

## Los grafos como herramienta de modelado en la WEB 4.0

M.C.T.I. Armando de Jesús Ruiz Calderón<sup>a</sup>, M.C.E. Claudia Imelda Ruiz Muñoz<sup>b</sup>, M.T.I. Benjamín Hernández García<sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico s/n Col. La Comunidad Tlalnepantla de Baz cp. 54070, armando.rc@tlalnepantla.tecnm.mx, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.

<sup>b</sup> Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico s/n Col. La Comunidad Tlalnepantla de Baz cp. 54070, claudia.rm@tlalnepantla.tecnm.mx, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México

<sup>c</sup> Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico s/n Col. La Comunidad Tlalnepantla de Baz cp. 54070, benjamin.hg@tlalnepantla.tecnm.mx, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.

### Resumen

Dentro de los ambientes pertenecientes a los hipermedios, que se utilizan hoy en día a través de la red, se debe tener conocimiento de que existen cambios dinámicos dentro de la navegación, se ha tratado de mejorar las interfaces, el uso de la internet para el usuario final, que aún en estos días sigue siendo compleja. En el presente trabajo se expone un enfoque particular utilizando como marco de referencia el uso de la teoría de grafos, que se basa principalmente en estadísticas probabilísticas. Para describir mecanismos y herramientas de navegación utilizados para aliviar la desorientación del usuario en ambientes hipermediales.

**Palabras clave-** Grafos, Hipermedios, Modelado, WEB 4.0

### Abstract

*Within the environments belonging to hypermedia, which are used today through the network, it must be known that there are dynamic changes within navigation, it has tried to improve the interfaces, the use of the internet for the end user, which even today is still complex. In the present work, a particular approach is exposed using the use of graph theory as a frame of reference, which is mainly based on probabilistic statistics. To describe navigation mechanisms and tools used to alleviate user disorientation in hypermedia environments.*

**Keywords**—Graph, Hypermedia, Modeling, WEB 4.0

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los términos utilizados en lo que se conoce como la WEB 4.0, también conocida como la WEB activa, está se caracteriza por facilitar la transmisión de información, la interoperatividad y la colaboración entre usuarios de un modo más completo y personalizado, que suprimirá varios de los pasos que hacemos hoy con la WEB 3.0; no limitándose simplemente a mostrar información o entregar, archivos multimedia integrando aspectos de inteligencia artificial[1].

La WEB 4.0 propone una mejor comprensión del lenguaje natural, nuevos modelos de comunicación máquina-máquina, esto dado por agentes inteligentes en la nube, y que necesariamente deberá utilizar la información de contexto, del cliente así como un nuevo modelo de interacción con el usuario final además de seguir generando la información contenida en bloques discretos de contenido llamados nodos, (en su nivel más simple), que se encuentran conectados a través de enlaces cuya selección genera distintas formas de recuperar la información de la base, la multimedia consiste en la tecnología que utiliza la información almacenada en diferentes formatos y medios, ya sea audio o video, y que son controlados por un usuario; al hablar de hipermedios se hace referencia a nodos y enlaces, estos enlaces se hacen de forma dinámica, es decir cuando navegamos seleccionamos una serie de posibles soluciones que nos da la internet para encontrar el resultado deseado, con base en esto se pueden utilizar grafos para utilizarlos como herramientas de modelado.

De acuerdo con Chartrand [2] un grafo es un conjunto no vacío  $G$  con una relación  $R$  que es irreflexiva y simétrica en  $G$ . Dado que  $R$  es simétrico, para cada par ordenado  $(v,e)$  que  $(v,e) \in R$  entonces para el par ordenado  $(e,v)$  también  $\in R$ . Sin embargo otra definición para un grafo es la siguiente:

Un grafo  $G$  se define como un par  $(V, E)$ , donde  $V$  es un conjunto cuyos elementos son denominados vértices o nodos y  $E$  es un subconjunto de pares no ordenados de aristas o arcos. Si  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ , los elementos de  $E$  se representan de la forma  $\{v_i, v_j\}$ , donde  $i \neq j$ . Los elementos de una arista o arco se denominan extremos de dicha arista. Dos vértices  $v_i$  y  $v_j$  se dicen adyacentes si  $\{v_i, v_j\} \in E$ , así mismo para un multigrafo su definición es la siguiente:

