicto de interés. La autorización no implicó acceso a ventas, costos, información transaccional ni datos individualizados de clientes.

El GeoPackage preparado contiene 30 capas: seis de barrios o colonias, seis de puntos representativos de demanda, seis de red vial, seis de establecimientos de la Empresa 1 y seis de la Empresa 2. Se registraron 15 establecimientos de la Empresa 1 y 28 registros de la Empresa 2. Después de consolidar coordenadas repetidas, estos últimos representaron 23 sitios distintos, de los cuales únicamente 10 fueron clasificados con precisión alta. Por esta heterogeneidad, la presencia de la Empresa 2 se utilizó de manera descriptiva y no intervino en el índice.

D. *Preparación e integración geoespacial*

Las capas se transformaron al sistema WGS 84 / UTM zona 16N (EPSG:32616), lo que permitió calcular áreas, longitudes y distancias en unidades métricas consistentes. Las coordenadas comerciales, originalmente expresadas en longitud y latitud bajo WGS 84 (EPSG:4326), se reproyectaron al mismo sistema. La auditoría del GeoPackage confirmó que las geometrías eran válidas y que no existían elementos vacíos.

En Juticalpa, los fragmentos geométricos que compartían un mismo nombre de ubicación se disolvieron antes de incorporar la población. La red vial se recortó para cada ciudad mediante la envolvente espacial de sus barrios y colonias, ampliada con un búfer de 1,500 m. Este margen conservó segmentos cercanos al borde urbano que podían resultar relevantes para la interpretación y para operaciones de red posteriores. Las capas recortadas comprendieron 14,268 segmentos, con una longitud aproximada conjunta de 3,519.6 km antes de su intersección con los polígonos.

La vinculación entre población y cartografía se realizó mediante las llaves disponibles en cada ciudad, como código censal, nombre del barrio, sector o combinaciones de estos campos. Cuando una llave aparecía más de una vez, se generó un índice de ocurrencia tanto en la tabla espacial como en la poblacional y se efectuó una unión uno a uno entre la llave y dicho índice. Se verificó que la operación no alterara el número original de geometrías.

Para el polígono i de la ciudad c, la densidad poblacional se definió como:

$$D_{ic} = \frac{P_{ic}}{A_{ic}}, \tag{1}$$

donde P_{ic} es la población estimada y A_{ic} el área en km².

E. *Control de calidad y elegibilidad*

Se construyeron tres indicadores de calidad: población faltante, microárea inferior a 0.001 km² y llave censal repetida. Una unidad se consideró elegible cuando cumplía simultáneamente las tres condiciones siguientes:

$$E_{ic} = 1 \; P_{ic} \neq \mathrm{NA} \; \wedge \; A_{ic} \geq 0.001 \; \wedge \; G_{ic} = 0 \; , \tag{2}$$

donde E_{ic} es el indicador de elegibilidad y G_{ic} toma el valor de uno si la llave empleada para la vinculación se repite en más de un polígono. Las unidades excluidas se conservaron en los productos cartográficos para auditoría, pero no recibieron puntaje ni rango.

Para representar espacialmente la demanda se calculó un punto sobre superficie para cada polígono. A diferencia del centroide geométrico, este procedimiento garantiza que el punto permanezca dentro de la unidad territorial, incluso cuando su forma sea irregular. Las distancias obtenidas representan, por tanto, la separación desde una localización representativa del barrio o colonia, no el desplazamiento individual de cada residente.

F. *Construcción de indicadores espaciales*

1) Densidad vial

La red vial se intersectó con cada polígono. Si v_k representa el segmento vial k, g_{ic} la geometría del polígono y $\mathcal{V}_c$ el conjunto de vías de la ciudad, la longitud vial contenida en la unidad territorial fue:

$$L_{ic} = \sum_{k \in \mathcal{V}_c} \mathrm{longitud} \; \; v_k \cap g_{ic} \; . \tag{3}$$

La densidad vial se calculó como:

$$RV_{ic} = \frac{L_{ic}}{A_{ic}}, \quad (4)$$

y se expresó en kilómetros de vía por kilómetro cuadrado. Esta variable aproxima la intensidad morfológica de la infraestructura vial, pero no equivale a conectividad efectiva ni a tiempo de viaje, pues no incorpora jerarquía, velocidad, sentido de circulación, estado de las vías o barreras físicas.

