

Un Planificador de Rutas Turísticas para el Estado de Puebla

Raymundo Montiel Lira¹

¹ Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla, México.
{montiel_l.raymundo@itsmt.edu.mx}

Resumen. El turismo, es el segundo sector más importante, después del petróleo, en la economía de México. Este sector es muy dinámico, y por lo tanto, necesita de nuevas tecnologías que faciliten al turista el acceso a la información turística del estado de Puebla. En el presente documento se muestra la aplicación de la Etapa I de un Software planificador de rutas turísticas del estado de Puebla, con el desarrollo de un programa que minimiza el costo de recorrido y optimizando la distancia de un origen y destino. Este proyecto está financiado por CONACYT con el número de registro 130675.

Palabras Clave: Grafos, Camino más corto, turismo

1 Introducción

El turismo es un sector dinámico por ser una actividad de tendencia creciente tanto en los recursos materiales como humanos, por lo tanto necesita adaptarse a las nuevas tecnologías, ya que los turistas requieren del acceso a la información con que cuenta la Secretaría de Turismo del Estado de Puebla (SECTUREP), para planificar sus recorridos turísticos. Por ello, la red de Internet se ha convertido en una herramienta de consulta de información y que puede ser la vía de acceso entre el turista y SECTUREP.

Una persona al momento de organizar un viaje lo hace en base a sus intereses, por ejemplo: disponibilidad de tiempo, presupuesto económico, valor artístico del lugar, etc. En otras ocasiones lo hace a partir de las recomendaciones de amigos y familiares. Finalmente, organiza su viaje consultado la información que se encuentra en la red Internet.

La SECTUREP está implementando acciones de modernización, entre las que se encuentra tener un programa que genere rutas turísticas que permitan conocer el estado de Puebla. Para ello, desea implementar un sistema automatizado que integre los sitios turísticos principales de la entidad y que genere una ruta óptima de recorrido entre dichos sitios.

En este trabajo se desarrolla un programa que genera la ruta óptima (camino mínimo en entre los lugares) para recorrer sitios turísticos de interés. Para ello se

programaron los algoritmos de Floyd y el problema del Agente Viajero en JAVA. El programa genera un archivo PDF que integra la información de la SECTUREP útil para organizar un recorrido turístico en el estado de Puebla.

2 Marco Teórico

2.1 Grafos

Definición: [1] Un grafo es un par $G = (V, A)$, donde V es un conjunto finito no vacío (a cuyos elementos llamaremos vértices) y A es una familia finita de pares no ordenados de vértices de V (a cuyos elementos llamaremos aristas o arcos). Como se muestra en la Fig. 1.

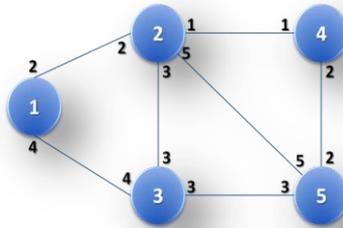


Fig. 1. Representación de un grafo

Definición de Aristas: Son las líneas con las que se unen las aristas de un grafo y con la que se construyen también caminos [2].

Definición de Vértices: Son los puntos o nodos con los que está conformado un grafo. Llamaremos grado de un vértice al número de aristas de las que es extremo. Se dice que un vértice es “par” o “impar” según lo sea su grado.

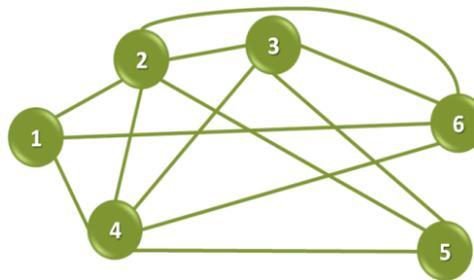
Definición Caminos: [2] Sean $x, y \in V$, se dice que hay un camino en G de x a y si existe una sucesión finita no vacía de aristas $\{x, v_1\}, \{v_1, v_2\}, \dots, \{v_n, y\}$. En este caso:

- X y Y se llaman los extremos del camino
- El número de aristas del camino se llama la *longitud* del camino.
- Si los vértices no se repiten el camino se dice *propio* o *simple*.
- Si hay un camino no simple entre 2 vértices, también habrá un camino simple entre ellos.
- Cuando los dos extremos de un camino son iguales, el camino se llama *circuito* o *camino cerrado*.
- Llamaremos ciclo a un circuito *simple*
- Un vértice a se dice accesible desde el vértice b si existe un camino entre ellos.