Un multigrafo  $G$  se define, al igual que un grafo, por un par  $(V, E)$  donde  $V$  es el conjunto de vértices o nodos y  $E$  el de aristas o arcos, pero con la salvedad de que en este caso el conjunto  $E$  puede contener mas de una arista cuyos extremos son los mismos, así como aristas del tipo  $\{v_i, v_i\}$  denominadas lazos. Dado  $G$  un grafo es posible hacerle corresponder una matriz. Dicha matriz  $M = (m_{ij})$  viene definida por  $m_{ij} = 1$  en caso de que los vértices  $v_i$  y  $v_j$  sean adyacentes y 0 en caso contrario. Es claro pues que la matriz de adyacencias de un grafo es siempre una matriz simétrica

### 1.1 Navegación en la WEB 4.0

De forma simple, se puede decir que la navegación es el proceso básico de planificar, describir y controlar una ruta determinada para alcanzar un destino dado, esto puede ser de forma física, cuando se realiza un viaje a un espacio virtual [3], ahora bien el navegar en la WEB se le conoce a la acción de seguir enlaces de un sitio WEB a otro sitio que se encuentre disponible en internet; cuando el usuario entra a la red debe de identificar la posición actual respecto a toda la estructura del hiperdocumento, esto para identificar la

información alcanzada respecto a un contexto dado dentro del mismo; pero para ello el usuario debe de seleccionar entre distintas opciones para poder acceder a la posible solución; y para ello debe de tener la idea clara de que es lo que está buscando y hasta dónde quiere llegar.

Este ha sido uno de los aspectos a razonar que ha costado más trabajo de analizar, debido a que las estructuras mentales del usuario son diferentes en cada individuo, esto permite hacer una asociación de sus ideas en el cerebro –base del paradigma de hipertexto–, es decir un grafo dirigido. De ahí que los mecanismos deben actuar sobre este tipo de representación.

Para poder hacer un estudio y determinar la mejor respuesta se debe de hacer una clasificación de las estrategias de recorridos en la WEB, porque los usuarios cuando navegan se puede decir que hacen una búsqueda exploratoria inicial, cuando no se tiene un objetivo o destino definido; pero existen estrategias que si nos permiten darle un mejor aprovechamiento en tiempo, como son: La navegación dirigida, localización con base en algún identificador, dirección o acceso directo por tablas de contenido.

Ahora bien, en este punto, se va a construir una representación del documento utilizando un grafo; y complementando la definición que se dio líneas arriba; un grafo está formado por un conjunto de nodos (o vértices) y un conjunto de arcos. Cada arco en un grafo se especifica por un par de nodos.

De donde se tiene que el conjunto de nodos  $N=\{A,B,C,D,F,G,H\}$  y el conjunto de arcos  $A=\{(A, B), (A, D), (A, C), (C, D), (C, F), (E, G)\}$  generan el siguiente grafo no dirigido, como se muestra en la figura 1

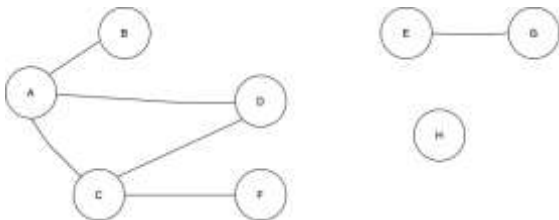


Fig. 1 Ejemplo de un grafo no dirigido

Sin embargo esta representación, no es funcional cuando se realiza una búsqueda en internet, aquí se puede asumir que cada nodo puede ser un país, (mx, us, ca, es, etc), o bien puede ser un dominio, (.com, .edu, .org, etc), entonces cuando se hace una búsqueda en internet, se debe de utilizar el razonamiento de que el grafo ( $G$ ) sea dirigido, es lo mismo que un multigrafo, solo que cada arista  $e$ , que para nuestro caso de estudio estamos hablando de un buscador que tiene una dirección asignada o hipervínculos, en otras palabras cada nodo (arista) está identificada por un par ordenado  $(u,v)$  de nodos  $G$  en vez del par desordenado  $[u,v]$ . Donde se pueden utilizar.

En este trabajo se muestra el uso de los grafos como una herramienta facilitar las búsquedas de los usuarios en la WEB, ya que se emplean diferentes estrategias para obtener la información que el usuario requiere, utilizando los grafos se pueden modelar las consultas y obtener los resultados en menos tiempo.

