

MODELO DE DECISIÓN PARA LA ELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN NEGOCIO FRANQUICIADO. APLICACIÓN A UN CASO DE COMIDA RÁPIDA EN EUROPA.

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **José Daniel García Castro**

Director(es): Josefa Mula

Fecha de entrega: Julio 2018

Contenido

Motivación y agradecimientos.....	5
Resumen	6
Palabras claves.....	6
Abstract.....	7
Keywords.....	7
1 Introducción.....	8
1.1 Objetivos.	9
1.2 La problemática.....	10
1.3 Estructura del proyecto.....	11
2 Estado del arte	12
3 Propuesta y metodología.....	15
4 Aplicación a un caso práctico.....	19
4.1 Fase de recolección de datos	20
4.2 Fase de análisis y procesamiento de datos	26
4.3 Fase de toma de decisión.....	28
5 Comparativa con enfoques alternativos.....	35
6 Conclusiones y líneas futuras de investigación.	37
Referencias Bibliográficas	38
Anexos.....	40

Figuras

Figura 1. Metodología a desarrollar	15
Figura 2. Modelo AHP. Fuente: Saaty (1990).....	18
Figura 3. Mapa de los barrios de Alicante. Fuente: Asociación cultural Alicantevivo.....	19
Figura 4. Logo del restaurante de comida rápida.....	20
Figura 5. Selección de calles y avenidas en el centro de Alicante.	21
Figura 6. Área de influencia de cada vía pública.	22
Figura 7. Demarcación de puntos de interés en el mapa de Alicante.....	26
Figura 8. Ubicación de los centros de gravedad en el eje de coordenadas.	28
Figura 9. Árbol jerárquico.	29
Figura 10. Niveles jerárquicos de las alternativas.	33
Figura 11. Representación gráfica de las ubicaciones.	34
Figura 12. Comparación de los dos enfoques de matrices.....	36

Tablas

Tabla 1. Valoración de los criterios (numérico- verbal).....	18
Tabla 2. información de las vías públicas seleccionadas.	21
Tabla 3. Escala numérica- verbal de los factores.....	23
Tabla 4. Escala numérica- verbal de los puntos de interés.	24
Tabla 5. Definición de factores de influencia.....	25
Tabla 6. Coordenadas de los centros de gravedad.....	27
Tabla 7. Matriz de comparación pareada.....	30
Tabla 8. Cálculo del vector promedio.	31
Tabla 9. Cálculo de la consistencia de la matriz.....	32
Tabla 10. Valores jerárquicos de los criterios.....	32
Tabla 11. Jerarquización final de las alternativas.	33
Tabla 12. Matriz de ponderación pareada modificada.....	35
Tabla 13. Resultado del método AHP.	36
Tabla 14. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa A.....	40
Tabla 15. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa B.....	41
Tabla 16. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa C.....	42
Tabla 17. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa D.....	43
Tabla 18. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa E.....	44
Tabla 19. Matriz pareada de criterios.....	45
Tabla 20. Matriz pareada del criterio de salud.....	46
Tabla 21. Matriz pareada del criterio de educación.....	47
Tabla 22. Matriz pareada de criterio actividad comercial.....	48
Tabla 23. Matriz pareada del criterio de transporte.....	49
Tabla 24. Matriz pareada del criterio de actividad laboral.....	50
Tabla 25. Matriz pareada del criterio económico.....	51
Tabla 26. Matriz pareada del criterio de volumen peatonal.....	52
Tabla 27. Matriz pareada del criterio de ocio.....	53
Tabla 28. Matriz pareada del criterio de competidores.....	54

Motivación y agradecimientos.

La realización de este trabajo fin de máster (TFM) se debe al cierre de una etapa de estudio que ha proporcionado herramientas, métodos y competencias que permiten a los ingenieros de organización y logística enfrentarse a momentos y circunstancias laborales donde es necesario el análisis de situaciones y entornos para tomar decisiones estratégicas, tácticas y operativas que pueden representar el éxito o fracaso de una organización.

A partir de una experiencia personal reciente en la que el autor de este TFM se ha visto expuesto a tomar decisiones de ubicación de un restaurante de comida rápida, surge la motivación principal que ha inspirado la realización de esta metodología. Así como la necesidad de realizar un TFM para optar al título de Máster en Ingeniería de Organización y Logística.

La culminación de este máster no podría haber sido posible sin la ayuda de muchas personas que han contribuido y servido de pilares de apoyo para que lo que un momento fue un sueño hoy se transforme en realidad. Es por eso, que se les agradece todo el conocimiento transmitido, la paciencia, el empuje, la motivación y la comprensión que han brindado los profesores del máster en todo el camino recorrido. De igual manera, se agradece todo el compañerismo y la amistad brindado por los compañeros de clase.

Para finalizar este apartado, se hace una mención a Doris Lameh, quien ha sido más que una esposa a lo largo de este camino, ha sido la inspiración para lograr cosas grandes y siempre dar un poco más.

Resumen

En el presente TFM se desarrolla un modelo de decisión que permita localizar restaurantes de comida rápida en ámbitos urbanos. El modelo de decisión parte de la preselección de una ciudad como lugar de estudio, calcula el centro de gravedad de los puntos de interés que afectan de manera positiva a la demanda del restaurante en las vías públicas más ocupadas de la ciudad, realiza un proceso analítico jerárquico (AHP) para evaluar las alternativas de ubicación y, por último, se selecciona la alternativa más apropiada para el tipo de restaurante en la ciudad seleccionada.

Palabras claves

Ubicación geográfica, modelo de decisión, negocio franquiciado, comida rápida, proceso analítico jerárquico, método del centro de gravedad.

Abstract

In these final master's degree project, it has been developed a decision support model to locate fast food restaurants in urban areas. The decision model starts with the pre-selection of a city as a place of study, the center of gravity of the points which positively affect the demand of the restaurant on the busiest public thoroughfares of the city is calculated, the analytical hierarchical process (AHP) is carried out for location alternatives and, finally, the most appropriate alternative is selected for the type of restaurant in the selected city.

Keywords

Geographical location, decision model, franchised business, fast food, hierarchical analytical process, center of gravity method.

1 Introducción.

España es un país mediterráneo que, de muchas cosas que lo caracterizan, se puede resaltar la pasión por la gastronomía local. Los españoles son fieles a sus costumbres y hábitos alimenticios. Sin embargo, la llegada de la comida rápida en el año 1981 a este país fue algo inevitable. Rodríguez-Sirgado (2011) afirma que “el éxito de este tipo de comida está, por un lado, y como su propio nombre indica, en la rapidez del servicio y, por otro lado, en los bajos precios y la flexibilidad de horarios. Estas razones son las que llevan a las personas a frecuentar los establecimientos de comida rápida, la falta de tiempo y de poder monetario, además de que a casi cualquier hora del día se encuentran abiertos”.

El crecimiento del mercado de hostelería dedicado a la comida rápida en España ha tenido tendencias positivas desde la llegada del primer restaurante al país europeo. Según eleconomista.es (2017) “el sector de la comida rápida registró unas ventas de 3.135 millones de euros en el año 2016, que representa un aumento del 6% con respecto al año anterior. El número de establecimientos de comida rápida y a domicilio se situó en 4.730 al cierre de 2016, lo que supuso un incremento neto de 175 locales, donde destaca el peso de los locales franquiciados (74,4%) frente a los propios (25,6%)”. A partir de lo dicho anteriormente, se cree que la industria del “fast food” es un nicho de negocio atractivo para inversionistas. Sin embargo, para que una franquicia de comida rápida sea rentable es de crucial importancia ubicarla en locaciones estratégicas.

Para invertir en restaurantes de comida rápida se requiere tomar, principalmente, dos decisiones estratégicas: primero, seleccionar la cadena de restaurantes en la que se piensa invertir y, a continuación, responder a la incógnita de dónde se puede ubicar el restaurante. Esta última incógnita es el foco de estudio de este trabajo fin de máster (TFM).

En este TFM se pretende desarrollar una metodología basada en los métodos cuantitativos que permita tomar decisiones de ubicación de restaurantes de comida rápida en ámbitos urbanos. Para lograr el objetivo, primero se aplica una técnica de geolocalización a través del método de centro de gravedad y, posteriormente, se evalúan las alternativas de decisión a través de un proceso analítico jerárquico (AHP). Finalmente, se procede a la toma de decisión o elección.

1.1 Objetivos.

El objetivo general del proyecto es desarrollar un modelo de decisión que permita localizar restaurantes de comida rápida en ámbitos urbanos.

Este objetivo general se divide en los siguientes objetivos específicos:

1. Recolectar y analizar datos espaciales, numéricos y cualitativos necesarios para el cálculo de las posibles ubicaciones y de la toma de decisión final.
2. Calcular alternativas de ubicaciones a través del método de localización de centro de gravedad.
3. Calcular la jerarquización de todas las alternativas de ubicaciones mediante el método AHP.
4. Seleccionar la mejor alternativa de ubicación de todas las opciones posibles.

1.2 La problemática

Las franquicias son modelos de negocio diseñados para expandirse rápidamente, sin la necesidad de que el dueño tenga que hacer grandes aportaciones de capital. Estos modelos se basan en compartir el “know how” de un producto o servicio, la marca y productos a un tercero. El coste de adquisición de una franquicia se presenta en un canon de entrada y en regalías porcentuales a las ventas netas de los productos.

Subway es un ejemplo exitoso de modelo de franquicia. Es la cadena de restaurante de comida rápida con más puntos de venta en todo el mundo. La organización cuenta con un amplio organigrama de recursos humanos, que permiten operar sus restaurantes en más 112 países. Sin embargo, en la estructura de la empresa, no se considera un departamento para la ubicación de los restaurantes de nueva apertura.

La decisión de localizar los restaurantes en puntos específicos de una ciudad es de los franquiciados, con la aprobación de los directores de áreas. Subway no tiene un método cuantitativo para ubicar restaurantes, sino que se basan en conocimientos y criterios cualitativos del franquiciado y del director de área.

La metodología que utiliza la organización para aprobar ubicaciones se llama PAVE. Consiste en una restricción de población, que prohíbe instalar restaurantes Subway en ciudades que tengan menos de 60.000 habitantes y se exige que los locales cumplan con las siglas PAVE:

- People, tránsito de personas por el local.
- Access, estacionamientos y paradas de transporte público cerca del establecimiento.
- Visibility, se busca que el restaurante sea visible desde diferentes puntos de las calles principales.
- Energy, zonas ocupadas con mucho movimiento de gente y actividad comercial.

En base a la metodología de ubicación que implanta Subway, se considera que existe un problema a abordar tanto para los inversionistas como para la misma marca. Una decisión estratégica tan importante, se toma en base a cuatro factores cualitativos y uno cuantitativo (población mínima). La equivocación en la ubicación de un punto de venta es uno de los principales catalizadores del fracaso para las franquicias de comida rápida. El cierre de un restaurante no solo afecta al inversionista, sino que también afecta a la imagen de la marca. Por ello, la decisión de ubicación de un restaurante Subway se debe tomar con más herramientas cuantitativas que disminuyan el porcentaje de fracaso del punto de venta.

1.3 Estructura del proyecto.

Este TFM tiene una parte teórica donde se desarrollan los conceptos necesarios para el entendimiento de la temática abordada, un apartado de aplicación a un caso real y otro de conclusiones y comparaciones de métodos alternativos.

La estructura del proyecto es como sigue. La sección 1 presenta el estado del arte del problema abordado. La sección 2 plantea una propuesta de y metodología de trabajo. La sección 3 valida la propuesta a través de la aplicación a un caso práctico. La sección 4 compara el enfoque propuesto con otros métodos alternativos. Finalmente, la sección 5 proporciona las conclusiones y líneas futuras de trabajo identificadas a lo largo del desarrollo de este TFM

2 Estado del arte

En este apartado se desarrollan las definiciones y conceptos necesarios para el entendimiento del TFM.

Las personas de ven obligadas a tomar decisiones constantemente, no es necesario estar involucrado en el ámbito empresarial para que sea necesario escoger una opción de un grupo de alternativas. Aguilar (2004) indica que “la teoría de decisión se ocupa de analizar cómo elige una persona aquella acción que, de entre un conjunto de acciones posibles, le conduce al mejor resultado dadas las preferencias”. Un problema de decisión cuenta con los siguientes elementos principales:

- Alternativas: se refiere a las variables de una decisión o acción que pueden ser elegidas en alguna circunstancia.
- Variables: características que son susceptibles de tomar diferentes valores y, a su vez, no se pueden controlar.
- Probabilidad: posibilidades de que un estado se cumpla o suceda al azar.
- Rendimientos: resultado obtenido.

Las decisiones se pueden clasificar según:

1. Su nivel de decisión: las decisiones pueden ser tomadas en diferentes contextos y relevancia. Existen las decisiones estratégicas, que se refieren a aquellas que orientan el rumbo de una organización y el resultado de la toma de decisión puede generar grandes impactos económicos. Las decisiones tácticas u operativas son las que se toman frecuentemente para cumplir con los objetivos estratégicos.
2. Su estandarización:
 - No programadas: son más comunes en decisiones estratégicas, ya que las toman los directivos de las empresas y son menos frecuentes.
 - Programadas: son rutinarias y suelen estar estandarizadas, ya que la responsabilidad es más operativa.
3. El nivel de información disponible:
 - Bajo incertidumbre: el decisor no conoce y no puede estimar la probabilidad de ocurrencia de los posibles estados de la naturaleza. En este tipo de decisiones no se sabe cómo pueden alterar las diferentes variables del problema y cómo repercuten en la decisión final.
 - Bajo riesgo: se refiere a las decisiones en las que la decisión considera probabilidades de ocurrencia de distintos estados de la naturaleza, lo que significa que no se conoce con certeza el resultado que ocurrirá.
 - Decisiones con certidumbre: la información disponible es completa y fiable, por lo que el resultado final se puede conocer para cada alternativa que se tome.

