

[193018] Algoritmo generador de itinerarios turísticos personalizados aplicado a destinos turísticos poco frecuentados. Caso de estudio: Ipiales, Nariño

Daniela Alejandra Medina Venegas^{a,c}, Paula Alejandra Nossa Torres^{a,c}, Felipe Novoa Parra^{a,c}, Laura Camila Obando Ramirez^{a,c}

Javier Niño Toro^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial
^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen de diseño en Ingeniería

Traveling offers the possibility of discovering the authentic identity of the destination country. This identity is not always found in renowned cities and great metropolises. There are multiple less frequented tourist destinations (LFTD) that preserve the cultural heritage and tradition of old generations in Colombia. Unfortunately, these destinations have a lot of difficulties centralizing information about their tourist offer and providing route options. The process of generating route options takes a lot of effort creating, combining, and evaluating optimized routes according to user's restrictions, especially in a LFTD. Therefore, the process of planning a trip to a LFTD is complex for a tourist who does not have time to evaluate, research, combine and define multiple alternatives that meet their requirements.

This study proposes an algorithm that generates personalized tourist itineraries (AGPTI) for based on the Tourist Trip Design Problem (TTDP) and its implementation on a web prototype. The AGPTI automatically generates itineraries with a planning horizon of maximum three days in the LFTD Ipiales- Nariño. This tool facilitates access to information about the offer of that destination to the tourists and provides them an itinerary according to their preferences and restrictions. The project began with the identification of the tourist offer with its main Tourism Service Providers (TSP). In addition, the AGPTI only uses the TSP that suits the quality standards: the National Registry of Tourism and the commercial registry. Then, descriptive and parametric statistical methods were used to obtain the demand characterization. These methods were based on the bibliographic research on the behavior of tourists in the LFTD. Once the profiling was obtained a test was carried out to verify the correlation between variables, concluding that tourists that visit this destination do not differentiate between one profile and another. All key factors mentioned above were included in the algorithm.

The AGPTI was designed and programmed using optimization techniques such as Greedy, Local Search and Tabu. These Metaheuristics use an Objective Function that maximizes tourist satisfaction which includes: Points Of Interest score (POIs), reduction of dead times of the route and time and money savings. To validate the results a feasibility file was used in which 50 scenarios with different parameters were tested showing 96% feasible cases. The development of the web prototype required the interconnection between the AGPTI and a web interface so tourists can enter their information and requirements in a friendly way. Therefore, Google App Script based on JavaScript language was used for the information programming and processing of the AGPTI. The unified prototype was validated to comply with the ISO 25010 standard and was tested with 100 people who evaluated its operation. The average time obtained for the generation and delivery of the itineraries was 15 minutes. Likewise, 80.5% of the final itineraries matched the real tourist preferences during these tests.

However, there were limitations due to public health contingencies that complicated the prototype testing with the required sample size. This caused the level of sample confidence to decrease from 95% to 62.27%. Furthermore, there were limitations regarding the software's processing capacity and project developing time. Finally, a cost analysis was carried out and a total design cost of \$9.854.971 COP for the prototype was obtained. As a global result to be highlighted, this study applies to any tourist destination, facilitates access to information and simplify the process of planning a trip to a LFTD. Future research could promote and encourage tourism in these forgotten regions of Colombia.

The following diagram shows the organization of the document, the process and the results obtained in each of the objectives. Starting with objective 1 and 2 which will be the inputs to objective 3 (algorithm coding) and ending with the evaluation of concordance and costs of the prototype.

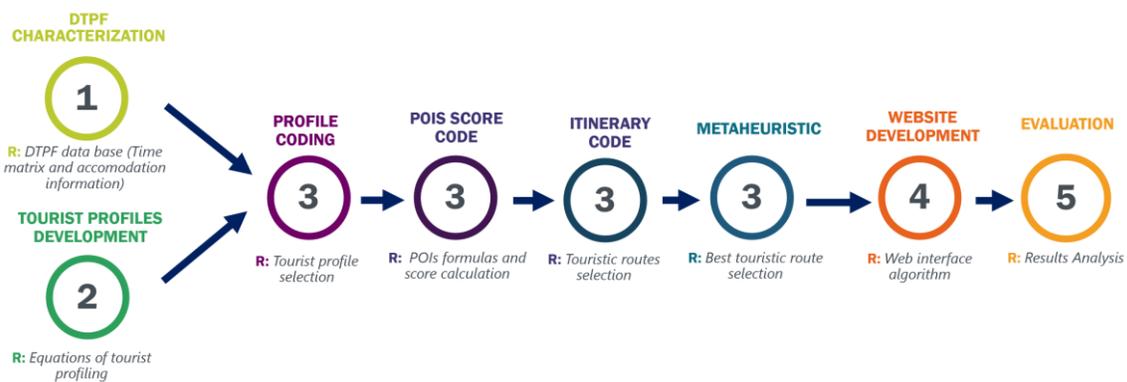


Figura.1 Objectives-based design. Autoría propia.

Key words: Tourism, personalized itineraries, Algorithm, Ipiales Nariño, tourist profiling, web prototype.

1. Justificación y planteamiento del problema

Colombia cuenta con gran variedad de destinos turísticos que se destacan por su diversidad en cultura, naturaleza y experiencias. Según MINCIT (2019), el 72,64% de visitantes extranjeros viajan a Colombia por vacaciones, recreo y ocio. En la actividad del turismo la mayoría de los viajeros buscan estar informados sobre la oferta que brindan los Prestadores de Servicios Turísticos (PST) del lugar, y seleccionarlos de acuerdo con requerimientos: oportunidad, precio, calidad, y demás. Existen PST que ofrecen servicios como los siguientes: transporte, atractivos, alojamiento, alimentación, información, entre otros (Ascanio, 1991). En este sentido, la elección adecuada de estos es necesaria para que el turista tenga una experiencia satisfactoria durante su estadía en el destino.

Los turistas tienden a seleccionar sus Puntos de Interés (POI, por sus siglas en inglés) según prioridades y preferencias a partir de disponibilidades de tiempo y presupuesto, posteriormente, deciden el tiempo del que dispondrán para visitar cada uno y eligen una ruta entre los puntos. Lo anterior hace que la planeación de un viaje sea una actividad que requiere la combinación de diferentes variables y criterios para tomar decisiones al momento de diseñar un itinerario, esto se traduce en tiempo y esfuerzo para el viajero. Ahora bien, según (ANATO, 2019) el tiempo promedio de planeación de un viaje de duración aproximada de 13 días es alrededor de un mes y medio, lo que es un tiempo considerable y del cual se ve la necesidad de ser reducido, manteniendo los gustos y expectativas del viajero.

Si el turista no cuenta con una herramienta que le ayude a facilitar su proceso de toma de decisiones para construir un itinerario de viaje, de acuerdo con sus preferencias y disponibilidades, puede:

“Administrar inadecuadamente los recursos de presupuesto y tiempo, tener dificultad para optimizar la distancia del viaje, utilizar mayor tiempo del requerido para recorrer el destino, omitir sitios importantes de la ruta, exceder gastos y/o carecer de información valiosa para tomar una decisión” (Mancilla, 2013).

En el contexto del turismo, debido al desarrollo y uso de las Tecnologías de la Información (TIC), la manera de conseguir la información se ha convertido en un proceso menos tedioso, es por eso que actualmente “es habitual que el cliente se preocupe por adquirir los productos que necesita de una manera rápida y eficiente, invirtiendo en ello el mínimo esfuerzo y sintiéndose satisfecho como consecuencia del resultado que obtiene” (Rodríguez, 2006). Por esto, los prestadores de servicios turísticos deben preocuparse por brindar resultados en el menor tiempo posible y mediante procesos sencillos y rápidos.

Ahora bien, en cuanto a la selección del destino y los POI, los turistas se basan en información de diferentes fuentes como artículos de revistas, periódicos y guías disponibles, y actualmente, la mayoría se basa en sitios web y/o aplicaciones móviles. Con respecto a estos últimos, las personas suelen utilizar una aplicación móvil para alguna de las etapas de un viaje: ya sea en la planeación, durante o después. Específicamente, para la etapa de planeación, es común que se use internet para buscar información del destino, las actividades que este ofrece y los PST disponibles, para así, armar posibles itinerarios que de acuerdo con Cisne (2011) son una forma individual y personal de organizar los deseos y experiencias de los viajeros.

En el contexto colombiano, la gran mayoría de las personas suelen planificar su viaje autónomamente. Según cifras del Fondo Nacional de Turismo (2012), los turistas del continente americano que deciden viajar a Colombia arman paquetes por su cuenta en la misma proporción en la que los compran a través de agencias de viajes. Lo anterior indica que hay una demanda significativa de personas cuyas necesidades no coinciden con la oferta de las agencias de viaje u otro tipo de intermediarios, ya sea porque las actividades ofrecidas en los paquetes no son de su agrado o debido a los costos de estos. Como consecuencia, tienden a organizar y planear su viaje con itinerarios diseñados por ellos mismos, puesto que los servicios de las agencias rara vez son flexibles a modificaciones, y en la mayoría de los casos no tienen ningún criterio diferenciador para los turistas, por lo que ofrecen un itinerario estándar para todos los viajeros.

Los PST de los destinos turísticos colombianos procuran contar con instalaciones y servicios diseñados para satisfacer las necesidades del turista. Sin embargo, en ocasiones, estas necesidades no son atendidas de manera adecuada ya que algunos turistas acceden a servicios que no cuentan con la calidad esperada, en parte debido a la informalidad de los PST que según (Restrepo, 2018), para finales del 2018 era del 70,82% con relación al total de empresas en el sector. Esta informalidad puede generar inseguridad y estafas, ya que no se cuenta con regulaciones que garanticen la fiabilidad y calidad del servicio prestado. Con esta problemática, es recomendable que el viajero consulte si los PST escogidos cuentan con el Registro nacional de turismo (RNT), el cual es un requisito para que un PST opere en este país. Esta problemática puede ocasionar la pérdida de clientes y la imagen del destino, afectando a los PST y a la comunidad del sector.

Por otra parte, de acuerdo con (FONTUR, 2012) la concentración de turistas internacionales en Colombia se centra en destinos como: Bogotá, Cartagena, San Andrés y Santa Marta. Con respecto a los turistas nacionales, estas ciudades también son las elegidas con mayor frecuencia para visitar. Para estos destinos, se puede encontrar gran variedad de información y paquetes de la oferta turística, sin embargo, Colombia cuenta con Destinos Turísticos Poco Frecuentados (DTPF) que, a pesar de tener potencial turístico, ofrecen información insuficiente o nula, por lo que al viajero le resulta complicado acceder a esta.

En los estudios Diagnóstico de competitividad del turismo en Boyacá (Colombia) (Rodríguez & Granados. P, 2017) y Documento regional para promover el desarrollo sostenible del golfo de Morrosquillo, islas de san Bernardo e isla fuerte publicado por el Departamento Nacional de Planeación (2010), destinos considerados como DTPF, se encontró que una de las principales carencias del turismo en estos destinos es el acceso a la información de oferta y demanda. En cuanto a la oferta, los PST no cuentan con páginas web ni se asocian con plataformas de turismo (Trivago, Despegar, Booking, entre otras) para dar a conocer su información. A pesar de que se puede encontrar cierta información en la página web de las alcaldías municipales de las regiones, los turistas no suelen visitar este tipo de páginas. Con respecto a la demanda, usualmente no se ha estudiado la segmentación o perfilamiento de turistas que visitan dichos destinos. Por lo anterior, se identifica una necesidad de centralizar la información de estos DTPF y realizar un perfilamiento de los turistas para ofrecer un producto turístico adecuado y de calidad para el mercado potencial.

Como conclusión, los turistas buscan que los POI a visitar de un destino se acomoden a sus características y preferencias, sin que la planeación y organización de un viaje se convierta en un proceso tedioso, especialmente si se trata de un DTPF debido a la escasez de un sistema que reúna la información actualizada de servicios como alojamiento, actividades, restaurantes, entre otros.

En consecuencia, se realiza el cuestionamiento: ¿Cómo se puede facilitar el proceso de la planeación de un viaje personalizado a un DTPF, al centralizar la información de la oferta turística de calidad y asignar la

ruta a seguir durante la estadía en el menor tiempo posible, buscando que el resultado concuerde con las preferencias del turista?