2) Distancias a establecimientos

Sea z_{ic} el punto representativo de la unidad i y s_{jc} la localización del establecimiento j de la Empresa 1 en la ciudad c. La distancia euclidiana al establecimiento más cercano se definió como:

$$d_{ic}^{\,1} = \min_{j \in \mathcal{T}_c} \| z_{ic} - s_{jc} \|_2. \quad (5)$$

De forma complementaria se calcularon distancias a establecimientos de formato más completo de la Empresa 1 y a sitios de la Empresa 2. Estas medidas se reservaron para diagnóstico. En cuatro ciudades no existían ubicaciones de la Empresa 2 con precisión alta y se identificaron varios casos de coordenadas coincidentes entre operadores, atribuibles a posible colocalización o geocodificación aproximada. Incorporar esa variable al puntaje habría introducido una medición competitiva desigual entre ciudades.

3) Normalización por ciudad

Las variables se normalizaron por separado dentro de cada ciudad para controlar diferencias de escala urbana. Para una variable x_{ic}, el rango percentil se calculó como:

$$PR_c\ x_{ic} = \frac{r_{ic}^{\min} - 1}{n_c - 1}, \quad (6)$$

donde $r_{ic}^{\min}$ es el rango mínimo de x_{ic} y n_c el número de observaciones válidas en la ciudad. El resultado se encuentra entre cero y uno; si todos los valores eran iguales, se asignó 0.5 a las observaciones válidas.

La población, la densidad poblacional y la densidad vial se transformaron mediante $\log 1 + x$ antes de calcular los percentiles. Adicionalmente, la densidad poblacional se truncó en el percentil 99 de cada ciudad:

$$\widetilde{D}_{ic} = \min\left(D_{ic}, Q_{0.99,c}\ D\ \right). \quad (7)$$

Este tratamiento redujo la influencia de densidades extremas asociadas con polígonos muy pequeños sin eliminar observaciones elegibles.

G. *Índice de potencial comercial*

El componente de demanda combinó población absoluta y densidad poblacional:

$$S_{ic}^{P} = PR_c[\log\ 1 + P_{ic}\ ], \quad (8)$$

$$S_{ic}^{D} = PR_c\left[\log\left(1 + \widetilde{D}_{ic}\right)\right], \quad (9)$$

$$S_{ic}^{DEM} = 0.60 S_{ic}^{P} + 0.40 S_{ic}^{D}. \quad (10)$$

La brecha relativa de cobertura se definió mediante el percentil de la distancia a la Empresa 1 y la accesibilidad vial mediante el percentil de la densidad vial transformada:

$$S_{ic}^{BRECHA} = PR_c\left(d_{ic}^{\,1}\right), \quad S_{ic}^{VIAL} = PR_c[\log\ 1 + RV_{ic}\ ]. \quad (11)$$

El índice base de potencial comercial fue:

$$IPC_{ic} = 100(0.45 S_{ic}^{DEM} + 0.35 S_{ic}^{BRECHA} + 0.20 S_{ic}^{VIAL}). \quad (12)$$

La escala de 0 a 100 facilita la lectura del puntaje. Los pesos son normativos y no fueron estimados mediante una variable financiera. El índice ordena unidades dentro de cada ciudad y no admite una comparación directa de puntajes absolutos entre ciudades.

La aplicación del análisis multicriterio siguió cinco etapas: selección y orientación de los criterios; transformación y normalización intraurbana; construcción de los tres componentes; agregación lineal ponderada para obtener el IPC; y ordenamiento descendente de las unidades elegibles dentro de cada ciudad. En esta secuencia, valores altos de demanda, distancia relativa a la Empresa 1 y densidad vial incrementaron el puntaje. Los barrios o colonias con mayor IPC se interpretaron como candidatos prioritarios para evaluación posterior, no como recomendaciones automáticas de apertura. El análisis de sensibilidad posterior permitió verificar cuánto dependía esa priorización de la ponderación elegida.