Por otro lado, los modelos de localización son procesos de selección de una ubicación basados en la eliminación de una o más alternativas. Carro-Paz y Gómez-González (2012) plantean que “en las decisiones sobre localizaciones hay que elegir entre sitios múltiples en donde los criterios, por lo general, se circunscriben a cuestiones de coste, rentabilidad, tiempos de respuesta, cercanía a determinados lugares o algún otro de acuerdo a las características de la empresa o actividad llevada a cabo”. Las decisiones de localización de empresas pertenecen a un nivel de decisión estratégico.

Estos problemas son de gran importancia ya que estas decisiones conllevan una inmovilización importante de recursos financieros a largo plazo, un error en este tipo de decisiones puede generar

grandes pérdidas a las empresas. Por otra parte, “estas decisiones afectan a la competitividad de las empresas, así, una buena elección favorecerá el desarrollo de las operaciones de forma eficiente, mientras que una incorrecta impondrá considerables limitaciones a las mismas” (Carro-Paz y Gómez-González, 2012). Entre las causas que, por lo general, se suele estar expuesto a tomar decisiones estratégicas de este tipo se pueden mencionar:

- Introducción de nuevos productos o servicios.
- Cambios de la demanda.
- Adaptación a factores externos que no se pueden controlar como, por ejemplo, la reubicación de proveedores y clientes.
- Adaptación a nuevas tecnologías.
- La presión de la competitividad.

El concepto de “fast food” se aplica a restaurantes donde no se prepara la comida, de lo contrario, se sirven platos precocinados. La finalidad de estos tipos de restaurantes es servir los productos que ofrecen de la manera más rápida posible, a un bajo precio y cumpliendo con los requerimientos de inocuidad.

El éxito de los restaurantes de comida rápida se centra en que logran servir platos de comida con altos niveles de calorías al mínimo coste, esto se debe, a que se logran reducir costes operativos de mano de obra y de materiales por la estandarización de los procesos y la mejora continua. Al mismo tiempo, se centran en duras negociaciones de precios de las materias primas por la ventaja que tienen al contar con grandes redes de restaurantes en todo el mundo en forma de franquicias o de cadenas propias.

Widaningrum. (2015) utiliza el GIS (sistema de información geográfica) y los polígonos de Thiessen como herramientas para determinar áreas potenciales para la localización de tiendas de conveniencia dentro de una ciudad. El estudio se basa en trazar los polígonos en el mapa de una ciudad, tomando como referencia las tiendas ya existentes. Junto a los atributos (fuentes generadoras de clientes) se pueden observar las características del mercado de las tiendas dentro del área de influencia demarcado por los polígonos de Thiessen.

Thronton et al. (2016) muestran la relación en la ubicación de restaurantes de comida rápida con los alrededores de las zonas con un poder adquisitivo más bajo y cerca de escuelas secundarias y primarias en Victoria (Australia).

Widaningrum et al. (2018) concluyen que las ubicaciones de los restaurantes de comida rápida en la ciudad de Yakarta no se sitúan en los espacios más poblados de la ciudad, de lo contrario, suelen ubicarse en los lugares más ocupados por sitios de interés.

Tzeng et al. (2002) proponen un método de toma de decisiones multicriterio para seleccionar las mejores posibles opciones de cuatro alternativas diferentes de localizaciones de un restaurante de comida rápida dentro de la ciudad de Taipéi. Para lograrlo, han utilizado un AHP de cinco aspectos y once criterios, permitiéndoles mediante un resultado cuantitativo tomar una decisión al respecto.

Chasco-Lafuente (2000) aplica los métodos de gravitación comercial de Reilly (1931) y Huff (1963), que son muy útiles para explicar el comportamiento de las personas frente a situaciones de elección, para determinar las áreas de mercado en subáreas comerciales de la Comunidad de Madrid con el fin de trazar la estrategia de un plan de expansión de centros comerciales.

Se puede concluir que las metodologías propuestas hasta el momento no satisfacen completamente la necesidad de un inversionista que se plantea ubicar un negocio, partiendo solo de la preselección

de la ciudad. Los trabajos de Widaningrum (2015) y Widaningrum et al. (2018) sirven de base para iniciar la investigación ya que han desarrollado una metodología, que utilizando los sistemas de información geográfica (GIS) y con el trazado de polígonos de Thiessen, para analizar las áreas de influencia alrededor de los puntos de venta en estudio. El problema de esta metodología es que, por una parte, permite entender el comportamiento del mercado alrededor de las áreas de influencia, pero, por otra parte, no proporciona herramientas para seleccionar los puntos específicos en un mapa geográfico para la ubicación de alternativas de localización.

Adicionalmente, el trabajo de Tzeng et al. (2002) ha servido de guía fundamental para el sistema de toma de decisión, ya que propone como herramienta el método AHP. El problema del trabajo de Tzeng et al. (2002) es que ellos parten de alternativas preseleccionadas y solo aplican dicho método AHP para cada punto de venta preseleccionado.

Por todo lo anterior, se propone una nueva metodología de trabajo que ayude a futuros inversionistas en el proceso de toma de decisiones para la elección de la localización de un negocio franquiciado de comida rápida. Este nuevo enfoque combinará las propuestas de Widaningrum (2015), Widaningrum et al. (2018) y Tzeng et al. (2002); con la adición de nuevas herramientas como el método de ubicación por centro de gravedad de Ares (2003) y otros métodos de desarrollo propio.

3 Propuesta y metodología

La propuesta de una metodología cuantitativa para la elección de la ubicación de restaurantes de comida rápida no es tarea fácil, esto se debe a que se suelen utilizar métodos cualitativos que dependen de la experiencia y los conocimientos de quien desee ubicar los restaurantes. Aunado a eso, las franquicias no suelen facilitar unos métodos estructurados para la elección de la ubicación y la mayor responsabilidad de tomar una decisión acertada recae sobre el inversionista.

Tal como comentado anteriormente, las investigaciones consultadas no aportan una metodología completa que parta de cero. Es decir, la mayoría de las técnicas parten de evaluar alternativas ya preseleccionadas como es el caso del estudio de Tzeng et al. (2002), donde mediante un método de selección multicriterio los autores jerarquizan sus opciones. O en su defecto, el estudio realizado por Widaningrum et al. (2018), que plantean la utilización de GIS para entender el comportamiento del mercado de los restaurantes de comida rápida sin llegar a seleccionar una ubicación exacta como un resultado final.

En este TFM, la nueva metodología que se plantea pretende proporcionar a los inversionistas de restauración de comida rápida una herramienta cualitativa y cuantitativa que les permita seleccionar una ubicación adecuada para sus restaurantes, partiendo únicamente de la preselección de una ciudad.

La metodología propuesta consta de tres 3 fases principales y cinco 5 pasos o subfases (Figura 1)

- I. Recolección de datos.
- II. Análisis y procesamiento de datos.
- III. Toma de decisión.

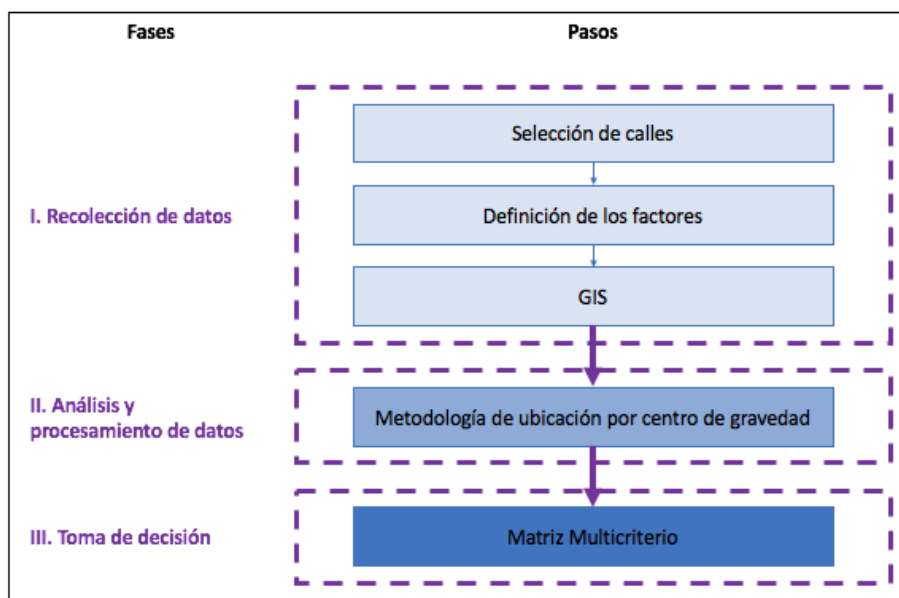


Figura 1. Metodología a desarrollar

Como se puede observar en la Figura 1, cada fase está compuesta por un conjunto de pasos que deben desarrollarse para llegar a la toma de decisión. A continuación, se describe la metodología propuesta.

I. Fase de recolección de datos.

El inicio de la investigación estará compuesto por la recolección de todos los datos necesarios para realizar el método de localización por centro de gravedad. Para este caso, se llevan a cabo tres pasos:

a. Selección de calles o avenidas.

La comida rápida es un tipo de restaurante que le debe sus inicios a la “necesidad de atender en pocos minutos los pedidos de la multitud de personas que debían comer en tiempo reducido” según Rodríguez-Sirgado (2011). Esto debe, en gran parte, al ritmo de vida actual en el que las exigencias laborales cada día son mayores y, por ende, el tiempo de descanso para comer suele ser más reducido. De tal manera, los restaurantes de comida rápida deben estar localizados en lugares de mucha afluencia de tránsito terrestre, bien sea con automóviles o, mejor aún, por peatones. Para que, de esta manera, los clientes potenciales puedan encontrar opciones de restaurantes en los alrededores de sus trabajos o en el paso de sus actividades diarias.

Widaningrum et al. (2018) concluyen que los restaurantes de comida rápida no se ubican en locaciones de alta densidad de población. A través de los sistemas de información geográfica han determinado que factores como la cercanía a lugares de interés público y a sus competidores son de mayor relevancia que la ubicación de los puntos de venta en lugares poblados por habitantes.

A partir de esto, se plantea como un primer paso la selección de las avenidas y calles más ocupadas por lugares de interés público o por otros restaurantes de comida rápida de la ciudad en estudio, con una longitud máxima de 500 metros por calle o avenida. En caso de que la avenida o calle tenga una longitud mayor a los 500 metros, se propone dividirla en tantas secciones sea necesario.

b. Definición de los factores de influencia.

Este paso resulta de gran importancia porque permite definir los factores que afectan de manera favorable o desfavorable el rendimiento del restaurante de comida rápida (clientes potenciales). Posteriormente a la definición de los clientes potenciales, se procede a la ubicación de estos en un mapa geográfico de la ciudad.

Widaningrum (2015) utiliza cinco factores de influencia y múltiples atributos para la ubicación de tiendas: puntos de uso público, instalaciones médicas, oficinas, ocio, educación y restauración. Para este caso de estudio, se recomienda hacer encuestas a los expertos del tipo de restaurante a ubicar y, de esta manera, definir los factores de influencia.

Es un paso de gran importancia ya que se depende de la experiencia de los encuestados para identificar los factores que puedan afectar de manera favorable o desfavorable al rendimiento económico del restaurante.

c. Sistema de información geográfica (GIS).

Widaningrum (2015) define los sistemas de información geográfica como un “un método potente para recopilar datos, realizar análisis espaciales, combinar y gestionar datos y atributos, como las búsquedas de características dentro de una región determinada”. En otras palabras, es una herramienta de búsqueda espacial que permite a los usuarios encontrar y analizar atributos que le ayuden a entender el comportamiento de mercados, economías, etc.

Para este tipo de estudio urbano de ubicación de restaurantes de comida rápida, se propone la ubicación de los factores de influencia dentro de un área rectangular de altura (línea perpendicular a la calle) igual a 200 metros y de base igual a la longitud de la calle menor o igual a 500 metros. Se considera que todo debe estar plasmado en el mapa geográfico de la ciudad.

II. Fase de análisis y procesamiento de datos.

La segunda fase de la metodología propuesta consiste en el análisis y procesamiento de datos recolectados en la fase anterior, es por eso que se debe definir y utilizar un método que permita procesar los datos y comenzar a generar posibles ubicaciones dentro del mapa geográfico. Para ello, se ha decidido trabajar con el método de ubicación por centro de gravedad.

Ares (2003) plantea que el método de centro de gravedad “se basa en la idea de que, si interesa minimizar costes de transporte totales, cuanto más demanda tenga un punto, más interesante es ubicarse cerca de él; lo mismo ocurre para aquellos puntos en los que los costes unitarios de transporte son muy elevados. Cada punto de demanda o producción atrae al almacén hacia si con una fuerza directamente proporcional al producto del coste unitario de transporte y al flujo de materiales que sale o llega a este punto”. Este método se refleja en un plano de dos ejes ($X:Y$), la formulación matemática de este método basado en el centro de gravedad se expresa en la ecuación (1).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i} \quad (1)$$

Donde:

V_i : Flujo de transporte desde/a el punto i .

R_i : Tarifa de transporte para enviar una unidad de mercancía desde/a el punto i .

X_i, Y_i : Coordenadas del punto i .

X, Y : Coordenadas del centro de gravedad.

Como se puede observar, este método se suele utilizar para casos donde se tienen como variables tarifas de transporte y flujos de transporte (Ares, 2003). Para este caso, se obvian las tarifas de transporte ($R_i=1$) y en vez de trabajar con el flujo de transporte, se utiliza esta variable con pesos ponderados para cada factor de influencia.