2. Antecedentes

Existen diversas herramientas tecnológicas que facilitan la planeación de un viaje a los turistas que prefieren organizarlo por su cuenta. Algunos casos relevantes son Google Trips, Airbnb, Trivago, Booking, Despegar.com, Aroundme, Tripadvisor, Foursquare, Yelp, entre otros. Todos ellos se apoyan de las TICs para facilitar la oferta de destinos, pero solo algunas herramientas van más allá y ofrecen itinerarios a sus clientes.

En el año 2014 Visit a City Ltd desarrolló una herramienta en la que los usuarios, al ingresar el nombre de una ciudad, dentro de una base de datos de 3.500 disponibles (a septiembre de 2019) pueden seleccionar entre posibles itinerarios preestablecidos según el tiempo disponible. Esta herramienta, enfocada en destinos turísticos mundialmente reconocidos y muy visitados, según (Visit a City, 2019) facilita al usuario el proceso de buscar las actividades, el orden en el que se deberían realizar y la forma de llegar de un lugar a otro, así como la posibilidad de realizar cambios tales como eliminar, cambiar una actividad por otra o agregar un descanso.

Posteriormente, en el año 2016, la empresa Sygic lanzó Sygic travel, una herramienta no gratuita capaz de crear un itinerario de forma automática al ingresar el nombre de una ciudad. Además de recomendar los diferentes servicios, actividades relevantes del destino y mostrar la ruta para llegar a los POI, tiene integradas guías turísticas en donde el usuario puede conocer más del lugar que está visitando (Sygic, 2019). Estas herramientas hacen uso del internet y de la información que se les carga de antemano. Sin embargo, si el usuario no cuenta con una conexión a internet en el destino, la aplicación puede funcionar con la información almacenada en el dispositivo previamente.

Para comprender el funcionamiento de estas herramientas se referencia el caso de Sygic, al ser una herramienta guía que proporciona información de los servicios turísticos del destino y una ruta sugerida para visitarlos. Esta plataforma, además de los parámetros ingresados por el usuario, parte de la búsqueda de datos en tiempo real, obtenidos a partir de la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API's) relacionadas con mapeo e información de tráfico, que es la base para calcular la ruta. Estos datos se usan en un modelo de optimización que realiza el ruteo teniendo en cuenta restricciones de localización, ventanas de tiempo, tipo de actividad a realizar y tiempo de servicio. Sygic utiliza la librería JavaScript que permite convertir la información de la base de datos en información útil para el modelo (Geocoding) y hacer la optimización de la ruta. Sygic (2019) indica que posterior a la interpretación de la información y el cálculo de la ruta, se presenta el resultado a los clientes donde Sygic aplica un kit de desarrollo de software que incluye un motor sofisticado para representar datos de mapas y calcular rutas y lo muestra en una interfaz agradable para los usuarios.

En el desarrollo de este tipo de plataformas se consideran dos aspectos fundamentales: la selección de POI según datos obtenidos del usuario y la posterior asignación de ruta. Esta última se soluciona por medio de algoritmos clásicos como el problema del Agente Viajero (TSP), el cual teniendo como parámetros ciudades o lugares, y distancias entre ellas, escoge la ruta más corta visitando todas las ciudades una vez y regresando al punto de origen. Una variante del TSP es el Problema con Ventanas de tiempo (VRPTW), la solución a este problema consiste en el ruteo de un vehículo que tiene una capacidad y debe visitar a los clientes en una ventana de tiempo que según Pérez (2015), establece un horario de servicio permitido para que un vehículo arribe a él. Por otro lado, para el diseño de un itinerario personalizado según varios autores se necesita considerar la selección y ruteo de POI. A continuación, se muestran algunos algoritmos que cuentan con ambos factores:

Primero, Kotiloglu, Lappas, Pelechrinis y Repoussis (2017) publican “Personalized multi-period tour recommendations”, en donde se propone una heurística de búsqueda Tabú que genera rutas basadas en “Collaborative filtering”, la cual hace predicciones acerca de los intereses de los usuarios (POI) según reseñas. Su formulación “Filter first, tour second”, asigna un puntaje a cada POI y tiene en cuenta restricciones temporales tales como máximo de duración de tures, tiempos de viaje y otras restricciones propuestas por los clientes tales como presupuestos, además de maximizar el puntaje acumulado de los puntos de interés asignados en la ruta (Kotiloglu et al. 2017). La heurística es puesta a prueba en dos fases. Primero, comparando los

resultados de los puntajes de los POI asignados con aquellos obtenidos por Tricoire (2010) con su “Algoritmo de búsqueda de vecindad variable” utilizando una base de datos propuesta por este último, obteniendo una leve mejora en dichos puntajes y concluyendo que el algoritmo planteado es competitivo. En la segunda fase, generan un conjunto de datos recopilados por Foursquare de cuatro ciudades (Nueva York, Pittsburgh, San Francisco y Boston) para un viaje de 8 días y evalúan según el uso del tiempo. Kotiloglu et al. (2017) concluyeron que 58,76% del tiempo se usa para visitar destinos, 36,99% en transporte, y 4,25% en tiempo de espera.

Segundo, en “A Personalized Tourist Trip Design Algorithm For Mobile Tourist Guides” Souffriau, Vansteenwegen, Vertommen, Berghe y Oudheusden (2008) proponen una metaheurística combinada con Inteligencia artificial con el fin de tener una aproximación a la solución del TTDP, un problema de planeación de una ruta para un turista que busca visitar diferentes POI en un destino considerando los múltiples criterios en conflicto derivados de las preferencias y limitaciones. La propuesta usa un modelo de espacio vectorial para determinar los POI a seguir en la ruta, y se evaluó con datos reales de la ciudad Ghent, comparando el algoritmo propuesto con Guided Local Search y Domain Transition Graph DTG, dando como resultado que el algoritmo GLS brinda una mejor solución con menor tiempo de procesamiento.

Por otro lado, da Silva, Morabito y Pureza (2018) en “Optimization approaches to support the planning and Analysis of travel itineraries” definen el problema como un Profitable Tour Problem with Priority Prizes (PTPPP, por sus siglas en inglés), en el cual se maximiza el nivel de experiencia de cada cliente según su perfil y minimiza el costo de su viaje. Su diseño propone un modelo basado en programación entera mixta, compuesto por un algoritmo “Branch and cut” en el que se obtienen diferentes opciones de itinerarios, mediante una heurística Tabú. En este modelo para obtener los parámetros de entrada de casos reales se usaron técnicas estadísticas como el análisis de correspondencia multivariante (da Silva, Morabito, y Pureza 2018). Para este algoritmo los resultados con instancias generadas aleatoriamente muestran que la programación lineal y el algoritmo Tabú obtienen soluciones de alta calidad; además, entre mayor sea el número de atracciones que se ingrese como dato de entrada el modelo obtiene soluciones de mejor calidad más rápido.

Por último, Descamps-Vila, Casas, Conesa & Pérez-Navarro (2012) proponen el proyecto Itiner@, un asistente off-line para rutas turísticas personalizadas, basándose en los gustos del usuario, y teniendo en cuenta ventanas de tiempo. En el diseño del algoritmo se crean parejas de POI, se asigna una zona geográfica y los nodos a visitar según distancias. Posteriormente, se usa backtracking o Vuelta atrás en una matriz de adyacencias, en donde se evalúan posibles candidatos incrementalmente y retrocede cuando el candidato no genera una solución válida para encontrar una ruta aceptable (Descamps-Vila et al. 2011). Esta solución permite seleccionar el punto de origen de la ruta y si está viajando solo o en compañía de su pareja, familia o amigos.

Por lo anterior, se muestra que si se ha abordado la problemática de generación de itinerarios personalizados con distintas restricciones. Sin embargo, los aplicativos existentes (Visit a City, Sygic) brindan un itinerario estándar (no personalizado) flexible a cambios y, además, no se han aplicado a destinos turísticos poco frecuentados. De esta manera, se destaca que existe una gran oportunidad de investigación y desarrollo en estas regiones.

Para la realización de este proyecto, se propone un prototipo basado en una solución al problema TTDP con formulación propuesta por Kotiloglu et al. (2017) “Filter first, tour second” con variaciones en los métodos de selección de POI y asignación de rutas personalizadas. La selección se hará mediante la asignación de un puntaje que tiene en cuenta dos criterios: un levantamiento de información exhaustiva de la oferta turística y el análisis por medio de métodos estadísticos para el perfilamiento de los turistas. En cuanto a la asignación de rutas, se desarrollará un algoritmo basado en heurísticas mencionadas anteriormente maximizando el puntaje obtenido de los POI asignados y teniendo en cuenta restricciones de tiempo y presupuesto. Adicionalmente, se contará con una interfaz en la que el usuario podrá ingresar parámetros y visualizar los resultados del algoritmo.

3. Objetivos

Diseñar un algoritmo que le genere al turista un itinerario personalizado en el Destino Turístico Poco Frecuentado (DTPF) Ipiales-Nariño al centralizar la información de la oferta turística de calidad, ofrecida mediante un prototipo de plataforma web.

1. Realizar la caracterización del DTPF a través del inventario de las entidades claves de su producto turístico y seleccionar los PST a incluir en el modelo.
2. Realizar el perfilamiento del turista que visita el DTPF.
3. Diseñar y codificar el Algoritmo Generador de Itinerarios Turísticos Personalizados (AGITP) para el DTPF.
4. Desarrollar el prototipo de un sitio web que permita la interacción con el usuario utilizando el AGITP.
5. Evaluar los costos del prototipo y la concordancia de los resultados obtenidos por el AGITP con las preferencias reales del usuario.

4. Descripción y desarrollo de objetivos

4.1. Realizar la caracterización del DTPF a través del inventario de las entidades claves de su producto turístico y seleccionar los PST a incluir en el modelo.

4.1.1. Metodología

El MINCIT (2010) afirma que la realización de un inventario turístico es el proceso por el cual se registran ordenadamente los factores materiales e inmateriales que sirven para elaborar productos turísticos de una región. Según Medlik & Middleton, citado por (Moreno y Coromoto 2011), el producto turístico es “el conjunto de todos los servicios que el turista recibe (alojamiento, recreación, transporte y restaurantes)”. En concordancia, para el aprovechamiento efectivo de un destino turístico, y por ende la satisfacción del turista, no solamente se requiere disponer de establecimientos físicos, sino también la selección y diferenciación de sus ofertas de calidad.

Al seleccionar Ipiales como objeto de investigación de este trabajo, fue necesario realizar el inventario de la oferta existente con sus principales características, evaluarla y seleccionar los atractivos materiales e inmateriales que conformarán la ruta turística producida por el AGITP y dentro de ella los principales PST.

Para desarrollar el objetivo de disponer del inventario turístico de Ipiales, se realizó un proceso de recolección de información de la oferta turística existente conformando una base de datos; para ello, se realizó previamente la búsqueda de todos los establecimientos, atractivos y lugares que posiblemente requiera un turista utilizando Google Maps, una herramienta tecnológica que permite la visualización de mapas con ubicaciones exactas, a través de la cual se puede establecer la distancia que existe entre dos puntos, así como las condiciones de tráfico en tiempo real. Los lugares se seleccionaron según las leyes de turismo (300 de 1996, 1101 de 2006, y 1558 de 2012), que los clasifican en las siguientes categorías: Establecimientos de alojamiento, gastronomía, bares y negocios similares. Adicionalmente, se levantó la información de tiendas, supermercados, hospitales, peluquerías, entre otras.

Se realizó un viaje a la ciudad de Ipiales con el fin de verificar y actualizar la información existente y agregar a la base de datos aquellos establecimientos no incluidos en las fuentes consultadas, debido a que la información de algunos de ellos no se modifica hace más de seis años y no todos son publicados en la web. Debe anotarse en este punto que los integrantes del grupo tienen facilidad de acceder a información relevante para el estudio, este factor contribuyó para que el proceso fuera más eficiente y confiable.

Para la obtención de información de establecimientos de alojamiento, se realizaron llamadas con el fin de conocer la capacidad, tarifas por noche según el número de personas y servicios con lo que estos cuentan. La selección de los hoteles a incluir en el modelo requirió la verificación del Registro Nacional del Turismo (RNT) vigente en la página Registro Único Empresarial y Social (RUES). En el caso de los restaurantes se verificó el Registro Mercantil vigente en la misma fuente. Las actividades turísticas no fueron objeto de

exclusión, debido a que la mayoría de ellas corresponden a atractivos turísticos de tipo natural que no requieren cumplir requisitos legales.