H. *Cobertura poblacional y sensibilidad*

La cobertura de la red existente se estimó para radios de 1, 2, 3 y 5 km. Para el radio r, la proporción de población elegible cubierta en la ciudad c se definió como:

$$C_c\ r\ = \frac{\sum_i P_{ic}\, E_{ic} 1\left(d_{ic}^{\,1} \le r\right)}{\sum_i P_{ic}\, E_{ic}}. \quad (13)$$

La medida pondera por población, no por número de polígonos. Debido a que emplea distancias euclidianas desde puntos representativos, constituye una aproximación preliminar a un área de servicio. La sensibilidad del ranking se examinó mediante cuatro escenarios de ponderación.

TABLA II
ESCENARIOS DE PONDERACIÓN DEL ÍNDICE DE POTENCIAL COMERCIAL

Escenario	Demanda	Brecha de cobertura	Accesibilidad vial
Base	0.45	0.35	0.2
Pesos iguales	0.333	0.333	0.333
Demanda alta	0.6	0.25	0.15
Accesibilidad alta	0.35	0.3	0.35

Para cada escenario m se recalculó el índice, sujeto a que la suma de los pesos fuera igual a uno. La estabilidad global se evaluó mediante la correlación de Spearman entre el ranking base y cada alternativa:

$$\rho_{c,m} = \mathrm{Cor}\left(\mathrm{rank}\left(\pi_{ic}^{\,0}\right), \mathrm{rank}\left(\pi_{ic}^{\,m}\right)\right). \qquad (14)$$

La estabilidad de las áreas prioritarias se midió mediante la coincidencia del top 10:

$$O_{c,m} = \frac{\left|T_{c,10}^{\,0} \cap T_{c,10}^{\,m}\right|}{10}. \qquad (15)$$

El uso conjunto de $\rho_{c,m}$ y $O_{c,m}$ permitió distinguir la estabilidad general del ordenamiento de la permanencia de candidatos concretos.

I. Software

El procesamiento se implementó en R 4.6.0 [23], principalmente mediante los paquetes sf [24], [25], dplyr [26], tidyr [27], readxl [28], readr [29], ggplot2 [30], scales [31] y svglite [32]. El flujo generó tablas de control, rankings por ciudad, resultados consolidados, indicadores de cobertura y sensibilidad, mapas en PNG y SVG y un GeoPackage con capas separadas. La conservación de las banderas de calidad y de los polígonos excluidos facilita la auditoría del procedimiento.

El estudio utilizó datos territoriales agregados y registros públicos de establecimientos. No se recopilaron identificadores personales ni datos individuales de clientes. La comunicación de resultados se limita a barrios y colonias. La anonimización empresarial se aplicó de forma consistente en tablas, ecuaciones, figuras e interpretación.

IV. Resultados

La base consolidada contiene 1,400 polígonos y una población observada aproximada de 1,803,839 habitantes. De este conjunto, 1,339 polígonos fueron elegibles, equivalentes al 95.6 % de las unidades y al 96.3 % de la población observada. Las 30 capas del GeoPackage se encuentran en EPSG:32616 y no presentan geometrías inválidas ni vacías.

Las exclusiones se concentraron principalmente en Tegucigalpa-Comayagüela, El Progreso y Danlí y se asociaron con población faltante, microáreas o llaves repetidas. En Juticalpa existe un polígono sin población; por ello, la coincidencia redondeada entre población observada y elegible no implica que la cobertura del atributo sea completa.

La Empresa 2 presentó 28 registros, pero solo 23 coordenadas distintas. Únicamente 10 sitios, localizados en Tegucigalpa-Comayagüela y San Pedro Sula, se clasificaron con precisión alta. Además, se observaron coordenadas coincidentes entre los operadores. Estos hallazgos respaldaron la decisión de excluir la competencia del puntaje y conservarla exclusivamente como contexto descriptivo.

En la Tabla 3 se muestra la cobertura poblacional de la mpresa 1.