III. Fase de toma de decisión.

Una vez que se tenga ubicada más de una posible opción de ubicación, se procede a realizar una toma de decisión multicriterio a través del método AHP.

AHP fue desarrollado por Saaty (1990) para resolver problemas de criterios múltiples de toma de decisión mediante un proceso de jerarquización. Hurtado y Bruno (2005) definen AHP como “un proceso que requiere que quien tome las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión”. Para la realización del AHP hay que utilizar la mayor cantidad posible de datos cuantitativos, sin embargo, esta herramienta también permite usar datos cualitativos que sean difíciles de medir y a la vez indispensables para la valoración de las opciones.

Satty (1990) explica el método AHP a través de la Figura 2, donde se aprecia que para llegar a la meta global hay que hacer análisis jerárquicos para todos los criterios y, posteriormente, para cada alternativa.

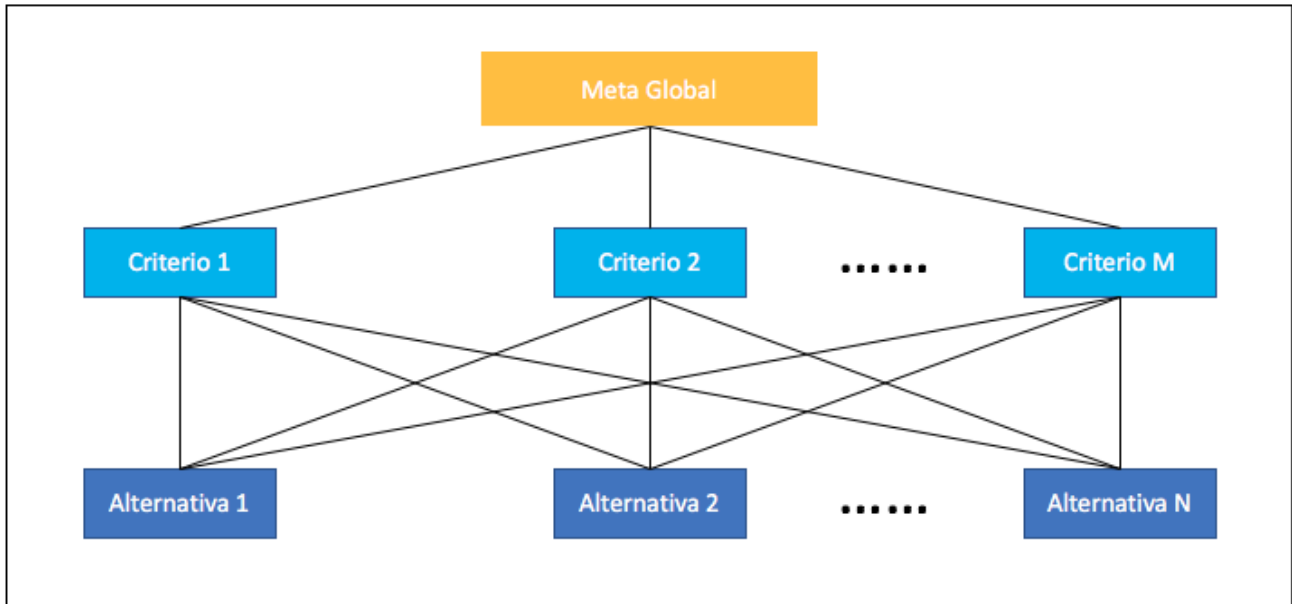


Figura 2. Modelo AHP. Fuente: Saaty (1990).

Para hacer la valoración de los criterios y de las alternativas de elección se utiliza una escala numérica que represente las expresiones verbales que permitan jerarquizar los elementos de la matriz mostrada en la Figura 2.

Tabla 1. Valoración de los criterios (numérico- verbal)

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Igual importancia.
2	Entre igualmente y moderadamente preferible
3	Moderadamente preferible.
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible
5	Fuertemente preferible
6	Entre fuertemente y muy fuertemente preferible
7	Muy fuerte preferible
8	Entre muy fuerte preferible y extremadamente preferible
9	Extremadamente preferible

A partir de la Tabla 1, se procede a calcular los vectores propios para cada criterio y, de igual manera, para cada alternativa obteniendo como resultado final la ponderación jerarquizada. En el caso aplicado de la sección siguiente de este trabajo se podrá observar con más detalle los cálculos a realizar.

4 Aplicación a un caso práctico.

Para aplicar y validar la metodología propuesta del modelo de decisión para la ubicación de un restaurante de comida rápida se ha seleccionado Alicante como ciudad y la franquicia Subway como restaurante de comida rápida.

Alicante es una ciudad española perteneciente a la Comunidad Valenciana, esta ciudad mediterránea tiene una población de 330.525 habitantes según el censo del Ayuntamiento de Alicante (2016). Sus principales actividades económicas se orientan a la prestación de servicios, turismo, actividades administrativas y el negocio inmobiliario.

A partir de la selección de la ciudad a estudiar, se procede a seleccionar la zona en la que se llevará a cabo el estudio de la ubicación. Para este TFM, se ha seleccionado la zona centro de la ciudad de Alicante debido a que la franquicia a situar sería la primera en la zona y no partiría de restricciones de competencia de la misma marca. Además, la zona centro está compuesta por los barrios: Casco antiguo Santa- cruz, San Antón, Centro, Mercado y Ensancha Diputación; que resultan ser los barrios con más actividad comercial y concentración de peatones en toda la ciudad (Figura 3).

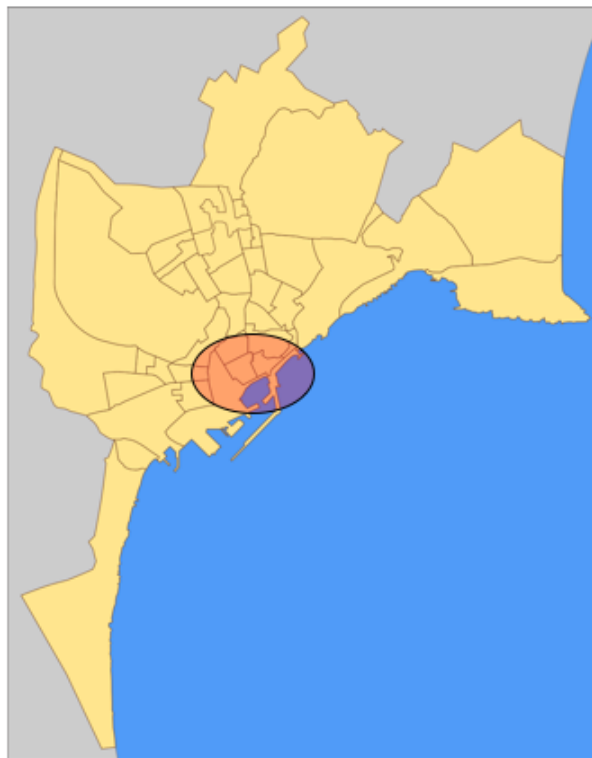


Figura 3. Mapa de los barrios de Alicante. Fuente: Asociación cultural Alicantevivo.

Subway es una franquicia de comida rápida especializada en la elaboración de bocadillos y ensaladas personalizadas, tuvo sus inicios en 1965 cuando Fred De Lucas a sus 17 años de edad pidió un préstamo de 1.000 dólares para abrir su primer restaurante en Estados Unidos. El resultado de su aventura empresarial ha sido un éxito indiscutible, según Subway International B.V. “actualmente, Subway es la franquicia más grande del mundo por el número de restaurantes abiertos en todo el planeta (26.709 puntos de venta)”, en España hay 63 restaurantes y tiene una proyección de crecimiento favorable (Figura 4).



Figura 4. Logo del restaurante de comida rápida.

Una vez seleccionada la ciudad y zona (Alicante y centro) y, a su vez, el modelo de restaurante de comida rápida (Subway), se procede a la aplicación de la metodología de ubicación y decisión propuesta en el apartado 3 de este TFM.

4.1 Fase de recolección de datos

La finalidad de esta fase es encontrar puntos $X_i:Y_i$ -expresado en la ecuación (1)- en un mapa geográfico de una ciudad que permitan realizar el método de ubicación del centro de gravedad. Para generar posibles ubicaciones se debe primero sectorizar por zonas alrededor de las calles principales de la ciudad de Alicante. Posteriormente, se tienen que definir los valores influyentes y darles valores cuantitativos y, por último, hay que realizar los cálculos del método de ubicación.

a. Selección de calles o avenidas:

La selección de calles y avenidas es un proceso complicado ya que para esta ocasión no se utilizarán métodos cuantitativos, con esto se dependerá de la experiencia y el conocimiento del analista para identificar las calles más transitadas y ocupadas de una ciudad. Sin embargo, suele bastar con conocer la zona, recorrer las calles y avenidas y observar el comportamiento del mercado local a distintas horas del día. Es imperativo recordar que basado en el trabajo de Widaningrum et al. (2018), se puede obviar la densidad de población de los barrios del centro de la ciudad como un factor influyente.

Como resultado del análisis cualitativo de las calles de Alicante se han seleccionado 5 alternativas reflejadas en la Figura 5. Se puede observar que las vías se han remarcado con resaltador azul y nombrado con letras del abecedario. Las calles no exceden los 500 metros de longitud, por lo tanto, no es necesario dividir las.

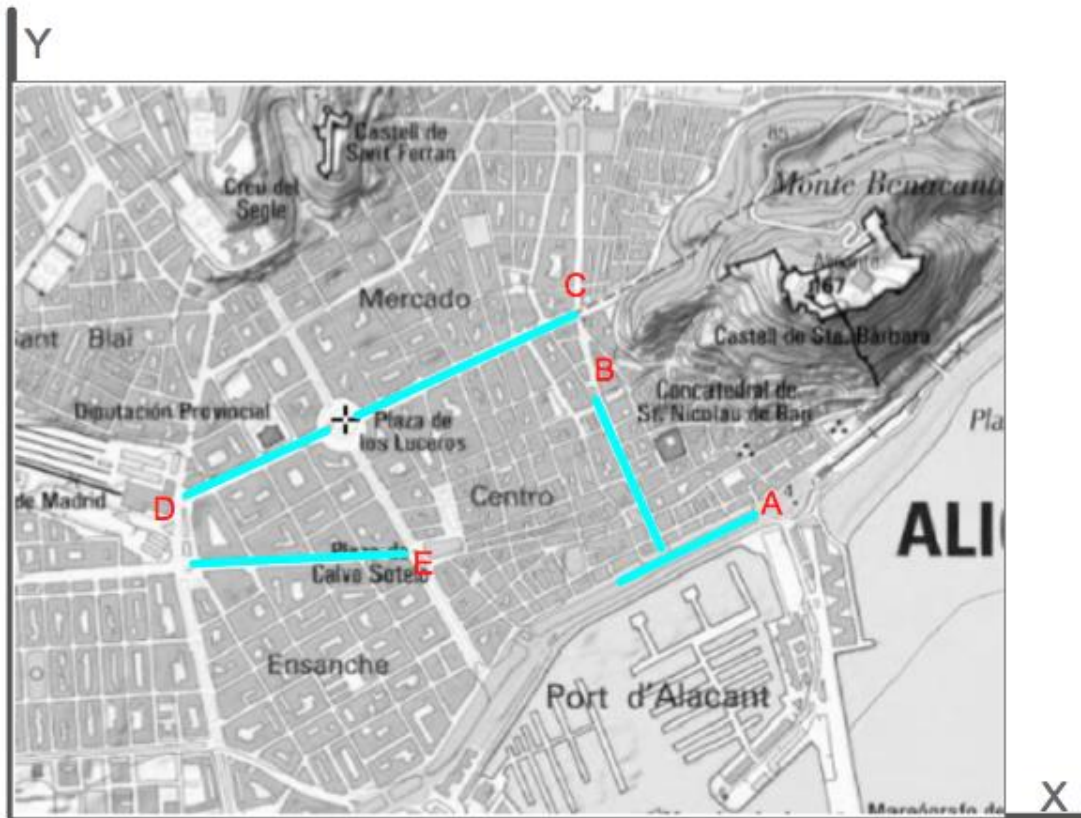


Figura 5. Selección de calles y avenidas en el centro de Alicante.

En la Tabla 2 se puede observar el nombre y la longitud de cada vía pública seleccionada.

Tabla 2. información de las vías públicas seleccionadas.

Nomenclatura	Nombre de la vía pública	Tipo de vía	Tipo de transito	Longitud (metros)
A	Passeig Esplanada d'Espanya	Paseo	Peatonal	350
B	Rambla Méndez Núñez	Calle	Peatonal y vehicular	300
C	Av. Alfonso X El Sabio	Avenida	Peatonal y vehicular	500
D	Av. de la Estación	Avenida	Peatonal y vehicular	350
E	Av. Maisonnave	Avenida	Peatonal y vehicular	450

- Opción A: El paseo de la Explanada es la calle más visitada de Alicante por los turistas, cuenta con vistas al mar y al puerto deportivo. Se caracteriza por ser una zona de restaurantes y de paso para ir a la playa del Postiguët. La vía es peatonal.
- Opción B: Esta calle tiene la particularidad de dividir las dos zonas de fiestas más populares de la ciudad, el barrio antiguo y Castaños. Por lo tanto, tiene mucha afluencia nocturna y, a su vez, en el día tiene mucho movimiento gracias a los bancos e instituciones gubernamentales que le rodean. Por esta vía publica transitan vehículos y peatones por las aceras.
- Opción C: La avenida Alfonso X El Sabio es una de las avenidas más transitadas por vehículos y peatones por parte de los habitantes de la ciudad. Está rodeada por oficinas, viviendas y comercios. Sobre esta avenida está instalado el mercado central de Alicante, que resulta un atractivo turístico y muy usado por los habitantes locales.
- Opción D: La principal importancia de esta avenida consiste en que desemboca en la estación de trenes de Alicante. Además, el otro extremo de la avenida linda con la plaza de los Luceros y también tiene instituciones gubernamentales en sus extremos.
- Opción E: la avenida Maisonnave es una zona de compras de moda, cuenta con dos establecimientos comerciales de El Corte Ingles en cada uno de sus extremos. Adicional a las compras, también es una zona que se caracteriza por tener muchas oficinas y paso peatonal. Suele estar más ocupada en horario laboral y despejada en horas nocturnas.

