

Identificación de la ruta crítica en el recorrido a pie del circuito turístico Huaraz Wilcacocha-Cordillera Negra: modelo a proponer

Identification of the critical path in the walking tour of the tourist circuit Huaraz Wilcacocha-Cordillera Negra: model to propose

Jaime Del Carpio G.¹, Henry Garrido A.², Edgar Hernández M², Nils Effio M¹.

RESUMEN

La optimización combinatoria se utiliza para modelar un caso especial del problema del agente viajero – TSP relacionado a la actividad turística en la región de Ancash, zona de la cordillera negra. El destino turístico, Laguna de Wilcacocha tiene un conjunto de rutas existentes para su visita, los cuales deben ser recorridos a pie por los usuarios turísticos. La elección de una heurística permite diseñar o seleccionar las rutas de acceso que contribuyan al usuario en niveles de satisfacción, así como de reducción de distancias y de tiempos. Cada ruta se inicia y finaliza en la ciudad de Huaraz.

Palabras clave: problema del agente viajero; heurística; destino turístico.

ABSTRACT

The combinatorial optimization is used to model a special case of Traveller Salesman Problem – TSP related to touristic activity in the region of Ancash, Black Mountain. The touristic destiny, the Wilcacocha Lagoon has a set of routes for its visiting, which must be walked on foot for touristic user. A heuristic approach is proposed to designing o choose the routes to arrive and help to user in levels of benefits for reducing costs and time. Each route starts and ends at the city of Huaraz.

Key words: traveler salesman problem; heuristic; touristic destiny.

¹Facultad de Administración y Turismo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash - Perú

²Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash - Perú

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de caminos principales y secundarios construidos por los pre-incas e incas, como medios de desarrollo militar, ideológico, político y administrativo tuvieron como eje central la cordillera de los Andes, actualmente la mayoría de estos caminos son utilizados para el recorrido a pie con fines turísticos a lo largo y ancho del Perú.

La utilización de estos caminos no tiene estudios que respalde si la ruta turística es la más adecuada en su organización sistemática de complejas características.

Las rutas a pie del circuito turístico Huaraz-Wilcacocha, tiene el mismo riesgo, por lo tanto no escapa a ser estudiada de una manera adecuada por los investigadores a fin de poder hallar la mejor ruta o las mejores rutas, considerado los componentes históricos, de naturaleza y ambiental. La determinación de estas rutas debe servir de apoyo y guía para el ordenamiento y mejor servicio al usuario turístico. Por ello el propósito del presente trabajo es analizar y proponer mediante el empleo de la teoría de grafos, el problema del agente viajero, determinar resultados computacionales al utilizar alguna heurística como metodología de solución, dando a conocer la mejor ruta o rutas, considerando criterios medibles de distancias y de tiempo relacionados al beneficio de satisfacción para el usuario turístico y con ello mejorar técnicamente el costo-beneficio; tomando en consideración otros componentes como son: la minimización de la dificultad en el recorrido, mejores lugares conservados, miradores y escenarios paisajísticos.

Para ordenar los conceptos necesarios y hacer la propuesta del modelo en la identificación de la ruta crítica, se ha visto por conveniente abordar primero un enfoque general de la teoría de grafos, el problema del agente viajero y la aplicación de la selección de las mejores rutas tanto de ida y vuelta para la visita a la Laguna de Wilcacocha. Esta investigación tiene como objetivo presentar en forma didáctica y metodológica los fundamentos y la aplicación

en los que se basa un caso especial del Problema del Agente Viajero (TSP) con el propósito de identificar, modelar y solucionar un problema de rutas de recorrido a pie hacia los destinos turísticos como modelo a proponer. El objetivo general es analizar y evaluar en qué medida la identificación de la ruta crítica a través del empleo de la teoría de grafos en cuanto a tiempo y distancia en el recorrido a pie del circuito turístico Huaraz - Wilcacocha, contribuirá como modelo para ser aplicada en las diferentes rutas turísticas a fin de mejorar técnicamente el costo-beneficio.