TABLA III
PROPORCIÓN DE POBLACIÓN ELEGIBLE SITUADA DENTRO DE RADIOS EUCLIDIANOS DE LA EMPRESA 1

Ciudad	1 km	2 km	3 km	5 km
Tegucigalpa-Comayagüela	15.30%	53.90%	82.00%	99.80%
San Pedro Sula	10.50%	28.90%	48.00%	63.80%
Choluteca	17.70%	45.60%	72.30%	100.00%
Danlí	56.90%	96.70%	100.00%	100.00%
El Progreso	16.50%	59.20%	87.80%	100.00%
Juticalpa	16.80%	92.50%	100.00%	100.00%

San Pedro Sula presentó la brecha territorial más amplia. Menos de la mitad de su población elegible se localizó a 3 km o menos de la Empresa 1 y poco menos de dos tercios se encontró dentro de 5 km. En las otras ciudades, la cobertura a 5 km fue prácticamente total. Tegucigalpa-Comayagüela mostró baja cobertura inmediata, pero la red alcanzó al 99.8 % de la población elegible dentro de 5 km. Danlí y Juticalpa exhibieron configuraciones más compactas: la cobertura fue total a 3 km y superó el 92 % a 2 km.

Estos resultados describen proximidad geométrica, no áreas de captación observadas. Un radio euclidiano no incorpora topografía, barreras, estructura de la red, congestión ni medios de transporte. Por ello, la menor cobertura de San Pedro Sula señala una prioridad de análisis, pero no demuestra por sí sola la necesidad de una apertura.

TABLA IV
PRIMERA PRIORIDAD DEL ESCENARIO BASE EN CADA CIUDAD

Ciudad	Área prioritaria	Puntaje	Población	Densidad (hab./km²)	Distancia a Empresa 1
Tegucigalpa-Comayagüela	Bo. Buenos Aires	86.1	2,923	29,044	2.76 km
San Pedro Sula	Ojo de Agua	92.9	2,297	39,356	16.06 km
Choluteca	Bo. La Libertad	86.2	3,576	16,000	2.64 km
Danlí	Las Acacias	80.3	1,297	35,199	2.19 km
El Progreso	Barrio Buenos Aires Sur	78.7	1,294	9,409	3.55 km
Juticalpa	Barrio La Sabaneta	83.9	1,221	22,925	2.01 km

Los puntajes deben interpretarse dentro de cada ciudad. Un valor de 92.9 en San Pedro Sula no implica mayor potencial absoluto que un puntaje de 86.2 en Choluteca, porque los componentes se expresan como percentiles intraurbanos. En Tegucigalpa-Comayagüela, Bo. Buenos Aires, Bo. Bella Vista y Aldea La Travesía ocuparon las tres primeras posiciones. Seis áreas permanecieron en el top 10 de todos los escenarios: Bo. Buenos Aires, Bo. Bella Vista, Col. Villa Nueva Suyapa, Bo. Perpetuo Socorro, Bo. El Bosque y Bo. Las Crucitas No. 1 y No. 2. Aldea La Travesía descendió al puesto 14 cuando aumentó el peso de la accesibilidad vial, lo que sugiere que su prioridad depende de verificar la conectividad efectiva.

En San Pedro Sula, Ojo de Agua se mantuvo en el primer lugar bajo las cuatro ponderaciones y superó por 7.5 puntos al segundo candidato. Rivera Hernández y Central completaron las tres primeras posiciones. Ojo de Agua representa el resultado más diferenciado del estudio; sin embargo, la distancia de 16.06 km a la Empresa 1 exige revisar el punto representativo, el límite urbano, la continuidad territorial y la conexión por carretera. Una distancia extrema puede revelar una brecha real o una unidad periférica cuya geometría no reproduce adecuadamente la localización de la población.

En Choluteca, Bo. La Libertad, Bo. Sagrado Corazón de Jesús y Bo. El Porvenir encabezaron el ranking. Los siete primeros candidatos permanecieron en el top 10 de los cuatro escenarios. Dado que la cobertura alcanza 100 % a 5 km, una eventual expansión debería justificarse por tiempos de viaje, concentración de demanda o descongestión del servicio, no por la existencia de una zona completamente aislada.

Danlí presentó nueve candidatos que permanecieron en el top 10 de todos los escenarios. Las Acacias y Cofradía mostraron resultados cercanos, seguidos por La Concepción. Esta estabilidad debe leerse junto con el tamaño reducido del universo analizado: solo 32 polígonos resultaron elegibles y 96.7 % de la población se localizó a 2 km o menos del establecimiento existente.