Una vez que se tengan las calles seleccionadas y marcadas en el mapa geográfico, se debe demarcar el área de influencia con áreas rectangulares de 200 metros de altura y como base se considera la longitud de la vía pública (Figura 6).

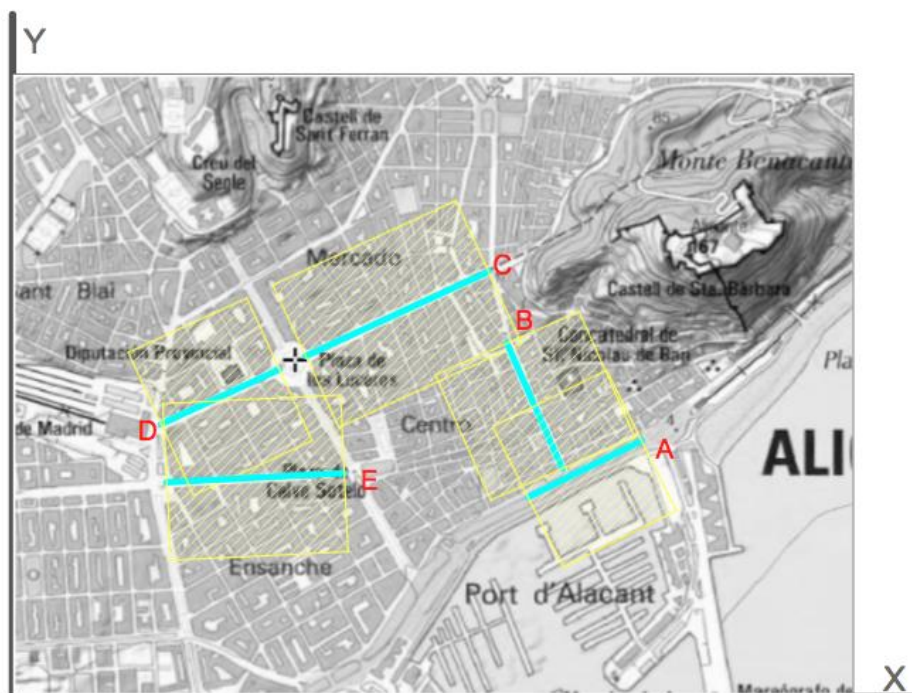


Figura 6. Área de influencia de cada vía pública.

Como se puede observar, ya se dispone de las áreas de influencia bien demarcadas con color amarillo. En la Figura 6 se visualiza que hay áreas que chocan unas con otras, como son los casos de la A con la B y la E con la D. Esto comienza a dar indicativos de que son vías potenciales ya que están muy cerca de otra calle ocupada.

b. Definición de los factores de influencia.

Una vez que se han delimitado las áreas de influencia para cada calle o avenida, se debe utilizar el GIS para vaciar los factores influyentes en las zonas amarillas del mapa geográfico de la ciudad de Alicante. Para ubicar los factores, primero, se define y elabora una matriz ponderada de cada factor, para darles valores cuantitativos que permitan sustituirlos por la variable V_i de la ecuación (1) y, de esta manera, calcular el centro de gravedad para cada vía pública.

Cada tipo de restaurante de comida rápida tiene unas características diferentes, por lo tanto, la demanda de sus productos se verá afectada por variables distintas a otros puntos de ventas. Adicional a esto, la demanda de productos no es la misma para todas las localidades. Las ciudades tienen personalidades diferentes y el público dispuesto a consumir un producto no siempre es el mismo para todos los sitios.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, se plantea que la definición de los factores de influencia no sea trabajo de una sola persona. Al contrario, se recomienda que sea un consenso de expertos con diferentes perspectivas. Para la realización de este estudio y la definición de los factores, han participado tres personas conocedoras de la franquicia y de la localidad.

El primer decisor es un representante de la franquicia Subway de una comunidad autónoma de España, el segundo decisor es un trabajador de un restaurante de Subway ubicado en una ciudad mediterránea cercana a Alicante y el tercero, y último, es un franquiciado de la marca.

En una reunión los participantes han logrado consensuar sus criterios definiendo los siguientes factores influyentes y puntos de interés mostrados en la Tabla 3. Para darles valores cuantitativos se han creado fuentes numéricas: una de valoración, que va dirigido a los factores; y la de intensidad, que corresponde a los puntos de interés.

El campo “valor” corresponde al valor cuantitativo que los expertos le asignan a cada factor basado en sus experiencias. Mientras mayor sea el valor número, mayor será el impacto en la demanda que le puede repercutir al restaurante. En la Tabla 3 se presenta la escala numérica- verbal para cada factor.

Tabla 3. Escala numérica- verbal de los factores.

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Poca relevancia a la demanda del restaurante.
2	Relevancia moderada a la demanda del restaurante
3	Gran relevancia a la demanda del restaurante.
4	Mucha relevancia a la demanda del restaurante.

La “intensidad” concierne a un valor numérico que expresa el tamaño o el volumen de gente que maneja un punto de interés en el mapa. Cuanto mayor sea el valor numérico, mayor será el volumen de gente que podría asistir a ese punto de interés. La obtención del promedio de la afluencia de personas de cada sitio sería el proceso idóneo para esta ocasión. Sin embargo, es una tarea complicada de hacer ya que requiere de mucho tiempo de investigación que los inversionistas no

están dispuestos a gastar. Es por eso, que se sugiere darle un valor cuantitativo respaldado por la experiencia de los expertos. En la Tabla 4 se presenta la escala numérico- verbal.

Tabla 4. Escala numérica- verbal de los puntos de interés.

Escala numérica	Escala verbal
1	Poco concurrido
2	Medio concurrido
3	Muy concurrido

Una vez que se ha definido y valorado los factores influyentes y los puntos de interés, es momento de llevar a cabo la asignación de valores numéricos a las variables antes indicadas. Para la realización de esta ponderación deben participar los 3 expertos mencionados anteriormente.

Como resultado de una amplia conversación y discusión de puntos de vista, los expertos han llegado a la conclusión expresada en la Tabla 5, donde se aprecia que los factores de mucha relevancia para la demanda del restaurante (4 puntos) son: competidores y ocio. Y, por otra parte, se obtiene como resultado que el factor de poca relevancia para la demanda del mercado (1 punto) es la educación.

La valoración de los puntos de interés no se refleja en la Tabla 5, ya que esos valores dependerán de la intensidad de cada punto de interés. Es por eso, que la valoración se verá reflejada cuando se ubiquen los puntos en las áreas de influencia de cada calle o avenida.

Tabla 5. Definición de factores de influencia.

Factor	Valoración numérica	Punto de interés	Color en el mapa
Transporte	3	Estacionamientos	E
		Paradas de autobuses	A
		Parada de metro	M
Competidores	4	Competidores directos (restaurantes de comida rápida)	C
		Restaurantes locales que ofrezcan productos similares.	S
Locales comerciales	2	Mercados	M
		Tiendas	T
		Bancos	B
Actividad laboral	3	Oficinas	O
		Instituciones públicas	P
Ocio	4	Discotecas	D
		Hoteles	H
		Sitios públicos y monumentos	C
Salud	2	Hospitales	H
		clínicas	C
		Dentistas	D
Educación	1	Colegios	C
		Universidad	U
		Guarderías	G

c. Sistema de información geográfica (GIS):

Los GIS permiten a los usuarios almacenar, editar, consultar y analizar cualquier tipo de dato relacionado con la geografía de un lugar específico. La aplicación de tecnología no tiene límites y cada día es utilizado más para la toma de decisiones relacionadas con la arqueología, logística, política, urbanismo, economía, etc. En este TFM, se utilizará para la ubicación de los puntos de interés en un mapa geográfico de la ciudad de Alicante.

Para este caso de estudio no se ha trabajado con un software de GIS, al contrario, se ha utilizado la base de datos de Google Maps para la recolección de los puntos de interés y para la demarcación de los puntos en el mapa se ha utilizado el software AutoCad (Figura 7).



Figura 7. Demarcación de puntos de interés en el mapa de Alicante.

En la Figura 7, se observa el resultado de la ubicación de los puntos de interés sobre el eje (X:Y) en el mapa geográfico del centro de la ciudad de Alicante.

4.2 Fase de análisis y procesamiento de datos

Una vez que se han ubicado los puntos de interés en el mapa, se calcula el centro de gravedad para cada área de influencia por separado. Como resultado se obtienen cinco centros de gravedad para las vías públicas A, B, C, D y E.

La formulación matemática que se utiliza corresponde a la ecuación (1), con la modificación de $R_i=1$, donde V_i representa la multiplicación del valor numérico de cada factor por la intensidad de cada punto de interés.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n V_i \cdot R_i} \quad (1)$$

Donde:

V_i : Valor numérico del factor · Intensidad de cada punto de interés

$R_i = 1$

X_i, Y_i : Coordenadas del punto i

X, Y : Coordenadas del centro de gravedad.

A partir de la aplicación de la ecuación (1), se procede a calcular el centro de gravedad para cada vía pública. Se obtiene como resultado las siguientes coordenadas de la Tabla 6. Los cálculos se pueden validar en las tablas ubicadas en los anexos.

Tabla 6. Coordenadas de los centros de gravedad.

Centro de Gravedad		
Alternativas de Ubicación	Coordenada	
	X	Y
Alternativa A	2892,53	789,34
Alternativa B	2723,48	864,97
Alternativa C	2166,01	1357,17
Alternativa D	1438,89	1021,80
Alternativa E	1476,46	646,04

Una vez se calculen los centros de gravedad para cada sección, se deben ubicar en el eje de coordenada (X:Y). En la Figura 8 se observa de manera gráfica los resultados de los cálculos del centro de gravedad para cada ubicación (Tabla 6). Los centros de gravedad se ilustran de color amarillo (Figura 8).



Figura 8. Ubicación de los centros de gravedad en el eje de coordenadas.

4.3 Fase de toma de decisión

Hellfiegl y Slocum (2004) definen la toma de decisión como el “proceso de definición de problemas, recopilación de datos, generación de alternativas y selección de un curso de acción”. De tal forma, se puede decir que la toma de decisión es el acto mediante el cual un individuo debe seleccionar una opción de dos o más alternativas. En el ámbito empresarial, la toma de decisiones abarca un papel fundamental en lo que respecta a las labores de la dirección, administración y gestión del negocio.

Robbins (1999) afirma que “en el ámbito organizacional, la mayoría de las decisiones significativas se realizan mediante el juicio, más que por un modelo prescriptivo definido”. A partir de la afirmación de Robbins (1999), las decisiones se tienen que tomar con la mayor información posible, ya que, a nivel estratégico, una mala decisión puede significar grandes pérdidas para una empresa. De esa manera, si se basa en el juicio de una persona y no se generan alternativas medibles, esto puede generar grandes problemas para una organización ya que se depende del juicio de un individuo para determinar el futuro y la consistencia de una empresa.

Para la toma de decisión de la ubicación del restaurante de comida rápida, se utiliza AHP como herramienta cuantitativa de ayuda a la toma de decisión.

Hurtado y Bruno (2005) afirman que el AHP “permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos

de cambio en los niveles y sintetizar". Saaty (1990) plantea que el AHP "se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusi3n".

El primer paso para realizar AHP es definir las alternativas y los criterios. Las alternativas se definen a trav3s del m3todo de centro de gravedad. De esta forma, se obtienen las cinco ubicaciones en el mapa geogr3fico de la ciudad de Alicante (alternativas A, B, C, D y E). Los criterios corresponden a las variables que afectan de manera favorable a la demanda de los productos del restaurante, como son: Transporte, competidores, actividad comercial, actividad laboral, ocio, salud y educaci3n. Adicional a estas variables, se consideran dos criterios m3s. Los expertos los consideran de gran importancia para el rendimiento econ3mico del Subway. Estos son: Econ3mico y peatonal (Figura 8).

