



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS TURÍSTICAS



EN UN MUNDO CADA VEZ MÁS CONECTADO, LA PLANIFICACIÓN DE VIAJES SE HA CONVERTIDO EN UNA TAREA COMPLEJA, ESPECIALMENTE PARA AQUELLOS QUE DESEAN EXPLORAR DESTINOS TURÍSTICOS DESCONOCIDOS O TIENEN RESTRICCIONES DE TIEMPO Y PRESUPUESTO. PARA ABORDAR ESTE DESAFÍO, SURGE LA NECESIDAD DE UN PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS TURÍSTICAS, QUE BUSCA FACILITAR LA PLANIFICACIÓN DE VIAJES EFICIENTES PARA LOS VIAJEROS.

AUTORES

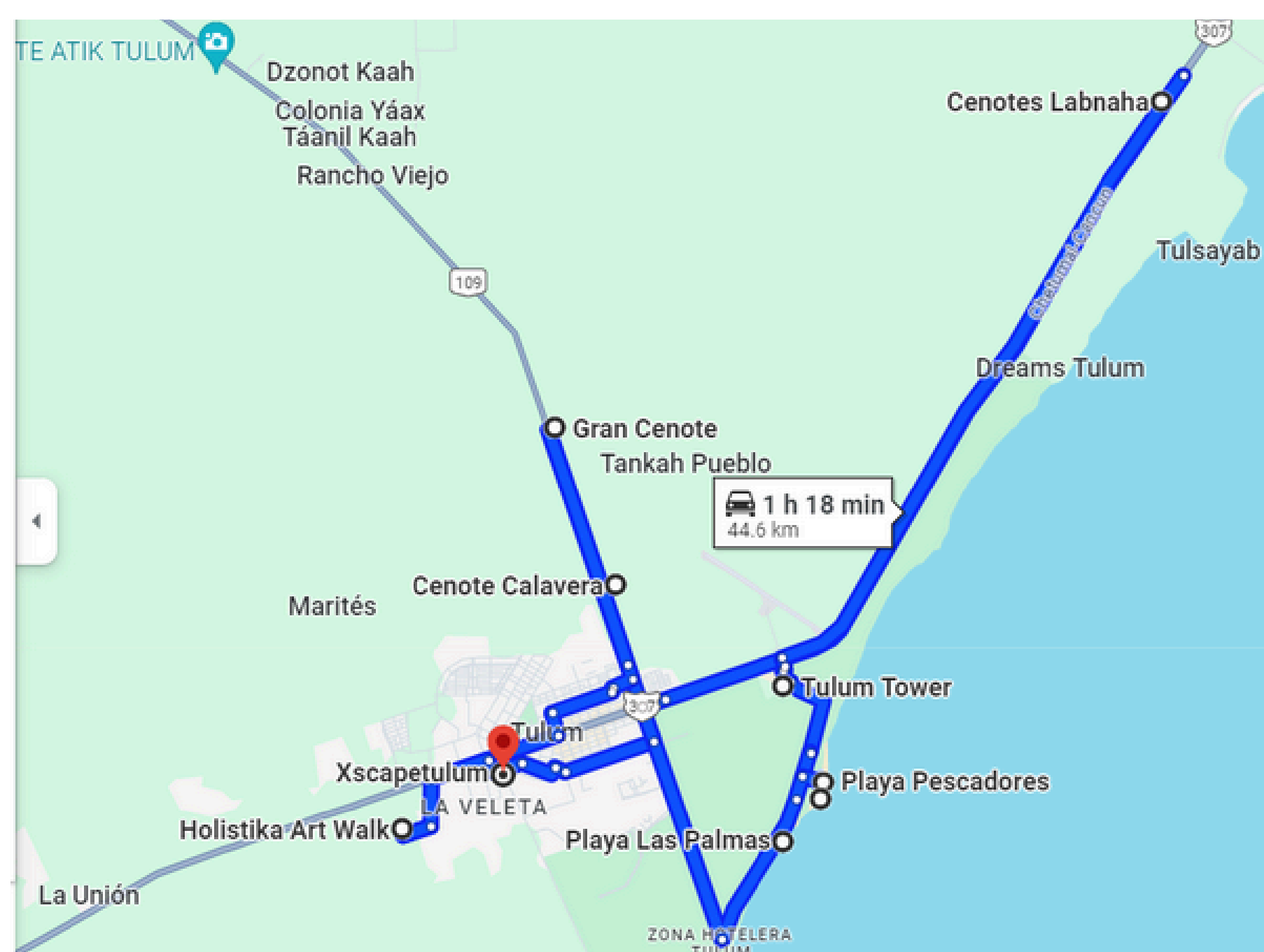
José David Banda Rodríguez
Natalia Sofía Guevara Hernández
Gael Arnulfo Ordaz Zamora

AGRADECIMIENTOS

Del mismo modo, estamos orgullosos de las instituciones con las que trabajamos y que respaldan nuestra investigación. Agradecemos profundamente al profesor Fernando Elizalde Ramirez por todo el apoyo que nos brindó al realizar el trabajo.

OBJETIVO

El objetivo del reto es desarrollar una **ruta óptima** que permita a los turistas planificar sus actividades diarias durante su estancia en un destino turístico específico, sugiriendo recorridos óptimos que incluyan puntos dentro de la Riviera Maya y que sean de interés para el usuario, tomando en cuenta **restricciones** como limitaciones de **tiempo por día, días de estancia y distancia entre puntos.**



Recorridos Turísticos

Este es el recorrido turístico encontrado para el primer día de estancia con la condición de máximo 720 minutos en cada día.