2.2 Representación de grafos

Hay dos maneras de representar un grafo en un programa: mediante matrices, mediante listas y mediante matrices dispersas [4].

- Representación mediante matrices: utilización de un vector que indexe los nodos, de manera que los arcos entre los nodos se pueden ver cómo relaciones entre los índices. Esta relación entre índices se puede guardar en una matriz, que llamaremos de adyacencia. Ver Fig. 2(a).
- Representación mediante listas: Se guarda por cada nodo, además de la información que pueda contener el propio nodo, una lista dinámica con los nodos a los que se puede acceder desde él. Ver Fig. 2(b). La información de los nodos se puede guardar en un vector, al igual que antes, o en otra lista dinámica.



	1	2	3	4	5	6	
1	0	1	0	1	0	1	1 1,2,4,6
2	1	0	1	1	1	1	2 2,1,3,4,5,6
3	0	1	0	1	1	1	3 3,2,4,5,6
4	1	1	1	0	1	1	4 4,1,2,3,5,6
5	0	1	1	1	0	1	5 5,2,3,6
6	1	1	1	1	1	0	6 6,1,2,3,4

a) Matriz de adyacencia

b) Lista de adyacencia

Fig. 2. Representación de grafos

2.3 Modelos de Redes

Definición de Red [3]: Una red consiste en una serie de nodos enlazados con arcos (o ramas). La notación para describir una red es (N, A) , donde N es el conjunto de nodos y A es el conjunto de arcos. Por ejemplo, la red de la Fig. 3. Se describe como sigue:

$$N = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$A = \{(1,2), (1,3), (2,3), (2,5), (3,4), (3,5), (4,2), (4,5)\}$$

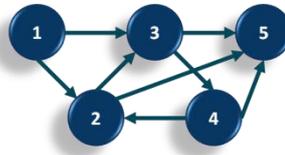


Fig. 3. Representación de una red

Ruta: Es una sucesión de arcos distintos que unen dos nodos pasando por otros nodos, independientemente de la dirección de flujo en cada arco. Forma un ciclo si se conecta un nodo consigo mismo, pasando por otros nodos. Por ejemplo en la Fig. 4, los arcos (2, 3), (3, 5) y (5, 2) forma un bucle o circuito cerrado.

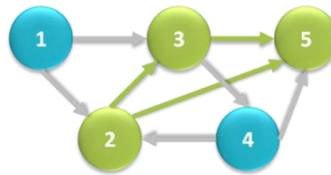


Fig. 4. Representación de una red

2.4 Algoritmo de Floyd

El algoritmo de Floyd [3], determina la ruta más corta entre dos nodos cualesquiera de la red. El algoritmo representa una red de n nodos como matriz cuadrada con n renglones y n columnas. El elemento (i, j) de la matriz expresa la distancia d_{ij} del nodo i al nodo j , que es finita si i está conectado directamente con j , en caso contrario puede ser infinita.

El concepto del algoritmo de Floyd es directo. Dados tres nodos i, j y k en la Fig. 5, con las distancias entre sí indicadas en los tres arcos, es más corto ir a k desde i pasando por j si $d_{ij} + d_{jk} < d_{ik}$

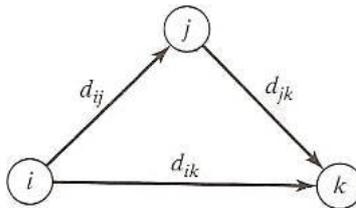


Fig. 5. Operación triple de Floyd

En este caso, lo óptimo es reemplazar la ruta directa de $i \rightarrow k$ por la ruta indirecta $i \rightarrow j \rightarrow k$. Este intercambio de **operación triple** se aplica en forma sistemática a la red, con los siguientes pasos:

Paso 0. Definir las matrices iniciales de distancias D_0 y de secuencias de nodos S_0 como se describe en la Fig. 6. Los elementos diagonales se marcan con (-) para indicar que están bloqueados. Igualar $k = i$.