La valoración de los hoteles tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Cantidad de servicios (Wifi, parqueadero, desayuno, etc.)
2. Estética y reconocimiento (según comentarios y recomendaciones de los nativos y visita presencial a cada hotel) en una escala de 1 a 4 siendo 1 mala estética y reconocimiento y 4 excelente estética y reconocimiento.
3. Ubicación, sector e infraestructura (Según la estratificación del sector en el cual está ubicado) en una escala de 1 a 4 siendo 1 el estrato más bajo y 4 el estrato más alto

Teniendo en cuenta lo anterior se diseñó la siguiente ecuación para clasificarlos según el puntaje obtenido:

$$\text{Puntaje hoteles} = \text{Número de servicios} + \text{Estética y reconocimiento} + \text{Ubicación, sector e infraestructura}$$

Ecuación 1.: Puntaje Hoteles. Autoría propia.

Con relación a los restaurantes, se realizaron cotizaciones para obtener información relacionada con el precio de desayuno, almuerzo y cena para posteriormente clasificarlo en un rango de precios establecido por el grupo de investigación. La identificación de las actividades turísticas se obtuvo gracias a la información disponible de la página de la Alcaldía Municipal de Ipiales, la cual publica las actividades culturales y sitios más representativos de la ciudad. Adicional a esto, también se interrogaron agencias de viajes y actores relacionados con el turismo local (guías turísticos) acerca de la duración aproximada de un turista en las actividades más concurridas y se complementó con nuevas actividades sugeridas por ellos.

Adicional a lo anterior los restaurantes y actividades se codificaron según a la categoría que corresponde, las cuales fueron definidas por el grupo de investigación, y tienen un horario respectivo, como se observa en la *Figura 2*, esto con el fin de facilitar el desarrollo del AGITP (explicado más adelante).

Código	Significado	Horarios
RA	Restaurantes con almuerzo	11:00 am- 5:00 pm
RAC	Restaurantes con almuerzos y cenas	11:00 am-11:00 pm
RC	Restaurantes con cenas	5:00 pm-11:00pm
N	Bar-restaurante o discoteca (Nocturno)	5:00 pm-11:00pm
P	Actividad turística	7:00 am- 7:00 pm
V	Actividad turística con almuerzo	7:00 am-9:00am (hora de ingreso)

Figura 2: Códigos asignados a los POIs. Autoría propia.

Finalmente, para la construcción de la matriz de tiempos entre hoteles, restaurantes y actividades turísticas se investigaron los tiempos con API de GoogleMaps en automóvil desde Google Drive, utilizando las coordenadas geográficas de cada uno de los POIs identificados teniendo en cuenta las restricciones viales de la ciudad. Debido a las condiciones de los DTPF, y teniendo en cuenta que Ipiales, en particular, es una ciudad intermedia poco congestionada, se estableció que es **coherente** disponer de una base de datos estática para poder encontrar la mínima distancia entre los puntos de interés y obtener una ruta óptima para el itinerario del turista. Esta decisión se fundamentó en la poca variación de tiempos de viaje (Ver *Anexo 1*), razón por la cual **es viable utilizar una herramienta estática en este proyecto para hacer cálculos en tiempo real que no variarán resultados a través del día.**

4.1.2. Resultados de cumplimiento

Se centralizó la información de la oferta turística de calidad en Ipiales-Nariño, para esto, se verificó la existencia del RNT vigente para los hoteles, identificando 55 de 146 establecimientos que cumplieron con esta condición. Con respecto a los restaurantes, se verificó la existencia y vigencia de su Registro mercantil, obteniendo como resultado 52 establecimientos de los 92 existentes que cumplen con este registro.

Por lo anterior, la base de datos que fundamenta este estudio cuenta con 132 establecimientos discriminando para cada uno de ellos los siguientes campos:

1. **Alojamiento:** Nombre, dirección, coordenadas geográficas, teléfono, descripción, precio por número de personas, servicios (wifi, parqueadero, tv, baño, desayuno incluido, caja fuerte).
2. **Alimentación:** Nombre, coordenadas geográficas, dirección, descripción, teléfono, precio por desayuno, almuerzo y cena.
3. **Atractivos turísticos/ actividades:** Nombre, coordenadas geográficas, duración de la actividad, precio y descripción.

Con lo anterior, se construyó una base de datos fundamental para la obtención de puntajes de los POIs, el desarrollo del AGITP y el formato de salida entregado a los turistas, al igual que la matriz de tiempos, la cual indica la duración en minutos del desplazamiento entre cada uno de los POI escogidos. Esta base de datos servirá como la entrada al AGITP y mediante esta se cumple con el requerimiento de incluir en el algoritmo los POIs de alojamiento, alimentación y atractivos turísticos.

La base de datos y la matriz de tiempos resultante se muestra en el *Anexo 2*.

4.2 Realizar el perfilamiento del turista que visita el DTPF.

4.2.1 Metodología

Continuando con la ruta de ejecución del AGITP, después de haber realizado un inventario de los recursos, atractivos turísticos y PST del DTPF, como identificación de la oferta existente, se procedió a continuación, y como fase 2, a la caracterización de la demanda de dicho destino, que consiste en identificar a los turistas y realizar un perfilamiento de estos. Para ello, se procedió a reconocer el tipo de investigación procedente, estructurar su ejecución, obtener sus resultados y con ellos disponer de otro insumo indispensable para continuar con el diseño técnico del AGITP.

A. Caracterización de la demanda

El estudio de caracterización de la demanda del DTPF realizado para la ciudad de Ipiales se constituyó como una combinación de tres tipos de investigación planteadas por Sampieri (como se citó en Campos, 2017): investigación exploratoria, la cual sirve para visualizar a grandes rasgos la situación del problema, investigación descriptiva usada para especificar las propiedades del objeto de estudio, investigación correlacional que permite analizar, evaluar y describir los tipos de relación que existen entre los conceptos, rasgos o variables. Con respecto a lo anterior se realizó una revisión de fuentes de información secundarias, tales como estudios realizados por expertos, pero también debiendo recolectar información en donde ocurre el fenómeno de estudio (el turismo), e interactuando directamente con los turistas, a través de un instrumento de investigación técnicamente diseñado (la encuesta), acorde a las variables y constructos que definan el objeto de estudio, para posteriormente realizar el análisis pertinente a través de la estadística descriptiva, inferencial y paramétrica y la utilización de alguna herramientas tecnológicas como SPSS y Excel. A continuación, se estipulan estos procesos llevados a cabo.

B. Fuentes, selección de variables, diseño del instrumento y muestreo

Para la investigación exploratoria se realizó una revisión de fuentes secundarias con el fin de identificar los atributos o cualidades que valoran los viajeros de los servicios turísticos, y con ello se elaboró una síntesis de 40 fuentes bibliográficas con las respectivas conclusiones de sus estudios (Ver *Anexo 3*). Como síntesis de los hallazgos de esta revisión se encontró que las valoraciones del turista son muy diversas, dependiendo del tipo de viajero; estas pueden verse influenciadas por las características del lugar, el tipo de atención, la calidad del servicio y, sobre todo, si su experiencia y sus expectativas, fueron satisfechas.

Una de las variables a destacar es la compañía que el turista tuvo en su experiencia. Así, un turista que viaja con su familia tiene prioridades distintas a un turista que viaja solo, con su pareja, con sus compañeros laborales o con sus amigos. Del Anexo 3 se concluye que las motivaciones o causas que generan el viaje dependen de las características propias del turista, tales como: edad, género, procedencia y, como ya se anotó, la composición del grupo de viaje. Por esto, para aumentar la satisfacción y posibilidad de retorno, se debe tratar de conocer suficientemente los tipos de segmentos de turistas que visitan el destino, con el fin de crear ofertas para cada uno de ellos. Así mismo, variables complementarias, tales como el tiempo de permanencia, tipo de alojamiento y el número de personas con las que visita el destino, entre otras, resultan indispensables para conocer las preferencias individuales de cada perfil turístico.

Con estos parámetros identificados en las fuentes secundarias se procedió con la investigación cuantitativa, señalando la ausencia total de fuentes de información locales, por lo cual se recurrió a la recolección directa de información por medio de técnicas de muestreo probabilístico; para ello, se realizaron encuestas a turistas de esa ciudad, llevadas a cabo durante la época comprendida entre el 15 de diciembre de 2019 y el 15 de enero de 2020, correspondiente a la temporada de vacaciones de fin y comienzo de año, período de grandes afluencias de turistas procedentes de Nariño, Ecuador y del resto de Colombia. El instrumento de investigación aplicado se diseñó con fundamento en el análisis cualitativo ya descrito, el apoyo de expertos locales y la metodología estándar propuesta¹ por la OMT (como se citó en Sancho Pérez 2001). Es pertinente destacar que en la encuesta se incluyen preguntas referidas a las características etnográficas del turista, pero también a su comportamiento y experiencia, así como a las valoraciones del destino, la satisfacción obtenida, entre otros. Las preguntas, variables correspondientes, su atributo y naturaleza se muestran en el cuadro de mando del Anexo 4.

Con el propósito de establecer el tamaño de la muestra a la cual se debía aplicar la encuesta turística, se procedió a averiguar algunas fuentes cuantitativas. En los archivos estadísticos de (Corpolajas, 2019) se reporta, que para el año 2018, el teleférico de Las Lajas fue visitado por 105.423 turistas y el Santuario de Las Lajas, considerado el atractivo turístico más importante de Ipiales, por más de 750.000 personas; así mismo, (Cámara de Comercio, 2019), estimó que Ipiales tuvo 400.976 visitantes extranjeros en 2018. Teniendo en cuenta lo anterior, se calculó el tamaño de muestra, como se observa en la Figura 3, dando como resultado 385 turistas a encuestar.

Inicialmente, se verificó la fiabilidad del instrumento mediante encuestas de prueba a 15 participantes (Ver Anexo 5), solicitándoles que calificarán de 1 a 5 la relevancia de cada pregunta para la segmentación del mercado turístico de Ipiales, Nariño (siendo 1 poco relevante y 5 muy relevante). Los resultados (Ver Anexo 6) fueron sometidos a un análisis de fiabilidad usando como estadístico el Alfa de Cronbach, el cual sirve para estimar la confiabilidad de una prueba a partir de la suma de varias mediciones. Según (Gliem. J & Gliem. R, 2013) un valor del Alfa de Cronbach de 0.7 es aceptable y de 0.8 es bueno. Para este estudio, el estadístico tuvo un valor de 0.799 como se muestra en el Anexo 7, lo que estadísticamente significa que el instrumento es fiable.

Posteriormente, las encuestas se aplicaron personalmente a 425 turistas con el método aleatorio simple, mediante la generación de números aleatorios para seleccionar el turista a encuestar, en diferentes lugares de la ciudad donde hay mayor concentración de turistas (Por ejemplo: Santuario de las Lajas y el centro de la ciudad), utilizando la herramienta “Formularios de Google” (Ver Anexo 8). Se ofreció un incentivo por cada encuesta respondida, el cual era una entrada al Teleférico de las Lajas o una entrada a Piscina del Centro Recreacional Mistares. Los resultados (Ver Anexo 9) se trasladaron a Excel donde los datos fueron depurados, resultando 385 encuestas válidas, coincidente con el n requerido, para luego introducirlos al software SPSS IBM donde se codificaron con el fin de realizar el análisis estadístico respectivo. En la Figura 3 se sintetiza la ficha técnica de la encuesta.

¹ Participación de los directivos de la empresa Corpolajas (Institución líder en el turismo de esa región)

Tipo de encuesta	Encuestas personales	Ecuación
Tipo de cuestionario	Estructurado en 28 preguntas	$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2}$
Población	Turistas de Ipiales Nariño	
Tamaño de la población	>100000 turistas	
Tamaño muestral	385	
Procedimiento de muestreo	Aleatorio	
Error muestral	p=q=0,5,z=1,96,e=5%	
Trabajo de campo	Diciembre 2019. Enero 2020	

Figura 3: Ficha técnica encuesta. Elaboración propia.

