



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**La red del metro y su eficiencia en distancias físicas**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**ACTUARIA**

**P R E S E N T A:**

**MINERVA ELIZABETH SOTO PATIÑO**



**DIRECTORA DE TESIS:  
M.I. BIBIANA OBREGÓN QUINTANA  
2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

### Hoja de Datos del Jurado

Formato	
1. Datos del alumno	Soto Patiño Minerva Elizabeth 58 60 19 16 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Actuaría 303247010
2. Datos del tutor	M. en I. Obregón Quintana Bibiana
3. Datos del sinodal 1	Dra. Elizondo Cortés Mayra
4. Datos del sinodal 2	Dr. Aceves García Ricardo
5. Datos del sinodal 3	M. en C. Cano Garcés Jesús Agustín
6. Datos del sinodal 4	Mat. Girard Islas Adrián
7. Datos del trabajo escrito	La red del metro y su eficiencia en distancias físicas 69 p. 2010

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1: Conceptos básicos de Redes</b>	<b>8</b>
• 1.1 Antecedentes	8
• 1.2 Conceptos Básicos	10
• 1.3 Medidas Importantes	14
<b>Capítulo2: Redes de Mundo Pequeño, Eficiencia y Ruta Más Corta</b>	<b>15</b>
• 2.1 La propiedad de mundo pequeño.	15
• 2.2 La propiedad de clustering.	16
• 2.3 <i>Coefficiente de aglomerado local (cluster), <math>C_i</math></i> <i>y Coeficiente de aglomerado, <math>C</math>.</i>	16
• 2.4 El modelo de redes de mundo pequeño de Watts y Strogatz	17
○ 2.4.1 <i>El problema del modelo y la corrección de Newman y Watts</i>	18
• 2.5 El problema de la ruta más corta	19
• 2.6 El concepto de eficiencia	21
○ 2.6.1 Eficiencia y Redes de mundo pequeño	22
<b>Capítulo 3: Desarrollo, Cálculos y Resultados</b>	<b>24</b>
• 3.1 Datos necesarios	24
• 3.2 Cálculo de la eficiencia global	25
• 3.3 Cálculo de la eficiencia local	27
<b>Conclusiones</b>	<b>31</b>
<b>Apéndices</b>	<b>32</b>
• Apéndice A: Algoritmo de Floyd y Warshall	32
• Apéndice B: Longitud de Estación a Estación por Línea	36
• Apéndice C: Numeración asignada a las estaciones del metro	41
• Apéndice D: Matriz de rutas más cortas	43
• Apéndice E: Matriz de recuperación de rutas	58
• Apéndice F: Datos de coordenadas aproximadas de Google Earth	67
<b>Referencias</b>	<b>69</b>

## Introducción

A nuestro alrededor existen diversos sistemas que podemos representar mediante redes, es decir como un conjunto de componentes (nodos), con una relación específica entre ellos (arcos). Dentro de estos sistemas podemos encontrar la World Wide Web (los nodos serían las páginas Web y los arcos los hipervínculos que llevan de una a otra), cadenas alimenticias (los seres vivos actúan como los nodos y los arcos representan las relaciones predador-presa), rutas de transporte (las diferentes paradas y el trayecto que se recorre para llegar de una a otra funcionan como nodos y arcos), redes sociales de conocidos (nodos y arcos pueden verse como personas unidas por el tipo de parentesco o afinidad existente entre ellas), etc.

Al conocer las propiedades topológicas de las redes, es posible entender mejor estos sistemas. Por ejemplo la estructura que tiene una red social influye en la forma en que se transmite la información, la moda, los rumores e incluso enfermedades dentro de la misma. En general, podemos decir que las propiedades topológicas de una red determinan su funcionamiento, independientemente de los componentes que la integren. Por lo anterior, se han propuesto muchos conceptos y medidas con el fin de ayudarnos a caracterizar y entender las propiedades de las redes.

Dentro de las medidas que permiten clasificarlas podemos encontrar la *ruta más corta*, definida como la forma más rápida de llegar de un punto determinado a otro de la red; la *distancia media* que consiste en la distancia promedio entre todo par de nodos. El *coeficiente de aglomerado* (clustering), definido como el cociente promedio entre los vecinos del nodo  $i$  y el número máximo de los posibles vecinos del mismo nodo [Albert y Barabási, 2002]. El *grado* de un nodo que es la cantidad de arcos incidentes en el nodo, y la *distribución de grado* que es la distribución característica que se obtiene al graficar las frecuencias contra el grado.

Existe un modelo específico de redes llamado redes de mundo pequeño [Watts y Strogatz, 1998]. Este tipo de redes se encuentran entre las redes regulares altamente aglomeradas y las redes aleatorias que poseen una distancia media pequeña. Estas redes se caracterizan por tener una conectividad media, esto es, la distribución de grado es tipo Poisson para redes grandes. En particular, la propiedad a nivel local de las redes de mundo pequeño es alto clustering, y la propiedad a nivel global es baja distancia media.

También es posible identificar una red de mundo pequeño utilizando el concepto de eficiencia, definida como el intercambio de información dentro la red. La eficiencia entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ , es inversamente proporcional a la ruta más corta entre dichos nodos [Latora y Marchiori, 2001]. Esta medida puede obtenerse a nivel global y local; de forma global se considera toda la red, mientras que de manera local se contempla únicamente la subgráfica formada por los vecinos del nodo  $i$ . La red de mundo pequeño es eficiente local y globalmente.

## La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

Por otra parte, el Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano, mejor conocido como metro, es uno de los principales medios de transporte del Distrito Federal. Dicho sistema puede ser modelado mediante una red, donde las estaciones son representadas como nodos, y las vías que las conectan como arcos. Conocer datos relacionados con su funcionamiento desde un punto específico resulta útil, porque permite complementar la información existente y revelar situaciones que pueden mejorarse.

En el presente trabajo se analizará la eficiencia del metro referente a las distancias físicas. Este análisis tiene el propósito de conocer las medidas de eficiencia global y local que tiene el metro manejándolo como un sistema de transporte cerrado, es decir como si fuese único [Latora y Marchiori, 2002]. A partir de estas medidas de eficiencia se podrá verificar si la red del metro cumple las condiciones para ser considerada una red de mundo pequeño.

Lo anterior se retoma y detalla a lo largo del trabajo de la siguiente manera: en el primer capítulo se tratan algunos conceptos básicos de redes. En el segundo capítulo se presentan las redes de mundo pequeño así como sus características particulares, se introduce el concepto de eficiencia para redes y se explica el problema de la ruta más corta, ya que se encuentran estrechamente relacionados. En el tercer capítulo se da el desarrollo y los cálculos a realizar para obtener la información necesaria para concluir respecto a la eficiencia del metro y finalmente, se dan las conclusiones a las que se llegó después de los cálculos. Muchos de los resultados y datos utilizados se pueden encontrar en los apéndices.

La información que genere este trabajo, se podría utilizar para comparar la eficiencia obtenida de la red con la calidad del servicio prestado por el Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano y así encontrar casos en los que la distancia de las vías entre estaciones no es responsable de la ineficiencia del servicio, sino que es causada por diversos factores como el número de trenes, la velocidad del conductor, fallas de energía entre otras. Sin embargo, tal análisis queda fuera de los alcances de este trabajo, aún así, la información generada podría ser utilizada en un futuro para realizar estudios o trabajos como los antes mencionados.

## Planteamiento del Problema

La idea del presente trabajo surgió a partir de las experiencias cotidianas, en las cuales nos enfrentamos a la necesidad de trasladarnos desde nuestro lugar de residencia hacia los sitios de estudio o trabajo principalmente. Además, una cantidad considerable de los habitantes no cuenta con los recursos suficientes para poseer un auto propio y esto los lleva a hacer uso del transporte público.

La cantidad de habitantes ha aumentado en los últimos años, provocando así la expansión de la ciudad, lo cual ha generado la necesidad de transportarse a través de distancias mayores. El transporte público en su mayoría, se proporciona mediante automóviles (autobús, microbús, minibús, vagonetas, rtp, trolebús, metrobús) lo que provoca que se vea afectado por el tránsito, semáforos y señalamientos, condiciones de la vialidad (baches, vados, etc.), obras viales, manifestaciones, etc. Dicha situación no se presenta en el caso de aquellos medios de transporte que utilizan trenes como son: el metro, el metro férreo, el tren ligero y el tren suburbano. En los casos en los que se puede optar por uno u otro tipo, suele ser preferido el segundo ya que los problemas que presenta el servicio provocados por factores externos son mínimos comparados con el resto de los sistemas de transporte.

Dentro de estos últimos sistemas de transporte, el de mayor importancia es el Sistema Colectivo Metropolitano (metro). Solamente para recordar la importancia de este sistema, durante el periodo de enero a marzo del 2010 accedieron 323,639,263 usuarios [STC metro ,1, 2010]. El metro abarca extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México (fig. 1); mientras que el metro férreo, tren ligero y suburbano, consisten en una línea, que si bien tienen una longitud semejante a las de las líneas que conforman el metro, sólo abarcan un área pequeña. Además, las estaciones terminales de estos sistemas (Pantitlán, Tasqueña y Buenavista, respectivamente), son un acceso al metro, y podrían considerarse como extensiones del mismo.