En El Progreso, Barrio Buenos Aires Sur, Col. La Primavera y Col. 3 de Abril ocuparon los tres primeros lugares. La ciudad fue la más sensible a los pesos. Además, la mediana de densidad vial del top 10 fue 14 % inferior a la mediana urbana y Col. San Jorge alcanzó la quinta posición con densidad vial igual a cero. Este caso requiere verificar posibles omisiones cartográficas o incompatibilidades geométricas antes de emplear la accesibilidad como criterio de decisión.

En Juticalpa, Barrio La Sabaneta, Barrio Belén y Colonia El Edén fueron las primeras prioridades, y siete áreas permanecieron en el top 10 de todos los escenarios. La cobertura total a 3 km indica que los puntajes altos representan oportunidades relativas de proximidad y concentración poblacional, no vacíos extensos de cobertura.

Las correlaciones de Spearman indican que la estructura general de los rankings fue estable. Entre todas las comparaciones del escenario base con los escenarios alternativos, las correlaciones se situaron aproximadamente entre 0.886 y 0.974. No obstante, la coincidencia del top 10 mostró que la selección concreta de candidatos es más sensible que el ordenamiento general, especialmente en Tegucigalpa-Comayagüela y El Progreso.

TABLA V
ESTABILIDAD DEL RANKING BAJO ESCENARIOS ALTERNATIVOS

Ciudad	Spearman mínimo	Menor coincidencia top 10	Candidatos siempre en top 10
Tegucigalpa-Comayagüela	0.909	60%	6
San Pedro Sula	0.917	70%	6
Choluteca	0.946	80%	7
Danlí	0.924	90%	9
El Progreso	0.886	70%	6
Juticalpa	0.945	80%	7

El componente de demanda presentó la mayor asociación matemática con el puntaje final, con correlaciones aproximadas entre 0.69 y 0.79. Este patrón es coherente con su ponderación de 45 % y no debe interpretarse como evidencia causal. La accesibilidad exhibió una asociación menor y prácticamente nula en El Progreso, lo cual refuerza la necesidad de auditar esa capa vial.

La Figura 1 evidencia configuraciones urbanas diferenciadas. Tegucigalpa-Comayagüela presenta múltiples núcleos de alta densidad y una red comercial distribuida alrededor del área central. San Pedro Sula combina un núcleo atendido con extensiones periféricas y corredores alejados, patrón consistente con su menor cobertura a 3 y 5 km. Choluteca y El Progreso muestran oportunidades más concentradas en bordes urbanos específicos. Danlí y Juticalpa exhiben estructuras compactas, por lo que las diferencias del índice son principalmente relativas dentro de universos pequeños.

La figura también permite observar polígonos sin densidad representada o con exclusión por calidad. Su presencia confirma la conveniencia de conservar las unidades no elegibles en la cartografía y distinguir visualmente entre ausencia de potencial y ausencia o inconsistencia de información.