C. Tratamiento Estadístico para la segmentación de turistas: Análisis de conglomerados y Regresión logística binaria

Para el procesamiento de datos, inicialmente se utilizó la estadística descriptiva e inferencial. El análisis descriptivo se incluye en el *Anexo 10* y en él se destacan los comportamientos de cada una de las variables de la encuesta y sus principales rasgos. Enfocando la atención en la segmentación turística, como objetivo esencial, se determinó el análisis de conglomerados, también denominado análisis de clústeres, como herramienta estadística más pertinente, específicamente el método de Inter grupos, usando como medida la distancia euclídea al cuadrado. Este método se define como una técnica cuantitativa multivariada para identificar conglomerados o segmentos, del cual se obtuvo un dendograma en donde fue posible identificar 8 perfiles (Ver *Anexo 11*). Posteriormente, se realizó una prueba Chi-Cuadrado para determinar si las variables tienen asociación con el perfil analizado (Ver *Anexo 12*). Por último, se realizó una regresión logística binaria tomando como variables independientes aquellas que sí se relacionan con cada perfil analizado (variable dependiente) (Ver *Anexo 13*). El análisis de la prueba y las variables resultantes por perfil se muestran en el *Anexo 14*. En este estudio, a nivel explicativo, se requirió la regresión logística binaria para buscar las verdaderas variables que influyen al perfil de forma multivariada, y a nivel predictivo, se usó para predecir a qué perfil se ajusta una persona al proporcionar una información inicial por medio de la ecuación obtenida. Para el modelo de regresión logística multivariada, la probabilidad de que un sujeto pertenezca al perfil será:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \text{ donde}$$

$$Z = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

x : variables

b : coeficiente del modelo

Ecuación 2: Probabilidad de que una persona pertenezca a un perfil

En el *Anexo 14* Figura 3 se observa el análisis multivariado del Perfil 1, donde la columna B muestra el coeficiente del modelo de regresión logística binaria, el cual ayuda a predecir un resultado en función de las otras variables y el error típico (ET) sirve para formular el intervalo de confianza de esta magnitud. La interpretación de los resultados se hace de la siguiente manera: las variables ordinales y numéricas se interpretaron teniendo en cuenta el Exp (B) que indica la fortaleza de la relación; en otras palabras, entre más grande es la magnitud de este valor, la variable se asocia más al perfil.

En el *Anexo 13* se observa el resumen del modelo donde se encuentran los R cuadrados, estos sirven para conocer en qué medida se puede predecir los resultados del perfil si se consideran las variables significativas. Las ecuaciones de los perfiles resultan:

$\text{Perfil 1} = \frac{1}{1 + e^{-(3,95 - (2,695 \cdot \text{Solo}) - (0,921 \cdot \text{Hijos}) - (0,501 \cdot \text{Frecuencia}) - (0,327 \cdot \text{Galojamiento}) - (0,786 \cdot \text{Gtransporte}))}}$
$\text{Perfil 2} = \frac{1}{1 + e^{-(-29,793 + (0,373 \cdot \text{Galojamiento}) + (1,451 \cdot \text{Gtransporte}) + (0,63 \cdot \text{Gdiversion}) + (0,997 \cdot \text{Gcompras}) - (0,668 \cdot \text{Presupuesto}))}}$
$\text{Perfil 3} = \frac{1}{1 + e^{-(-23,608 + (1,182 \cdot \text{Hijos}) + (1,181 \cdot \text{Casaamigosparientes}) - (2,227 \cdot \text{Nopaselanoche}) + (0,905 \cdot \text{Presupuesto}))}}$

$$\begin{aligned}
 \text{Perfil 4} &= \frac{1}{1 + e^{-(1.532 - (2.382 \cdot \text{Frecuencia}) - (1.670 \cdot \text{Bus}))}} \\
 \text{Perfil 5} &= \frac{1}{1 + e^{-(-5.434 + (0.304 \cdot \text{Edad}) + (1.729 \cdot \text{Bus}) + (1.144 \cdot \text{Nopaselanoche}) - (0.568 \cdot \text{Galojamiento}))}} \\
 \text{Perfil 6} &= \frac{1}{1 + e^{-(-3.069 - (0.802 \cdot \text{Femenino}) - (0.908 \cdot \text{Hijos}) - (0.564 \cdot \text{Numpersonas}) + (3.042 \cdot \text{Familia}) + (3.212 \cdot \text{Pareja}) + (3.831 \cdot \text{Solo}) + (0.597 \cdot \text{Frecuencia}) + (3.707 \cdot \text{Moto}) - (1.556 \cdot \text{VacacionesOcio}))}} \\
 \text{Perfil 7} &= \frac{1}{1 + e^{-(-15.136 - (1.349 \cdot \text{VacacionesOcio}) - (0.445 \cdot \text{Frecuencia}) - (2.691 \cdot \text{Permanencia}) - (2.28 \cdot \text{Hotel}))}} \\
 \text{Perfil 8} &= \frac{1}{1 + e^{-(-6.495 + (4.664 \cdot \text{Cultura}) + (7.075 \cdot \text{Visitaparientesamigos}))}}
 \end{aligned}$$

Figura 4: Formulas de perfiles. Autoría propia

D. Validación de la segmentación

Para la realización de la validación de la segmentación obtenida, se utilizó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (Ver Anexo 15), la cual se utiliza para estudios con más de 30 sujetos como lo plantea (Pedrosa et al. 2015); para esto, se establecen las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0) = No existe asociación entre los datos y la distribución normal
 Hipótesis alterna (H1) = Si existe asociación entre los datos y la distribución normal

El nivel de significancia escogido fue de 0.05, que es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, validado por el valor p, (Triola, 2017). Los resultados de SPSS IBM para todas las variables tomaron valores menores a 0.05, por lo cual, se procede a aceptar la hipótesis nula y a rechazar la hipótesis alternativa y se concluye que los datos de la muestra no siguen, para ninguna de las variables, distribuciones normales.

Se establece entonces que, para la validación de la segmentación de los turistas, es necesario utilizar pruebas de asociación correspondientes a la estadística no paramétrica, porque, tal como lo afirma Matamoros (2020), se constituye como un método adecuado para este tipo de variables, teniendo en cuenta que para estos casos es necesario el estudio de asociatividad entre variables. Se identifica que la prueba pertinente es el coeficiente de Spearman, el cual se define como una prueba estadística no paramétrica que permite medir la fuerza y la dirección de la asociación entre ambas variables ordinales que no siguen una distribución conocida (Matamoros 2020) (Ver Anexo 16). Nuevamente se utilizó la herramienta SPSS IBM, obteniendo una matriz de coeficientes de correlación con valores muy bajos para todas las variables, excepto a dos (correspondiente a edad e hijos), demostrando con esto la débil asociatividad de la mayoría de los factores. Como mecanismo de análisis visual, se tomó la matriz de coeficientes obtenida y se procedió a clasificar por colores los rangos definidos por los autores (Ver Anexo 17) para así, identificar las variables que no están asociadas y obtener los resultados requeridos.

4.2.2 Resultados de cumplimiento

Como resultado se obtuvo 8 perfiles de turistas, cada uno con su respectiva ecuación y variables relevantes. Estas ecuaciones calculadas estadísticamente permitirán predecir a cuál de los 8 perfiles se ajusta mejor un turista a partir del ingreso de los parámetros solicitados, los cuales, en este caso, son la información de las variables relevantes. El análisis descriptivo de los perfiles se muestra en la Figura 5 y se basa en las variables representativas del comportamiento y del perfil del turista: Edad, género, procedencia, motivo de visita, número de personas con las que realiza el viaje, la relación que tiene con estas, la permanencia en el destino, el tipo de alojamiento utilizado, entre otros.

Para profundizar más sobre el análisis descriptivo de cada perfil mirar las infografías del Anexo 18.

Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4
Turistas entre 18 y 24 años, viajan por vacaciones y religión, con 2 familiares con presupuesto entre \$330.000-\$990.000, se quedan en hotel entre 1 y 3 noches	La mayoría son mujeres entre 25 y 34 años, viajan por vacaciones y religión con 3 familiares con presupuesto entre \$330.000-\$990.000, se quedan en hotel entre 1 y 3 noches y algunos no pernactan.	Turistas entre 35 y 64 años, viajan por vacaciones y religión, con 3 familiares con presupuesto entre \$990.000-\$1.650.000, se quedan en hotel y casa de amigos	Turistas entre 18 y 44 años, viajan por vacaciones y religión, con su pareja y familia con presupuesto entre \$330.000-\$990.000, se quedan en hotel entre 1 y 3 noches
Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8
La mayoría son mujeres, viajan por vacaciones y religión, con 2 familiares y amigos con presupuesto entre \$330.000-\$990.000 y menor a \$330.000	Turistas entre 25 y 44 años, viajan por vacaciones, religión y compras, solos y hasta con 2 familiares o pareja, con presupuesto entre \$330.000-\$990.000 y menor a \$330.000, se quedan en hotel y casa de amigos entre 1 y 3 noches	La mayoría son mujeres entre 18 y 44 años, viajan por religión con 2 familiares con presupuesto menor a \$330.000 y no pernactan.	Turistas entre 25 y 44 años, viajan por visita a parientes y amigos, con 2 personas y presupuesto menor a \$330.000, se quedan en casa de amigos entre 1 y 3 noches

Figura 5: Análisis descriptivo de cada perfil. Elaboración propia.

Acorde a las segmentaciones y posteriores validaciones realizadas, para caracterizar los perfiles de los turistas, **se espera** que las variables identificadas para dicha segmentación se relacionen entre sí. Sin embargo, para el caso de Ipiales, se encontró una asociación media entre las variables correspondientes a los gastos de los turistas (alojamiento, gastronomía, diversión, compras y otros) sin embargo, para la mayoría de las variables la relación entre ellas resulta muy baja. Como conclusión, no se puede caracterizar a los turistas en perfiles ya que no existe diferencias estadísticas entre ellos. Es necesario destacar que este resultado se encuentra como caso típico para la ciudad de Ipiales, no queriendo significar con esto que la metodología diseñada se invalide en su aplicación para otro DTPF, ni interfiera en el desarrollo AGITP que se explicará en el siguiente numeral.

4.3. Diseñar y codificar el Algoritmo Generador de Itinerarios Turísticos Personalizados (AGITP) para el DTPF.

4.3.1 Metodología

El desarrollo del AGITP comienza con la formulación de ecuaciones para el cálculo de puntajes para cada POI, los cuales son parte de las entradas del algoritmo. Luego, se diseñaron las funciones de procesamiento y salidas del algoritmo generador del itinerario inicial, dando como resultado la selección de la ruta turística. Al tener una ruta inicial factible, se prosigue con la selección de la mejor ruta la cual consiste en el diseño del pseudocódigo y codificación de la heurística y metaheurística escogida, así como su criterio de evaluación (función objetivo).

A. Ecuaciones y puntajes

Según los resultados del perfilamiento de turista el proceso continúa con el **cálculo de los puntajes** de cada punto de interés. Se tuvo en cuenta cuatro factores para el cálculo de los puntajes, estos se muestran en la siguiente figura con su descripción y respectivo peso porcentual. La evaluación de puntajes de POIs se basó en la metodología para la elaboración de inventarios de atractivos turísticos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia (2010) y con criterio de los investigadores, esta se describe a continuación:

Perfil (Gi) - Tipologías (Ti):	Highlight (H)
<p><i>Variable Tipo binario 35%</i></p> <p>Cada lugar por visitar o punto de interés tiene asociado una tipología (Ti) y cada perfil tiene interés o gusto por tipologías específicas (Gi). Por lo tanto, si existen perfiles en el destino, se concluye mediante estadística descriptiva que algunos se verán más atraídos a visitar algunas tipologías y entonces, los lugares que pertenezcan a estas tendrán un mayor puntaje.</p> <p>En el caso de Ipiales, debido a que no se cuenta con perfiles, la variable Gi es preguntada directamente al turista, por lo que toma el valor de uno o cero si el turista está interesado o no en la tipología respectivamente. Las tipologías usadas para el destino turístico Ipiales fueron:</p> <p><i>Religioso Arquitectónico Cultural Gastronómico Compras Descanso Naturaleza Nocturno Deportivo</i></p>	<p><i>Variable entera de (1-3) 45%</i></p> <p>Se escoge el valor de 1, 2 o 3 si el lugar cumple con las características de un atractivo local, regional o nacional, respectivamente.</p> <p>Esta calificación se hace según los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existencia de estadísticas de visita • Población flotante • Si el atractivo forma parte de la oferta en paquetes turísticos o de alguna estrategia de marketing • Accesibilidad a información del atractivo.
<p><i>Accesibilidad (A)</i></p> <p><i>Variable entera (1-3) 10%</i></p> <p>Este factor mide las condiciones de infraestructura vial o accesibilidad de cada punto de interés y se evalúa en tres niveles:</p> <p>- (1) Malo (2) Regular - (3) Bueno / Muy bueno</p>	<p><i>Estado de conservación:</i></p> <p><i>Variable entera (1-4) 10%</i></p> <p>Este factor evalúa parámetros de seguridad, salubridad y buen funcionamiento del lugar. Se mide en cuatro niveles mostrados a continuación:</p> <p>- (1) Malo - (2) Regular - (3) Bueno - (4) Excelente:</p>

Figura 6: Criterios de evaluación POIs. Elaboración propia.