## 2. OBJETIVO

Mostrar el uso de los grafos como una herramienta de modelado en las búsquedas dentro de la WEB 4.0.

## 3 DESARROLLO

Para este trabajo se revisaron dos formas comunes de utilizar a un grafo  $G$  en la memoria de una computadora. La primera es una forma llamada presentación secuencial de  $G$ , que se basa en la matriz de adyacencia de  $A$  [4]. La segunda forma, llamada representación enlazada de  $G$ , se basa en las listas ligadas de vecinos. Las siguientes líneas explican la primera representación y muestra cómo se puede usar la matriz de adyacencia  $A$  de  $G$  para responder fácilmente ciertas cuestiones sobre conectividad del grafo  $G$ .

### 3.1 Algoritmos utilizados

De acuerdo con Warshall [4], este un algoritmo que calcula la ruta más corta, es de tipo booleano en el que a partir de una tabla inicial se colocan 0's cuando no hay una correspondencia inicial en el grafo y se colocan 1's cuando si existe una correspondencia en el grafo, esto es una dirección, se obtiene una nueva matriz denominada "matriz de clausura transitiva", en la que se muestra las posibles combinaciones entre nodos, ya sea directa o indirectamente, por ejemplo, si de "A" a "B" no hay una flecha o dirección, es posible que si "A" a "C", y luego de "C" a "B", donde si te dirijido con  $m$  nodos,  $(v_1, v_2, \dots, v_m)$ .

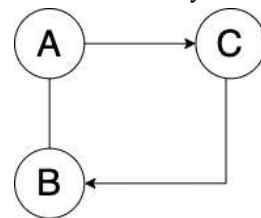


Fig 2 del Grafo  $G$  del Warshall

	A	B	C
A	0	0	0
B	0	0	1
C	1	0	0

Representación algoritmo de

Supongase que se quiere encontrar la matriz de caminos  $P$  para el grafo  $G$ , esta se puede observar en la figura 3

Fig 3 Matriz  $P$  del grafo  $G$  del algoritmo de Warshall

El algoritmo de Warshall se define de la siguiente manera: Primero se definen las matrices  $m$ -cuadradas booleanas  $P_0, P_1, \dots, P_m$  como sigue. Sea  $P_k[i, j]$  la entrada  $i, j$  de la matriz  $P_k$ . Así definimos

Será 1, si existe un camino simple de  $v_i$  a  $v_j$  que no usa otros nodos aparte de posiblemente desde  $v_1, v_2, \dots, v_k$ ; y será 0 en otro caso

Por lo que podemos ejemplificarlo de la siguiente forma

$P_0 [i, j] = 1$  si hay una arista de  $v_i$  a  $v_j$

$P_1 [i, j] = 1$  si hay un camino simple de  $v_i$  a  $v_j$  que no usa otros nodos excepto posiblemente  $v_1$ .

$P_2 [i, j] = 1$  si hay un camino simple de  $v_i$  a  $v_j$  que no usa otros nodos excepto posiblemente  $v_1$  y  $v_2$ .

Si los pares de nodos en los arcos dirigidos, el grafo se denomina grafo directo, dirigido o digrafo.

Considerando lo anterior el algoritmo de Warshall considera que la longitud del camino es mayor a uno y para todos los caminos más cortos, el algoritmo agregará un arco de un extremo a otro como lo muestra la figura 4 [5]

Fig 4



funcionamiento del algoritmo de Warshall

Lo cual no es funcional, pues además de que se continúan agregando arcos asumiendo que es el camino más corto.

Cuando se navega en internet podemos referirnos a una serie de redes interconectadas, las cuales construyen una serie de grafos, los cuales pueden ser cíclicos (los cuales regresan) o acíclicos (que sólo van en una dirección), como se muestra en la siguiente figura

Fig 5 Esquema de navegación en internet

En la figura anterior (5), se puede observar a las computadoras como nodos de un grafo con sus respectivas ligas (aristas), las cuales pueden ser directas o indirectas, dentro de las operaciones básicas de un grafo, se dan de acuerdo a la existencia de una ruta (path); una de las ventajas del uso de los grafos es que pueden ser entendidos de forma visual.