Al analizar la relación de las variables distancia, tiempo, rutas se obtuvo tres rutas: una especialmente para usuarios turísticos que no tienen prácticamente ninguna preparación o ambientación especial para cubrir el recorrido a pie. La segunda para usuarios turísticos que cuentan con una cierta preparación, y la tercera para usuarios de mayor preparación en caminata.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es aplicada y descriptiva. La muestra estuvo de acuerdo a la naturaleza del estudio conformándose tres rutas a la laguna de Wilcacocha, partiendo desde la ciudad de Huaraz.

RUTA 1 (R1): ruta conformada por un tramo de camino asfaltado y otra en mayor parte de camino afirmado hacia la laguna de Wilcacocha

RUTA 2 (R2): ruta conformada por un tramo de camino asfaltado y otra en menor parte de camino afirmado hacia la laguna de Wilcacocha.

RUTA 3 (R3): ruta conformada por un tramo corto de camino asfaltado y otra gran parte de camino es de trocha hacia la laguna de Wilcacocha.

En la recolección de datos se hicieron las siguientes actividades como:

Visita a la oficina de servicio turístico, entidad perteneciente al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, en la ciudad de Huaraz, para obtener información sobre la laguna de Wilcacocha, como destino turístico.

Observación del sistema cartográfico a fin de determinar las coordenadas que muestre con certeza la ubicación de la laguna de Wilcacocha.

Revisión de trabajos de investigación relacionados a la actividad turística y aplicación de la teoría del TSP.

Acceso al Inventario Turístico, documento de registro de todos los recursos turísticos que por sus cualidades naturales, culturales y humanas constituyen un atractivo turístico, y que es un instrumento valioso para la planificación turística, toda vez que sirve como punto de partida para realizar evaluaciones y establecer las prioridades necesarias para el desarrollo turístico nacional.

Instrumentos de recolección de datos:

En el presente trabajo se utilizó los siguientes instrumentos que permitieron obtener la información:

Sistema cartográfico: mapa turístico de la región de Ancash.

La información documental (Normas Legales 2004), se realizó a través de fichas textuales, resúmenes, etc., además revisión de libros, revistas, informaciones obtenidas de internet y otros documentos que tengan relación con la investigación.

Se realizó conversaciones con los mismos pobladores a fin de recabar información de campo, sobre los diversos caminos existentes que van desde la ciudad de Huaraz hacia la laguna de Wilcacocha.

Plan de procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos en la investigación se revisó algunos modelos matemáticos relacionados al TSP, seleccionando los modelos más simples, y se tuvo en cuenta lo siguiente:

Adecuación de un modelo matemático al problema de estudio.

Estudio y análisis de los algoritmos heurísticos como métodos de solución al modelo matemático seleccionado y adecuado. La elección de la heurística del vecino más cercano conocer un procedimiento de solución al problema.

Algoritmo Heurístico del vecino más cercano

Este método proporciona resultados razonablemente buenos para el TSP.

Algoritmo

P1.- Inicie con un vértice elegido de forma arbitraria y encuentre el vértice más cercano al vértice inicial para formar el paseo inicial de una arista. Aumentamos a este paseo en un proceso de vértice por vértice según el paso 2.

P2.- Denotemos con x el último vértice agregado al paseo, de entre todos los vértices que no están en el paseo. Seleccione el más cercano, aquel que está más cerca de x y agregue al paseo a la lista que conecta x con el vértice.

Repita este proceso hasta que todos los vértices de G estén incidentes en el paseo.

P3.- Formar el circuito agregado la lista que conecte el vértice inicial con el último agregado.

El modelo matemático fue desarrollado utilizando técnicas de programación lineal entera (Johnsonbaugh 1990), para ello se utilizó un programa computacional, el lenguaje de programación Mosel como soporte para la implementación del modelo matemático del TSP.

Realización de las pruebas necesarias para comprobar la validez del programa con soluciones mecánicas obtenidas manualmente dado que no existen otros trabajos aplicados en esta actividad.

RESULTADOS

El estudio del problema considerado es exclusivamente de recorrido a pie para la visita al destino turístico, Laguna de Wilcacocha desde la ciudad de Huaraz.