La tabla con la descripción completa de los criterios se encuentra en el *Anexo 19*. Teniendo en cuenta todos los criterios, se obtiene la siguiente ecuación aplicable a cualquier DTPF que califica los restaurantes y actividades turísticas, donde se relacionan los anteriores criterios y la tipología de cada POI con el gusto de cada turista, para que así él AGITP escoja los POI recomendados y se logre un itinerario personalizado:

$$P(POIs) = [H(15) + A\left(\frac{10}{3}\right) + EC\left(\frac{10}{4}\right) + [T_1(G_1) + T_2(G_2) + T_3(G_3) + T_4(G_4) + \dots + T_n(G_n)] * \frac{35}{n}]$$

$$Puntajes(i) = \frac{T_i \times G_i}{\sum T_i} \times P(POIs)$$

Ecuación 3. Evaluación de cada POI. Autoría propia

H: Highlight, A: Accesibilidad, EC: Estado de conservación, Ti: Tipologías,,
Gi: Grado o interés del perfil según diferenciación entre perfiles en el DTPF

Cabe aclarar que existen excepciones para POIs que sean: deportivos (de riesgo) y nocturnos. Esto debido a que el tipo de actividades deportivo (de riesgo) requieren de capacidad física considerable y la tipología nocturna puede generar una incomodidad al turista en el caso de asignarlo, es decir, si alguna actividad incluye estas excepciones y el turista no tiene interés en visitarlas, los puntajes de estas tendrán un puntaje nulo y entonces, no será tenida en cuenta en la ruta. Con la puntuación de cada lugar de interés y la matriz del inventario turístico calculada en el objetivo 1 se procede a la programación y selección de la ruta turística.

B. Selección de ruta

El AGITP se basa en el problema del tourist trip design problem (TTDP), este es un problema de planificación de ruta para los turistas interesados en visitar múltiples POIs. Para la solución de este, se hacen recorridos diarios teniendo en cuenta que los POIs seleccionados concuerden con las preferencias del usuario, así como las restricciones de dinero y presupuesto, y los atributos de los POIs. El diseño actual creado para la ciudad de Ipiales cuenta con variantes del modelo base TTDP, haciendo uso de ventanas de tiempo. A continuación, se presenta una breve descripción de la teoría del problema abordado y el funcionamiento del código AGITP con sus respectivas entradas, procesamientos y salidas.

- I. Entradas: Las entradas del algoritmo provienen de los parámetros determinados por el usuario mediante un formulario (explicado en el siguiente objetivo) y de los resultados del objetivo 1, de donde se extrae datos del presupuesto del turista, número de acompañantes, días de estadía (máximo 3), y la matriz de tiempos entre POIs e información de hoteles, respectivamente.
- II. Preprocesamiento: Se realiza el cálculo de puntajes de POIs descrito anteriormente y se calculan presupuestos. El cálculo de estos asegura el alojamiento del turista, comida y visita a las actividades que ofrece el destino.

Tipos de presupuesto	Descripción	Formulación
Presupuesto total	Es el valor que el turista digita en el formulario.	100% presupuesto del usuario
Presupuesto mínimo	Es un valor calculado previamente para el tipo de itinerario que se escoge (Tabla de presupuestos mínimo según: Opción de alojamiento, días de estadía y acompañantes)	Ver anexo No. 24 Encuesta crea tu itinerario
Presupuesto alojamiento	Es la diferencia entre el presupuesto total y el presupuesto mínimo. Cabe aclarar, que el presupuesto mínimo con opción de alojamiento incluye el hotel más económico de la oferta del destino. Así, a medida que el presupuesto total aumente las opciones de hoteles aumentaran.	Presupuesto Total - Presupuesto_Mínimo
Presupuesto comida	Se calcula un promedio de comida diario por persona y se hace el cálculo según días de estadía y acompañantes	Promedio_comida_diaria * Acompañantes * días_presupuesto
Presupuesto itinerario	El presupuesto itinerario será el restante del total con los dos anteriores dividido en los días de estadía. Asegurando al turista su alojamiento, alimentación diaria y actividades, en ese orden.	$\frac{\text{Presupuesto total} - \text{presupuesto alojamiento} - \text{presupuesto comida}}{\text{días de estadía}}$

Figura 7: Formulación de presupuestos. Elaboración propia.

III. Procesamiento: El código consta de un ciclo con tamaño de los días de estadía del turista, la cantidad de días no puede ser mayor a 3 (debido a especificaciones y limitaciones de diseño), cada día tiene un tiempo parametrizado (tiempo_maxdiario) para visitar los lugares de interés, este tiempo es el condicional de un bucle repetitivo donde se seleccionan los POI a visitar. Es decir, mientras la hora del día sea menor a el tiempo máximo diario se realizarán las actividades señaladas en la siguiente figura:

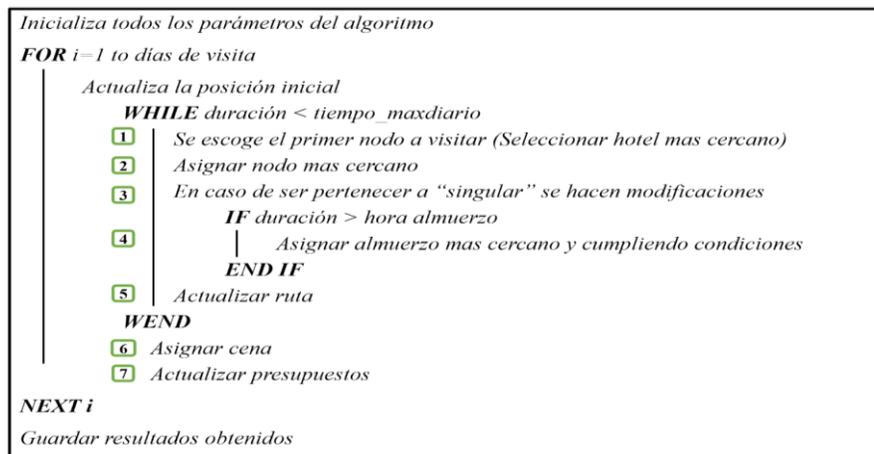


Figura 8: Pseudocódigo algoritmo base. Autoría propia.

A continuación, se describirán los numerales ilustrados en el diagrama:

1. Seleccionar el primer nodo a visitar y asignar el hotel: El primer nodo en la ruta será el lugar que haya tenido el mayor puntaje, teniendo en cuenta que este punto cumpla con las restricciones de presupuesto. Después, se asigna el hotel según el tiempo que tome desde el primer nodo hasta el hotel, su puntaje con los criterios de alojamiento (estética, ubicación, servicios, entre otros) vistos anteriormente y su presupuesto de alojamiento. Esta selección se hace con una variable nota(hotel) la cual tiene la siguiente ecuación:

$$\text{nota}(\text{hotel}) = \frac{1}{\text{tiempos}(\text{primer.nodo}; \text{hotel})} * 20\% + \text{Puntaje}(\text{hotel}) * 80\%$$

Ecuación 4. Nota Hoteles. Autoría propia.

Nota: Los pesos porcentuales son propuestos por los investigadores. El tiempo de transporte entre el primer nodo y los hoteles es de menor peso, ya que existe una mínima diferencia de tiempo de viaje entre hoteles y se da más importancia a los criterios de alojamiento para cumplir con la satisfacción del turista.

2. Asignar los siguientes nodos de la ruta: Para asignar el siguiente punto a visitar se tiene en cuenta el puntaje, la distancia entre los nodos, y si estos cumplen con las restricciones de presupuesto. Esta selección se hace con una variable $nota(nodo)$ la cual tiene la siguiente ecuación:

$$nota(nodo) = \frac{1}{tiempos(pos. actual; nodo)} * 20\% + Puntaje (nodo) * 80\%$$

Ecuación 5. Nota Nodos. Autoría propia.

3. Modificar nodo en caso de que alguno presente “singularidades” o excepciones: Estas singularidades o excepciones ocurren cuando el nodo tiene características especiales que requieren tener un manejo distinto. En este prototipo se cuenta únicamente con dos excepciones: Cuando la actividad a realizar es de más de 8 horas (Ejemplo: Todos las caminatas y expediciones a volcanes) y cuando la actividad sea un evento (Ejemplo: Festival de tríos solo se realiza durante unas fechas establecidas).

Para seleccionar una actividad que esté en “excepciones” se tiene el mismo procedimiento que el numeral anterior. Sin embargo, se cuenta con tres condiciones adicionales:

- Si son más de las 10 de la mañana no se puede escoger un nodo perteneciente a “excepciones” ya que estas actividades solo se pueden empezar antes de esta hora.
- Si el turista viaja en fechas donde los eventos no están programados no se pueden escoger estos nodos.
- Si se escoge un nodo dentro de “excepciones” no se asignará un lugar de almuerzo ya que estas actividades se encuentran apartadas de Ipiales y lo tienen incluido en su visita.

4. Asignación de almuerzo: La selección del lugar de almuerzo se realiza si al finalizar la visita de la actividad escogida, la hora acumulada es mayor a las 2 de la tarde. Es decir, si son más de las 2 de la tarde y no se ha escogido un lugar de almuerzo se escogerá arbitrariamente un nodo de almuerzo. Al cumplir esta condición de tiempo (más de las 2pm) se realiza el siguiente procedimiento: Buscar el restaurante más cercano y verificar que este abierto (dentro de los horarios de almuerzo).

5. Actualización de la ruta: El último paso del ciclo es asignar el nodo escogido y actualizar las variables que se usarán en las repeticiones del ciclo y en los siguientes días. (Por ejemplo: hora, si se visitó el lugar, el dinero gastado acumulado, etc.)

Es importante aclarar que para la selección de cualquier nodo en las actividades descritas anteriormente existe un vector que asegura que nunca se repita una actividad o restaurante. Terminadas las horas del día (tiempo_maxdiario), se asigna el último nodo a visitar donde el turista tendrá la cena antes de dirigirse al hotel y se actualizan los presupuestos para los siguientes días.

6. Cena: La selección del lugar de cena se realiza al finalizar la ruta y se prosigue a buscar el restaurante más cercano a la última actividad y verificar que este abierto (dentro de los horarios de cena).

7. Actualización de presupuestos: Al finalizar el día se calcula el restante de dinero después de visitar las actividades y restaurantes del día para así, agregarlo al presupuesto del siguiente día.

Si al hacer la ruta el turista no tiene suficiente presupuesto para asignar más actividades se asignará el almuerzo y cena arbitrariamente como sugerencia y sin tener en cuenta los horarios de estos restaurantes.

C. Selección de la mejor ruta

Para la **Selección de la mejor ruta**, se desarrolló una metaheurística Tabú la cual encontrará el óptimo global de la función objetivo (FO), esta se realizó con base en la heurística Búsqueda Local la cual, mediante cambios entre los POIs presentes en el itinerario inicial, busca la mejor opción de itinerario para los viajeros. A continuación, se presenta una breve descripción de la FO y de los componentes de la metaheurística Tabú.

- I. Función Objetivo (FO): Se desarrolló una ecuación dentro del algoritmo, la cual asigna un puntaje total teniendo en cuenta el ahorro que obtiene el viajero con dicho itinerario, los POI visitados y los tiempos muertos, estos elementos fueron seleccionados con base en (Díaz,2012) quien afirma que para diseñar un itinerario a la medida de un viajero se debe coordinar las actividades a realizar teniendo en cuenta que el turista también quiere minimizar costos y maximizar su satisfacción con las actividades.

- Puntos por ahorro: Para asignar puntos por ahorro se calculó la inversión total del itinerario sumando los costos de visita de cada POI multiplicado por la cantidad de personas que realizarán el viaje. Finalmente, el ahorro será la resta entre el presupuesto y el gasto total asignando un puntaje dependiendo de la cantidad de dinero ahorrado como se muestra en la *Figura 9*.

Escalas de ahorro	Puntaje asignado
Igual a \$0	0
Mayor a \$0 y \$50.000	500
Mayor \$50.000 y menor a \$80.000	1000
Mayor a \$80.000 y menor a \$100.000	1500
Mayor a \$100.000	25000

Figura 9: Puntaje por escalas de ahorro. Elaboración propia.

- Puntos de los POI: Los puntos totales de los POI corresponden a la suma de los puntajes de los POIs que fueron escogidos en el itinerario.