Para la búsqueda en internet hay una arista que sale del nodo del usuario para realizar su búsqueda dirigida dentro de la red, descubriendo así nuevos nodos cuando el algoritmo examina las aristas salientes de acuerdo a la información buscada, generan diferentes niveles para lograr mandar a llamar en todos los niveles posibles con sus respectivos nodos y niveles; generalmente para este tipo de búsquedas se puede tomar un algoritmo de profundidad, como el que se muestra en el anexo A

Sin embargo, éste no es el algoritmo más eficiente en la búsqueda del camino más corto, para este caso nos basaremos en el algoritmo de todos los caminos mínimos, desarrollado por Floyd en 1962; el algoritmo de Floyd-Warshall [4,6] se basa en un teorema de Warshall también de 1962; este algoritmo busca el camino más corto entre  $(m, n)$ ; se tiene un valor inicial  $m [i, j]$  es la longitud de un enlace directo desde punto  $i$  al punto  $j$ . Si no existe un vínculo directo,  $m [i, j]$  es inicialmente  $10^{10}$ . Al finalizar,  $m [i, j]$  es la longitud del camino más corto de  $i$  a  $j$ . Si no existe,  $m [i, j]$  esto es  $10^{10}$ . [6]

Para desarrollar este algoritmo se utiliza programación dinámica para resolver el problema. Éste puede resolver el problema con pesos negativos y tiempos de ejecución iguales a  $O(n^2)$ ; sin embargo, para ciclos de peso negativo el algoritmo tiene problemas. en el anexo A, se muestra el pseudocódigo del algoritmo:

Este tipo de algoritmos hacen que la exploración en la WEB sea cada vez más eficiente, basada en los caminos provistos por el autor del hiperdocumento, activando primero los enlaces en un mismo nivel, y luego sigue de la misma manera en los siguientes niveles. Los navegadores proveen al usuario final una historia de los sitios visitados en orden cronológico, – este es el caso de los navegadores actuales que han tomado esto de algunos navegadores ya hoy en desuso y que en su momento fueron ampliamente utilizados como el Xmosaic, o Netscape, los cuales evolucionaron a algunos actuales o fueron eliminados de su uso en la WEB, con estos algoritmos se almacena en forma de pila los sitios por los cuales se ha pasado; al igual que algunos mecanismos para almacenar sitios de interés que puedan ser localizados fácilmente con el simple acceso a la lista de esos sitios como los llamados "Bookmarks" en "Netscape", "Preferidos" en "Explorer" y "Hotlist" en "Xmosaic". o favoritos para "Google". Es importante señalar que en la actualidad, los navegadores no trabajan como una pila, su trabajo es como una lista ligada, pues el historial de navegación se puede acceder a cualquier sitio en cualquier

momento y es solo navegar digamos en “reversa” para acceder a un sitio visitado anteriormente

Cualquiera que sea el mecanismo utilizado o el algoritmo empleado, las acciones que se llevan a cabo sobre la estructura y contenidos de los hiperdocumentos siempre recuerdan, en forma natural, recorridos en grafos.

Para poder hacer una búsqueda mediante cualquier algoritmo es necesario

- 1) visualizar la estructura en forma de árboles para crear estructuras jerárquicas.
- 2) visualizar el hiperdocumento como un grafo ya sea dirigido, no dirigido o acíclico.
- 3) visualizar el hiperdocumento como una estructura espacial

En el primer y tercer caso, se está haciendo referencia a la creación de clusters y agregados [7], en el cual se construyen jerarquías haciendo uso de algoritmos para la identificación de raíces y luego la identificación de las referencias de estas raíces hacia otros nodos en los subsiguientes niveles, trabajando eminentemente con matrices de distancia convertidas [8,9] y métrica asociada a la excentricidad de los nodos en un grafo [10] Este enfoque ha sido utilizado en varias herramientas, entre las cuales se encuentran: aquella reportada en [11] con la implementación del producto “MAPA”, que además utiliza el algoritmo de Dijkstra para determinar e informar al usuario las relaciones más "cercanas" al sitio en el cual se encuentra; en “HTGraph”, reportada en [12] con la diferencia de utilizar una versión de recorrido BFS como forma de optimizar la graficación del diagrama; en la herramienta “Navigational View Builder” [13], se utiliza la estrategia de creación de clusters, pero haciendo uso de medidas de similaridad entre los contenidos de información y entre las subestructuras de información o subgrafos que pueden identificarse en el hiperdocumento. Otra herramienta dentro de esta categoría es “Webgraph” [14] en la cual, se construyen gráficamente subgrafos del hiperdocumento y no del grafo completo. Todos estos mecanismos son relativamente costosos de implementar, computacionalmente hablando, si el espacio de información es muy grande.