Cabe aclarar que aunque el metro férreo es la Línea A del metro, en este trabajo se hace la distinción ya que el tipo de trenes (férreo) es diferente al del resto de las líneas (neumático), y se necesita el pago de un boleto extra para pasar de esa línea al resto del metro y viceversa, lo cual la asemeja a los otros tipos de transporte con trenes, más que a cualquier línea que forma parte del metro. Una vez realizada esta aclaración se considerará al metro como la red formada por las estaciones (nodos) y las vías que los conectan (arcos); en donde las estaciones del tipo correspondencia sólo se contarán una vez omitiendo la distancia de trasbordo para fines prácticos. Tomando en cuenta estas restricciones la red del metro se compone de 138 nodos y 155 arcos.

En el caso del metro el usuario decide la ruta que toma, en base a las líneas existentes y los diferentes transbordos, para llegar a su destino. La manera en que los usuarios se mueven a través de la red del metro es análoga al intercambio de información, por lo que la eficiencia con que se transportan las personas en la red del metro puede ser medida utilizando el concepto de eficiencia para redes [Latora y Marchiori, 2001]. La red ideal del metro sería aquella que fuese una red completa, es decir con conexiones directas entre todas y cada una de las estaciones, en donde las conexiones fuesen en línea recta, de





Ahora bien ¿Qué tan eficiente es la red existente del metro de la Ciudad de México? Para poder dar respuesta a esta pregunta, en este trabajo se calculará la eficiencia de la red del metro de la Ciudad de México, correspondiente a distancias físicas (longitud de vías construidas). El concepto de eficiencia para redes puede calcularse haciendo uso de las rutas más cortas, por lo cual para conocer la eficiencia que tiene el metro es necesario conocer la ruta más corta entre todas y cada una de las estaciones que conforman la red. El cálculo de la ruta más corta entre todo par de nodos, es una forma específica que presenta el problema de la ruta más corta, y un algoritmo que permite encontrar solución a este caso es el algoritmo de Floyd (Ejemplo en el Apéndice A). En el capítulo 2 se tratarán más a fondo estos conceptos.

Conocer la eficiencia de la red es información útil, ya que es una medida para determinar que tan bueno es el transporte de usuarios a través de la red, considerando la forma en la que está conectada. Además, para obtener tal información será calculada la ruta más corta entre todo par de estaciones, si bien el obtener estas rutas es un paso intermedio para calcular la eficiencia, el cálculo permitirá conocer la distancia mínima que se recorrerá entre dos estaciones cualesquiera. También, se obtendrá la manera de moverse por la red para conseguirlo, es decir, la ruta específica, lo cual es información útil por sí misma.

En el 2002, Vito Latora y Massimo Marchiori, realizaron un estudio sobre la eficiencia del metro de Boston, donde probaron que como sistema cerrado (sólo el metro), es eficiente global pero no localmente, sin embargo al añadir el sistema de autobuses y combinarlo, consiguieron un sistema de transporte que resultó ser eficiente tanto a nivel global como local. Este trabajo se basa en ese estudio, salvo la parte de la integración de un sistema de transporte alterno, pues a diferencia de Boston, en la ciudad de México existen múltiples rutas de transporte, que se intersectan en gran cantidad de puntos, y lamentablemente una parte importante no está debidamente regulada (rutas de micros y combis), por lo cual resultaría muy difícil incorporar estos sistemas de transporte alterno ya que no existe una base de datos para obtener dicha información.

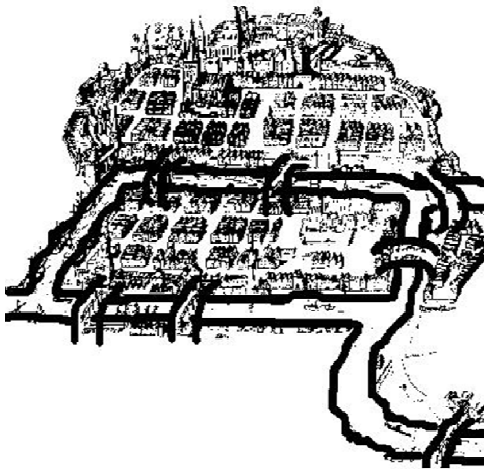
Con base en lo anterior, se analizará la eficiencia global y local del metro como si se tratase de un sistema cerrado. Los valores resultantes de eficiencia, permitirán conocer a nivel local cuán falto de tolerancia es el metro, es decir, en promedio cuán afectada se ve la comunicación entre la primera vecindad de una estación al ser esta removida de la red. Con respecto al nivel global, permitirá observar cuán eficiente es el movimiento de los usuarios a través de la red dada la forma en que se conecta, esto es, la estructura que presenta la red del metro. Además, en conjunto ambos valores servirán de criterio para determinar si la red en cuestión se comporta o no como una red de mundo pequeño, es decir, una red donde el transporte de información es sumamente eficiente.

# Capítulo 1

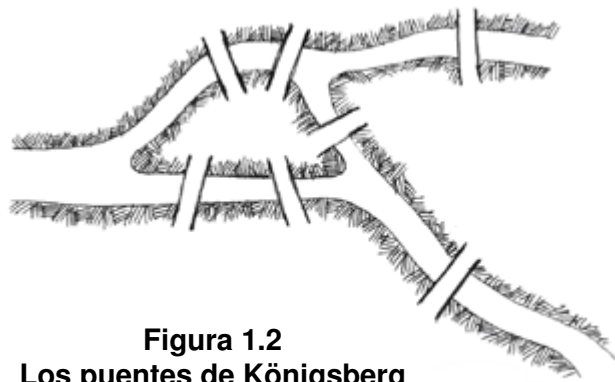
## Conceptos básicos de Redes

### 1.1 Antecedentes

En 1736, el matemático suizo radicado en San Petersburgo, Leonhard Euler publicó "*Solutio Problematis ad Geometriam Situs Pertinentis*", un artículo en el que resolvía el problema de los puentes de Königsberg (hoy Kaliningrado en Rusia). En el caso general, este problema consistía en encontrar un trayecto, alrededor de una serie de puentes, que cruzara solamente una vez cada uno de ellos.



**Figura 1.1**  
Königsberg en la época de Euler



**Figura 1.2**  
Los puentes de Königsberg

En la figura 1.1 está representada la ciudad de Königsberg en la época de Euler. Pueden observarse los siete puentes que existían, actualmente se han construido más puentes. La idea de Euler fue considerar los cuatro lugares terrestres, que se deseaban comunicar (hay 4 de ellos), como puntos de destino y, a los famosos puentes, como trayectorias entre esos puntos. En consecuencia, el mapa de Königsberg en esencia matemática, puede ser reducido al siguiente diagrama (Figura 1.3), es decir, un ejemplo de lo que suele llamarse una red:

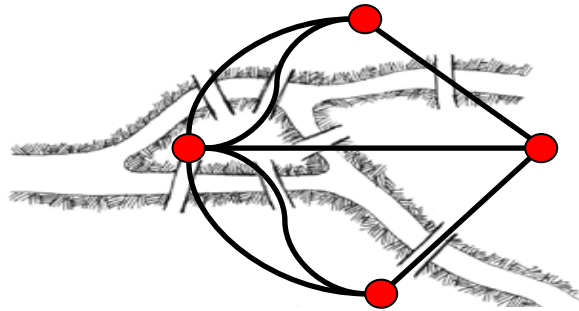


Figura 1.3

Una red, es una figura cuyas líneas o curvas (llamadas arcos), conectan puntos o nodos. En consecuencia, la trayectoria de los puentes de Königsberg puede ser reformulada como una red, en la cual se pasa una sola vez por cada arco. Para cada uno de los nodos de la red existe un grado, el cual corresponde al número de arcos incidentes en el mismo, es decir, que tienen por extremo ese nodo. La figura 1.4 muestra la red del problema de los puentes de Königsberg, con el grado de cada nodo.

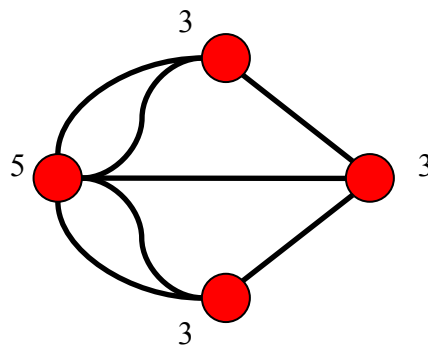


Figura 1.4

Euler no pudo entregar una solución al problema de la trayectoria de los puentes de Königsberg. Solamente podría haber una solución si los nodos pudiesen ser conectados con un número par de arcos, ya que ello implicaría entrar y salir a través de los mismos por los cuales se llega. Alternativamente, dos nodos pueden estar conectados por un número impar de arcos y, éstos, serían el comienzo y el final de la trayectoria. Para que el problema tenga solución es necesario que en la red haya a lo más dos nodos de grado impar. En el caso de la red de Königsberg los cuatro nodos tienen grado impar, así que el problema no tiene solución.

Este trabajo es considerado como el nacimiento de la Teoría de Gráficas, la que en los últimos 3 siglos se ha convertido en el principal lenguaje matemático para describir las propiedades de las redes. Esta teoría es utilizada hoy en día en una gran variedad de aplicaciones y al mismo tiempo es de las primeras apariciones de una «nueva geometría» en la que importan sólo las propiedades estructurales de un objeto y no sus medidas. A esto se refieren las palabras «geometriam situs» en el título de Euler, palabras que hoy se traducen como topología.