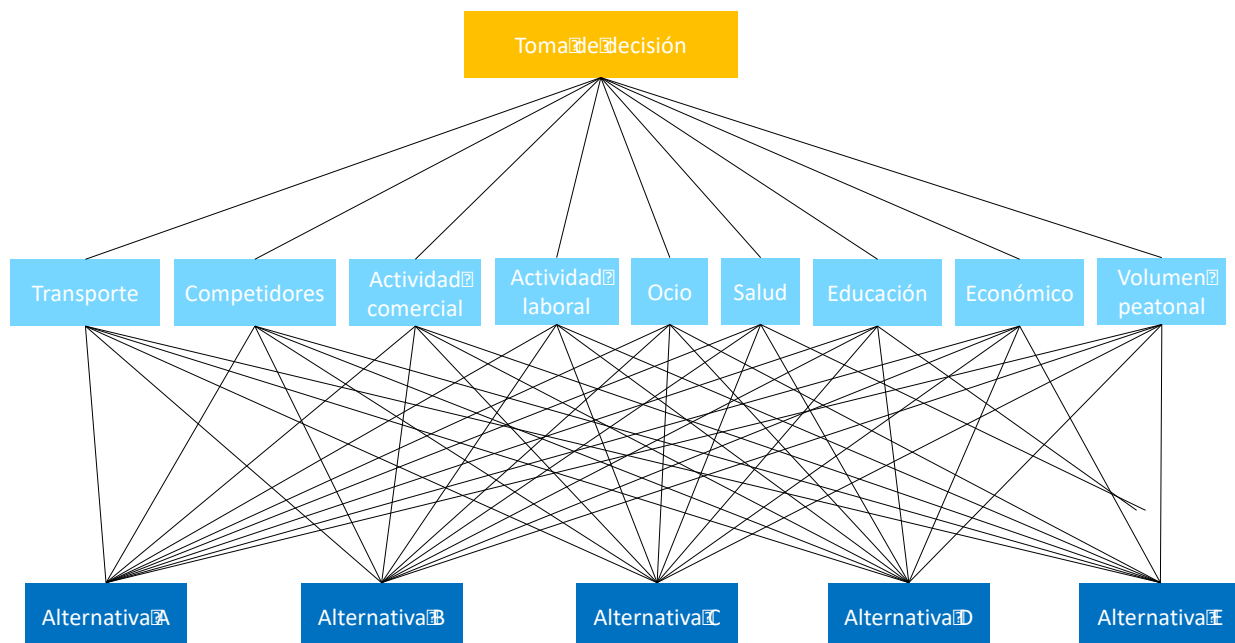


Figura 9. Árbol jerárquico.

A continuaci3n, se definen los criterios de evaluaci3n:

- Transporte: Este criterio se refiere a la presencia de estacionamientos y las paradas de transporte p3blico. Los restaurantes de comida r3pido deben estar situados en puntos donde el paso de gente debe ser abundante. Por ello, es conveniente estar ubicado en lugares donde los ciudadanos suelen pasar para tomar autobuses, metro, etc. De igual manera, la presencia de estacionamiento alrededor del restaurante es importante ya que eso permite a los conductores que est3n de paso, dejar el veh3culo para comer y seguir con sus obligaciones.
- Competidores: Tener competidores cerca es un factor importante ya que permite captar clientes que est3n buscando opciones de comida parecida a la que puede ofrecer el restaurante a ubicar. Sin embargo, tener a la competencia cerca obliga a ser m3s competitivo en lo que respecta al precio y la calidad.
- Actividad comercial: Locales como mercados, tiendas de compras y bancos son puntos atractivos para la poblaci3n. Estos establecimientos son de uso frecuente por las poblaciones

de una ciudad, generando de esta manera un tránsito continuo y repetitivo de peatones que pueden tomar como hábito comer en el restaurante que quede cerca de estos puntos de interés.

- Actividad laboral: La actividad laboral implica aquellas instalaciones donde se desempeñan labores de oficina, instituciones públicas y servicios. Esta clientela juega un papel fundamental para el restaurante ya que muchos de ellos comen diariamente en establecimientos que estén cerca de sus lugares de trabajo. La cercanía del restaurante a estos puntos de interés puede ayudar a generar clientes habituales.
- Ocio: Basado en las experiencias de los expertos, se considera que los lugares de ocio, tales como discotecas, sitios culturales y lugares de interés público, entre otros; son un atractivo para los restaurantes de comida rápida. Adicional a esto, los turistas son consumidores fieles de Subway por estar presente en casi todos los países del mundo.
- Salud y educación: Los establecimientos donde se desempeñan tareas relacionadas con la salud y la educación también son buenas fuentes de consumidores ya que mueven mucha cantidad de gente.
- Económico: En el criterio económico, se propone como indicador el valor del suelo en alquiler por metro cuadrado. No siempre es conveniente ubicar los restaurantes en las calles más caras. Mientras mayores sean los costes fijos de una empresa, mayor será el volumen de ventas necesario para alcanzar el punto de equilibrio.
- Volumen peatonal: Este criterio es crucial porque mide la cantidad de peatones por hora que transitan por cada ubicación. Mientras que mayor sea el volumen peatonal de la calle, mayor será la visibilidad y las probabilidades de que prueben los productos.

Después de definir los criterios de evaluación, se recrea una matriz de comparación pareada. La matriz se realiza priorizando cada alternativa con respecto a otra en términos de importancia. Esta, se elabora a partir de las opiniones de preferencias de los expertos. La ponderación se basa en la escala numérico- verbal presente en la Tabla 1. El resultado de la comparación de los criterios se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Matriz de comparación pareada.

		Criterios								
		Salud	Educación	Actividad ^o comercial	Transporte	Actividad ^o Laboral	Volumen ^o peatonal	Económico	Ocio	Competidore s
Criterio s	Salud	1 ^o	2	3	4	5	6	7	8	9
	Educación	2 ^o	1 ^o	2	3	4	5	6	7	8
	Actividad ^o comercial	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2	3	4	5	6	7
	Transporte	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2	3	4	5	6
	Actividad ^o Laboral	5 ^o	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2	3	4	5
	Volumen ^o peatonal	6 ^o	5 ^o	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2	3	4
	Económico	7 ^o	6 ^o	5 ^o	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2	3
	Ocio	8 ^o	7 ^o	6 ^o	5 ^o	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o	2
	Competidore s	9 ^o	8 ^o	7 ^o	6 ^o	5 ^o	4 ^o	3 ^o	2 ^o	1 ^o

Una vez se ha elaborado la matriz de ponderación pareada se calcula la priorización de los criterios. La priorización significa la importancia relativa de un criterio respecto al resto. Para calcular la priorización se deben sumar las columnas de la matriz, dividir cada criterio entre la suma de la

columna correspondiente y, por último, se calcula el promedio de los elementos de la matriz normalizada. El resultado que se obtiene se llama vector promedio y representa la jerarquización de los criterios (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo del vector promedio.

		Criterios									Matriz Normalizada									Vector Promedio
		Salud	Educación	Actividad comercial	Transporte	Actividad Laboral	Volumen peatonal	Económico	Ocio	Competidores										
Criterios	Salud	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02
	Educación	2	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03
	Actividad comercial	3	2	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04
	Transporte	4	3	2	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05
	Actividad Laboral	5	4	3	2	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,11	0,11	0,10	0,09	0,06	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08
	Volumen peatonal	6	5	4	3	2	1	0,2	0,3	0,4	0,13	0,14	0,14	0,14	0,12	0,09	0,07	0,07	0,09	0,11
	Económico	7	6	5	4	3	2	1	0,2	0,3	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,17	0,13	0,11	0,12	0,15
	Ocio	8	7	6	5	4	3	2	1	0,2	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,26	0,21	0,18	0,22
	Competidores	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,20	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35	0,40	0,42	0,35	0,31
Sumatoria	45,00	36,50	28,83	22,08	16,28	11,45	7,59	4,72	2,83											

Con el cálculo del vector promedio no se finaliza la operación matemática, se necesita verificar si la matriz es consistente. Esto quiere decir que una matriz puede calcularse y dar valores de priorización (vector promedio) sin que la ponderación dada por los expertos sea coherente. Para validar que la valoración es coherente, se determina el grado de consistencia de la matriz. Para ello, se debe calcular:

$$IC = \frac{N_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$IA = \frac{1.98(n - 2)}{n} \quad (3)$$

Donde:

IC= Índice de consistencia.

RC= Razón de consistencia.

IA= Índice de consistencia aleatoria.

n= Número de elementos de la matriz.

Por último, se calcula la razón de consistencia a través de la ecuación (4). Si el resultado es menor a 0,10 se considera que la matriz es consistente. Cabe destacar que cuanto mayor sea la cercanía a cero, más consistente será la matriz. Si la razón de consistencia es mayor que 0,10 se deben reasignar los valores comparativos de los elementos hasta que alcance la consistencia deseada.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4)$$

En la Tabla 9 se presenta la justificación del cálculo de la consistencia de la matriz de jerarquización de los criterios.

Tabla 9. Cálculo de la consistencia de la matriz.

Matriz Normalizada									Vector Promedio	Vector fila total	N		
0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,17442	9,2216887		
0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,236206	9,1037748		
0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,3361	9,0768411		
0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	0,488755	9,1683881		
0,11	0,11	0,10	0,09	0,06	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,714322	9,3445854		
0,13	0,14	0,14	0,14	0,12	0,09	0,07	0,07	0,09	0,11	1,039654	9,5484816		
0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,17	0,13	0,11	0,12	0,15	1,499283	9,715255	IC	0,050999277
0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,26	0,21	0,18	0,22	2,134387	9,7816255	IA	1,54
0,20	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35	0,40	0,42	0,35	0,31	2,980911	9,7113078	RC	0,033116414
									N _{max}	9,41			

Después de validar la consistencia de la matriz, se consideran los valores del vector promedio como el resultado de la jerárquización de los criterios. En la Tabla 10 se observa que el criterio más relevante es la cercanía a competidores, seguido por los sitios de ocio y, en el último lugar, se posicionan los locales que desarrollen actividad relacionada con la salud.

Tabla 10. Valores jerárquicos de los criterios

Criterios	Jerarquía
Salud	0,02
Educación	0,03
Actividad comercial	0,04
Transporte	0,05
Actividad Laboral	0,08
Volumen peatonal	0,11
Económico	0,15
Ocio	0,22
Competidores	0,31

La matriz de comparación pareada realizada en los pasos anteriores corresponde a la comparativa de los criterios. Para obtener el resultado final que es la jerarquización de las alternativas, es necesario elaborar las matrices correspondientes para las cinco alternativas en base a cada criterio.

Después de realizar las matrices de jerarquía de las alternativas para cada criterio, se procede a calcular la ponderación final de las alternativas a través de la suma ponderada de cada fila de las alternativas por la ponderación de los criterios. En la Tabla 11 se observa el resultado final de la operación matemática.

Tabla 11. Jerarquización final de las alternativas.

	Salud	Educación	Actividad ² comercial	Transporte	Actividad ² Laboral	Volumen ² peatonal	Económico	Ocio	Competidores	Jerarquia
Alternativa ^A	0,04	0,05	0,05	0,04	0,68	0,07	0,13	1,00	0,87	0,57
Alternativa ^B	0,19	0,08	0,14	0,09	0,71	0,68	0,30	0,78	1,06	0,69
Alternativa ^C	0,50	0,63	0,35	0,56	0,13	0,22	0,46	0,30	0,21	0,30
Alternativa ^D	0,08	0,12	0,07	0,35	0,25	0,07	0,68	0,11	0,07	0,20
Alternativa ^E	0,19	0,33	0,62	0,19	0,52	0,60	0,05	0,06	0,12	0,21
Ponderacion	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,15	0,22	0,31	

El resultado final que se expone en la Tabla 11 indica que la coordenadas X:Y ubicadas en la vía pública Rambla Méndez Núñez (alternativa B) es la ubicación de mayor nivel jerárquico, seguida por la alternativa A y, por último, la avenida de la Estación (alternativa D) (Figura 10).

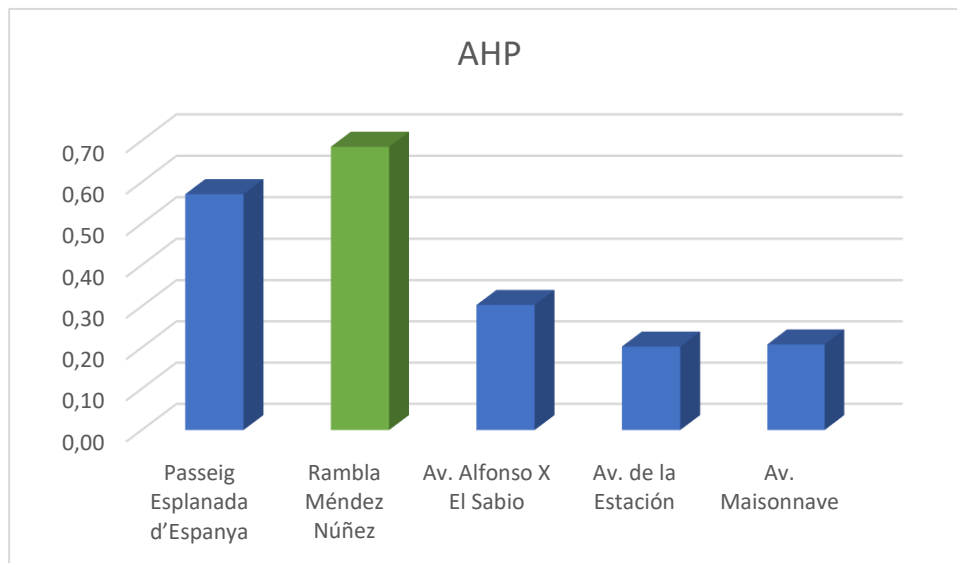


Figura 10. Niveles jerárquicos de las alternativas.

La vía pública Rambla Méndez Núñez es la alternativa seleccionada por la metodología propuesta. Esta calle del centro de Alicante tiene una ubicación estratégica, ya que es la vía que toman la mayoría de los turistas y los alicantinos para bajar a la playa el Postiguet. Adicional a eso, la Rambla está en el medio de dos zonas de mucha afluencia nocturna como son el barrio antiguo y la calle Castaños, donde están ubicados muchos bares, pubs y discotecas. Otro factor que le da la importancia obtenida en la matriz es la cercanía a instituciones públicas tales como las sedes del ayuntamiento de Alicante.

Después de analizar los resultados obtenidos por la metodología aplicada es esencial que los expertos los validen basados en su visión del negocio. En este caso, los tres expertos consultados están de acuerdo con el estudio realizado y con los resultados obtenidos.