Se identificaron tres rutas de acceso distribuidos geográficamente en la zona de la cordillera negra, para ello se hacen las propuestas de rutas como modelos de visita a la Laguna de Wilcacocha:

La **RUTA 1**, es una ruta que puede ser transitado en un vehículo por la existencia de una carretera afirmada, después de haber utilizado antes un tramo corto de carretera asfaltada desde la ciudad de Huaraz, lugar de salida hasta un punto referencial de estudio. Esta ruta es especialmente para usuarios turísticos que no tienen prácticamente ninguna preparación o ambientación especial para cubrir el recorrido a pie.

Las medidas realizadas, de manera aproximada para recorrer esta ruta son, en distancia de 10 km. y en tiempo, de 3 horas 20 minutos. Esta ruta es la más larga para llegar al destino, Laguna de Wilcacocha.

La **RUTA 2**, es una ruta que debe ser transitado a pie por la existencia de la carretera afirmada y que no permite el acceso a vehículos, después también de haber utilizado el tramo corto de carretera asfaltada desde la ciudad de Huaraz hasta el punto referencial de estudio. Esta ruta deben utilizar los usuarios turísticos que cuentan con una cierta preparación para su recorrido a pie en la parte afirmada, dado que es una zona de ascendencia y se requiere de esfuerzo para transitarla.

Las medidas tomadas de manera aproximada para recorrer esta ruta son, en distancia de 5 km. y en tiempo, de 2 horas. Esta ruta es medianamente larga para llegar al destino, Laguna de Wilcacocha.

La **RUTA 3**, es una ruta que debe ser transitado a pie por la existencia del camino a trocha, después también de haber utilizado el tramo corto de carretera asfaltada desde la ciudad de Huaraz, hasta el punto referencial de estudio. Esta ruta es para usuarios turísticos que necesariamente deben tener preparación exigente en recorridos a pie, y resulta una etapa previa para aquellos turistas que escalan las montañas de nuestra región en la cordillera blanca. El recorrido es muy agotador, pero muy compensado por la naturaleza, en recursos naturales de flora y fauna, así como de hermosos escenarios paisajísticos.

Las medidas tomadas, de manera aproximada

para recorrer esta ruta son, en distancia de 7 km. y en tiempo, de 3 horas. Esta ruta en realidad no es corta para llegar a la Laguna de Wilcacocha, Por otro lado, los circuitos turísticos que se generan a partir de las rutas descritas resultan de combinar cada uno de las rutas recorridos a pie señaladas y retornar por las otras rutas, de este modo tenemos los siguientes modelos de circuitos turísticos a proponer:

CIRCUITO 1, es el conformado por la ruta 1 y la ruta 2; el recorrido se realiza por la ruta 1, utilizando un tramo corto de la carretera asfaltada y el retorno por la ruta 2 de la carretera afirmada de tránsito solo a pie. En este circuito, el disfrute para el usuario turístico de mayor satisfacción es en el retorno, pues le permite observar algunos escenarios paisajísticos que se ofrecen en la zona de la cordillera blanca.

CIRCUITO 2, es el conformado por la ruta 1 y la ruta 3, es decir, se realiza por la ruta 1, utilizando un tramo corto de la carretera asfaltada y retorno por la ruta 3, el camino de trocha de solo tránsito a pie. En este circuito, el disfrute para el usuario turístico es de mucho mayor satisfacción, más aún cuando el retorno se recorre a través de la ruta 3, el goce es muy especial ya que existe la ventaja de ir descendiendo tramo a tramo, observando los magníficos escenarios paisajísticos naturales, y que se ofrece tanto en la zona de la cordillera negra, como de las vista excelentes en la cordillera blanca.

CIRCUITO 3, es quizás el circuito de recorrido a pie de mejor satisfacción para el usuario turístico, y lo conforma la ruta 2 y la ruta 3, pero asimismo el recorrido de mayor esfuerzo físico para recorrerlo. Evidentemente el acceso por la ruta 2 demanda ya esfuerzo para llegar a la Laguna de Wilcacocha, y detenerse para observar vistas en la cordillera blanca, pero resulta muy recompensado el retornar por la ruta 3, según lo ya mencionado alienta sobre manera a aquellos caminantes exclusivamente de aventura y admiradores de la naturaleza.