Para el segundo enfoque, donde se muestra la estructura alrededor de un nodo especial y mostrando menos detalle a medida que se aleja de este nodo, se utiliza el método llamado "fish-eye" que destaca los espacios adyacentes al que se encuentra el lector, frente a los espacios lejanos, conceptual e hipertextualmente hablando, mostrando un único gráfico de todo el espacio de información, pero con niveles variados de detalle. Este enfoque es reportado en [15] y su principal problema, cuando se genera esta vista, es el decidir el nivel de detalle con el cual se presentará el diagrama y si es realmente útil al usuario ya que requiere una estimación de la distancia entre una localización determinada y el objeto de interés del usuario.

Nombre	Complejidad	Eficiencia en la búsqueda
Warshall	$O(n^3)$	No es eficiente
Floyd-Warshall	$O(n^2)$	Eficiente

Tabla 1 eficiencia y complejidad de los algoritmos utilizados [5,6]

La eficiencia del algoritmo de Floyd-Warshall es de  $O(n^2)$  es un algoritmo recursivo, mientras que el algoritmo de Warshall, no es recursivo y tiene una complejidad mayor de  $O(n^3)$

#### 4. CONCLUSIONES

Se mostraron dos de los algoritmos relacionados con el proceso de navegación en la WEB 4.0, estos algoritmos aunque no son nuevos, siguen estando vigentes y se siguen utilizando en las diferentes herramientas de búsqueda a pesar de todos los cambios que ha tenido la WEB; estos algoritmos son un claro ejemplo del uso de la teoría de los grafos.

Considerando, que algunas de las técnicas para la búsqueda de información que los usuarios emplean dentro de la WEB, basada en las estrategias utilizadas para navegar en espacios complejos, así como la complejidad y la invisibilidad de las estructuras de los documentos consultados, se genera una carga cognitiva elevada en el momento en que el usuario desea recuperar información o buscar el historial, observando la relación que existe entre los diferentes puntos (nodos) con los que se trabaja, por la cantidad de caminos a seguir.

Los usuarios pueden relacionar la información buscada a través de los grafos de forma visual reproduciendo mentalmente la organización de la información ya que para cualquier búsqueda se hace de forma probabilística para su toma de decisiones. Un ejemplo claro de esto, es cuando el usuario esta en Youtube, buscando una canción, video o información determinada y en la barra lateral derecha aparecen diferentes alternativas, si se selecciona una de ellas y se cambia a esa opción inmediatamente aparecerán nuevas alternativas diferentes, pero si se regresa a la opción anterior, aparecerán las alternativas previamente existentes

No todas las herramientas de búsqueda cubren las expectativas de los usuarios, por lo que el usuario hace uso de una combinación de herramientas para alcanzar su objetivo. Esto es utilizan diferentes motores de búsqueda, a veces de forma inconsciente a veces de manera consiente

La toma de decisiones probabilística, es una de tantas alternativas que genera el llamado problema de desorientación en hipermedios. La utilización de herramientas basadas en grafos, brindará al usuario mecanismos más confiables para entender la estructuración de los hiperdocumentos, pudiendo realizar búsquedas por dominio como sería buscando por .com, .edu .org o bien por países, como podría ser .mx, .us, .es., etc.

Con el uso de las competencias, se requiere que el usuario de la red tenga mejores herramientas para trabajar haciéndose más apto, es por ello que de debe realizar un análisis claro de lo que se quiere encontrar, ayuda a obtener el mejor resultado en menor tiempo aplicando estrategias y técnicas para su búsqueda.