		1	2	...	j	...	n
1	-	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}	
2	d_{21}	-	...	d_{2j}	...	d_{2n}	
...	-	
j	d_{j1}	d_{j2}	..	-	...	d_{jn}	
...	-	...	
n	d_{n1}	d_{n2}	...	d_{nj}	...	-	

 $D_0 =$

		1	2	...	j	...	n
1	-	2	...	j	...	n	
2	1	-	...	j	...	n	
...	-	
j	1	2	...	j	...	n	
...	-	...	
n	1	2	...	j	...	-	

 $S_0 =$

Fig. 6. Matrices del algoritmo de Floyd

Paso general k. Definir el renglón k y la columna k como *renglón pivote* y *columna pivote*. Aplicar la *operación triple* a cada elemento d_{ij} en D_{k-1} para toda i y j . Si se satisface la condición:

$$d_{ik} + d_{kj} < d_{ij}, \quad (i \neq k, j \neq k \text{ e } i \neq j) \tag{1}$$

Hacer los siguientes cambios:

- a) Crear D_k reemplazando d_{ij} en D_{k-1} por $d_{ik} + d_{kj}$.
- b) Crear S_k reemplazando s_{ij} en S_{k-1} por k . Igualar $k = k + 1$ y repetir el paso k .

Se puede explicar el paso k del algoritmo representando a D_{k-1} como se ve en la Fig. 7. Aquí, el renglón k y la columna k definen el renglón y la columna pivote actual. El renglón i representa cualesquiera de los renglones $1, 2, \dots, k - 1$, Y el renglón p representen cualquiera de los renglones $k + 1, k + 2, \dots, n$. De igual modo, la columna j representa cualquiera de las columnas $1, 2, \dots, k - 1$, Y la columna q representa cualquiera de las columnas $k + 1, k + 2, \dots, n$. Con la operación triple, si la suma de los elementos del renglón pivote y la columna pivote (representados por cuadrados) es menor que el elemento de intersección asociado (representado por un círculo), entonces es óptimo reemplazar la distancia de intersección por la suma de las distancias pivote.

Después de n pasos se puede determinar la ruta más corta entre los nodos i y j con las matrices D_n y S_n con las siguientes reglas:

En D_n , d_{ij} representa la distancia más corta entre los nodos i y j .

En S_n , se determina el nodo intermedio $k = s_{ij}$ que forme la ruta $i \rightarrow k \rightarrow j$. Si $S_{ik} = k$ y $S_{kj} = j$, detenerse; todos los nodos intermedios de la ruta se han determinado. En caso contrario, repetir el procedimiento entre los nodos i y k Y entre los nodos k y j .

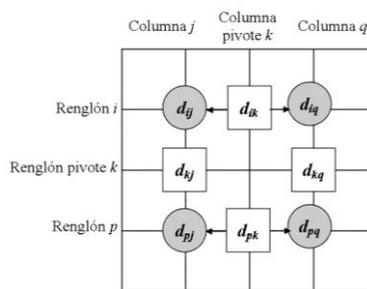


Fig. 7. Implementación de la operación triple en forma matricial

3 Algoritmos de Búsqueda

La búsqueda es una técnica para resolver problemas cuya solución consiste en una serie de pasos que frecuentemente deben determinarse mediante la prueba sistemática de las alternativas. Desde los inicios de la Inteligencia Artificial, la búsqueda se ha aplicado en diversas clases de restricciones y problemas de un único agente.

Existen un gran número de algoritmos utilizados para encontrar la ruta entre dos puntos, la Fig. 8, se muestran algunos de ellos.

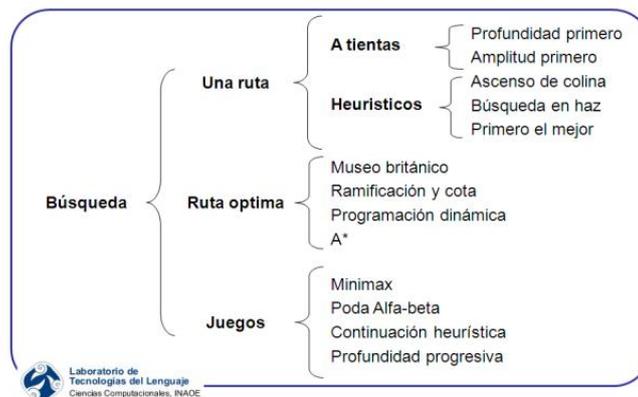


Fig. 8. Clasificación de algoritmos de búsqueda [7].

Existen diversos modelos y algoritmos para resolver el problema de la ruta más corta. Este puede plantearse como un problema de programación lineal, en el cual cada uno de los arcos (conexiones) entre nodos es tomado como una variable. Otra manera de resolverlos es por medio de heurísticas (métodos de Búsqueda).