En este circuito, el disfrute para el usuario turístico es de mayor satisfacción, más aún cuando se recorre a través de la ruta 3, el encanto es muy especial ya que existe la ventaja de ir bajando tramo a tramo, observando por cierto los escenarios paisajísticos de mucho impacto natural, y que se ofrece tanto en la zona de la cordillera negra, como de las hermosas vistas en la cordillera blanca.

La formulación matemática para este tipo de problemas se modeliza mediante la teoría de grafos, y un modelo del problema del agente viajero.

Asimismo, se hace necesario representar las rutas especialmente, mediante una ubicación de puntos en 2D sobre la zona del destino turístico considerado en el problema.

El planeamiento del recorrido o desplazamiento del recorrido a pie de un usuario turístico desde la ciudad de Huaraz, se hizo de una forma manual, y otra con la implementación del programa computacional Mosel.

Además se desarrolla mediante una pequeña base de datos que involucra información de las distancias y tiempos de las tres rutas de acceso al destino de la Laguna de Wilcacocha desde la ciudad de Huaraz.

Resultados del Algoritmo del Vecino más cercano

Consideramos 03 nodos que corresponden a las tres rutas de acceso a la Laguna de Wilcacocha en el recorrido a pie realizado por el usuario turístico, como se muestra en la siguiente representación gráfica.

Aplicación: Adaptación del Problema del Agente Viajero. Un conjunto de rutas de acceso dispersados geográficamente, al destino turístico de la Laguna de Wilcacocha desde la ciudad de Huaraz, fue realizado de un modo mecánico ubicando en una mapa turístico de la

región y los usuarios turísticos que son las personas que deben desplazarse al pie al destino turístico y que deben iniciar y finalizar en la ciudad de Huaraz haciendo recorridos a través de las rutas de acceso y realizando un control de medidas en distancias y tiempos.

Formulación del Problema

Sea la red de recorrido, deben recorrer los usuarios turísticos, la cual es modelado mediante un grafo ponderado $G=(V,E)$. Los nodos del grafo representan a los puntos de salida y llegada al destino turístico geográficamente dispersados en la cordillera negra, así como el lugar de salida, que es la ciudad de Huaraz. En este caso el problema se plantea con un lugar de salida y tres rutas de acceso al destino turístico, el nodo 0 representa el lugar de salida y los nodos 1,2,3 a las rutas de acceso al destino turístico.

Cada arco o distancia o tiempo $(i,j) \in E$ representa los elementos del mejor camino para ir de desde el lugar de salida al destino turístico i en la red y tiene asociado una distancia d_{ij} o un tiempo de viaje t_{ij} . Según la estructura de distancias y los tiempos y las características de la red, el grafo considerado para nuestro problema es simétrico. Puede suponerse que G es completo, pues entre todo par de destino turístico y el lugar de salida de una red de transporte razonable existe una ruta.

Para la visita al destino turístico por parte de los usuarios desde el punto de salida, se conoce el tiempo de viaje t_{ij} , el número de rutas generadas cuando se efectúe la visita, logrando reducir distancias o tiempos.

Una muestra de que existen programas computacionales como ayuda para la determinación y diseño de rutas es la que indica en la siguiente figura.