1	HotelXscapetulum
2	CenotesLabnaHa
3	TulumTower
4	Playa Paraiso
5	Playa Pescadores
6	Playa Las Palmas
7	Gran Cenote
8	Cenote Calavera
9	Art Walk
10	HotelXscapetulum

MODELO

Se planteó un **modelo de programación entera mixta** para maximizar la cantidad de lugares visitados.

VARIABLES

- $x_{ij} \in \{0, 1\}$: Variable binaria adquiere el valor 1 cuando la ruta pasa del nodo i al nodo j , y el valor 0 en otro caso
- $y_i \in \{0, 1\}$: Variable binaria que adquiere el valor 1 si el nodo es visitado, y el valor 0 en otro caso
- $u_i \in \{0, 1, \dots, n\}$: Variable de posición. Indica en qué puesto va a ser visitado el lugar de interés i dentro de la ruta.

PARÁMETROS

- Tiempo que durará la persona en el nodo d_i
- Costo del lugar en el nodo p_i
- Tiempo del recorrido del nodo i al nodo j ($c(i, j)$)

CONJUNTOS

- Vértices:** $V = \{1, 2, \dots, n\}$ donde n : número de nodos (lugares turísticos).
- Arcos:** $A(i, j)$ donde i, j pertenece a V .

FUNCIÓN OBJETIVO

$$z = \sum_{i=1}^n y_i$$

RESTRICCIONES

$$(1) \sum_{j=2}^n x_{1j} = \sum_{i=2}^n x_{i1} = 1 \quad \text{Recorrido inicia y termina en el mismo lugar.}$$

$$(2) \sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{k=1}^n x_{ki} = 0; \quad \forall i = 1, \dots, n \quad \text{Todos los valores de entrada sean iguales a los valores de salida.}$$

$$(3) 2 \leq u_i \leq n; \quad \forall i = 2, \dots, n \quad \text{La variable } u_i \text{ visite como mínimo 2 lugares y que no visite más de } n.$$

$$(4) u_i - u_j + 1 \leq (n - 1) * (1 - x_{ij}); \quad \forall i, j = 2, \dots, n \quad \text{No existan más lugares visitados que caminos recorridos.}$$

$$(5) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} * x_{ij} + \sum_{i=1}^n d_i y_i \leq \text{Tiempo diario máximo} \quad \text{Limitar el tiempo que se tendrá para el recorrido.}$$

$$(6) \sum_{i=1}^n p_i * y_i \leq \text{Presupuesto máximo} \quad \text{Limitar el presupuesto para el recorrido.}$$

$$(7) y_i \geq \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad \text{Si un nodo se visita, tiene múltiples caminos pero solo elige 1.}$$

		Número de días establecidos para el viaje		
		1	2	3
Cantidad de tiempo a dedicar por día	6 horas (360 minutos)	Visita los nodos 12, 2, 3, 11 y 10.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 11 y 10. Día 2: visita los nodos 4 y 5.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 11 y 10. Día 2: visita los nodos 4 y 5. Día 3: visita los nodos 9 y 6.
	8 horas (480 minutos)	Visita los nodos 12, 2, 3, 11, 9 y 10.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 11, 9 y 10. Día 2: visita los nodos 6, 5 y 4.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 11, 9 y 10. Día 2: visita los nodos 6, 5 y 4. Día 3: visita los nodos 17, 19 y 20.
	12 horas (720 minutos)	Visita los nodos 12, 2, 3, 9, 11, 5, 4 y 10.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 9, 11, 5, 4 y 10. Día 2: visita los nodos 17, 13, 18, 19 y 20.	Día 1: visita los nodos 12, 2, 3, 9, 11, 5, 4 y 10. Día 2: visita los nodos 17, 13, 18, 19 y 20. Día 3: visita los nodos 6, 15, 16 y 8.

La **tabla** describe la **variación del orden de visitas** de los nodos cuando los **parámetros** son **modificados**. En las **columnas** se maneja el número de días en los que se planea realizar el viaje, mientras que en las **filas** se cambia el tiempo a usar por día.

Se promediaron 3 muestras de cada tamaño de grupos, donde se maneja solamente la columna del tercer día de viaje dado que le conlleva mayor tiempo computacional.

Conclusiones

El modelo facilita que los valores puedan ser modificados y adaptados a los tiempos y días disponibles del usuario, haciéndolo **adaptable**.

A su vez, la exploración con variedad de nodos demuestra la **escalabilidad** del modelo dado que se corrió exitosamente en todos los casos.

Finalmente se comprueba la **factibilidad** del modelo en términos de recursos computacionales, pues los tiempos que tarda en correr son cortos y la implementación de GAMS Py es sencilla



	5 nodos	10 nodos	15 nodos	Todos los nodos
6 horas (360 minutos)	 Tiempo promedio: 26.56 s	 Tiempo promedio: 24.23 s	 Tiempo promedio: 23.9 s	 Tiempo promedio: 17.5 s
8 horas (480 minutos)	 Tiempo promedio: 24.36 s	 Tiempo promedio: 24.26 s	 Tiempo promedio: 24.36 s	 Tiempo promedio: 16.7 s
12 horas (720 minutos)	 Tiempo promedio: 17.53 s	 Tiempo promedio: 25.7 s	 Tiempo promedio: 23.83 s	 Tiempo promedio: 16.4 s

Referencias