Hasta la fecha, la mayoría de los métodos para resolver el problema de la ruta más corta, han tomado en cuenta modelos deterministas, es decir, los costos de cada arco son constantes [8].

De forma general, en el problema de ruta corta se tiene una red, R que tiene m nodos que representan ciudades, con n arcos o caminos de punto a punto y los costos c_{ij} asociados con cada arco (i, j) , tratándose de encontrar la trayectoria más corta (o la menos costosa) que vaya de un origen a un destino deseado (que puede ser el nodo m).

El costo total de la ruta es la suma de los costos de los arcos de la ruta, y las x_{ij} contiene un valor que pondera el costo de transición del nodo i al j . El planteamiento matemático es el siguiente:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Este problema es uno de los más estudiados en el área de optimización, dado que existen muchos algoritmos que lo resuelven, dadas ciertas condiciones.

4 Lenguaje de programación y base de datos

4.1 Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado en Sun Microsystems en 1991 como parte del proyecto Green, un grupo de investigación con la misión de desarrollar software para el control de dispositivos electrónicos dirigidos al consumidor final.

Los investigadores de Green desarrollaron un prototipo de dispositivo llamado Star7. La idea original fue desarrollar el sistema operativo de Star en C++, pero al encontrarse problemas en el desempeño de C++, James Gosling miembro del proyecto desarrolla un nuevo lenguaje de programación que pronto será conocido como Java.

Para programar en Java se utiliza el "Kit de Desarrollo de Java" (JDK-Java Development Kit-) el cual cuenta con un conjunto de clases que los programadores de Java pueden utilizar para escribir aplicaciones y applets. Dicho conjunto se denomina Application Programming Interface (API; interfaz de programación de aplicaciones). También Podemos entender la API de Java como un conjunto de clases estándar, formadas por otros conjuntos (subconjuntos) de clases llamados paquetes (packages) perfectamente caracterizados en cuanto a sus propiedades; desde luego, el usuario puede crear sus propios "packages" y utilizarlos para reforzar o sustituir algunos de los existentes.

4.2 MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones. MySQL AB desde enero de 2008 una subsidiaria de Sun Microsystems y ésta a su vez de Oracle Corporation desde abril de

2009 desarrolla MySQL como software libre en un esquema de licenciamiento dual [6].

Por un lado se ofrece bajo la GNU GPL para cualquier uso compatible con esta licencia, pero para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos deben comprar a la empresa una licencia específica que les permita este uso. Está desarrollado en su mayor parte en ANSI C.

Al contrario de proyectos como Apache, donde el software es desarrollado por una comunidad pública y el copyright del código está en poder del autor individual, MySQL es patrocinado por una empresa privada, que posee el copyright de la mayor parte del código.

5 Desarrollo de un programa planificador de rutas turísticas para el Estado de Puebla

El estado de Puebla cuenta con una amplia variedad de sitios turístico, lo cuales tienen grandes atractivos culturales y recreativos. Sin embargo, algunos de ellos son poco conocidos. La SECTUREP desea promoverlos y visualiza que para ello debe incorporar los avances tecnológicos que actualmente usan los potenciales turistas. Sin embargo, la Secretaria ha observado que intervienen diversos factores para el desarrollo turístico del estado. Uno de los factores que intervienen en el poco desarrollo de los sitios turísticos se debe a que son poco conocidos por los turistas.

El viajero no visualiza los atractivos que ofrece el estado debido a que muchos de ellos no están integrados en un sistema que esté disponible a los turistas. Aun existiendo dicho sistema se requiere de un programa que apoye al turista para una adecuada planificación para visitar el estado de Puebla. El programa deberá proponer rutas que satisfagan las necesidades del turista y por otro lado no descarte sitios con gran potencial turístico y que sean de interés para el turista.

Cualquiera que haya planeado un viaje se ha dado cuenta que obtener una solución satisfactoria no es sencillo de abordar, ya que hay diversos elementos a considerar en la mencionada tarea. Por ejemplo: se busca determinar los lugares de cierta región que se puedan recorrer en el menor tiempo posible o bien con el menor costo, sin que se dejen de lado sitios de transcendencia para el viajero y al mismo se cuente con información útil como lo es direcciones de hoteles, restaurantes, líneas de autobuses, horarios, etc. Lo anterior se motiva en el hecho de que el turista debe considerar una amplia gama de variables para llegar a su objetivo como son: las distancias de recorrido, tiempos de recorrido, lugares que desea o no visitar, etc.; al mismo tiempo se pretende que se ocupen los menores recursos.