## 1.2 Conceptos Básicos

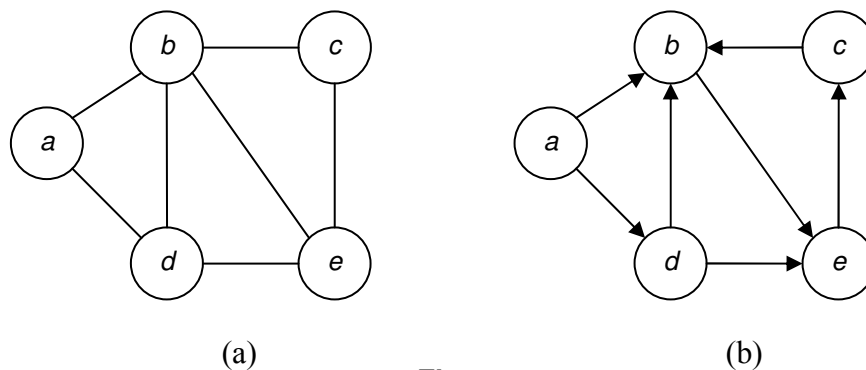
Una red es una representación gráfica de un sistema; esta se compone de dos partes fundamentales, los nodos (o vértices) que representan a cada uno de los componentes del sistema y los arcos (o aristas) que hacen referencia a la relación existente entre los nodos. De esta manera podemos expresar matemáticamente una red como  $R = \{V, H\}$  donde  $V$  corresponde al conjunto de nodos  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , y  $H$  es el conjunto de arcos  $h_1, h_2, \dots, h_m$ .

Cada nodo tiene un número  $k_i$  de arcos asociados o incidentes, a esta cantidad de arcos se reconoce como grado. En una red con  $n$  nodos y  $m$  arcos la suma de los grados de todos los nodos es  $2m$ , además  $m \leq \frac{n(n-1)}{2}$ . Las relaciones nodo-arco pueden ser

representadas de forma matricial mediante la **matriz de adyacencia**  $A_{nm}$ , donde la entrada  $a_{ij}$  vale 1 cuando el nodo  $i$  y el nodo  $j$  son adyacentes, es decir, existe un arco que une al nodo  $i$  con el nodo  $j$ , y 0 en otro caso. Entonces, el grado de un nodo se calcula:

$$k_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \text{ donde } n \text{ es el número de nodos.}$$

Cuando los arcos tienen una dirección específica podemos separar el grado en grado interior y grado exterior, para diferenciar los arcos que entran y salen del nodo respectivamente. La suma de los grados interiores y la suma de los grados exteriores son iguales a  $m$  y  $m \leq n(n-1)$ . Esta relación también se puede observar de manera matricial con ayuda de la **matriz de incidencia**  $B_{nm}$ , donde la entrada  $b_{ij}$  vale 1 si el arco  $j$  sale del nodo  $i$ , vale -1 si el arco  $j$  entra al nodo  $i$ , y 0 en otro caso (para redes no dirigidas puede escribirse la matriz de incidencia pero se necesita duplicar los arcos para expresar la doble dirección). A este tipo de redes con dirección en sus arcos se les conoce como redes dirigidas o digráficas y aquellas en las que ninguno de sus arcos tiene dirección, se les denomina redes no dirigidas (Figura 1.5).



**Figura 1.5.**  
**(a) Red no dirigida (b) Red dirigida**

A continuación se muestra un ejemplo de las matrices de adyacencia de las redes representadas en la Figura 1.5

$$(a) \begin{matrix} & a & b & c & d & e \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$(b) \begin{matrix} & a & b & c & d & e \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Matriz de incidencia correspondiente a la red dirigida de la figura 1.5 (b)

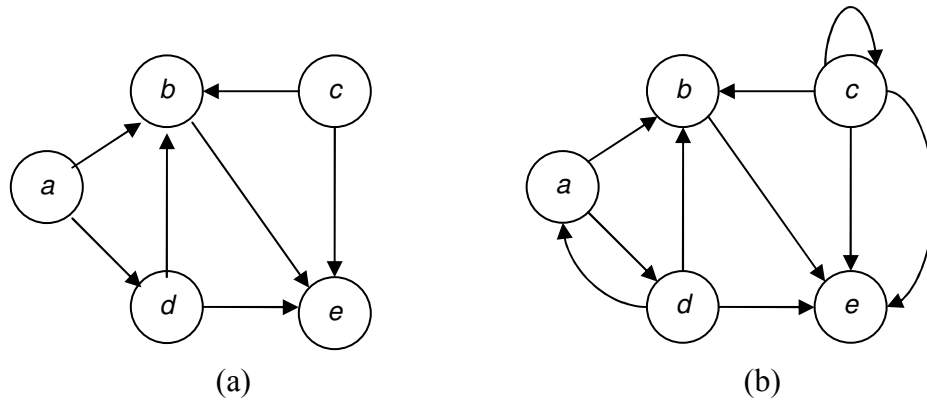
$$\begin{matrix} & (a,b) & (a,d) & (b,e) & (c,b) & (d,b) & (d,e) & (e,c) \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Para la red (a) de la figura 1.5 la matriz de incidencia puede escribirse de la siguiente manera

$$\begin{matrix} & (a,b) & (a,d) & (b,a) & (b,c) & (b,d) & (b,e) & (c,b) & (c,e) & (d,a) & (d,b) & (d,e) & (e,b) & (e,c) & (e,d) \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

La matriz de adyacencia define por completo la estructura de la gráfica y las relaciones entre los nodos quedan completamente descritas por la matriz de incidencia. En muchas ocasiones los arcos, al igual que los nodos, tienen asociada una letra o número para distinguirlos. Dependiendo del objetivo se utiliza una u otra matriz.

Además de la dirección en los arcos, la manera en que estos conectan los nodos permite hacer diferentes clasificaciones entre las redes. Dependiendo de la cantidad de arcos que conectan dos nodos en la red, podemos encontrar a las *redes simples* y a las *redes múltiples* (Fig. 1.6). En las primeras, dos nodos están conectados por un arco o por ninguno; no existen *rizos*, es decir, ningún nodo está conectado a sí mismo y puede considerarse un *nodo fuente* (únicamente salen arcos) y un *nodo sumidero* (únicamente entran arcos). Mientras que en las redes múltiples existe la posibilidad de tener varios arcos entre un par de nodos. Por lo general sí no se hace una especificación se considera una red simple.



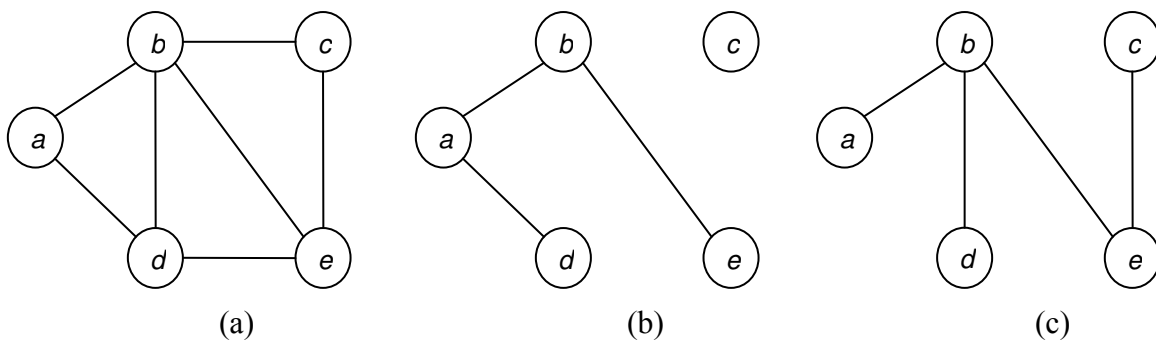
(a) Red simple (b) Red múltiple

Figura 1.6

Cuando en una red todos los nodos están conectados directa o indirectamente con los demás se dice que la red es conexas. Esto significa que para cada nodo de la red existe una secuencia de nodos y arcos mejor conocida como *ruta* con la que es posible llegar a cualquier otro nodo de la red. Cabe aclarar, para que se considere ruta no deben repetirse los nodos en la secuencia, si esto llegase a suceder, la secuencia recibe el nombre de *camino*.

Si en un camino el nodo inicial y el nodo final coinciden se le denomina *ciclo*, en redes dirigidas cuando los arcos tienen la misma dirección este recibe el nombre de *circuito*. Las redes que no contienen ciclos reciben el nombre de *acíclicas*. En caso de que una red cumpla con ser tanto conexas como acíclica se dice que la red es un *árbol*. Cuando la red consiste de un conjunto de árboles se le denomina *bosque*. En la figura 1.7 se muestran ejemplos de red conexas (a), red acíclica (b), y árbol (c).