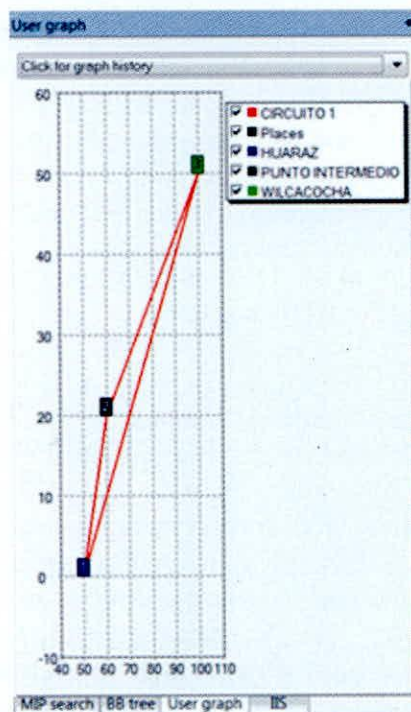


Figura 1. Circuito de recorrido para el TSP

DISCUSIÓN

Durante los últimos treinta años, el turismo se ha consolidado como una de las principales industrias a nivel mundial por delante de sectores como el de automóviles, la electrónica o el petróleo en el volumen de intercambios mundial (Fernández 1990). Es una de las actividades con mejores expectativas de crecimiento futuro según las previsiones de la Organización Mundial de Turismo, que considera que en el año 2020 se van a triplicar el número de llegadas turísticas y a quintuplicar el volumen de los ingresos obtenidos.

El turismo, el ocio y la cultura conforman la gran industria del futuro e irrumpen nuevas tendencias que se manifiestan en una reducción de jornada laboral y (Normas Legales 2005), por tanto, un mayor tiempo libre de los ciudadanos, junto con el incremento y mejora del nivel de vida y la globalización de las comunicaciones.

El turismo, es una actividad económica de relevante importancia, determinada, en parte, por su contribución a la generación de riqueza y empleo y en parte, por su importante efecto *arrastre* sobre otros sectores, que le confiere un carácter estratégico de primera magnitud.

Además, el turismo proporciona, hoy en día, un positivo efecto en el desarrollo de infraestructuras y servicios públicos. Tampoco debemos pasar por alto su aportación a la convergencia social, ya que la libre circulación de turistas lleva aparejado el intercambio de tradiciones, culturas y favorece el acercamiento de los pueblos.

El análisis de los procesos logísticos de la situación problemática, en la prestación de servicios turísticos en la región de Ancash desde la ciudad de Huaraz, y asumiendo que el punto 0: parqueo San Martín sea el lugar de salida, conlleva a un tema bastante complejo.

Podemos observar que el problema resulta muy complejo aún para los tipos de problemas considerados y entonces tenemos que realizar muchas restricciones, pero no obstante estas dificultades nos permite augurar ciertas resultados satisfactorios al caso planteado, además es importante resaltar que los resultados pueden ser aún mejores si disponemos de ciertos software como son los SIG (sistema de información geográfica) que ayuda para el caso de la ubicación de los destinos turísticos y el depósito.

La solución de problemas normalmente está asociada a un proceso de búsqueda, salvo en problemas muy simples, la búsqueda de soluciones no puede realizarse en forma exhaustiva, por lo que las investigaciones han desarrollado una gran cantidad de métodos alternativos de búsqueda que encuentren soluciones aceptables y en muchos casos inclusive óptimas. Lo mismo se aplica para solucionar problemas de optimización para los cuales se han desarrollado métodos aproximativos, a veces involucrando cierta aleatoriedad. Finalmente, el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos también puede ser visto como un proceso de búsqueda.

Por otro lado, sabemos que nuestra región tiene grandes perspectivas de crecimiento turístico por la fuerte presencia de factores básicos (recursos naturales únicos), con microclimas variados y diversificadas tradiciones culturales, con los cuales tiene un enorme potencial para atender a todos los segmentos del mercado en los variados destinos turísticos.

Las tendencias de la oferta y la demanda del turismo tradicional en nuestra región muestran un crecimiento progresivo.

Cuando se identifican problemas de nuestro entorno real, la modelación matemática por cierto nunca refleja exactamente el problema en sí (Dantzig y Ramser 1959), además de mencionar que la identificación de las rutas de acceso al destino turístico en el mapa de la ciudad de Huaraz, lugar geográfico que involucra el trabajo en estudio presenta inconvenientes de precisión de medidas en longitud de metros, por ejemplo se trató en la mejor de las posibilidades de determinar medidas relativamente exactas para el desenvolvimiento del trabajo con trabajos de campo.

La solución se obtiene al modelar el problema mediante un caso especial del TSP para el caso estático y luego aplicar técnicas como el Algoritmo del Vecino más Cercano, implementado mediante el software Mosel.