La SECTUREP requiere de una herramienta que permita dar solución óptima al problema antes mencionado. El viajero al no contar con una herramienta que le permita decidir que sitios turísticos conocer dentro del estado de Puebla se enfrenta a la siguiente problemática:

1. No optimiza la distancia de su viaje.
2. Ocupa mayor tiempo al recorrer su destino.
3. Pasa por alto sitios que se encuentran dentro de su ruta.

La SECTUREP visualiza que al contar con un planificador de rutas, el viajero ya no se enfrentará a la problemática antes mencionada. Con lo anterior, los potenciales turistas reducen costos, la Secretaria se posiciona a la vanguardia al ofrecer herramientas a los turistas, finalmente, se busca que el estado de Puebla tenga mayores ingresos económicos a través de este sector.

El sistema propuesto estará integrado por 3 módulos, como se muestra en la Fig. 9: módulo usuario final (turista), módulo administrador (SECTUR Estado de Puebla.), y módulo para los prestadores de servicios.

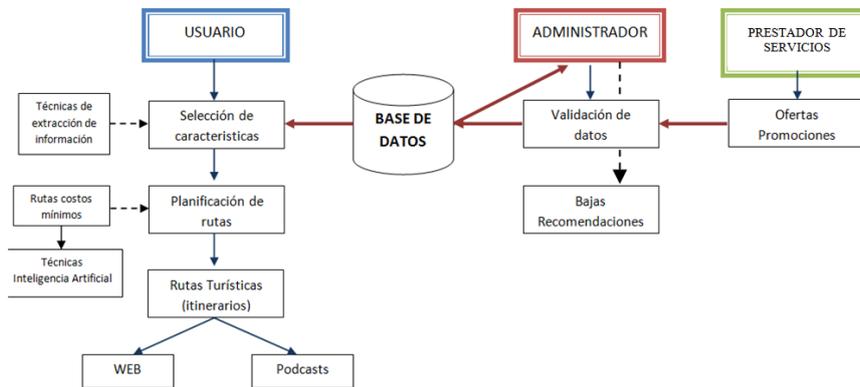


Fig. 9. Módulos propuestos para un planificador de rutas turísticas.

5.1 Módulo del usuario

En este módulo, el usuario (turista) podrá seleccionar las características de los lugares, las actividades que quiere realizar, el presupuesto disponible, el número de días y personas, etc. para la creación de su ruta personalizada. Todos estos datos se obtendrán de la base de datos que se diseñará para este proyecto.

El programa es una aplicación WEB que será desarrollado en un lenguaje orientado a objetos y programado en Java, el cual incluirá un formulario donde se agreguen los siguientes datos del turista: nombre del viaje, la fecha de su viaje, posteriormente debe ingresar su origen y destino.

El programa permite planificar el viaje del turista a través de la selección del origen y del destino ingresado, identificando una ruta mínima por la cual el viajero puede llegar a su destino. Por cada ruta identificada, el sistema muestra las ciudades a través de las cuales pasará antes de llegar al destino, permitiendo ver y seleccionar en cada ciudad los distintos puntos turísticos o sitios de interés que desea visitar. Al igual, se mostrarán hoteles donde se podrá hospedar, lugares donde comer y posibles sitios que puede visitar el turista. Una vez en el destino se mostrarán las posibles visitas que se puede realizar en ese lugar y si lo requiere el turista se puede generar una ruta mínima por la cual pueda recorrer todos los sitios turísticos.

Una vez generada la trayectoria o ruta mínima que debe seguir el turista para llegar a su destino se debe exportar a un documento PDF. En este se debe agregar el mapa carretero del estado de Puebla y la información generada sobre la ruta planificada

como así también un detalle de los atractivos turísticos, hoteles, restaurantes, etc. según los intereses y necesidades del viajero.

En la interfaz de la aplicación WEB ver figura 10, se muestra a manera de menú el medio de interacción con el sistema o página principal. Haciendo uso de las opciones del menú como son: rutas turísticas, ciudades, eventos y servicios turísticos; se accede a un submenú o categoría del menú principal. Se han incluido otros medios de interacción a manera de herramientas de navegación a saber, inicio, contacto y mapa del sitio.