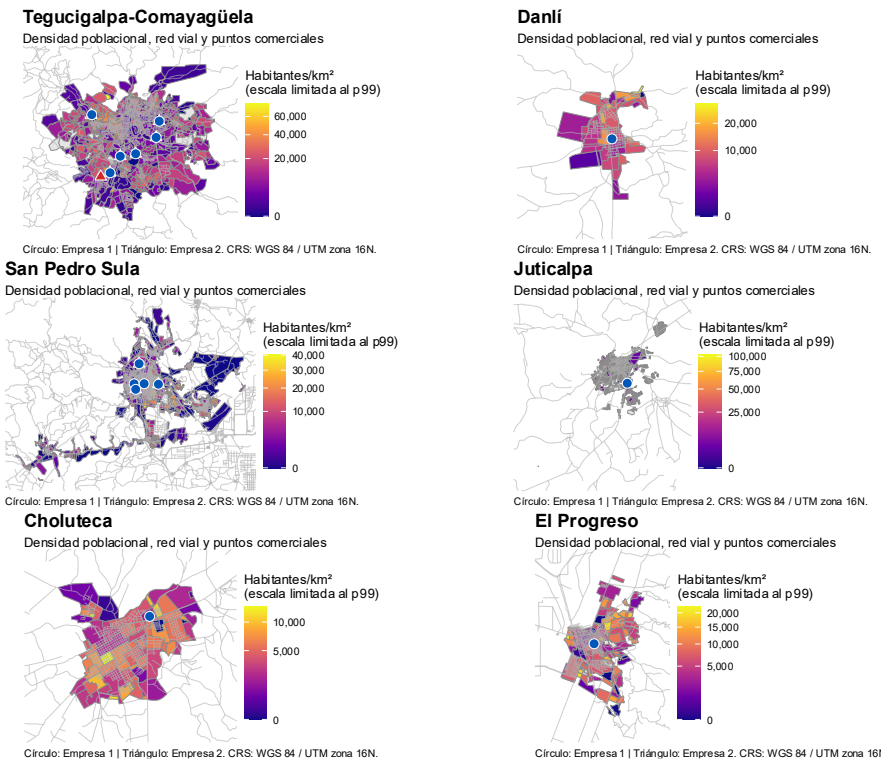


Fig. 1 . Densidad poblacional, red vial y puntos comerciales en las seis ciudades estudiadas. Los círculos representan establecimientos de la Empresa 1 y los triángulos sitios de la Empresa 2. La escala de densidad se limita al percentil 99 de cada ciudad. Fuente: elaboración propia con datos de SINIT, INE y localizadores oficiales.

V. Discusión

El análisis de 1,400 barrios y colonias, de los cuales 1,339 cumplieron los criterios de elegibilidad, revela que la cobertura territorial de la Empresa 1 difiere sustancialmente entre las seis ciudades. San Pedro Sula presenta la brecha más marcada: el 48.0 % de la población elegible se localiza a tres kilómetros o menos de una tienda y el 63.8 % a cinco kilómetros. En Tegucigalpa-Comayagüela, la cobertura asciende al 82.0 % a tres kilómetros y al 99.8 % a cinco kilómetros; las otras cuatro ciudades alcanzan cobertura prácticamente total entre tres y cinco kilómetros. Esta heterogeneidad confirma que el tamaño de la red no puede evaluarse mediante un umbral uniforme ni por el número de establecimientos sin considerar la forma urbana y la distribución residencial.

El patrón es coherente con Tudor [15], quien encuentra que los determinantes de la idoneidad comercial varían entre regiones metropolitanas y ciudades pequeñas. En el estudio hondureño, las diferencias no se interpretan mediante coeficientes locales, pero la comparación multiciudad muestra que un mismo radio tiene implicaciones distintas según la extensión y compactación urbana. También coincide con Rodríguez et al. [33] en que la cobertura debe examinarse a escala de red y no solo desde cada punto de venta. Sin embargo, la investigación hondureña no optimiza una función de desplazamiento ni utiliza viajes observados; únicamente cuantifica la población residencial situada dentro de radios geométricos. Por ello, las cifras describen cobertura aproximada y no demanda efectivamente captada.

La accesibilidad es el componente que requiere mayor cautela conceptual. La cobertura se calcula mediante distancia euclidiana desde puntos representativos y la infraestructura vial se resume por densidad de vías dentro de cada polígono. Ambos indicadores son útiles para un análisis exploratorio, pero ninguno mide tiempo de viaje. Tatit et al. [34] muestran que la distancia lineal puede aproximar consultas sobre red con una precisión razonable en ciertos contextos, aunque esa precisión depende de la densidad y del alcance de la consulta.

Como línea de extensión, futuras aplicaciones podrían incorporar variables de consumo y capacidad de compra, patrones de movilidad y población flotante, factores sociales y criterios financieros. Si se dispone de información empresarial comparable a escala territorial, variables como alquiler, inversión inicial, costos operativos, ventas o margen permitirían complementar la priorización espacial con una evaluación económica y, eventualmente, calibrar las ponderaciones.

Conclusiones

El estudio demuestra que es posible construir una priorización geoespacial transparente de barrios y colonias para una red de tiendas físicas de telecomunicaciones utilizando datos públicos y sin recurrir a ventas, rentabilidad o información personal. El procedimiento integra demanda

demográfica residencial, brecha relativa respecto de la Empresa 1 y estructura vial, aplica controles de elegibilidad y normalización dentro de cada ciudad, y examina la estabilidad del ranking ante ponderaciones alternativas. Su resultado es un sistema de cribado territorial y no una predicción de desempeño.