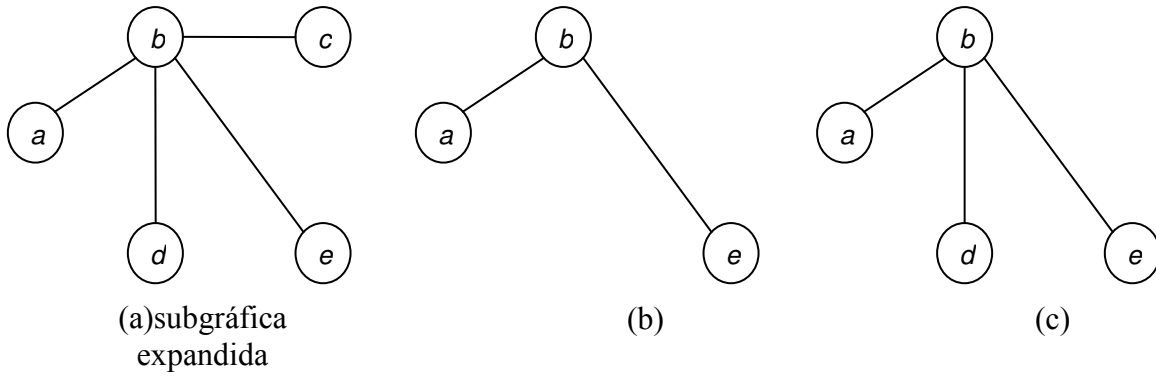
Teniendo una red con  $n$  nodos y  $m$  arcos se cumple que  $m \geq n-1$  para una red conexas,  $m \leq n-1$  para una red acíclica y  $m = n-1$  en el caso de que sea árbol.



(a) Red conexas (b) Red acíclica (no conexas v bosque) (c) Árbol

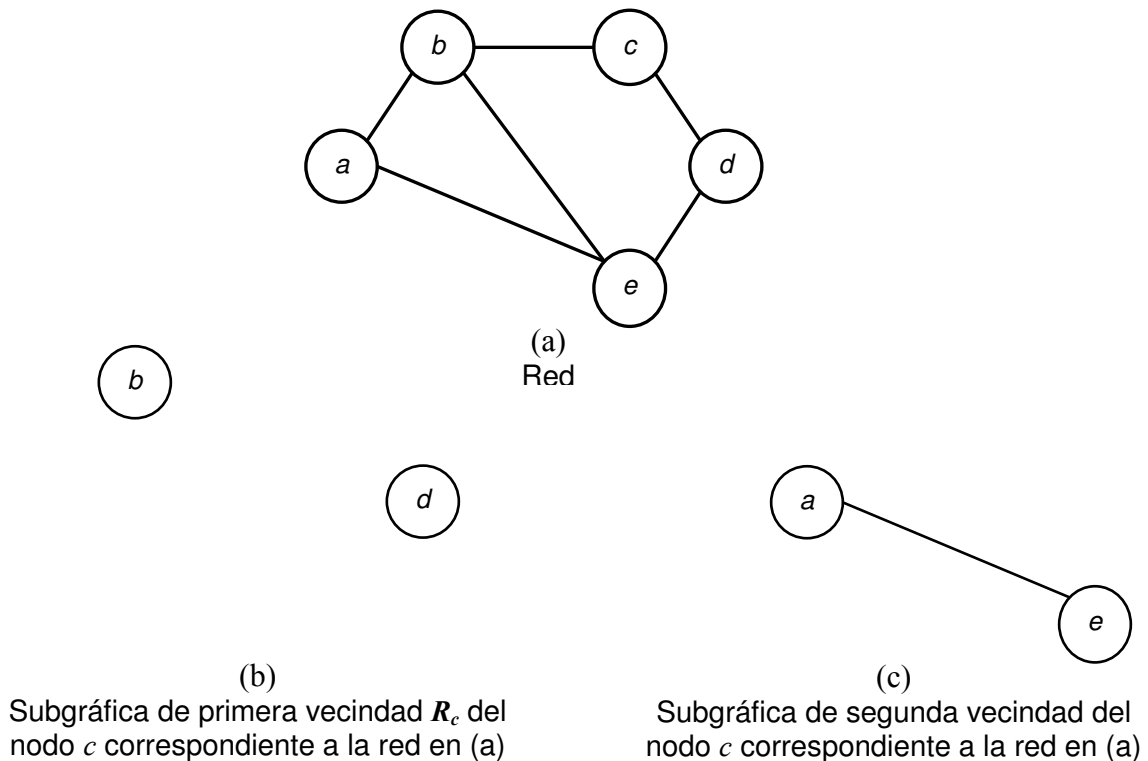
Figura 1.7.

Otro concepto importante en redes es el de *subgráfica*, una subgráfica es un subconjunto de nodos y arcos de la red (Fig. 1.8), en el cual, si se incluye un arco se incluyen los dos nodos adyacentes al mismo y si un nodo se incluye, pueden o no añadirse arcos incidentes al mismo. En el caso de que la subgráfica contenga todos los nodos de la red original se le conoce como *subgráfica expandida*.



**Figura 1.8.**  
**Subgráficas del nodo  $b$  y sus primeros vecinos,**  
**correspondientes a las redes de la Figura 1.7**

Por otra parte la *subgráfica de vecindades* es el conjunto de todos los nodos adyacentes a un nodo específico así como los arcos existentes entre los mismos, en el grado que se quiera, primera vecindad, segunda, etc. La notación  $R_i$  se refiere a la subgráfica de los primeros vecinos de un nodo  $i$ ; cabe aclarar que este tipo de subgráfica no contiene al nodo  $i$ , y es posible que sea no conexas. (Fig. 1.9)



**Figura 1.9.**  
**Ejemplos de subgráficas de primera y segunda vecindad**

### 1.3 Medidas Importantes

En muchas ocasiones los arcos tienen un determinado valor o ponderación denominado *costo*  $c_{ij}$  (costo asociado al arco que va del nodo  $i$  al nodo  $j$ ). Una función que asocia a cada arco un costo se denomina *función de costo* y puede representar costo, distancia, tiempo, etc. Cuando en una red los arcos no tienen un costo asociado, se puede tomar como si todos los arcos tuvieran costo unitario.

Teniendo en cuenta los costos de una red podemos calcular la longitud de una ruta; ésta será la suma de los costos de todos los arcos de la ruta. Una medida importante que podemos calcular con lo anterior es la *ruta más corta*, la cual existirá si y sólo si existe al menos una ruta entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ . La ruta más corta entre estos nodos será aquella que tenga menor longitud y se le denotará  $d_{ij}$ ; cuando no existe una ruta entre los nodos entonces  $d_{ij}=\infty$ ; además en redes dirigidas no siempre coinciden  $d_{ij}$  y  $d_{ji}$ .

También podemos calcular la *distancia media*  $L$ , que permite conocer la navegabilidad de la red, y se calcula:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n+1)} \sum_{i \geq j} d_{ij}, \text{ donde } n \text{ es el número de nodos.}$$

Otra medida utilizada es el coeficiente de aglomerado  $C$  (clustering) y se refiere al cociente entre el número de arcos de los vecinos del nodo  $i$ , y el número máximo de los posibles arcos de los vecinos del nodo  $i$ . El clustering indica la tendencia dentro de la red de formar triángulos. Se calcula:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{2m_i}{k_i(k_i-1)} \text{ donde } m_i \text{ es el número de arcos}$$

existentes entre los vecinos del nodo  $i$ , y  $\frac{k_i(k_i-1)}{2}$  es el número máximo de los posibles arcos entre los vecinos del nodo  $i$  [Dorogovtsev y Mendes, 2003].

Por otra parte, la distribución de grado,  $P(k)$  donde  $k$  es el grado, permite conocer la conectividad de una red. Esto es, teniendo en cuenta los diferentes grados que presentan los nodos de la red, si se grafican las frecuencias contra el grado, la distribución obtenida muestra información acerca de cómo están distribuidos los enlaces.

Este primer capítulo contiene los conceptos básicos que se utilizarán a lo largo del trabajo. En el siguiente capítulo se tratarán redes especiales conocidas como redes de mundo pequeño, las cuales se definen en función de los conceptos de distancia media y coeficiente de aglomerado. Además, se explicará la distribución de grado que presentan este tipo de redes.



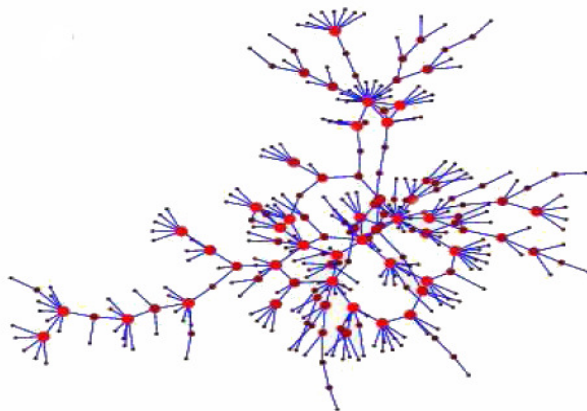
## Capítulo 2

### Redes de Mundo Pequeño, Eficiencia y Ruta Más Corta

#### 2.1 La propiedad de mundo pequeño

En las redes, los nodos tienen posiciones en el espacio y en muchos casos es razonable asumir que la proximidad geográfica juega un rol para decidir cuáles nodos se conectan con qué otros. En 1967 el psicólogo social Stanley Milgram llevó a cabo un experimento con el cual concluyó, que en la mayoría de los casos, dos personas cualesquiera en los Estados Unidos se encuentran a una distancia promedio de 6 conocidos. A partir de este experimento se originó el popular concepto de “seis grados de separación” a pesar de que tal frase no fue usada por Milgram [Newman, 2003]. A esta propiedad se le conoce como *propiedad de mundo pequeño (small world property)*, para resaltar que aún cuando se tiene una red grande la distancia media entre sus nodos es pequeña.