- Puntos Tiempos Muertos: Los tiempos muertos del itinerario corresponden a los tiempos de traslado entre un POI y otro, ya que no son tiempos que agreguen valor a la experiencia turística. El cálculo de tiempos muertos se muestra en la *Ecuación 6*.

$$p_{\text{tiempo_muerto}} = \text{tiempo_m_tot} * 10$$

Ecuación 6: Ecuación puntos de tiempo muerto. Autoría propia

Con estas tres variables se desarrolló la ecuación mostrada en la *Ecuación 7*. Dicha fórmula muestra la ponderación de los puntajes mencionados, cabe resaltar que a los puntajes de los POIs se les asignó un peso de 40% a cada uno y a los puntos de ahorro se le asignó un 20%, estos porcentajes se asignaron a criterio de los investigadores, teniendo en cuenta una investigación en diversas fuentes sobre las preferencias de los turistas al momento de viajar (Ver *Anexo 20*). También se puede observar que el puntaje de tiempos muertos es inversamente proporcional a los otros puntajes, esto se debe a que si hay mayor tiempo muerto el puntaje general del itinerario debería disminuir.

$$FO = ((\text{puntos ahorro} * 0.2) + (\text{poi tot} * 0.4)) + ((1 / p_{\text{tiempo_muerto}}) * 0.4)$$

Ecuación 7: Ecuación función objetivo. Autoría propia

Nota: Cabe aclarar que esta ponderación de variables es para el caso específico de la ciudad Ipiales Nariño. Sin embargo, para usar esta función en otro destino es necesario evaluar nuevamente la ponderación de cada variable según la importancia relativa de estas en el lugar seleccionado y, además, el criterio y propósito del estudio. Por ejemplo, si el estudio busca ofrecer los itinerarios personalizado al menor precio, puntos de ahorro tendrá un peso porcentual mayor.

II. **Factibilidad:** Una ruta factible es aquella que cumple una serie de condiciones, para cada condición se planteó una función dentro de un algoritmo que verifica su cumplimiento. A continuación, se describen estas funciones:

Restricción	Ecuación
<u>No repetir POIs:</u> Se verifica que no se visite ningún POI más de una vez durante todo el itinerario.	$\sum_{i=1}^{N \text{ de POIs}} \text{Cantidad de visitas al nodo}_i \leq 1$
<u>Verificar tiempos:</u> Para que el turista tenga un tiempo adecuado de descanso, se condiciona cada día de itinerario con un tiempo máximo de 15 horas por día, si alguno de los 3 días tiene una ruta con una duración mayor a esta, no se cumplirá la condición.	$\sum_{j=1}^{\text{Cantidad de días de visita}} \text{Duración en el itinerario}_j \leq 15 \text{ horas}$
<u>Verificar comidas:</u> Se debe verificar que un turista almuerce y cene todos los días, esta función tiene en cuenta los nodos "excepciones" que incluyen el almuerzo para verificar que la condición se cumpla.	$\text{Cantidad de restaurantes visitados} = 2 * \text{Cantidad de días en el itinerario}$
<u>Verificar uso del presupuesto:</u> Verificar que el gasto total del itinerario no supere el presupuesto del turista tal, de lo contrario, esta condición no se cumple.	$\text{Inversión en itinerario} \leq \text{Presupuesto}$
<u>Verifica horario:</u> Verifica que el almuerzo sea asignado siempre y cuando el viajero llegue al restaurante después de las 11 A.M.	$X \geq 11 \text{ A.M}$ $X = \text{Hora de salida desde el POI asignado antes del almuerzo} + \text{tiempo de viaje hasta el restaurante}$

Figura 10: Restricciones de factibilidad. Elaboración propia.

Si se cumplen todas las condiciones el itinerario será factible, de lo contrario será no factible.

- III. **Búsqueda local:** El propósito de esta heurística es intercambiar las posiciones de visita de los POIs de un mismo día en búsqueda de un itinerario con una mejor FO como se muestra en la *Figura 11*. Esto se hace a través de un ciclo en el cual se van verificando uno a uno los cambios posibles. Para poder hacer el intercambio, se requiere que el dato de entrada principal sea un itinerario que no incluya nodos de almuerzo y cena, ya que, si se cambia una actividad por un POI de comida, podría ocasionar problemas en la factibilidad del itinerario.

Una vez realizados los cambios se asignan POIs de restaurantes para verificar la factibilidad de la ruta, dicha asignación se hace de la siguiente manera: Para la selección almuerzo, se busca los restaurantes abiertos más cercanos a la actividad que cuando acabe su visita sean más de las 11am. la última actividad del día para la cena (es posible que los restaurantes asignados sean diferentes a los que estaban en el itinerario inicial). De ser factible, se calcula la FO, de lo contrario se ignora dicho intercambio. Luego de calcular la FO de cada permutación factible, se compara la misma con la mejor FO que se encuentra cada vez que un cambio de posiciones mejora los resultados del itinerario, de ser mejor se guardan las posiciones que deben ser cambiadas, se quitan los POIs de comidas, se hacen dichos cambios y se vuelve a entrar al ciclo. El procedimiento explicado se presenta en la *Figura 12*.

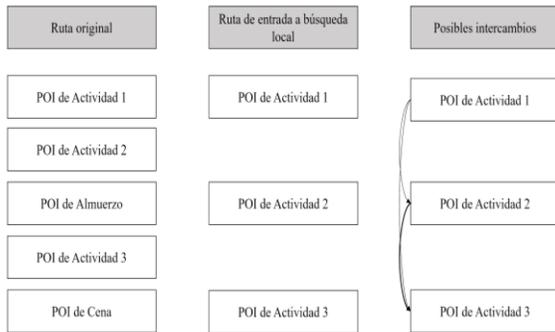


Figura 11: Intercambio de posiciones POIs. Autoría propia.

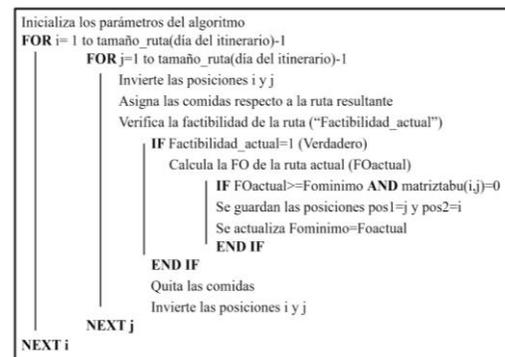


Figura 12: Pseudocódigo Búsqueda Local. Autoría propia.

- IV. **Tabú:** Para encontrar una mejor solución de itinerario se utiliza la metaheurística Tabú. Según (Dos, Com, & Limitada, 2014) la búsqueda Tabú utiliza mecanismos que permiten que la búsqueda escape de los óptimos locales y encuentre una mejor solución. Para ello utiliza una memoria que evita que se evalúen soluciones que ya fueron exploradas y para diversificar la búsqueda. Como se puede ilustrar en la *Figura 13*, la búsqueda Tabú consiste en un ciclo con tamaño de los días de estadía y dentro de cada uno de estos un bucle que termina en un máximo de iteraciones que no mejoran la solución inicial. Además, dentro de este bucle se llama la función de búsqueda local, se actualizan las matrices de Tabú, la mejor función objetivo y la variable de iteraciones no mejora, y por último, se eliminan los nodos de almuerzo asignados al final de la ruta. Una vez terminado el bucle se actualiza la ruta con la mejor función objetivo encontrada para ese día. Se repite los pasos anteriores para cada día.

```

FOR i=1 to numero de días del itinerario
  Inicializa los parámetros del algoritmo
  WHILE iteracionesmejora<=maxiteraciones
    Hace búsqueda local
    Actualiza la Matriz Tabú
    IF Fotemporal>mejorfo
      FO temporal pasa a ser la Mejor FO
      Se actualiza la matriz de Mejor Ruta
      Iteracionesmejora toma el valor de 0
    ELSE
      Iteracionesmejora aumenta en una unidad
    END IF
    Se quitan las comidas de los itinerarios para reiniciar el ciclo
  WEND
  Se actualiza la matriz del itinerario con la ruta resultante de Tabú de ese día
NEXT i

```

Figura 13: Pseudocódigo Tabú. Autoría propia.

La ejecución de tabú se realiza “diariamente”, es decir, para cada día del itinerario, y es necesario que se cumplan las siguientes condiciones: La ruta diaria debe tener al menos dos puntos a visitar y el día debe tener asignado el nodo de almuerzo después de las 11:00 am, esto debido a que se necesitan más de dos puntos para hacer un intercambio. Además, en la ejecución de tabú se usa múltiples veces la función de factibilidad (en donde se verifican los horarios de los restaurantes), por lo tanto, en caso de tener un restaurante fuera de las ventanas de tiempo, la factibilidad de la ruta siempre será cero. Se debe tener en cuenta que las condiciones a cumplir pueden no estar incluidas en un itinerario, ya que el algoritmo inicial asignará el almuerzo arbitrariamente sin tener en cuenta los horarios en caso de que el turista no tenga suficiente presupuesto, por esto, se verifica la factibilidad de la ruta original, y en el caso de que esta sea factible y cumpla con las condiciones mencionadas, la metaheurística tabú se ejecutará.

4.3.2 Resultados de cumplimiento

Como resultado se obtuvo el AGITP (Ver Anexo 21) capaz de calcular un itinerario turístico acorde a las preferencias y condiciones propuestas por el turista, con un horizonte de planeación de máximo 3 días. Dicho algoritmo, selecciona y asigna la ruta de los POIs de alojamiento, alimentación y de atractivos turísticos a visitar obteniendo la mejor solución para cada turista a través de la metaheurística Tabú, que busca la ruta con mejor FO. El itinerario cumple con las condiciones de factibilidad mencionadas e imprime el resultado en un formato en donde se muestra el nombre, la descripción, el costo, la hora de inicio y la duración de la visita de cada POI.

Para llevar a cabo la verificación de el algoritmo se crearon 50 escenarios (Ver Anexo 22) con diferentes parámetros de entrada (30 con metaheurística y 20 sin metaheurística) para ejecutar el algoritmo y observar los resultados. En caso producirse un error, se procedió a la depuración del algoritmo y a la introducción de las modificaciones necesarias para corregir dicho error. Los parámetros que se tuvieron en cuenta son: Presupuesto, días, número de personas que realiza el viaje, opción de alojamiento, diferentes fechas de ingreso y salida, y las tipologías de interés del turista. Como resultado, se obtuvo factibilidad el 96% los casos, las rutas que no fueron factibles fue debido a que el turista no contaba con suficiente presupuesto y por lo tanto se le asignó un POI que no era de su agrado, pero si acorde al presupuesto.

4.4. Desarrollar el prototipo de un sitio web que permita la interacción con el usuario utilizando el AGITP

4.4.1 Metodología

Después de contar con el diseño del AGITP y verificar su funcionamiento óptimo, se procedió con el desarrollo del prototipo web donde el algoritmo será ingresado. Para esto, fue necesario la escogencia de los softwares a usar, el diseño de la interfaz web, la unificación del algoritmo con la base de datos y la verificación del cumplimiento de la norma ISO 25010.

En primer lugar, se realizó una revisión de literatura con el fin de seleccionar los softwares aplicables para el desarrollo del back-end, middle-end y front-end, se realizó un análisis respectivo con la explicación de cada factor evaluado (Ver *Anexo 23*) y se obtuvo la selección de cada software a utilizar mediante una matriz de ponderación de factores. A cada uno de estos factores se les ha dado un peso, y se ha evaluado de 1-5 cada alternativa respecto a estos factores, siendo 1 el que menos aporta para su desarrollo y 5 el que más aporta para su desarrollo. Se eligió la herramienta con mayor puntaje total.

Back-end se refiere a la base de datos que almacena toda la información obtenida de los usuarios que utilizan la herramienta web y la información necesaria para el funcionamiento óptimo de la misma. En la matriz de ponderación de este software se evaluó la facilidad de manejo, memoria, lenguaje amigable y el costo del desarrollo, una vez se ponderaron los resultados, se seleccionó el software Excel para la base de datos del estudio. Cabe resaltar que el software seleccionado es flexible a cambios de parámetros y actualizaciones de los POI según requerimientos de diseño.

El middle-end es el encargado del procesamiento de los datos de entrada desde el front-end, siendo este el puente de comunicación entre la base de datos y la interfaz. La ponderación de factores para el middle-end evaluó su complejidad de codificación, fiabilidad, rapidez, accesibilidad y la condición que de que sea apto para web, donde se obtuvo JavaScript como herramienta a utilizar. El front-end es la interfaz que interactúa con los usuarios, para su escogencia, se ponderaron los siguientes factores: fiabilidad, codificación, rapidez, costo del desarrollo y que sea una herramienta amigable. Finalmente, se seleccionó a WordPress como herramienta a utilizar.