REFERENCIAS

[1] L. L. Alba Nevárez, "Definición de una metodología basada en sistemas de información geográfica para la ubicación y selección de puntos de venta en franquicias," Tesis de maestría, Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, México, 2020.

[2] L. A. Romero López, "Módulo para la localización de lugares óptimos de tiendas de servicios de la zona urbana del municipio de Toluca, en ArcGIS," Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México, 2015. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/20.500.11799/58130

[3] O. D. Manrique Medina, "Aplicación del geomarketing con SIG para los restaurantes de comida vegetariana y vegana en el eje cafetero," Trabajo de especialización, Universidad de Manizales, 2015. [Online]. Available: https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/2512

[4] M. L. Pérez Solorzano, M. L. Pin Franco, and A. E. Osejos Vásquez, "La localización como estrategia de marketing de los negocios de la Asociación de Comerciantes Bahía Bicentenario de Jipijapa," *Polo del Conocimiento*, vol. 8, no. 2, pp. 1272–1293, 2023. doi: 10.23857/pc.v8i2.5244. [Online]. Available: https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5244

[5] M. E. López Inga and R. M. Guerrero Huaranga, "Modelo de inteligencia de negocios y analítica en la nube para pymes del sector retail en Perú," *ing. Solidar*, vol. 14, no. 24, pp. 1–17, 2018, doi: 10.16925/in.v14i24.2157.

[6] M. B. Yépez Palacios, "Analítica de datos aplicada a la estimación y predicción de ventas para la empresa textil SAGA de la ciudad de Atuntaqui utilizando Qlik Sense," Trabajo de titulación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2020. [Online]. Available: https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/39700

[7] D. A. Martínez Cardozo and G. D. Alarcón García, "Aplicación de modelo predictivo para análisis de ventas aplicado a una cafetería mediante la implementación de técnicas de aprendizaje automático y series temporales," Trabajo de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2025. [Online]. Available: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/78463

[8] A. R. Luguaña Posligua and W. C. Cunuhay Cuchipe, "Optimización de la toma de decisiones en la Empresa Insuban a través de una aplicación de análisis de ventas," *RCK*, vol. 4, no. 1, pp. 110–125, 2025, doi: 10.62943/rck.v4n1.2025.155.

[9] T. Neubauer and M. Toeltsch, "UMTS radio network planning — maximizing return on investment," *Elektrotech. Inftech.*, vol. 122, no. 3, pp. 108–113, 2005, doi: 10.1007/BF03054045.

[10] P. Trakas, F. Adelantado, and C. Verikoukis, "QoE-Aware Resource Allocation for Profit Maximization Under User Satisfaction Guarantees in HetNets With Differentiated Services," *IEEE Systems Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 2664–2675, 2019, doi: 10.1109/JSYST.2018.2876894.

[11] G. Cliquet, "Retail location theories and models," in *Elgar Encyclopedia of Retailing*, C. Gallouj and F. Gallouj, Eds., Edward Elgar Publishing, 2025, pp. 765–769.

[12] C. Tudor, A. Girlovan, and C.-A. Botoroga, "Where Business Meets Location Intelligence: A Bibliometric Analysis of Geomarketing Research in Retail," *IJGI*, vol. 14, no. 8, p. 282, 2025, doi: 10.3390/ijgi14080282.

[13] R. Dolzhenko, "Подходы к геомаркетингу расположения офисов обслуживания физических и юридических лиц коммерческого банка," *JBI*, vol. 11, no. 3, pp. 41–55, 2017, doi: 10.17323/1998-0663.2017.3.41.55.

[14] R. R. Salgado, M. P. Libório, C. A. P. S. Da Martin, and P. Bernardes, "GEOMARKETING NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES DE MERCADO," *Revista Ra'e Ga*, vol. 46, no. 1, p. 90, 2019, doi: 10.5380/raega.v46i1.56067.

[15] C. Tudor, "A Geospatial Framework for Retail Suitability Modelling and Opportunity Identification in Germany," *IJGI*, vol. 14, no. 9, p. 342, 2025, doi: 10.3390/ijgi14090342.