La propiedad de mundo pequeño ha sido encontrada en redes biológicas, sociales e incluso tecnológicas; por ejemplo: redes de interacción entre proteínas, patrones de contagio de enfermedades sexualmente transmitidas, redes de distribución eléctrica, redes de neuronas y redes de computadoras (como la Web, Internet etc.). La figura 2.1 es un ejemplo de estas redes.

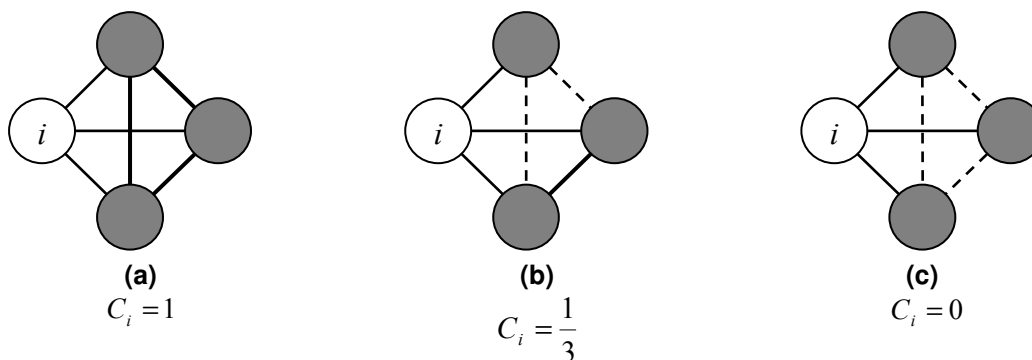


**Figura 2.1**  
**Una red de contactos sexuales entre individuos.**  
**Fuente: Potterat et al. (2002)**

## 2.2 La propiedad de clustering

Por otra parte, una de las propiedades más comunes en las redes sociales es la formación de triángulos, que representan grupos de amigos o conocidos donde todos y cada uno de los miembros del grupo se conocen entre sí. Esta tendencia inherente a agruparse es conocida como clustering y significa que si dos nodos están conectados directamente, existe cierta probabilidad de que si tienen otro nodo en común también esté conectado a ambos nodos [Albert y Barabási, 2002]. Esta propiedad puede ser cuantificada mediante el coeficiente de aglomerado.

En la figura 2.2 se puede observar la propiedad de clustering para el nodo  $i$  con su respectivo coeficiente. Los nodos sombreados son los vecinos cercanos al nodo  $i$ . Los arcos de la red son las líneas continuas (*se han resaltado los arcos que conectan a los vecinos de  $i$  para mayor claridad*) y los arcos posibles son las líneas segmentadas.



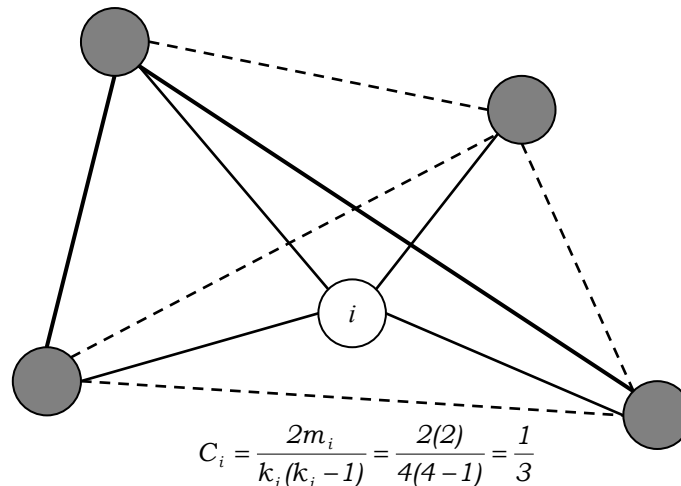
**Figura 2.2**

**Propiedad de clustering y coeficiente de aglomerado del nodo  $i$ .**  
**(a) Todos los nodos son vecinos. (b) Dos vecinos de  $i$  son vecinos entre sí. (c) Los vecinos de  $i$  no son vecinos entre ellos.**

## 2.3 Coeficiente de aglomerado local (cluster), $C_i$ y Coeficiente de aglomerado, $C$ .

El coeficiente de aglomerado local nos dice que si el nodo S está conectado al nodo T, y T está conectado al nodo U, entonces es probable que S tenga un enlace directo a U. Existen varias formas de calcularlo, la que emplearemos en el presente trabajo es la fórmula Dorogovtsev y Mendes, (2003), que se definió en la sección 3 del capítulo anterior. La importancia del coeficiente de aglomerado es que nos indica la tendencia de los nodos de formar aglomerados o triángulos dentro de la red.

En la Figura 2.3 puede observarse un ejemplo del cálculo del coeficiente de aglomerado para el nodo  $i$ . Al igual que en la figura anterior, los nodos sombreados son los vecinos cercanos al nodo  $i$ . los arcos de la red son las líneas continuas y los arcos posibles son las líneas segmentadas. Cabe mencionar que el coeficiente de aglomerado sólo está definido para redes no dirigidas.

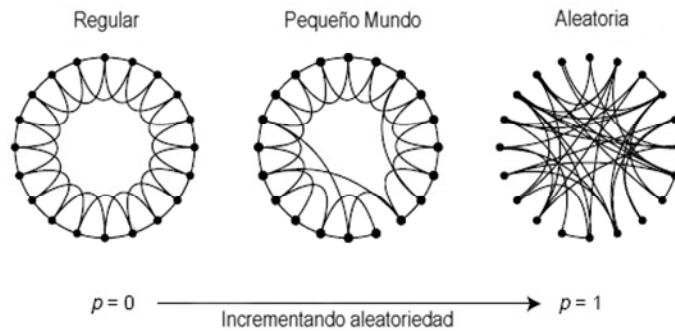


**Figura 2.3. Coeficiente de Aglomerado del nodo  $i$ .**  
Fuente: Dorogovtsev y Mendes [2003].

## 2.4 El modelo de redes de mundo pequeño de Watts y Strogatz.

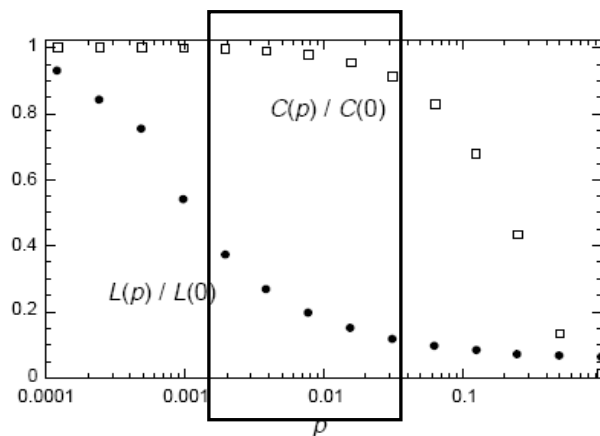
El modelo de redes de mundo pequeño introducido por Watts y Strogatz en 1998, combina la propiedad de mundo pequeño y el concepto de clustering [Watts y Strogatz, 1998]. El procedimiento para este modelo consiste en iniciar con un arreglo en forma de círculo de  $N$  nodos (conocido en redes como anillo) donde cada nodo se conecta con sus primeros  $k$ -vecinos, para obtener una red regular conectada. Aleatoriamente, se reconecta una fracción de nodos con una probabilidad  $p$ , donde  $p \in [0, 1]$ , evitando la duplicación de arcos y la formación de rizados. De esta manera, son creados atajos entre nodos distantes, lo cual tiene un efecto no lineal en la distancia media  $L$ , acortando la distancia no sólo entre el par de nodos que conecta, sino también entre sus vecinos inmediatos, los vecinos de sus vecinos y así consecutivamente. Por el contrario el remover un arco de una subgráfica agrupada para crear un atajo, a lo más tiene un efecto lineal en el coeficiente de aglomerado  $C$ ; por lo tanto  $C(p)$  permanece prácticamente sin cambios para pequeños valores de  $p$  mientras que  $L(p)$  disminuye rápidamente. Para valores grandes de  $p$ , se obtiene una gráfica aleatoria incrementando el valor del coeficiente de aglomerado y disminuyendo la distancia media.

De manera específica, este modelo interpola entre una red regular y una red aleatoria (Fig. 2.4), usando la probabilidad  $p$  de reconexión tal que, para una configuración intermedia se observa que el llamado coeficiente de aglomerado es alto, mientras la distancia media entre nodos es pequeña [Watts y Strogatz, 1998]. Se ha encontrado que la distancia media para redes de mundo pequeño se incrementa de forma logarítmica con el número de nodos de la red, es decir, es aproximadamente  $l \sim \log N$ .



**Figura 2.4.**  
**La interpolación entre una red regular y una red aleatoria origina una red de mundo pequeño.**  
**Fuente: Watts y Strogatz (1998).**

En particular, las redes formadas por el modelo de mundo pequeño presentan como propiedad global baja distancia media, y como propiedad local un nivel alto de clustering. Esto puede observarse en la Figura 2.5. Además, los nodos presentan una conectividad promedio, de tal manera que la distribución de grado para  $N$  grande es de tipo Poisson.