En la Figura 11 se muestra de forma gráfica la ubicación y la jerarquía de las alternativas.

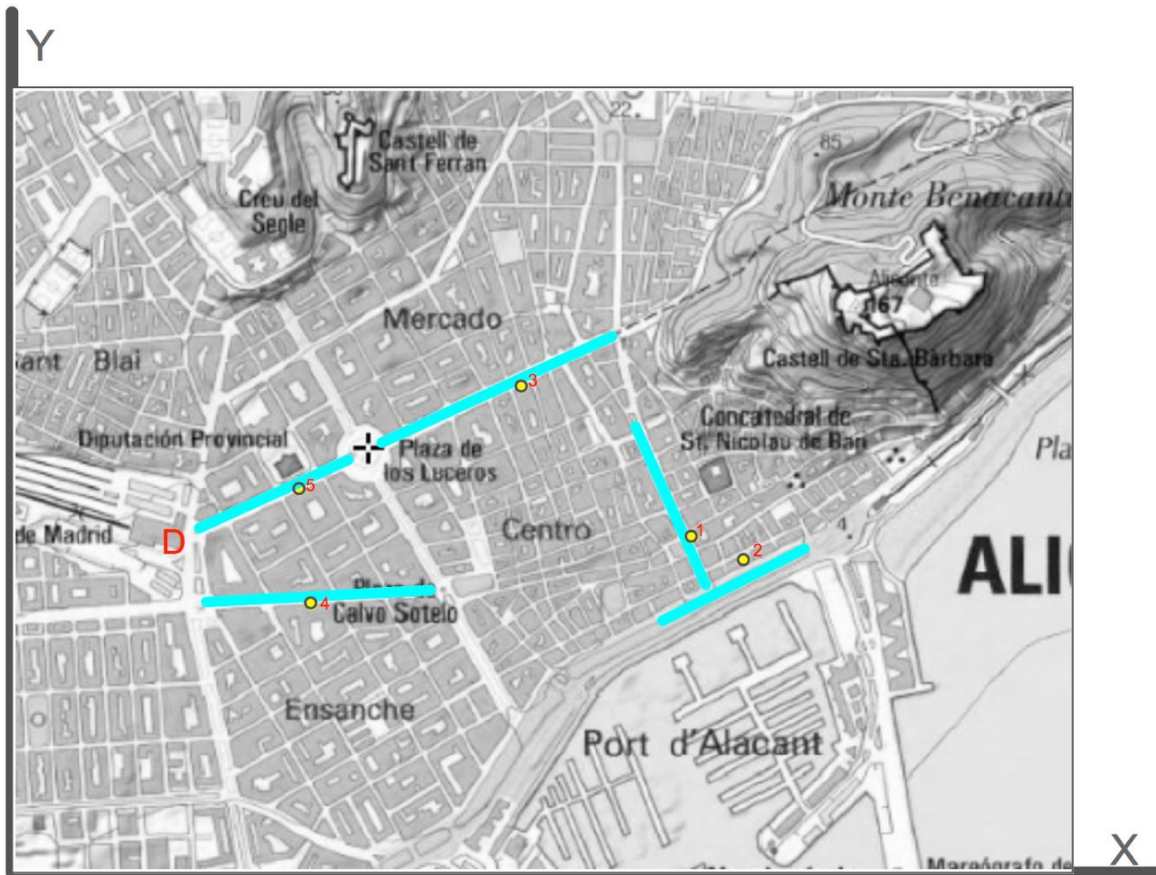


Figura 11. Representación gráfica de las ubicaciones.

5 Comparativa con enfoques alternativos.

La metodología propuesta del modelo de decisión para la ubicación de un restaurante de comida rápida está planteada de tal forma que un inversionista pueda calcular la ubicación y tomar una decisión sin necesidad de tener conocimientos avanzados en el área. A partir de esto, se han consultado enfoques alternativos con los que puedan compararse y validarse los resultados obtenidos.

Para la geolocalización de las alternativas de ubicación se podrían considerar los trabajos realizados por Widaningrum (2015) y Widaningrum et al. (2018). Sin embargo, no llega a ser un punto de comparación, ya que, se plantea localizar zonas de posibles ubicaciones de negocios minoristas a partir de un SIG, trazando áreas de influencia a través de los polígonos de Thiessen. El problema radica en que Widaningrum (2015) y Widaningrum et al. (2018) no aportan una herramienta cuantitativa al usuario que genere ubicaciones exactas en un mapa geográfico de una ciudad. Además, no parten de la restricción de estar ubicado en las calles principales de un entorno urbano.

El AHP propuesto por Saaty (1990) permite transformar y ordenar un criterio cualitativo en cuantitativo, así como priorizar factores. En este apartado no se pretende comparar el AHP propuesto por Saaty (1990). Sin embargo, se pretende comparar los resultados jerárquicos para la variación de las prioridades de los criterios.

Al analizar el resultado obtenido en la Tabla 11, cabe destacar que las dos opciones con más nivel jerárquico son a su vez las ubicaciones con un mayor coste de alquiler por metro cuadrado. Subway, al ser una franquicia relativamente nueva en el mercado español, no asegura una rentabilidad inmediata, es por eso que los costes fijos juegan un papel importante ya que mientras menores sean estos, como es el caso del alquiler mensual del local, menor serán los niveles de ventas necesarios del restaurante para alcanzar el punto de equilibrio. A partir de lo anteriormente expuesto, los expertos consultados plantean reorganizar la importancia de los criterios, dándole una mayor relevancia a el criterio económico y una menor relevancia a los criterios de ocio y competidores. Y, de esta manera, comparar este resultado con los obtenidos en la primera matriz.

Para calcular el nuevo objetivo se deben realizar nuevamente los cálculos de la matriz de ponderación pareada, el vector promedio y la consistencia (Tabla 12).

Tabla 12. Matriz de ponderación pareada modificada.

		Criterios reorganizados								
		Salud	Educación	Actividad comercial	Transporte	Actividad Laboral	Volumen peatonal	Económico	Ocio	Competidores
Criterios	Salud	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/9	1/7	1/8
	Educación	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/8	1/6	1/7
	Actividad comercial	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/7	1/5	1/6
	Transporte	4	3	2	1	1/2	1/3	1/6	1/4	1/5
	Actividad Laboral	5	4	3	2	1	1/2	1/5	1/3	1/4
	Volumen peatonal	6	5	4	3	2	1	1/4	1/2	1/3
	Económico	9	8	7	6	5	4	1	3	2
	Ocio	7	6	5	4	3	2	1/3	1	1/2
	Competidores	8	7	6	5	4	3	1/2	2	1

En la Tabla 13 se observa el resultado del método AHP (Saaty, 1990).

Tabla 13. Resultado del método AHP.

	Salud	Educación	Actividad [®] comercial	Transporte	Actividad [®] Laboral	Volumen [®] peatonal	Económico	Ocio	Competidores	Jerarquia
Alternativa [®] A	0,04	0,05	0,05	0,04	0,68	0,07	0,13	1,00	0,87	0,45
Alternativa [®] B	0,19	0,08	0,14	0,09	0,71	0,68	0,30	0,78	1,06	0,59
Alternativa [®] C	0,50	0,63	0,35	0,56	0,13	0,22	0,46	0,30	0,21	0,33
Alternativa [®] D	0,08	0,12	0,07	0,35	0,25	0,07	0,68	0,11	0,07	0,29
Alternativa [®] E	0,19	0,33	0,62	0,19	0,52	0,60	0,05	0,06	0,12	0,20
Ponderacion	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,31	0,15	0,22	

La modificación de prioridad en los criterios de economía, ocio y competencia no representan grandes cambios en la matriz de decisión. En la Figura 11 se puede apreciar de manera gráfica como la Rambla y el Passeig Esplanada siguen ocupando el primer y segundo puesto jerárquico respectivamente. Sin embargo, la diferencia con respecto a las otras alternativas disminuye. La alternativa de avenida de Maisonnave pasa al quinto lugar, la avenida de la Estación pasa de la última posición a la cuarta y la avenida Alfonso X el Sabio se mantiene en la tercera posición.

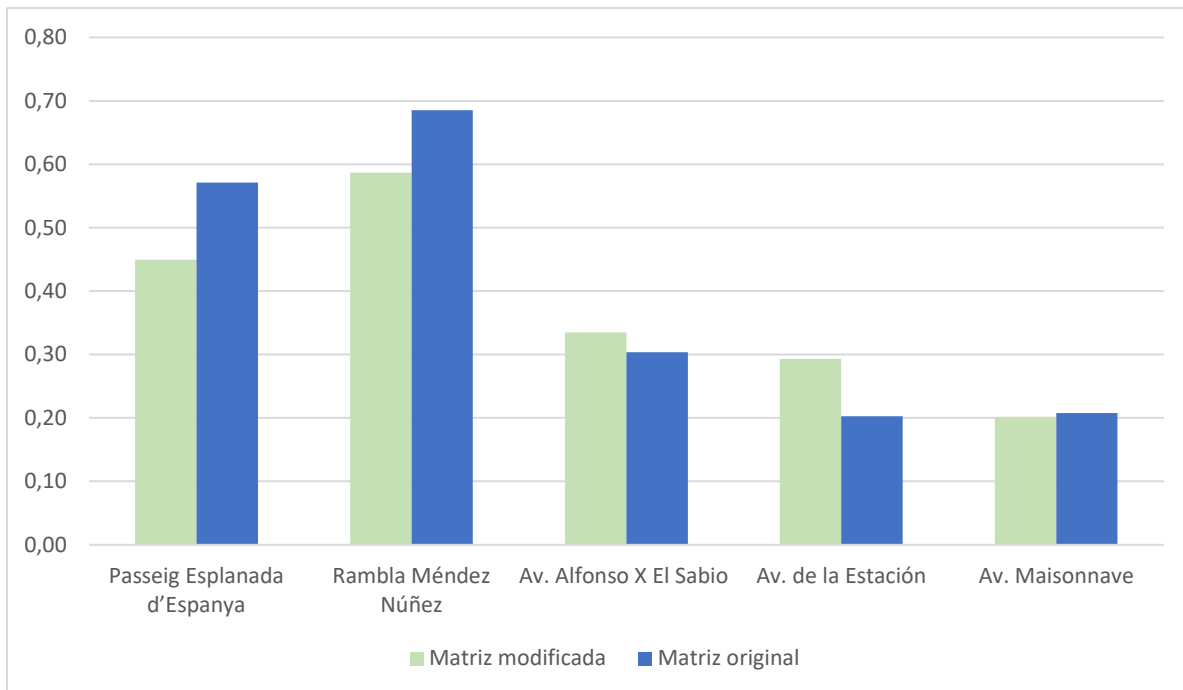


Figura 12. Comparación de los dos enfoques de matrices.

6 Conclusiones y líneas futuras de investigación.

La metodología que se ha propuesto y desarrollado en este TFM permite localizar posibles ubicaciones de restaurantes de comida rápida en entornos urbanos a través de del método de centro de gravedad, tomando como puntos de referencia los puntos de inertes que afectan de manera favorable la demanda de los productos de venta de un restaurante de comida rápida (Subway). También, plantea seleccionar una de las alternativas de ubicación mediante el uso del enfoque AHP (Saaty, 1990), con el que se evalúan y ponderan los factores que perturban el rendimiento del negocio. Se han obtenido, por tanto, las siguientes conclusiones:

- La utilización de un sistema de información geográfica (GIS) permite analizar de forma espacial los factores que afectan favorablemente a la demanda de productos para distintos puntos de venta.
- El método de ubicación por centro de gravedad es capaz de generar alternativas de ubicación en un mapa geográfico, tomando como entradas los puntos de interés que atraen a clientes de restaurantes de comida rápida.
- La selección de la mejor opción de ubicación de una serie de alternativas se puede jerarquizar con el AHP. Para lograrlo, se deben considerar las opiniones y ponderaciones de los expertos del tema respecto a los factores que afectan al rendimiento económico y el volumen de venta de un restaurante de comida rápida.

A continuación, se indican las líneas futuras de investigación que se han identificado a lo largo del desarrollo de este TFM: (1) desarrollar un sistema de decisión que soporte la metodología propuesta; (2) plantear un modelo de programación matemática que sea capaz de plantear el método de ubicación como una alternativa al método de ubicación por centro de gravedad; (3) aplicar y validar la metodología propuesta en otros casos de estudio; (4) comprobar el resultado teniendo en cuenta la variable de densidad de población en la matriz de ponderación paneada; y (5) desarrollar técnicas que permitan medir la intensidad de los factores más influyentes según la ponderación asignada por los expertos.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar F. (2004) Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos. *Empiria, Revista de metodología de ciencias sociales*.
- Ares F. (2003) Análisis y business plan de una empresa de transporte de mercancías destinada al reparto a grandes superficies y plataformas asociadas. Tesina. Universitat Oberta de Catalunya.
- Carro Paz R., Gómez González D. (2012) Localización de instalaciones. Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Chasco-Lafuente, P. (2000) Modelos de gravitación comercial: una aplicación al anuario comercial de España. Universidad Autónoma de Madrid.
- Chasco Yrigoyen M. (1997) Modelos de determinación de áreas de mercado del comercio al por menor. España. Instituto Lawrence R. Klein.
- Dock, J.P., Song, W., Lu, J.: Evaluation of dine-in restaurant location and competitiveness: applications of gravity modelling in Jefferson County, Kentucky. *Appl. Geogr.* 60, 204–209 (2015)
- Eleconomista.es (2016) El sector de comida rápida creció un 6% en 2016 impulsado por el envío a domicilio (2017). Lugar de publicación: Recuperado de: <http://www.eleconomista.es/distribucion/noticias/8298455/04/17/Economia-La-comida-a-domicilio-impulsa-el-crecimiento-del-6-del-mercado-de-comida-rapida-en-2016.html>
- Garrocho C. (2003) La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servicios. México. Economía sociedad y territorio. El colegio Mexiquense, A.C.
- Huff, D. (1963) A probabilistic analysis of shopping center trade areas. *Land Economics*, 39, 81-90.
- Hurtado, T., Bruno, G. (2005) El proceso analítico jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación en la selección de proveedores para la Empresa Grafica Comercial MyE S.R.L. Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas.
- Ramirez L., Bosque Sendra J. (1998) Localización de Hospitales: analogía y diferencias del uso del modelo P-mediano en SIG raster y vectorial. España. Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid.
- Reilly, W.J. (1931) The Law of Retail Gravitation. Reilly Inc. New York.
- Rodríguez-Sirgado, M. (2011) El consumo de comida rápida. Situación en el mundo y acercamiento autonómico. EAE Business School.
- Saaty, T.L. (1990) How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- Subway international B.V. EURO (2017) Subway International B.V. Franchise Disclosure Document (SIBV-EURO). Holanda.
- Thornton, L.E., Lamb, K.E., Ball, K. (2016) Fast food restaurant locations according to socioeconomic disadvantage, urban- regional locality, and schools within Victoria. *SSM- Population Health*, 2, 1-9.
- Tzeng, G.H., Teng, M.H., Chen, J.J., Opricovic, S. (2002) Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management*, 21(2), 171-187.