Los aspectos operacionales, ya sean la construcción de índices, la secuencialización para implementar visitas guiadas, el proceso de vinculación, y el proceso de proyectar un hiperdocumento sobre un mapa o diagrama, están basados en algoritmos y conceptos de teoría de grafos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Delgado, Hugo. (2020). *WEB 4.0 ¿Qué es? y cómo se integrará a nuestras vidas*. Recuperado 07 de marzo, 2021, de <https://disenowebakus.net/web-4.php>
- [2] Chartrand Gary "Introductory Graph Theory", Dover 2017, ISBN 13:978-0-48624775-5
- [3] Sorrows, Molly E. and Hirtle, Stephen C. "The Nature of Landmarks for Real and Electronic Spaces", Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, pp 37-50, 1999
- [4] Stephan Warshall, A theorem on boolean matrices. Journal of the ACM, 9(1):11-12, 1962.
- [5] Warren Jr. Henry, A modification of Warshall algorithm for the transitive closure of binary relations, Communications of the ACM 18(4):218 - 220 1975
- [6] Robert W. Floyd, Algorithm 97 (Shortest Path). Communications of the ACM, 5(6):345, 1962.
- [7] Lee, Seung C. (2010) "Identifying Entity Types for E-R Diagramming in Developing Data- Intensive WEB Applications," Journal of International Technology and Information Management: Vol. 19 Num 1.
- [8] Rivlin, E., Botafofo, R., Shneiderman, B. (1994): "Navigating in Hyperspace: Designing a Structure-Based Toolbox". Communications of the ACM, Vol. 37, N° 2, February 1994. pp. 87-96.
- [9] HYPERTEXT '91: Proceedings of the third annual ACM conference on Hypertext September 1991 Pages 63-74 <https://doi.org/10.1145/122974.122981>
- [10] Aho et al, 1983 Aho, A., Hopcroft, J., Ullman, J., "Data structures and algorithms". Addison-Wesley Publishing Company. Reading, MA. 1983.
- [11] Durand, D., Kahn, P. (1998): "MAPA™: a system for inducing and visualizing hierarchy in websites". Proceedings ACM Hypertext '98. pp. 66-76 [Furnas, 1986] Furnas, G. (1986): "Generalized Fisheye Views". Proceedings ACM Computer Human Interaction, CHI'86. pp. 16-23
- [12] Chang, Y., Chi, E. (1995): "HTGraph: a new method for information access over the world wide WEB". URL: <http://www.cs.dartmouth.edu/~samr/DAGS95/Papers/chang.html>
- [13] Sougata Mukherjea, James D. Foley, Visualizing the World-Wide WEB with the Navigational View Builder, Computer Networks and ISDN Systems, Volume 27, Issue 6, 1995, Pages 1075-1087, ISSN 0169-7552,

- [14] Lai, Wei and Huang, Mao Lin and Zhang, Yanchun and Toleman, Mark "WEB Graph Display by Defining Visible and Invisible Subsets". Electronic Proceedings AusWeb 2009, Fifth Australian World Wide WEB Conference. 2009
- [15] G.W. Furnas "Generalized fish eyes" CHI '86: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems April 1986 Pages 16-23

## ANEXO A

### Pseudocódigos de los algoritmos utilizados

#### Pseudocódigo del algoritmo de Warshall

```

1 inicio
2 Repetir para I,J =1,2,...,M: [Inicializa P]
   If A[I,J] = 0 then Do P[I,J] ≠ 0;
   Else Do P[I,J] = 1
   end if
3 Repeat steps 4, 5 for K = 1, 2, ..., M: [Update P]
4   Repeat step 5 for I = 1, 2, ..., M:
5     Repeat for I=1,2,...,M:
       Do P[I,J] = P[I,J] ∨ (P[I,K] ∧ P[K,J])
       end if
     end if step 4
   end if step 3
6 fin
    
```

#### Pseudocódigo simplificado del algoritmo de Warshall

```

for(1<=i,j<=n)
   P[i,j]=adyacente(i,j); // 1 si existe, 0 si no
for(1<=i<=n)
   P[i,i]=1;
for(k=1,...,n)
   for(1<=i,j<=n)
       D[i,j]=D[i,j] or (P[i,k] and P[k,j]);
   end if
end if
end if
    
```

#### Pseudocódigo del algoritmo floyd-Warshall

```

Inicio
integer i, j, k; real inf, s; inf := 1010;
for t := 1 step 1 until n do
for j := 1 step 1 until n do
if m [j, i] < inf then
for k := 1 step 1 until n do
if m [i, k] < inf then
begin s := m [j, i] + m [j, k];
if s < m [j,k] then m [j,k]:=s;
end if
end if
fin
    
```