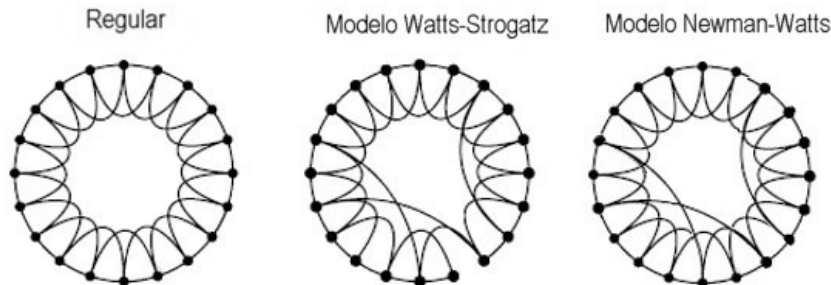


**Figura 2.5.**  
**Propiedad local, alto clustering y propiedad global, baja distancia media.**  
**Fuente: Watts y Strogatz (1998).**

### 2.4.1 El problema del modelo y la corrección de Newman y Watts

El modelo original propuesto por Watts y Strogatz puede desconectar la gráfica original. El hecho que sólo un extremo de cada arco escogido es reconectado de nuevo, no ambos, que ningún nodo es conectado a sí mismo, y que un arco nunca es añadido entre pares de nodos donde ya exista uno, llega a formar subgráficas en vez de una sola gráfica. A fin de evitar la formación de subgráficas, es posible la introducción de arcos extra. El resultado genera una sola gráfica de mundo pequeño que interpola entre una red regular y una red aleatoria. Esta variante del modelo fue introducida por Newman y Watts en 1999 [Newman, 2003].

En esta variante, ningún arco es reconectado, es su lugar, se añaden atajos escogiendo aleatoriamente pares de nodos, como puede observarse en la figura 2.6. Esta modificación le otorga la propiedad de que ningún nodo quede aislado de la red, permitiendo que la distancia media nodo-nodo sea formalmente finita.



**Figura 2.6.**  
**Modelos para red de mundo pequeño a partir de una red regular**  
**Fuentes: Watts y Strogatz (1998), y Newman (2003)**

## 2.5 El problema de la ruta más corta

El problema de la ruta más corta es uno de los más importantes de optimización combinatoria. A menudo se presenta en cierto tipo de actividades, en donde se requiere encontrar la ruta más corta entre dos nodos de una red, en la cual cada arco tiene un costo asociado, con el objetivo de minimizar el costo (tiempo o longitud) total. Los algoritmos para este tipo de problemas han sido estudiados desde la época de los 50's y continúan siendo un área activa de investigación.

Este problema es fundamental en muchas áreas, como son: investigación de operaciones, ciencia de la computación e ingeniería. Debido a:

- Su amplia variedad de aplicaciones prácticas.
- La existencia de métodos de solución que al ser aplicados a una red con características específicas (sin ciclos negativos), proveen una solución exacta a un tiempo y costo razonables.
- La posibilidad de utilizarlo como inicio en el estudio de modelos complejos de redes.
- Su utilización como auxiliar en la búsqueda de soluciones a problemas para los que no existe un algoritmo exacto, mediante subrutinas.

Es posible encontrar el problema de la ruta más corta de tres formas distintas:

- Del nodo fuente  $s$  al nodo sumidero  $t$ . En este caso debe existir al menos una ruta entre  $s$  y  $t$ .
- Del nodo fuente  $s$  a todo nodo de la red  $i$ . Para este caso deben existir rutas de  $s$  a  $i$ .
- Entre todo par de nodos. Y para esta última forma, debe existir, al menos, una ruta entre todo par de nodos.

En los tres casos mencionados, para que exista solución no pueden existir circuitos negativos en la red, es decir, circuitos que al tener arcos con costos negativos reduzcan el costo de la ruta cada vez que son recorridos.

Un ejemplo sencillo para explicar este problema es tomar el viaje de una persona que quisiera ir de la Ciudad de México a la Ciudad de Monterrey, Nuevo León; podría tener varias alternativas dependiendo de sus intereses, es decir, si deseara llegar más rápido (minimizando el tiempo o la distancia) o de una forma más económica (minimizando el costo), toda vez que cada carretera tiene una longitud específica (km) y un precio por el derecho de transitar en ella (costo). Entonces, el problema consiste en encontrar la ruta mínima con base en la longitud o el costo. Este problema se representa por una red, donde las ciudades son identificadas por nodos y las carreteras por arcos.

El problema de la ruta más corta puede resolverse utilizando programación lineal para los dos primeros casos. En el primero, planteándose como el envío de una unidad de flujo  $f$ , del nodo origen  $1$  al nodo destino  $t$ , al mínimo costo. Esto es,  $f_1 = 1, f_t = -1$ , y  $f_i = 0$ , para  $i \neq 1$  ó  $t$ . Entonces, teniendo una red con  $n$  nodos,  $m$  arcos y un costo asociado  $c_{ij}$  para cada arco  $(i,j)$  en la red, el planteamiento es como sigue:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{k=1}^n x_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 1 \\ 0 & \text{si } i \neq 1 \text{ ó } t \\ -1 & \text{si } i = t \end{cases}$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

En donde, el primer bloque son las restricciones de conservación de flujo;  $x_{ij} = 0$  ó  $1$ , es una variable que indica sí se ocupa el arco  $(i,j)$  en la ruta más corta entre el nodo  $1$  y el nodo  $t$ . Debido a que la matriz de incidencia asociada con las ecuaciones de conservación de flujo es unimodular, sí se reemplaza la restricción  $x_{ij} = 0$  ó  $1$  por  $x_{ij} \geq 0$ , y si existe una solución óptima, entonces el método símplex obtendrá una solución entera básica factible, donde el valor de cada variable será uno o cero [Bazaraa, 1943]. Por lo que el planteamiento quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{k=1}^n x_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 1 \\ 0 & \text{si } i \neq 1 \text{ ó } t \\ -1 & \text{si } i = t \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Para el segundo caso se hace la modificación, planteándose como el envío de una unidad de flujo del nodo origen  $1$  a cada nodo destino  $i \neq 1$ , al mínimo costo, es decir, en el planteamiento anterior se sustituyen  $f_1 = 1$  por  $f_1 = n-1$  y  $f_i = 0$  por  $f_i = -1$ .

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{k=1}^n x_{ki} = \begin{cases} n-1 & \text{si } i = 1 \\ -1 & \text{si } i \neq 1 \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Para este caso, el valor de  $x_{ij}$  permite además conocer en cuantas de las rutas encontradas es usado el arco del nodo  $i$  al nodo  $j$ .

Existen también otros algoritmos para la solución de estos problemas como son Dijkstra y Floyd. El primero permite obtener solución para el primero y segundo casos, es decir, la ruta más corta del nodo origen al nodo destino o del nodo origen a todos los demás nodos de la red. Mientras que el algoritmo de Floyd proporciona la solución para la ruta más corta entre cualquier par de nodos de la red [Obregón, 2005]. En este trabajo se utiliza el algoritmo de Floyd porque se requiere la ruta más corta entre todos los nodos, en el Apéndice A se muestra un ejemplo de cómo trabaja este algoritmo

## 2.6 El concepto de eficiencia.

En el 2001, M. Marchiori y V. Latora introdujeron el concepto de eficiencia para redes, como una medida para determinar que tan eficiente es el intercambio de información dentro de una red [Latora y Marchiori, 2001]. La eficiencia  $\varepsilon_{ij}$  en la comunicación entre un par de nodos  $i, j$ , se define como la medida inversamente proporcional a la ruta más corta entre dichos nodos, ya que la distancia que debe recorrer la información afecta la eficiencia del intercambio. Y cuando no existe una ruta entre tales nodos  $d_{ij}=\infty$ , consistentemente  $\varepsilon_{ij}=0$ . Esta medida puede obtenerse para redes reales, es decir, no es necesario que la red cumpla determinadas condiciones para poder determinar su eficiencia. Además, puede calcularse para aquellas redes que tienen o no costos asociados, para las redes que son o no conexas, etc.

La eficiencia promedio para  $R$  se puede definir como:

$$E(R) = \frac{\sum_{i \neq j \in R} \varepsilon_{ij}}{N(N-1)} = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in R} \frac{1}{d_{ij}}$$

en el que la red cuenta con todos los arcos posibles  $\frac{N(N-1)}{2}$ . En tal caso la información

se propaga de la manera más eficiente, pues la ruta más corta  $d_{ij}=l_{ij}$  (donde  $l_{ij}$  representa la distancia física real entre los nodos  $i$  y  $j$ ), para todos los nodos y se asume entonces,

$$\text{que } E \text{ alcanza su máximo } E(R_{ideal}) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in R} \frac{1}{l_{ij}}$$

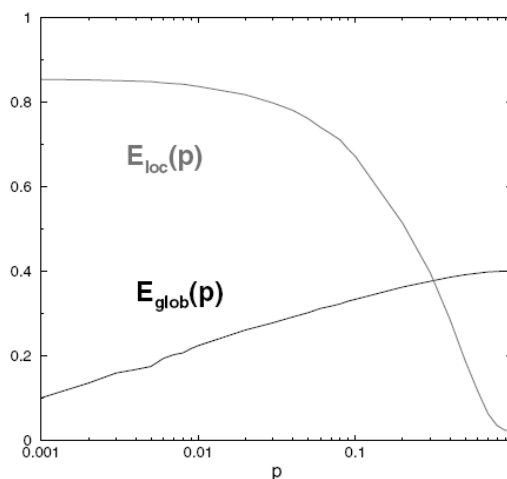
La eficiencia  $E(R)$  que se considerará en el resto del trabajo se encuentra siempre dividida entre  $E(R_{ideal})$ , por lo cual  $0 \leq E(R) \leq 1$ . Se considerará esta cantidad como la eficiencia global al ser el comportamiento de la red vista como un todo, y para hacer la distinción con el comportamiento local se le denotará  $E_{glob}$ . Se puede caracterizar la eficiencia local  $E_{loc}$  como el equivalente de la eficiencia anterior calculada para la subgráfica de cada

nodo  $i$   $E_{loc} = \frac{1}{N} \sum_{i \neq j \in R} E(R_i)$ . La eficiencia local revela que tanto el sistema es falto de

tolerancia, es decir, muestra que tan eficiente es la comunicación entre los vecinos del nodo  $i$ , cuando  $i$  es removido. Esta cantidad juega un rol similar al del coeficiente de aglomerado  $C$ .