Utama, D.N., Putra, M.R., Su'udah M., Melinda Z., Cholis N., and Piquiri A. () SA-optimization based decision support model for determining fast- food restaurant location. *Advances in intelligent Systems Computing*. (Vol 573)

Widaningrum, D.L. (2015) A GIS-based approach for catchment area analysis of convenience store. *Procedia Computer Science*, 72, 511 – 518.

Widaningrum, D.L., Surjandari, I., Arymurthy, A.M. (2018) Visualization of fast food restaurant location using geographical information system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

Anexos

Tabla 14. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa A.

Alternativa (A) Passeig Esplanada d' Espanya							
Coordenadas		Valoración Cuantitativa		$V_i = (\text{factor} * \text{intensidad})$	X*Vi	Y*Vi	
X	Y	Factor	Intensidad				
3222,17	530,06	4	2	8	25777,36	4240,48	
3216,64	552,45	3	2	6	19299,84	3314,7	
3204,88	569,93	4	3	12	38458,56	6839,16	
3170,21	642,01	4	3	12	38042,52	7704,12	
3151,70	710,70	4	3	12	37820,4	8528,4	
3106,75	794,56	4	3	12	37281	9534,72	
2684,59	650,37	3	2	6	16107,54	3902,22	
2626,39	639,47	4	1	4	10505,56	2557,88	
2723,91	683,08	4	1	4	10895,64	2732,32	
2827,82	742,82	4	3	12	33933,84	8913,84	
2849,02	753,35	4	3	12	34188,24	9040,2	
2872,52	760,19	4	3	12	34470,24	9122,28	
2943,80	791,01	4	3	12	35325,6	9492,12	
3013,96	842,75	3	3	9	27125,64	7584,75	
2925,42	806,84	3	3	9	26328,78	7261,56	
2875,79	802,24	3	1	3	8627,37	2406,72	
2917,60	854,40	3	3	9	26258,4	7689,6	
2941,26	862,64	3	2	6	17647,56	5175,84	
2754,94	810,63	3	1	3	8264,82	2431,89	
2966,03	847,57	4	3	12	35592,36	10170,84	
2907,78	825,39	4	3	12	34893,36	9904,68	
2875,75	832,30	4	3	12	34509	9987,6	
2784,35	768,55	4	3	12	33412,2	9222,6	
2876,17	899,49	4	2	8	23009,36	7195,92	
2833,71	802,88	3	1	3	8501,13	2408,64	
2982,77	966,03	2	1	2	5965,54	1932,06	
2719,80	863,20	4	3	12	32637,6	10358,4	
2768,57	999,93	3	2	6	16611,42	5999,58	
2714,22	913,45	3	2	6	16285,32	5480,7	
2792,13	972,46	4	2	8	22337,04	7779,68	
2889,95	995,88	4	2	8	23119,6	7967,04	
2664,97	899,88	2	2	4	10659,88	3599,52	
2608,34	870,04	2	1	2	5216,68	1740,08	
2691,43	851,73	4	3	12	32297,16	10220,76	
2646,48	806,27	4	3	12	31757,76	9675,24	
2705,77	814,25	2	2	4	10823,08	3257	
2724,72	776,87	4	3	12	32696,64	9322,44	
Suma				310	896684,04	244695,58	

Centro de Gravedad (A)	X	2892,53
	Y	789,34

Tabla 15. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa B.

Alternativa (B) Rambla Méndez Núñez						
Coordenadas		Valoración Cuantitativa		$V_i = (\text{factor} * \text{intensidad})$	X*Vi	Y*Vi
X	Y	Factor	Intensidad			
2827,82	742,82	4	3	12	33933,84	8913,84
2849,02	753,35	4	3	12	34188,24	9040,20
2872,52	760,19	4	3	12	34470,24	9122,28
2943,80	791,01	4	3	12	35325,60	9492,12
3013,96	842,75	3	3	9	27125,64	7584,75
2925,42	806,84	3	3	9	26328,78	7261,56
2875,79	802,24	3	1	3	8627,37	2406,72
2917,60	854,40	3	3	9	26258,40	7689,60
2941,26	862,64	3	2	6	17647,56	5175,84
2754,94	810,63	3	1	3	8264,82	2431,89
2966,03	847,57	4	3	12	35592,36	10170,84
2907,78	825,39	4	3	12	34893,36	9904,68
2875,75	832,30	4	3	12	34509,00	9987,60
2784,35	768,55	4	3	12	33412,20	9222,60
2876,17	899,49	4	2	8	23009,36	7195,92
2833,71	802,88	3	1	3	8501,13	2408,64
2646,48	806,27	4	3	12	31757,76	9675,24
2705,77	814,25	2	2	4	10823,08	3257,00
2724,72	776,87	4	3	12	32696,64	9322,44
2557,90	658,95	2	1	2	5115,80	1317,90
2523,47	640,71	4	2	8	20187,76	5125,68
2489,14	685,21	4	1	4	9956,56	2740,84
2497,31	763,16	4	1	4	9989,24	3052,64
2480,58	861,14	3	1	3	7441,74	2583,42
2494,54	911,99	4	2	8	19956,32	7295,92
2346,78	950,78	4	3	12	28161,36	11409,36
2321,99	1005,86	4	2	8	18575,92	8046,88
2401,89	1038,91	4	2	8	19215,12	8311,28
2308,21	1055,43	4	3	12	27698,52	12665,16
2768,71	1037,19	4	2	8	22149,68	8297,52
2854,13	1093,65	4	2	8	22833,04	8749,20
2613,95	988,46	3	2	6	15683,70	5930,76
2532,17	992,11	2	1	2	5064,34	1984,22
2658,14	1020,75	2	1	2	5316,28	2041,50
2598,12	1051,84	4	2	8	20784,96	8414,72
2515,97	1077,63	3	1	3	7547,91	3232,89
2566,74	1107,68	3	1	3	7700,22	3323,04
Suma				283	770744	244787

Centro de Gravedad (B)	X	2723,48
		Y

Tabla 16. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa C.

Alternativa (C) Av. Alfonso X El Sabio						
Coordenadas		Valoración Cuantitativa		$V_i = (\text{factor} * \text{intensidad})$	X*Vi	Y*Vi
X	Y	Factor	Intensidad			
2232,44	1093,99	4	3	12	26789,28	13127,88
2287,54	1127,04	4	2	8	18300,32	9016,32
2316,44	1137,49	2	3	6	13898,64	6824,94
2379,07	1163,67	3	1	3	7137,21	3491,01
2438,79	1219,61	2	2	4	9755,16	4878,44
2535,23	1310,90	3	1	3	7605,69	3932,7
2390,63	1277,61	3	1	3	7171,89	3832,83
2476,33	1313,85	4	1	4	9905,32	5255,4
2445,82	1365,14	4	3	12	29349,84	16381,68
2096,32	1193,16	4	1	4	8385,28	4772,64
2369,43	1329,71	2	2	4	9477,72	5318,84
2493,72	1447,12	2	2	4	9974,88	5788,48
2210,31	1391,01	2	3	6	13261,86	8346,06
2477,06	1469,82	3	2	6	14862,36	8818,92
2456,35	1501,29	3	3	9	22107,15	13511,61
2489,66	1393,14	3	1	3	7468,98	4179,42
2432,59	1490,45	3	1	3	7297,77	4471,35
1890,57	1086,07	2	2	4	7562,28	4344,28
1740,34	1171,58	2	2	4	6961,36	4686,32
1799,26	1199,14	2	2	4	7197,04	4796,56
1754,02	1121,27	3	3	9	15786,18	10091,43
1765,22	1190,87	3	2	6	10591,32	7145,22
1962,35	1265,62	3	2	6	11774,1	7593,72
2111,49	1332,44	3	2	6	12668,94	7994,64
1922,85	1243,44	2	1	2	3845,7	2486,88
2325,06	1432,08	2	1	2	4650,12	2864,16
2151,80	1348,42	4	1	4	8607,2	5393,68
2229,47	1398,41	3	1	3	6688,41	4195,23
1711,65	1217,60	4	3	12	20539,8	14611,2
1777,26	1256,94	4	1	4	7109,04	5027,76
1696,17	1236,69	2	1	2	3392,34	2473,38
1650,44	1389,31	2	1	2	3300,88	2778,62
1941,29	1309,75	2	1	2	3882,58	2619,5
1594,76	1452,98	1	3	3	4784,28	4358,94
1738,05	1425,63	3	1	3	5214,15	4276,89
1833,79	1358,14	3	1	3	5501,37	4074,42
2162,92	1476,37	3	1	3	6488,76	4429,11
2269,20	1450,67	3	2	6	13615,2	8704,02
2299,25	1482,55	3	2	6	13795,5	8895,3
2391,35	1617,17	3	1	3	7174,05	4851,51
2039,96	1350,02	2	2	4	8159,84	5400,08
2029,44	1399,11	2	1	2	4058,88	2798,22
2301,48	1464,80	2	3	6	13808,88	8788,8
2328,29	1589,36	2	1	2	4656,58	3178,72
2202,00	1728,28	2	1	2	4404	3456,56
2112,00	1376,36	3	1	3	6336	4129,08
2191,69	1425,96	4	1	4	8766,76	5703,84
2212,79	1606,14	4	1	4	8851,16	6424,56
2270,16	1474,40	4	3	12	27241,92	17692,8
2218,57	1583,46	4	2	8	17748,56	12667,68
2207,55	1644,05	4	2	8	17660,4	13152,4
2366,96	1501,45	2	1	2	4733,92	3002,9
2358,08	1544,84	2	1	2	4716,16	3089,68
2326,66	1692,74	2	1	2	4653,32	3385,48
2329,15	1760,19	1	3	3	6987,45	5280,57
Suma				257	556663,78	348792,66

Centro de Gravedad (C)	X	2166,01
	Y	1357,17

Tabla 17. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa D.

Alternativa (D) Av. de la Estación						
Coordenadas		Valoración Cuantitativa				
X	Y	Factor	Intensidad	$V_i=(factor*intensidad)$	X*Vi	Y*Vi
1153,46	1245,95	2	1	2	2306,92	2491,9
1174,35	1084,69	2	1	2	2348,7	2169,38
1345,65	1207,06	3	3	9	12110,85	10863,54
1457,28	1173,72	3	3	9	13115,52	10563,48
1434,18	1072,39	3	3	9	12907,62	9651,51
1271,60	993,28	3	1	3	3814,8	2979,84
1305,15	1099,87	4	1	4	5220,6	4399,48
1553,67	1127,72	4	3	12	18644,04	13532,64
1123,74	1067,61	3	1	3	3371,22	3202,83
1504,56	1097,15	3	2	6	9027,36	6582,9
1112,42	932,73	3	2	6	6674,52	5596,38
1210,68	1108,81	2	1	2	2421,36	2217,62
1558,26	1083,14	2	1	2	3116,52	2166,28
1626,11	1038,37	2	2	4	6504,44	4153,48
1595,02	1100,33	3	2	6	9570,12	6601,98
1602,99	1064,84	3	3	9	14426,91	9583,56
1430,99	1015,27	3	2	6	8585,94	6091,62
1587,80	1077,69	4	3	12	19053,6	12932,28
1187,51	946,27	3	2	6	7125,036	5677,62
1684,81	834,27	4	3	12	20217,72	10011,24
1238,02	677,25	3	1	3	3714,06	2031,75
1317,61	676,34	2	2	4	5270,44	2705,36
1263,16	630,09	3	2	6	7578,96	3780,54
Suma				137	197127,256	139987,21

Centro de Gravedad (D)	X	1438,89
	Y	1021,80

Tabla 18. Cálculo del centro de gravedad para la alternativa E.