El TSP y la elección de las rutas mínima, requieren de un proceso de optimización a diferencia de otros tipos de problemas que sólo tratan de satisfacer restricciones. Una idea fundamental dentro de los métodos heurísticos, como métodos de solución es que lo más corto/pequeño es lo más rápido/mejor (Balcazar 1986).

Los modelos de la optimización combinatoria, especialmente el problema del agente viajero permite realizar una modelización en la simulación de los problemas que se suscitan en nuestro entorno real y concreto, permitiendo tener resultados que nos puedan servir de soporte técnico-científico en la mejora de la toma de decisiones de los problemas de recorridos de rutas de acceso a determinado destino.

Cada modelo plasmado siempre está orientado a establecer solo una aproximación de los problemas reales y concretos estudiados, no obstante esto constituyen instrumentos valiosos en la solución de estos problemas en el sistema de transporte turístico. Así entonces se debe mencionar que el TSP engloba todo un amplio conjunto de variantes y personalizaciones de problemas, siendo en muchos casos aún materia de investigación.

La actividad turística es un campo muy

complejo y nada fácil de realizar ordenamientos inmediatos que permitan un mejor desarrollo. El usuario turístico es la prioridad principal de esta actividad turística logrando su comodidad y atención que reflejen su satisfacción personal y permita realizar un efecto multiplicador del servicio brindado y contribuya al crecimiento progresivo del turismo.

CONCLUSIONES

1. La investigación desarrollada ha conllevado la identificación de tres (03) rutas y la generación de tres (03) circuitos turísticos como acceso a la laguna de Wilcacocha, en la cordillera negra de la ciudad de Huaraz.
2. Se ha adecuado un modelo matemático para el problema del agente viajero determinándose varios circuitos para el destino turístico de la Laguna de Wilcacocha; la partida desde la ciudad de Huaraz, utilizando la teoría de grafos.
3. La validez y significación de los resultados que proporciona el modelo propuesto dependerá de la confiabilidad y variedad de los datos que sean considerados.
4. Si en la actividad turística se brindará una adecuada calidad de servicio con el fin de satisfacer las necesidades del usuario turístico, puede llevar directamente a un incremento de la demanda que se refleja en un mayor porcentaje de afluencia en el mercado y contribuir en la disminución de costos y por consiguiente, en un aumento de las utilidades.
5. El TSP engloba todo un amplio conjunto de variantes y personalizaciones del problema que permite comprender la enorme importancia en situaciones reales y concretas, y el cual sigue siendo materia de estudio. La investigación y la implementación computacional propuesta para las rutas y circuitos permite establecer resultados relativamente eficaces, contribuyendo así a la solución de problemas de nuestro entorno social.

AGRADECIMIENTOS

El equipo investigador expresa su gratitud a las personas que viven en el entorno de la Laguna Wilcacocha cuyo aporte permitieron esclarecer las dudas sobre los caminos de acceso al destino turístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balcazar, J. (1986). Algoritmos de Distancias Mínimas en Grafos. Edit. Facultad de Informática, UPC. Lima, Perú. 86-92.

Dantzig, G. B.; Ramser, R. H. (1959), The Truck Dispatching Problem. Management Science.USA. 6- 80.

Fernández, G et Al(1990), Patrimonio Industrial, Turismo Cultural y Rutas Turísticas para un Desarrollo Local Sustentable. Caminos de Geografía, España.

Johnsonbaugh R. (1990), Matemática Discreta. Edit. Iberoamericana, México.

Mitsuo Gen. (2000), Engineering Optimization. Ashikaga Institute of Technology. Edit. John Wiley, Japan.

Normas legales: El Peruano. Periódico de difusión Nacional del Estado, 11 de Noviembre de 2004.

Normas Legales: El Peruano. Periódico de difusión Nacional del Estado, 23 de Enero de 2005.

Tan K. (2000), Heuristic Methods for Vehicle Routing Problem with Time Windows. ElSevier. Artificial Intelligence in Engineering. USA.

Correspondencia

José Jaime Edmundo Del Carpio García
ecoperul@hotmail.com