[16] J. Chacón-García, "Geomarketing Techniques to Locate Retail Companies in Regulated Markets," *Australasian Marketing Journal*, vol. 25, no. 3, pp. 185–193, 2017, doi: 10.1016/j.ausmj.2017.06.001.

[17] Ramananda, I. P. D. P., M. B. Gozal, A. Damarjati, Meiliana, and S. Achmad, "Strategic Franchise Location Predictor Based on Competitor, Crowd Center, and Population Density," *ICIC Express Letters*, vol. 18, no. 7, 2024, doi: 10.24507/icicel.18.07.759.

[18] K. Kononova and D. Kostrinchuk, "A geomarketing approach in the placement problem: a comparative analysis of three clusterization," *NFMTE*, no. 8, pp. 30–47, 2019, doi: 10.33111/nfmte.2019.030.

[19] R. Dušek, V. Vojtko, and J. Šalamoun, "Estimating Local Consumer Market Size for Marketing Decision-Making," *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, vol. 66, no. 6, pp. 1441–1449, 2018, doi: 10.11118/actaun201866061441.

[20] M. F. F. de Oliveira, P. H. M. Albuquerque, P. Y. Hao, and P. A. Henrique, "Mapping regional business opportunities using geomarketing and machine learning," *Gest. Prod.*, vol. 27, no. 3, 2020, Art. no. e4158, doi: 10.1590/0104-530X4158-20.

[21] S. Freire and T. Santos, "Advancing Geomarketing Analyses with Improved Spatiotemporal Distribution of Population at High Resolution," in *Proceedings of the 6th European Conference on Information Management and Evaluation*, 2012.

[22] N. Allo, "A challenge for geomarketing in developing countries," *International Journal of Market Research*, vol. 56, no. 3, pp. 297–316, 2014, doi: 10.2501/ijmr-2014-021a.

[23] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria. [Online]. Available: https://www.r-project.org/

[24] E. J. Pebesma, "Multivariable geostatistics in S: the gstat package," *Computers & Geosciences*, vol. 30, no. 7, pp. 683–691, 2004, doi: 10.1016/j.cageo.2004.03.012.

[25] E. Pebesma and R. Bivand, *Spatial Data Science*. New York: Chapman and Hall/CRC, 2023.

[26] Hadley Wickham, Romain François, Lionel Henry, Kirill Müller, and Davis Vaughan, *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*, doi: 10.32614/CRAN.package.dplyr. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=dplyr

[27] Hadley Wickham, Davis Vaughan, and Maximilian Girlich, *tidyr: Tidy Messy Data*, doi: 10.32614/CRAN.package.tidyr. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=tidyr

[28] Hadley Wickham and Jennifer Bryan, *readxl: Read Excel Files*, doi: 10.32614/CRAN.package.readxl. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=readxl

[29] Hadley Wickham, Jim Hester, and Jennifer Bryan, *readr: Read Rectangular Text Data*, doi: 10.32614/CRAN.package.readr. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=readr

[30] Hadley Wickham, *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. [Online]. Available: https://ggplot2.tidyverse.org/

[31] Hadley Wickham, Thomas Lin Pedersen, and Dana Seidel, *scales: Scale Functions for Visualization*, doi: 10.32614/CRAN.package.scales. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=scales

[32] Hadley Wickham, Lionel Henry, Thomas Lin Pedersen, T Jake Luciani, Matthieu Decorde, and Vaudor Lise, *svglite: An 'SVG' Graphics Device*, doi: 10.32614/CRAN.package.svglite. [Online]. Available: https://cran.r-project.org/package=svglite

[33] V. Rodríguez, C. Olarte-Pascual, and M. Saco, "Application of geographical information systems for the optimal location of a commercial network," *EJMBE*, vol. 26, no. 2, pp. 220–237, 2017, doi: 10.1108/EJMBE-07-2017-013.

[34] P. Tatit, K. Adhinugraha, and D. Taniar, "Navigating the Maps: Euclidean vs. Road Network Distances in Spatial Queries," *Algorithms*, vol. 17, no. 1, p. 29, 2024, doi: 10.3390/a17010029.