### 2.6.1 Eficiencia y Redes de mundo pequeño.

Haciendo uso del concepto de eficiencia, las redes de mundo pequeño pueden verse como sistemas que son eficientes tanto a nivel local como global [Latora y Machiori, 2001]. De esta forma la definición del comportamiento de mundo pequeño puede darse en términos de una sola variable con un significado físico, la eficiencia  $E$  de una red. Por otra parte, el inverso de la distancia media  $\frac{1}{L}$  y el coeficiente de aglomerado  $C$  pueden tomarse como primeras aproximaciones de  $E$ , evaluadas desde una escala global y una local respectivamente.



**Figura 2.7.**  
**Eficiencia global y local para la red de mundo pequeño considerada en el modelo Watts Strogatz.**  
**Fuente V. Latora y M. Machiori ( 2001)**

Entonces, una red de mundo pequeño puede ser re-expresada y generalizada en términos del flujo de información. Las redes de mundo pequeño tienen una alta eficiencia global y local, esto es, son muy eficientes en comunicación global y local, como puede verse en la figura 2.7. Como se había mencionado anteriormente, esta definición es válida tanto para redes con costos como para aquellas que no los tienen, además también puede ser aplicado a redes dispersas y no conexas.



La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

La diferencia fundamental entre  $E_{glob}$  y  $\frac{1}{L}$  es que la eficiencia global es la eficiencia de un sistema en paralelo, donde todos los nodos de una red concurrentemente intercambian paquetes de información entre sí, en cambio  $\frac{1}{L}$  mide la eficiencia de un sistema en serie (sólo un paquete de información viaja a través de la red). Cuando no existen grandes diferencias entre las distancias de la red,  $\frac{1}{L}$  puede ser una buena aproximación para  $E_{glob}$ , pero en general  $\frac{1}{L}$  puede distar bastante de  $E_{glob}$ .

Por ejemplo en Internet, el que existan algunas computadoras con conexiones extremadamente lentas, no significa que la eficiencia entera del Internet es disminuida. En la práctica, la presencia de tales computadoras pasa desapercibida, debido a que otros miles de computadoras se encuentran intercambiando paquetes de información entre ellas en una manera muy eficiente. En este caso  $\frac{1}{L}$ , sería un valor muy cercano a cero (o estrictamente cero en el caso de una computadora desconectada que implicaría  $L=\infty$ ), mientras que  $E_{glob}$  proporciona la medida correcta para la eficiencia del Internet.

Si se centra la atención a las propiedades locales de la red, se puede demostrar que cuando en una gráfica, la mayoría de sus subgráficas locales  $R_i$  no son dispersas,  $C$  es una buena aproximación para  $E_{loc}$ . En resumen, no se deben hacer dos tipos de análisis diferentes para las escalas global y local, sólo una con un significado físico preciso: la eficiencia en transportar información [V. Latora y M. Marchiori, 2001].

En el siguiente capítulo se centrará la atención en el caso de la red del metro de la ciudad de México, y se aplicarán las fórmulas vistas en este capítulo para calcular la eficiencia. De manera específica, con los valores resultantes se podrá verificar si la red del metro cumple con ser una red de mundo pequeño, basado en el concepto de eficiencia.

## Capítulo 3

### Desarrollo, Cálculos y Resultados

#### 3.1 Datos necesarios

El problema que incumbe a este trabajo es calcular la eficiencia del metro tanto a nivel global como local, para poder realizar dichos cálculos es necesario obtener la ruta más corta entre todo par de nodos de la red o subgráfica correspondiente, tal como se mostró en la sección 3 del capítulo 2. Esta versión del problema de la ruta más corta (entre todo par de nodos), se puede realizar utilizando el algoritmo de Floyd, un ejemplo de cómo funciona este algoritmo se encuentra en el Apéndice A.

Para poder aplicar el algoritmo de Floyd es necesario obtener información relacionada con las distancias de las vías entre estación y estación. La información correspondiente a la distancia física entre las estaciones, se obtuvo a través de la página del metro [STC metro,2, 2010], y consiste en una tabla que se muestra en el Apéndice B. Con la ayuda de esta tabla se otorgó un número a cada estación, a fin de emplear un software que aplica el algoritmo de Floyd [González Moreno, 2007]. Lo anterior debido a que la red con la que se está trabajando cuenta con 138 nodos y 155 arcos, cantidad muy grande para realizar los cálculos a mano. El resultado que arroja el programa tiene el siguiente formato:

***Del nodo: 1 Al nodo: 21***

***1 --> 2 --> 3 --> 4 --> 5 --> 6 --> 7 --> 66 --> 136 --> 137 --> 101 --> 31 --> 30 --> 29 --> 28 --> 27 --> 26 --> 25 --> 24 --> 23 --> 22 --> 21. Costo: 18650.0 u***

***Del nodo: 1 Al nodo: 44***

***1 --> 81 --> 80 --> 79 --> 78 --> 77 --> 68 --> 69 --> 70 --> 71 --> 89 --> 45 --> 44. Costo: 14275.0 u***

***Del nodo: 1 Al nodo: 63***

***1 --> 116 --> 117 --> 118 --> 119 --> 64 --> 63. Costo: 6711.0 u***

Lo anterior representa las rutas más cortas entre la estación Pantitlán y las estaciones Cuatro Caminos, Indios Verdes y Santa Anita, respectivamente, cuyas distancias son: 18650m, 14275m y 6711m, correspondientemente ya que los datos utilizados se introdujeron en unidades de metros (la numeración que se le dio a cada estación puede ser encontrada en el Apéndice C ). De las rutas anteriores se puede apreciar que los resultados arrojados por el programa permiten conocer la forma de navegar por la red del

metro para obtener la mínima distancia de recorrido, sin embargo para este trabajo sólo interesa conocer la distancia, y dado que la red es no dirigida, la ruta entre un par de estaciones en particular (por ejemplo Pantitlán a Indios Verdes) tiene el mismo valor que la ruta inversa (Indios Verdes a Pantitlán). Por lo cual fue necesario reescribir los resultados a manera de matrices, una para conocer los valores de las rutas más cortas (matriz  $D$ ) y la de recuperación de rutas (matriz  $A_r$ ). Ambas matrices se presentan en forma de partición en los Apéndices D y E, respectivamente.

### 3.2 Cálculo de la eficiencia global

Una vez teniendo la matriz  $D$  se realizó una matriz  $E_g$ , en donde cada entrada tiene la forma:  $e_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ . La suma de todas las entradas de esta matriz nos proporciona el

siguiente valor: 2.73821575, que al ser dividido entre  $138(138-1)$  da como resultado: 0.00014483, valor que representa la eficiencia global sin normalizar. A fin de normalizar el valor de la eficiencia global se necesita conocer el valor correspondiente a la eficiencia global en el caso ideal, es decir, es necesario conocer la distancia geográfica existente entre cada par de estaciones. Para obtener estos datos se utilizaron coordenadas aproximadas de cada una de las estaciones, tomadas del mapa de Google Earth correspondiente al área metropolitana (en el Apéndice F se muestra las coordenadas utilizadas para cada una de las estaciones).

Haciendo uso de estas coordenadas, así como del teorema de Pitágoras, se calculó la distancia entre cada par de estaciones. Para facilitar estos cálculos se utilizó una hoja de Excel (Fig. 3.1). A continuación se muestra un ejemplo de la manera en que se realizaron dichos cálculos.