Debido a que el mayor puntaje para el middle-end lo tuvo JavaScript, fue necesario trasladar la base de datos de Excel a Google Sheets para unificar el prototipo, poder actualizar la base de datos según se requiera y tener un adecuado funcionamiento, además, se emplearon otras herramientas de App Script como Google Forms para obtener los datos de entrada con mayor facilidad.

Teniendo en cuenta que WordPress requiere de un dominio para su funcionamiento, este fue adquirido en HostGator. Según (Bartlett, 2019) HostGator es uno de los proveedores de hosting (alojamiento web) con más demanda en internet y es uno de los mejores para sitios de WordPress ya que provee fácil instalación y permite publicar sitios web de manera fácil y rápida. El dominio adquirido fue *ititour.net* y el prototipo de la interfaz fue diseñado con el fin de ser amigable y estéticamente agradable para el usuario, se diseñó para que el turista encontrará información acerca del: funcionamiento de la herramienta, información del destino, inventario turístico del destino y términos de privacidad de información. La interfaz además cuenta con una página que dirige al usuario a un formulario de Google donde se recolecta el nombre del turista, el correo y la información necesaria para generar el itinerario (se incluyó un apartado en el formulario para que el turista elija qué tipologías no quiere en su itinerario). Para asegurar un itinerario factible, fue necesario adjuntar una tabla de presupuestos mínimos que se deben ingresar teniendo en cuenta los días de estadía y el número de acompañantes.

Las respuestas del formulario son guardadas automáticamente en una hoja de cálculo de Google Drive donde también se encuentra la base de datos de la herramienta. Por otro lado, se programó una función que se encarga de hacer la copia de una plantilla de resultados diseñada en una hoja de cálculo de Drive, insertar la información del itinerario personalizado para cada turista y enviarlo en formato PDF al correo ingresado en el formulario. Adicionalmente, en el correo se adjunta una encuesta de satisfacción para que el usuario especifique si el itinerario (actividades, restaurantes y hotel de ser el caso) fue o no de su agrado, esta encuesta será explicada en el siguiente objetivo como método de evaluación.

Para garantizar que el prototipo cumpliera con la norma ISO 25010 se verificó que se cumpliera con cada elemento que esta contiene, como se muestra en el *Anexo 24*.

4.4.2 Resultados de cumplimiento

Como resultado, se obtuvo el prototipo web que se muestra en la *Figura 14*, el cual cumple con la norma ISO 25010 y hace uso de un algoritmo que se coordina con la base de datos y la interfaz para generar y enviar automáticamente itinerarios turísticos de máximo 3 días cuando un usuario envía la información solicitada en un formulario (Ver *Anexo 25*), este proceso de generación y envío de itinerarios toma un tiempo promedio de 15 minutos. Debido a que la capacidad computacional era una restricción debido al procesamiento de datos y tiempo de ejecución de la herramienta, se realizó un diseño que procese adecuadamente la información sin que requiera la capacidad computacional de un procesador sofisticado.

En el caso de que el turista ingrese un presupuesto menor al mínimo establecido, se envía un correo invitando a llenar el formulario nuevamente con un presupuesto mayor, adicionalmente, se le especifica cual debió haber sido su presupuesto mínimo. Por otro lado, si se presenta algún tipo de error en el código con la respuesta de un usuario, llega un aviso automáticamente al correo electrónico de *ititour* informando de este para que sea revisado y arreglado.

La interfaz web del prototipo se diseñó con el fin de ser amigable para el usuario, se puede encontrar en el dominio *ititour.net* y cuenta con las siguientes páginas:

- Inicio: Contiene información general de las características de la herramienta y un formulario de contacto al final de esta.
- Qué es Ipiiales: Da a conocer las características generales de Ipiiales, Nariño.
- Quienes somos: Página con información de la utilidad de la herramienta.
- Crea tu itinerario: ingresar al formulario y generar el itinerario.
- Privacidad: Políticas de privacidad y manejo de datos.
- Inventario turístico: Inventario adicional que puede ser de interés para los viajeros.

El itinerario enviado a cada persona para los días de estadía se muestra en la *Figura 15* y cuenta con: la hora de inicio de cada actividad, el nombre de la actividad seleccionada, una breve descripción de esta, la duración de la visita, el costo total por el número de acompañantes y la dirección del lugar. Adicionalmente, se muestra el hotel elegido (en caso de que aplique), la cantidad de dinero que se usó del presupuesto y la información a tener en cuenta para mayor entendimiento de las actividades programadas. Por último, cabe resaltar que la metodología usada para el desarrollo del prototipo puede ser aplicada a cualquier destino turístico que cumpla con las capacidades de información de los softwares utilizados.



Figura 14: Página de inicio ititour. Tomada de *ititour.net*



Figura 15: Itinerario enviado. Autoría propia.

5. Resultados

Medición del impacto

A continuación, se evalúan los costos del prototipo y la concordancia de los resultados obtenidos por el AGITP con las preferencias reales del usuario.

A. Impacto financiero

Para el cálculo de costos del prototipo se tienen en cuenta el valor de inversión inicial y el costo mensual de operación.

Costos de inversión de desarrollo inicial: Se incluirán costos de mano de obra calculados a partir de un salario base (con prestaciones) y tiempo de desarrollo de las diferentes actividades del proyecto. Además, se tuvo en cuenta la adquisición softwares para el desarrollo del front-end, back-end y middle-end. De igual forma, se tuvo en cuenta costos indirectos, los cuales representan un amplio porcentaje del costo total y están compuestos por los viajes realizados a Ipiales para la recolección de datos, la inversión realizada en el muestreo ofreciendo como bonificación entrada al teleférico o a la piscina del centro de recreación Mistares (Ver Anexo 26) y el uso de internet.

Costo de Operación: Se calculó el costo mensual de implementación del prototipo. Se tuvo en cuenta los costos de funcionamiento del programa compuestos por los costos anuales del dominio diferido en 12 meses, el costo de la mensualidad de la cuenta G Suite Business, mantenimiento mensual y los costos de nómina compuesta por una única persona encargada de administrar el proyecto componiendo así los costos fijos mensuales de implementación del proyecto. Por otro lado, este prototipo no tiene costos variables para su funcionamiento, debido a que la plataforma online requiere únicamente del funcionamiento de los softwares empleados y el mantenimiento mensual que se le hace a esta y dichos costos se ven plasmados en los costos fijos.

Una vez realizado los cálculos financieros, se encontraron los costos de la realización y de la implementación del prototipo. El impacto financiero de la herramienta *ititour* es de \$9'854.971 COP y el costo mensual de implementación es de \$1'610.433 COP. Los resultados se muestran en la *Figura 16* y en el *Anexo 27* se puede encontrar el cálculo detallado de cada uno de los costos.

COSTOS DEL PROTOTIPO			
Costos de desarrollo Total \$ 9.854.971	Costos mano de obra	\$/hora	\$ 22.752
		\$horas/hombre	\$ 8.778
		Total (\$)	\$ 3.792.109
	Costos materia prima	\$ 382.862	
	Costos indirectos	\$ 5.680.000	
Costos de implementación (mensual) Total \$ 1.610.433	Costos fijos	\$ 1.610.433	
	Costos variables	\$ -	

Figura 16: Resumen de costos. Autoría propia

B. Concordancia

Para evaluar el correcto funcionamiento del prototipo, se evaluó la concordancia de los resultados obtenidos por el AGITP con las preferencias reales del usuario. Debido a que el prototipo se realizó para personas que tuvieran interés en visitar Ipiales, se tiene en cuenta el tamaño de muestra obtenido en el análisis realizado para el perfilamiento de los turistas, el cual fue de 385 turistas y se estimó teniendo en cuenta un universo de estudio compuesto por al menos 100.000 turistas nacionales e internacionales que visitan el destino.

Sin embargo, debido a limitaciones por contingencias de salud pública, no fue posible realizar las pruebas de manera directa y presencial, lo que resultó en una reducción del tamaño de muestra a 100 turistas **potenciales** de Ipiales que probaron la herramienta de forma remota, por lo tanto, el nivel de confianza de los resultados pasó del 95% al 62.27% con un valor de $z=1$ como se muestra en la *Figura 17*. Según (Osuna, Ferreras, Nuñez, 1991) el nivel de confianza expresa la probabilidad de acertar en la estimación y para este estudio se tiene una probabilidad del 62.27% de acertar.

Ficha técnica		Ecuación
Tipo de encuesta	Encuestas remotas	$n = \frac{1^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2}$
Población	Posibles turistas de Ipiales Nariño	
Tamaño de la población	>100.000 turistas	
Tamaño muestral	100 posibles turistas	
Procedimiento de muestreo	Aleatorio	
Error muestral	p=q=0,5,z=1,e=5%	

Figura 17: Ficha técnica de la encuesta. Autoría propia

La prueba del prototipo se realizó de la siguiente manera: En primer lugar, se les preguntó aleatoriamente a las personas si estarían interesados en visitar Ipiales, después, se les solicitó a los turistas **potenciales** que ingresaran al dominio web *ititour.net* donde en la pestaña “Crea tu itinerario” se encuentra el formulario de recolección de datos. Posteriormente, al pasar el tiempo de ejecución del algoritmo, se envió a los turistas el itinerario creado para ellos al correo electrónico ingresado en el formulario. Adicionalmente, se adjuntó una encuesta de satisfacción para que evaluaran si el itinerario cumplía con sus preferencias reales. Finalmente, los resultados de la encuesta fueron guardados automáticamente en una hoja de cálculo de Google Drive y se trasladaron al software SPSS IBM para hacer el análisis estadístico respectivo.

La encuesta de satisfacción se realizó mediante “*Formularios de Google*” y se muestra en el *Anexo 28*, para las calificaciones se manejó una escala de Likert o Hedónica, la cual usa una lista ordenada de posibles **respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción alrededor de un punto neutro**, como se muestra en la *Figura 18*.

Escala de Likert calificaciones generales	Escala de Likert satisfacción actividades
1: No me gusto el itinerario	1: No me gusto ninguna actividad
2: Me gusto muy poco el itinerario	2: Me gustaron muy pocas actividades
3: Ni me gusto ni me disgusto el itinerario	3: Me gustaron algunas actividades
4: Me gusto casi todo el itinerario	4: Me gustaron casi todas las actividades
5: Me gusto todo el itinerario	5: Me gustaron todas las actividades

Figura 18: Escalas de Likert. Autoría propia

Según (RAE, 2019), concordancia se entiende como correspondencia o conformidad de una cosa con otra, por esto, se estableció a criterio de los investigadores que un itinerario concorde a los gustos reales del turista fuera aquel que: tenga una calificación general de 4 o 5, al menos el 80% de las actividades asignadas son del gusto del viajero, al menos el 75% de los restaurantes asignados son del gusto del viajero y el hotel asignado es del agrado del turista, es decir, si se alojarían en el (en caso de que aplique). Los porcentajes se establecieron de esta forma debido a que se busca que el viajero esté conforme con su itinerario, esto no quiere decir que el 100% de las actividades y restaurantes deban ser de su agrado. Para la evaluación de la concordancia de los resultados de la herramienta con los gustos reales de 103 viajeros **potenciales** se realizó un análisis descriptivo en SPSS que se observa en el *Anexo 29*.

En primer lugar, se evaluó la satisfacción general con el itinerario como se observa en la *Figura 19*, de igual manera, los turistas calificaron de 1 a 5 la satisfacción con las actividades programadas, los resultados son ilustrados en la *Figura 20*.



Figura 19: Gusto Itinerario. Autoría propia.



Figura 20: Gusto actividades. Autoría propia.

Con respecto a los turistas que en la calificación anterior pusieron un valor menor o igual a 4, se les preguntó el número de actividades que no fueron de su agrado, estos resultados se muestran en la *Figura 21*. Las razones por las que no les gustaron dichas actividades se muestran en la *Figura 22*.

Por otro lado, el 78,6% de los encuestados visitarían todos los restaurantes asignados y el 79,2% de los turistas que se hospedan en hotel, sí se alojarían en el hotel asignado. Por último, se obtuvo los porcentajes de actividades y restaurantes que fueron de agrado para cada turista con respecto al número total de estos que fueron asignados en cada itinerario.