Fig. 10. Interfaz gráfica del sistema

En la parte inferior derecha se presenta el mapa del estado de Puebla con el nombre, carreteras de acceso, y simbología representativa de los principales sitios turísticos.

El cálculo de la ruta (ver fig. 11) se efectúa usando: la fecha de salida, origen, destino, tipo de carretera (cuota o libre), añadir; hoteles, restaurantes y atractivos turísticos, como datos de entrada.

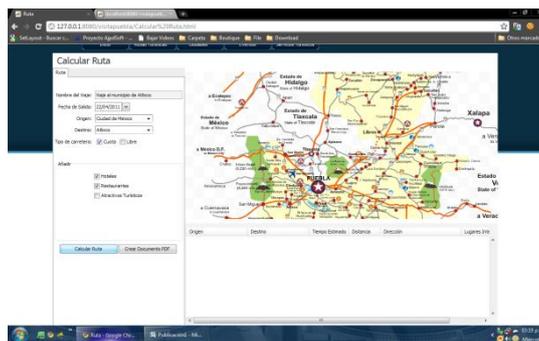


Fig. 11. Cálculo de ruta

Para el cálculo de la ruta turística se han utilizado distintos algoritmos, como son el algoritmo de Floyd, además del algoritmo utilizado para resolver el problema del agente viajero, el cual es un algoritmo de programación dinámica.

Una vez seleccionado los campos requeridos y realizados los cálculos para obtener la ruta, se muestra el resultando con la información de “Origen”, “Destino”, “Tiempo estimado”, “Distancia”, “Dirección”, “Lugares de interés”. Tomando en cuenta los lugares intermedios por los cuales se tiene que pasar para llegar a un Destino en particular (ver Fig. 12.)



Fig. 12. Resultado del cálculo de ruta

Después de haber mostrado los resultados, estos se pueden exportar a un documento PDF para su posterior descarga. (Ver Fig. 13).



Fig. 13. Generación del itinerario en formato PDF

Conclusiones

Al concluir la primera fase del proyecto, el modulo del usuario, se entrego como resultado el primer módulo para la integración de un Software Planificador de Rutas Turísticas del estado de Puebla, que consto de la optimización de la ruta turística del viajero. De esta manera el viajero podrá planificar su ruta y visitar aquellos lugares que se encuentran en la misma antes de llegar a su respectivo destino. El viajero podrá

visualizar antes los atractivos con los que cuenta el lugar sin necesidad de buscar en otros sitios de Internet.

Referencias

- [1] Grimaldi, R. P., Matemáticas discreta y combinatoria. España: Addison-Wesley (1997).
- [2] Nieto, J. V., Nociones Básicas Sobre Grafos. Recuperado el 18 de 09 de 2010, de Nociones Básicas Sobre Grafos: <http://lear.inforq.uniovi.es/ioperativa/TutorialGrafos/grafos/grafos.htm>
- [3] Taha, H. A., Modelo de redes. En H. A. Taha, Investigación de Operaciones (pág. 214). México: Pearson, Educación (2004)
- [4] ITESCAM. Conceptos de grafo. Recuperado el 22 de 09 de 2010, de <https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r61961.PDF> (2004).
- [5] Sánchez, R. C., Crespo Ávalos, J. J., & López Mancheño, A. J. (2009). Sistemas Informáticos Curso 2005-06. Recuperado el 19 de 09 de 2010, de http://eprints.ucm.es/8933/1/Memoria_v_1.0.pdf
- [6] MySQL. (2010). Recuperado el 09 de septiembre de 2010, de <http://es.php.net/mysql>
- [7] Montes, M., Villaseñor, L. (2003) Fundamentos de Inteligencia Artificial. Búsqueda. Coordinación de Ciencias Computacionales, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y electrónica. Consultado Mayo 2010 ccc.inaoep.mx/~mmontesg/cursos/.../Curso-IA-Busqueda.ppt
- [8] M Cervantes Castaños, A. 2004. Elaboración de un Algoritmo Evolutivo para resolver el problema de Ruta más Corta incluyendo funciones de distribución probabilística. Tesis Licenciatura. Actuaría. Departamento de Actuaría, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Mayo. [5] Date, C. (2001). "Introducción a los sistemas de bases de datos", Ed. Pearson, Séptima Edición, México.