Alternativa (E) Av. M. Maisonnave							
Coordenadas		Valoración Cuantitativa					
X	Y	Factor	Intensidad	$V_i = (\text{factor} * \text{intensidad})$		X*Vi	Y*Vi
1187,51	946,27	3	2	6		7125,036	5677,62
1684,81	834,27	4	3	12		20217,72	10011,24
1238,02	677,25	3	1	3		3714,06	2031,75
1317,61	676,34	2	2	4		5270,44	2705,36
1263,16	630,09	3	2	6		7578,96	3780,54
1135,45	813,34	3	1	3		3406,35	2440,02
1603,92	700,73	3	1	3		4811,76	2102,19
1814,00	808,37	2	1	2		3628	1616,74
1834,37	708,96	2	3	6		11006,22	4253,76
1639,90	694,01	2	2	4		6559,6	2776,04
1149,71	685,98	2	2	4		4598,84	2743,92
1852,59	720,00	3	1	3		5557,77	2160
1559,14	696,72	3	2	6		9354,84	4180,32
1193,98	668,58	3	2	6		7163,88	4011,48
1486,83	692,33	4	1	4		5947,32	2769,32
1139,01	779,78	4	3	12		13668,12	9357,36
1793,59	662,15	3	1	3		5380,77	1986,45
1365,58	640,34	3	1	3		4096,74	1921,02
1780,16	521,22	3	2	6		10680,96	3127,32
1535,11	415,52	3	2	6		9210,66	2493,12
1765,56	669,72	3	2	6		10593,36	4018,32
1170,50	623,42	3	1	3		3511,5	1870,26
1752,98	526,17	3	1	3		5258,94	1578,51
1160,52	435,93	3	1	3		3481,56	1307,79
1681,84	405,33	3	1	3		5045,52	1215,99
1454,50	366,47	3	1	3		4363,5	1099,41
1735,10	660,03	2	2	4		6940,4	2640,12
1463,12	646,44	2	2	4		5852,48	2585,76
1194,59	631,61	2	2	4		4778,36	2526,44
1150,34	623,33	2	3	6		6902,04	3739,98
1486,48	495,47	2	2	4		5945,92	1981,88
1673,26	483,03	2	2	4		6693,04	1932,12
1645,15	656,25	2	1	2		3290,3	1312,5
1152,39	567,06	2	1	2		2304,78	1134,12
1611,99	438,80	2	1	2		3223,98	877,6
1819,03	427,22	2	1	2		3638,06	854,44
1595,19	374,19	2	1	2		3190,38	748,38
1731,70	363,25	1	3	3		5195,1	1089,75
			Suma	162		239187,266	104658,94

Centro de Gravedad (E)	X	1476,46
		Y

Tabla 19. Matriz pareada de criterios.

	Criterios									Matriz normalizada										Vector Promedio	Vector total	N	IC	IA	RC	Nmax	9,41									
	Salud	Educación	Actividad comercial	Transporte	Actividad Laboral	Volumen personal	Economico	Ocio	Competidores	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03									0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04
Salud	1,000	0,72	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	
Educación	2,000	1,000	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
Actividad comercial	3,000	2,000	1,000	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	
Transporte	4,000	3,000	2,000	1,000	0,2	0,3	0,4	0,6	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	
Actividad Laboral	5,000	4,000	3,000	2,000	1,000	0,2	0,3	0,4	0,11	0,11	0,10	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Volumen personal	6,000	5,000	4,000	3,000	2,000	1,000	0,3	0,4	0,13	0,14	0,14	0,14	0,12	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
Economico	7,000	6,000	5,000	4,000	3,000	2,000	0,4	0,5	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Ocio	8,000	7,000	6,000	5,000	4,000	3,000	0,5	0,6	0,18	0,19	0,21	0,23	0,23	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
Competidores	9,000	8,000	7,000	6,000	5,000	4,000	0,6	0,7	0,20	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35	0,40	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	
Sumatoria	45,00	36,50	28,83	22,08	16,28	11,45	7,59	4,72	2,83	0,20	0,22	0,24	0,27	0,31	0,35	0,40	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	

Tabla 20. Matriz pareada del criterio de salud.

		Criterio de Salud					Matriz normalizada								Vector	Vector	N		
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	total		
Alternativa A	1,000	1/5	1/7	1/3	1/3	1/4	0,05	0,03	0,08	0,02	0,04	0,04	0,07	0,05	0,14	0,19	0,23	5,22	IC
Alternativa B	5,000	1,000	1/3	1,000	6,000	1/2	0,25	0,16	0,18	0,28	0,07	0,71	0,50	2,81	0,98	2,81	5,65	IA	
Alternativa C	7,000	3,000	1,000	1,000	5,000	0,35	0,47	0,54	0,42	0,42	0,71	0,71	0,50	2,81	0,98	2,81	5,65	IA	
Alternativa D	3,000	1/4	1/5	1,000	1,000	0,15	0,04	0,09	0,07	0,05	0,14	0,05	0,08	0,40	0,40	0,40	5,10	RC	
Alternativa E	4,000	2,000	1/5	3,000	1,000	0,20	0,31	0,11	0,21	0,14	0,14	0,19	0,19	1,08	1,08	1,08	5,57	RC	
Suma	20,00	6,45	1,84	14,33	7,08											5,36			

Tabla 21. Matriz pareada del criterio de educación.

		Criterio de Educación					Matriz Normalizada										Vectorial promedio	Vectorial total	N				
Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E																			
Alternativa A	1/2					0,05	0,08	0,06	0,03	0,03	0,05	0,08	0,28	5,64									
Alternativa B	1/1					0,10	0,16	0,07	0,03	0,03	0,08	0,38	4,93										
Alternativa C	1/1	1/8				0,45	1,24	0,54	0,49	0,42	0,63	3,50	5,57										IC
Alternativa D	1/1	1/7	1/2			0,10	0,31	0,08	0,07	0,04	0,12	0,54	4,59										IA
Alternativa E	1/1	1/3	1/1	1/1		0,25	0,78	0,18	0,28	0,14	0,33	1,65	5,06										RC
Suma	19,00	16,50	1,71	13,00	4,65							Nlmax	5,16										0,03334406

Tabla 22. Matriz pareada de criterio actividad comercial.

	Criterio de actividad comercial					Matriz normalizada										Vector promedio	Vector total	N	IC	IA	RC
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E						
Alternativa A	1/1	3/3	5/5	3/3	1/1	0,05	0,15	0,25	0,15	0,05	0,11	0,03	0,02	0,02	0,05	0,14	0,27	5,23			
Alternativa B	3/3	1/1	3/3	5/5	3/3	0,15	0,25	0,47	0,18	0,16	0,18	0,21	0,02	0,07	0,35	0,71	4,96	IC	0,058707137	1,188	
Alternativa C	5/5	3/3	1/1	3/3	6/6	0,25	0,47	0,05	0,54	0,47	0,54	0,42	0,07	0,07	0,07	1,76	5,03	IA			
Alternativa D	3/3	5/5	3/3	1/1	1/1	0,15	0,18	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07	0,03	0,03	0,07	0,40	5,92	RC	0,049416782		
Alternativa E	1/1	3/3	2/2	9/9	1/1	0,05	0,10	0,05	0,09	1,09	1,09	0,35	0,14	0,14	0,62	3,13	5,03				
Suma	20,00	11,67	3,70	15,50	1,95	0,45	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	0,35	0,14	0,14	0,62	3,13	5,23				
																Nilmax					

Tabla 23. Matriz pareada del criterio de transporte.

	Criterio de Transporte					Matriz Normalizada								Vector promedio	Vector total	N		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	0,05	0,05	0,06	0,01	0,04	0,04	0,09	0,23	5,57				
Alternativa A	1,000	0,333	0,909	0,714	0,476	0,15	0,16	0,08	0,02	0,05	0,05	0,44	0,44	4,97	IC	0,043830357		
Alternativa B	3,000	1,000	0,777	2,142	4,117	0,45	1,09	0,54	0,14	0,56	0,56	3,02	3,02	5,43	IA	1,188		
Alternativa C	9,000	7,000	1,000	1,000	3,000	0,35	0,62	0,27	0,07	0,42	0,35	1,85	1,85	5,34				
Alternativa D	7,000	4,000	0,2	1,000	1,000	0,35	0,62	0,27	0,07	0,42	0,35	1,85	1,85	5,34				
Alternativa E	4,000	3,000	0,4	0,73	1,000	0,20	0,47	0,14	0,02	0,14	0,19	0,88	0,88	4,57	RC	0,03689424		
Suma	24,00	15,33	2,00	3,73	8,58								Nitmax	5,18				

Tabla 24. Matriz pareada del criterio de actividad laboral.

		Criterio de actividad laboral					Matriz normalizada										Vector promedio	Vector total	N		
Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Suma	0,05	0,08	2,71	0,28	0,28	0,68	3,74	5,50								
Alternativa A	1/2	5/2	4/2	2/2	17,00	0,10	0,16	2,71	0,28	0,28	0,71	4,77	6,76	IC	0,060664478						
Alternativa B	1/5	1/5	1/2	1/4	5,08	0,01	0,03	0,54	0,03	0,04	0,13	0,66	5,08	IA	1,188						
Alternativa C	1/4	1/4	2/2	1/2	17,00	0,01	0,04	1,09	0,07	0,05	0,25	1,03	4,12	RC	0,051064376						
Alternativa D	1/2	1/2	4/2	3/2	12,50	0,03	0,08	2,17	0,21	0,14	0,52	2,49	4,75								
Suma	3,95	2,45	17,00	12,50	5,58							Nilmax	5,24								

Tabla 25. Matriz pareada del criterio económico.

	Criterio Económico					Matriz Normalizada										Vector promedio	Vector total	N	IC	IA	RC	0,059515175
	AlternativaA	AlternativaB	AlternativaC	AlternativaD	AlternativaE	AlternativaA	AlternativaB	AlternativaC	AlternativaD	AlternativaE	AlternativaA	AlternativaB	AlternativaC	AlternativaD	AlternativaE	0,13	0,58	4,47				
AlternativaA	1,000	0,333	0,500	0,750	0,333	0,05	0,15	0,25	0,42	0,30	0,11	0,18	0,25	0,42	0,13	0,58	4,47	IC	0,070704028	1,188		
AlternativaB	3,000	1,000	1,500	2,250	1,000	0,15	0,47	0,75	0,99	0,46	0,18	0,30	0,47	0,99	0,30	1,38	4,62	IC	0,070704028	1,188		
AlternativaC	5,000	3,000	1,000	1,500	2,000	0,25	0,75	0,50	0,99	0,68	0,54	0,75	0,99	0,68	0,46	2,71	5,93	IA	1,188			
AlternativaD	7,000	4,000	2,000	1,000	1,000	0,35	0,62	1,09	1,27	0,68	1,09	0,07	1,27	0,68	0,68	4,16	6,13	IA	1,188			
AlternativaE	0,333	0,777	0,777	0,750	1,000	0,02	0,02	0,08	0,14	0,05	0,08	0,01	0,14	0,05	0,05	0,28	5,26	RC				
Suma	16,33	8,48	3,68	2,00	27,00											Minmax	5,28					

Tabla 26. Matriz pareada del criterio de volumen peatonal.

	Criterio de volumen peatonal					Matriz normalizada										Vector promedio	Vector total	N	IC	IA	RC
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E						
Alternativa A	1/1	3/7	4/5	2/1	3/5	0.05	0.02	0.11	0.14	0.03	0.07	0.46	6.61								
Alternativa B	7/1	1/1	4/1	6/1	2/1	0.35	0.16	2.17	0.42	0.28	0.68	3.61	5.35								
Alternativa C	5/1	1/4	1/1	3/1	3/4	0.25	0.04	0.54	0.21	0.04	0.22	1.08	5.02								
Alternativa D	1/2	3/6	3/3	1/1	3/5	0.03	0.03	0.18	0.07	0.03	0.07	0.40	6.14								
Alternativa E	5/1	1/2	4/1	5/1	1/1	0.25	0.08	2.17	0.35	0.14	0.60	2.47	4.14								
Suma	18.50	2.06	9.53	17.00	3.65																

Tabla 27. Matriz pareada del criterio de ocio.

	Criterio: Ocio					Matriz Normalizada											Vector promedio	Vector total	N	RC								
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A					B	C	D	E				
Alternativa A	1,000	0,413	0,500	0,714	0,800	0,05	0,47	2,71	0,49	1,27	1,00	6,19	6,20															
Alternativa B	0,413	1,000	0,400	0,300	0,800	0,02	0,16	2,17	0,42	1,13	0,78	3,49	4,48															
Alternativa C	0,500	0,400	1,000	0,300	0,200	0,01	0,04	0,54	0,21	0,71	0,30	1,34	4,46															
Alternativa D	0,714	0,300	0,300	1,000	0,200	0,01	0,03	0,18	0,07	0,28	0,11	0,61	5,39															
Alternativa E	0,800	0,800	0,200	0,200	1,000	0,01	0,02	0,11	0,03	0,14	0,06	0,39	6,25															
Suma	1,79	4,54	10,53	17,50	25,00																							
												Minax	5,36															

Tabla 28. Matriz pareada del criterio de competidores.

		Criterio de Competidores					Matriz normalizada										Vector promedio	Vector total	N		
Alternativa		Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa	0,05	0,05	2,71	0,56	0,99	0,87	3,66	4,19							
Alternativa A	1,000	0,3	5,000	8,000	7,000	0,15	0,16	3,26	0,63	1,13	1,06	6,51	6,12	IC	0,075925141						
Alternativa B	3,000	1,000	1,000	9,000	8,000	0,01	0,03	0,54	0,21	0,28	0,21	1,00	4,69	IA	1,188						
Alternativa C	0,5	0,6	1,000	3,000	2,000	0,01	0,02	0,18	0,07	0,07	0,07	0,43	6,17	RC	0,063910051						
Alternativa D	0,8	0,9	0,3	1,000	0,2	0,01	0,02	0,18	0,07	0,07	0,12	0,62	5,34								
Alternativa E	0,7	0,8	0,2	2,000	1,000	0,01	0,02	0,27	0,14	0,14	0,12	0,62	5,34								
Suma	4,47	1,74	12,83	23,00	18,50							N _{max}	5,30								