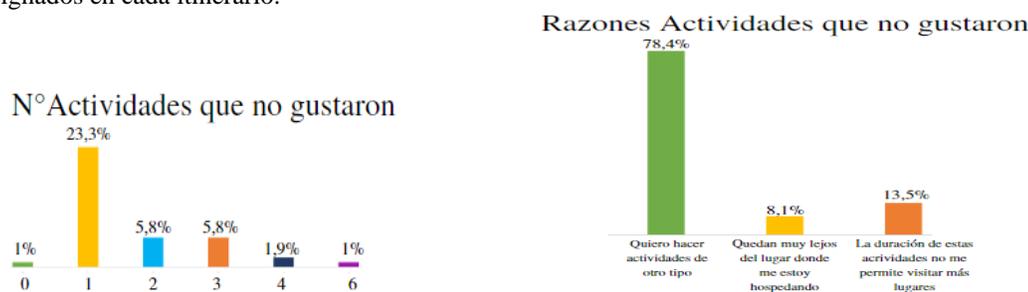


Figura 21: N° Actividades que no gustaron. Autoría propia. Figura 22: Razones por la que no gustaron. Autoría propia.

Teniendo en cuenta lo anterior y las condiciones establecidas para clasificar un itinerario como concorde, se obtuvo que el 80,58% de los itinerarios generados fueron concordes a los gustos reales del turista. Con estos resultados y teniendo en cuenta restricciones de diseño propuestas por los investigadores, que establecen un porcentaje de concordancia mínimo del 70%, la herramienta genera itinerarios concordes a los gustos de los turistas.

Las respuestas de la encuesta de satisfacción se encuentran en el *Anexo 30* y los itinerarios generados en el *Anexo 31*.

6. Limitaciones, conclusiones y recomendaciones.

Limitaciones:

Las limitaciones del proyecto se describen según el orden de objetivos visto anteriormente desde la recolección de información de la oferta turística del destino seleccionado hasta el desarrollo del prototipo web.

Durante la primera fase del proyecto y después del estudio de literatura, se inició con la fase de recolección de información para el inventario turístico, en esta encontramos dos limitaciones causadas por recursos externos a los investigadores: Primero, la disposición de tiempo de los empleados para brindar información en medio de su jornada laboral y su infraestructura tecnológica ya que muchos agentes turísticos no brindan suficiente información en portales web, debido a esta limitación se contó con ayuda de residentes de la zona contactados por un integrante del grupo. Ahora, para la creación de la interfaz se tuvo la limitación de capacidad computacional. Para esto, fue necesario ampliar nuestra capacidad de almacenamiento mediante el uso de una cuenta Gsuite Business la cual ofrece un tiempo de ejecución de macros de hasta 30 minutos.

En conjunto a las limitaciones anteriores se cuentan con limitaciones de tiempo con la fecha estipulada por la facultad de Ingeniería para la entrega del Trabajo de grado.

Conclusiones:

- La metodología que sigue este proyecto es aplicable para cualquier destino turístico, sin embargo, en los DTPF no existe una herramienta que centralice toda la información tal y como lo ofrece este estudio. La selección de los prestadores de servicios turísticos de calidad y la recolección de información es un aspecto fundamental para el cumplimiento del objetivo de este estudio y es de suma

importancia en la satisfacción del turista, ya que, el desarrollo de este prototipo facilitará el proceso de planeación de un turista interesado en viajar al DTPF Ipiales, un destino que tiene mucho potencial turístico por desarrollar y que no cuenta con el reconocimiento que debería.

- La utilización de métodos estadísticos descriptivos y paramétricos permite clasificar la demanda de turistas en perfiles y asignar un itinerario personalizado al turista. Sin embargo, en la ciudad de Ipiales las variables no están relacionadas significativamente, y, por lo tanto, no fue posible realizar esta clasificación. Dado lo anterior, la personalización de itinerarios en este destino se realizó mediante la exclusión de tipologías de POIs que no fueran de interés para los turistas.
- Respecto al funcionamiento del algoritmo, se utilizaron métodos de optimización para crear un itinerario que maximice la satisfacción del turista al disminuir tiempos muertos, el buen aprovechamiento de su presupuesto y asignación de POIs de su interés. El uso de metaheurísticas dentro del algoritmo no fue aplicable en todos los itinerarios ya que estos métodos funcionan por medio del intercambio de posiciones y al no tener la suficiente cantidad de actividades carece de relevancia aplicarlos.
- Las actividades seleccionadas en cada itinerario se ven restringidas por el presupuesto del viajero, es decir, si una persona cuenta con muy poco presupuesto se le asignan muy pocas actividades y las más económicas, lo que puede afectar su satisfacción. Otra causa que puede afectar la satisfacción del turista en Ipiales es el desinterés de este por la tipología religiosa y el desconocimiento de oferta turística en este destino (en su mayoría religiosa), por esto, en algunos casos los itinerarios cuentan con actividades que no son del agrado del viajero.
- Finalmente se concluye que el AGITP generó itinerarios 100% factibles en cuanto a dinero y tiempo presupuestado. Además, se obtuvo un nivel de concordancia mayor al 80%, por lo tanto, se cumple con el principal objetivo de este trabajo que es generar un itinerario turístico personalizado según los gustos y requerimientos de cada turista, y así, facilitar el proceso de evaluar, combinar, crear y definir múltiples alternativas para su viaje.

Recomendaciones:

- Se recomienda que el algoritmo tenga en cuenta variables adicionales que impactan de forma positiva la satisfacción del turista. Por ejemplo: preferencias del usuario en el alojamiento (si se aceptan o no mascotas, tipo de habitación deseada, etc.)
- Agregar la opción de hacer modificaciones con horarios flexibles en asignación de actividades para tener una recomendación de viaje más completa.
- Se recomienda realizar mejoras en la formulación del algoritmo y emplear un software con mayor capacidad de procesamiento para lograr obtener un itinerario en un menor tiempo.
- Para estudios futuros, en el diseño de la metaheurística, se recomienda evaluar el óptimo global al intercambiar actividades entre días de ruta.
- Realizar el levantamiento de información en diferentes épocas del año para evitar un sesgo en factores relevantes para el perfilamiento de turistas.
- Se recomienda para estudios futuros evaluar si el AGITP logra aumentar la frecuencia de turistas en estos destinos poco frecuentados.

7. Respecto a los Anexos o Apéndices

Los anexos mencionados en el documento fueron adjuntos al formulario de anexos de la facultad de Ingeniería.

8. Referencias

1. ANATO (2019, Mayo 15) Estudio de mercado realizado por ANATO da a conocer las tendencias del viajero de hoy [En Línea]. Disponible en: <https://www.anato.org/es/estudio-de-mercado-realizado-por-anato-da-conocer-las-tendencias-del-viajero-de-hoy/estudio-de> [Accedido: Septiembre 8, 2019]
2. Ascanio, A. (2014). Turismo como sistema de servicios: Soportes físicos y estrategias. Papers de Turisme, (6), 35-50.
3. Bartlett, D. (2019). WordPress in easy steps. In Easy Steps Limited.
4. Cámara de Comercio (2019). [En línea] Disponible en: <https://url2.cl/12sKu> [Accedido: Febrero 23, 2020]
5. Campos, M. 2017. "Métodos de investigación académica". 84.

6. Cisne, R., & Gastal, S. (2011). Nueva visión sobre los itinerarios turísticos. Una contribución a partir de la complejidad. *Estudios y perspectivas en turismo*, 20(6), 1449-1463.
7. D. Régional et al. (2010). Documento regional para promover el desarrollo sostenible del golfo de morrosquillo, islas de san Bernardo e isla fuerte.
8. da Silva, A. A., Morabito, R., & Pureza, V. (2018). Optimization approaches to support the planning and analysis of travel itineraries. *Expert Systems with Applications*, 112, 321-330.
9. De La Fuente, S. (2011). Análisis de conglomerados. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Madrid, España.
10. Descamps-Vila, L., Casas Roma, J., Conesa Caralt, J., & Pérez Navarro, A. (2012). Problemas en la implementación de algoritmos de routing de alta complejidad en dispositivos móviles: el caso Itiner@.
11. Descamps-Vila, L., Casas Roma, J., Conesa Caralt, J., & Pérez Navarro, A. (2012). Rutas turísticas personalizadas en dispositivos móviles sin necesidad de conexión a internet: Itiner@.
12. Descamps-Vila, L., Casas, J., Pérez-Navarro, A., & Conesa, J. (2011). Personalización de servicios basados en localización: un caso práctico. Girona, V Jornadas de SIG libre.
13. Diazgranados Guida S, Rueda García O, and Moscarella Varela J.A. (2012). Investigación Internacional de Mercados para la Región de América.
14. Dos, R., Com, V., & Limitada, C. (2014). Algoritmo Memético Para Resolver El Problema De, (229), 13–22.
15. F. C. Restrepo (2018), “Boletín de Empleo Sector Turismo Segundo trimestre de 2018” , Disponible en: <https://cptur.org/Publicaciones/tMc4lycNBDtBzKd>
16. Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach’s alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*.
17. ISO (2019). [En Línea] Disponible en: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010> [Accedido: Mayo 17, 2020]
18. Kotiloglu, S., Lappas, T., Pelechrinis, K., & Repoussis, P. P. (2017). Personalized multi-period tour recommendations. *Tourism Management*, 62, 76-88.
19. Matamoros, Larisa Zamora. 2020. “Técnicas estadísticas para identificar posibles relaciones bivariadas”. 19(2):1–23.
20. Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Prueba Chi-Cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. *Revista Médica Sanitas*, 21(2), 92-95.
21. MINCIT (2019) Estadísticas Nacionales - Turismo Receptor. [En Línea]. Disponible en: http://www.citur.gov.co/estadisticas/df_motivo_viaje/all/6 [Accedido: Marzo 23, 2020]
22. MINCIT. (2010). “Metodología para la elaboración del inventario de atractivos turísticos”. [Mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co), Bogotá. Disponible en: <https://url2.cl/VViYZ> [Accedido: Marzo 24, 2020]
23. Moreno, M. C. M. (2011). Turismo y producto turístico. Evolución, conceptos, componentes y clasificación. *Visión gerencial*, (1), 135-158.
24. Osuna, J. R., Ferreras, M. L., & Núñez, A. (1991). Inferencia estadística, niveles de precisión y diseño muestral. *Reis*, (54), 139-162.
25. Pedrosa, Ignacio, Joel Juarros Basterretxea, Adán Robles Fernández, Julia Basteiro, y Eduardo García Cueto. 2015. “Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?” *Universitas psychologica* 14(1):245–54.
26. Pérez de Vargas Moreno, B. (2015). Resolución del Problema del Viajante de Comercio (TSP) y su variante con Ventanas de Tiempo (TSPTW) usando métodos heurísticos de búsqueda local.
27. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es/>> [10/07/2020].
28. RODRÍGUEZ MORENO, D. C., & GRANADOS ÁVILA, P. N. (2017). DIAGNOSIS OF COMPETITIVENESS OF TOURISM IN BOYACÁ (COLOMBIA). *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 25(2), 193-205.
29. Rodríguez, I. (2006). Experiencias óptimas de navegación y compra en línea: una aproximación al comportamiento del consumidor en la Red a través del concepto de flujo. *UOC Papers. Revista sobre la sociedad del conocimiento*, (3), 0.
30. Sancho Perez, Amparo. 2001. Apuntes de metodología de la investigación en Turismo. Vol. 84.
31. Souffriau, W., Vansteenwegen, P., Vertommen, J., Berghe, G. V., & Oudheusden, D. V. (2008). A personalized tourist trip design algorithm for mobile tourist guides. *Applied Artificial Intelligence*, 22(10), 964-985.
32. Sygic. (2019). [En línea] Disponible en: <https://www.sygic.com/es> [Accedido: Septiembre 12, 2019]
33. Tricoire, F., Romauch, M., Doerner, K. F., & Hartl, R. F. (2010). Heuristics for the multi-period orienteering problem with multiple time windows. *Computers & Operations Research*, 37(2), 351-367.
34. Triola Mario F. ESTADÍSTICA. Pearson Educación. México 2009
35. Visit a City. (2019).[En línea] Disponible en:<https://www.visitacity.com> [Accedido: Septiembre 12, 2019]
36. Yáñez Mancilla B. (2013) Modelo de ruteo para generar rutas turísticas. Tesis Doctorado en Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Debido a la robusta investigación de fuentes bibliográficas, las referencias de la investigación cualitativa y el estudio de literatura de preferencias de los turistas se encuentran adjuntas en los anexos 3 y 20, respectivamente.