Ejemplo : calculando la distancia entre Pantitlán e Indios verdes

#	Estación	X	Y
1	Pantitlán	492413.25	2146801.54
44	Indios verdes	487455.98	2155677.38

$$distancia = \sqrt{(x_{44} - x_1)^2 + (y_{44} - y_1)^2} = 10,166.3691 \text{ metros}$$

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

A		Datos de coordenadas aprox. Google earth		Distancias		44	45	46	47	48	49	
1	#	Estación	X	Y	Estación	Indios	Deportivo	Potrero	La Raza	Tlatelolco	Guerrero	Juárez
3	1	Pantitlán	492413.25	2146801.54	1	Pantitlán	10166.3691	9466.98029	9260.26049	9105.79083	8600.68794	8359.03418
4	2	Zaragoza	491345.17	2146468.67	2	Zaragoza	9996.30625	9150.57854	8837.24155	8586.40507	7896.12131	7544.27315
5	3	Gómez Farias	490506.82	2146915.31	3	Gómez Farias	9278.01139	8355.85839	7992.29497	7702.17172	6958.61965	6594.45925
6	4	Boulevard Puerto Aéreo	489910.91	2147276.20	4	Boulevard Puerto Aéreo	8752.51431	7772.47132	7369.89589	7049.44462	6267.27507	5898.42001
7	5	Balbuena	489259.68	2147661.04	5	Balbuena	8216.75366	7167.05937	6714.89024	6354.65656	5519.39146	5142.48768
8	6	Moctezuma	488429.56	2148101.15	6	Moctezuma	7638.52859	6490.43622	5961.64258	5536.14933	4603.86982	4202.94338
9	7	San Lázaro	487948.22	2148444.72	7	San Lázaro	7249.39107	6043.39895	5467.56906	5002.27364	4017.06713	3616.83531
10	8	Candelaria	487455.27	2148279.02	8	Candelaria	7398.36003	6126.72803	5484.11127	4947.60051	3798.52092	3275.86321
11	9	Merced	486916.90	2147914.12	9	Merced	7781.95432	6449.80475	5740.11008	5127.85886	3788.58817	3090.84259
12	10	Pino Suárez	486048.09	2147954.04	10	Pino Suárez	7850.61367	6441.19603	5645.8236	4941.86397	3398.26328	2518.05131
13	11	Isabel la Católica	485574.51	2148022.04	11	Isabel la Católica	7883.15672	6440.28307	5604.39939	4856.63803	3218.82646	2243.208
14	12	Salto del Agua	485074.64	2148057.26	12	Salto del Agua	7983.54614	6513.13849	5640.73265	4853.16915	3135.61504	2072.55516
15	13	Balderas	484345.26	2148127.28	13	Balderas	8165.81833	6668.31681	5754.20228	4922.17249	3137.99919	2011.95714
16	14	Cuauhtémoc	483755.09	2147958.47	14	Cuauhtémoc	8560.26626	7052.91486	6118.47963	5265.66224	3471.67198	2355.66459
17	15	Insurgentes	482908.97	2147724.42	15	Insurgentes	9161.05194	7649.72254	6697.56712	5828.9578	4058.79465	2996.35294
18	16	Sevilla	482080.10	2147537.05	16	Sevilla	9755.25798	8248.32689	7287.82644	6414.36067	4689.50224	3689.86177
19	17	Chapultepec	481494.10	2147398.55	17	Chapultepec	10202.1096	8701.63612	7739.17607	6866.49419	5177.79166	4218.69581
20	18	Juana catán	480868.09	2146531.05	18	Juana catán	11271.8963	9771.26488	8808.83738	7936.06443	6240.83224	5261.82553
21	19	Tacubaya	480355.61	2145451.73	19	Tacubaya	12449.0631	10945.245	9983.44524	9110.03966	7395.33242	6386.17351
22	20	Observatorio	478962.07	2144916.98	20	Observatorio	13708.8554	12217.8391	11255.6943	10385.985	8720.80163	7757.87495
23	21	Cuatro caminos	477343.61	2151696.10	21	Cuatro caminos	10867.8709	9741.81516	8985.25356	8372.09356	7690.71516	6559.64485
24	22	Panteones	476882.50	2151617.65	22	Panteones	9667.2312	8486.94262	7701.79225	7062.73663	6349.56883	6237.72615
25	23	Tacuba	480134.52	2151665.90	23	Tacuba	8348.39795	7109.89543	6294.74394	5629.40566	4906.19622	4857.45494
26	24	Cuñahuac	480880.00	2151453.38	24	Cuñahuac	7815.73342	6518.22879	5667.00622	4960.86779	4146.03462	4083.43588
27	25	Popotla	481651.26	2150864.93	25	Popotla	7540.18894	6152.32833	5243.20214	4460.78447	3382.43541	3175.0509
28	26	Colegio Militar	481958.49	2150532.26	26	Colegio Militar	7529.58539	6105.02228	5173.64655	4358.59739	3129.72377	2807.90961
29	27	Normal	482433.01	2150045.90	27	Normal	7546.11122	6078.15337	5124.2149	4272.59146	2827.64241	2300.82165
30	28	San Cosme	483093.18	2149714.40	28	San Cosme	7388.5827	5890.51276	4927.93771	4056.49585	2426.63685	1685.04394
31	29	Revolución	483680.22	2149501.86	29	Revolución	7238.32929	5728.1719	4771.39328	3899.91291	2155.67559	1211.70903
32	30	Hidalgo	484537.02	2149228.98	30	Hidalgo	7078.29005	5574.38352	4649.91005	3810.03852	2021.39062	894.284406
33	31	Bellas Artes	485099.58	2149103.41	31	Bellas Artes	6983.53081	5499.59155	4611.38067	3812.26511	2090.54979	1063.21555
34	32	Allende	485565.58	2149034.58	32	Allende	6906.54791	5448.53729	4598.90881	3844.33055	2226.22247	1353.22578
35	33	Zócalo	486030.46	2148775.40	33	Zócalo	7047.65459	5626.99109	4824.86592	4122.26133	2620.52584	1855.12856
36	34	San Antonio Abad	485915.22	2147170.95	34	San Antonio Abad	8644.84197	7234.00706	6431.81135	5714.42227	4120.32561	3159.95736

**Figura 3.1**  
**Coordenadas y cálculo de las distancias geográficas entre las estaciones del metro**

Lo que se busca es agilizar los cálculos, por lo cual se escribe una fórmula que pueda ser aplicable para todas las estaciones, la fórmula correspondiente al caso en cuestión es la siguiente:

$$=RAIZ((((BUSCAR(AY$1,$A$3:$A$140,$C$3:$C$140))- (BUSCAR($F3,$A$3:$A$140,$C$3:$C$140)))^2)+(((BUSCAR(AY$1,$A$3:$A$140,$D$3:$D$140))-(BUSCAR($F3,$A$3:$A$140,$D$3:$D$140)))^2))$$

Esta fórmula se va modificando acorde a las celdas, busca la distancia entre las estaciones correspondientes a la fila y columna en que esta se encuentra. Al aplicarla para todas las estaciones, es posible obtener una matriz con distancias geográficas reales, la cual no se incluye en los Apéndices ya que con la fórmula proporcionada anteriormente y las coordenadas del Apéndice F es posible calcularla. Ya teniendo esta matriz de distancias reales, se procede análogamente al caso de la matriz *D*, el valor obtenido para la suma de las entradas es 3.55593803 y el valor dividido por 138(138-1) nos proporciona el valor 0.00018809 para la eficiencia global ideal. Por lo cual al dividir el valor para la eficiencia global sin normalizar entre el valor en el caso ideal se obtiene:

**Eficiencia global 0.770040345**

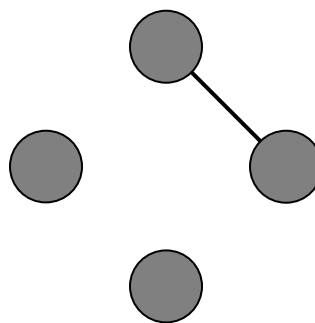
Lo que significa que la red del metro es eficiente a nivel global. Sólo 23% menos eficiente que el metro ideal con vías directas entre cada par de estaciones. Es decir esta red posee la propiedad de mundo pequeño, lo cual es una condición necesaria más no suficiente para que sea una red de mundo pequeño, falta verificar la red en el ámbito local.

### 3.3 Cálculo de la eficiencia local

Ahora hay que verificar si la red del metro cumple con ser eficiente a nivel local. Para hacerlo será necesario sacar el promedio de las eficiencias correspondientes a las subgráficas de la primera vecindad para cada uno de los nodos de la red. Al crear la matriz de adyacencia  $A$  de la red, es posible conocer la distribución de grado de la red. De esta manera se descarta de entrada los nodos con un solo vecino, ya que en estos casos, la eficiencia es cero y por lo tanto no aportan información a la eficiencia local. En la tabla siguiente se muestra la distribución de grado obtenida de la matriz de adyacencia:

Grado	Estaciones
1	10
2	106
3	3
4	17
5	1
6	1

Como puede apreciarse en la tabla anterior, existen 10 estaciones con un solo vecino, y la mayoría cuenta con 2 vecinos. De entre todo el conjunto de nodos con grado mayor a 1, sólo en 3 casos se forman subgráficas de primera vecindad con conexiones entre los nodos. El resto cuenta con subgráficas consistentes de nodos aislados por lo cual se descartan, ya que al igual que aquellos con un solo vecino, su eficiencia es cero. Las estaciones con subgráficas de vecindades representativas para la eficiencia local son: San Lázaro, Candelaria y Morelos (nodos 7, 8 y 66, respectivamente), estaciones vecinas entre ellas, además, cada una cuenta con 4 vecinos y la subgráfica de su primera vecindad tiene la misma forma en cada caso (Fig. 3.2)



**Figura 3.2**  
**Subgráfica de primera vecindad de los nodos representativos en la eficiencia local del metro.**

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

Para realizar el cálculo de la eficiencia local es necesario tomar las subgráficas de primera vecindad de cada estación y calcular la eficiencia correspondiente. A continuación se muestran las matrices de rutas más cortas ( $D$ ), de distancias geográficas, de eficiencia real y de eficiencia ideal respectivas a las subgráficas de primera vecindad de cada estación representativa, las cuales son necesarias para el cálculo de la eficiencia local.

<i>D (rutas más cortas)</i>				
<b>San Lázaro</b>	Moctezuma	Candelaria	Morelos	Ricardo Flores Magón
Moctezuma	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Candelaria	$\infty$	0	1212	$\infty$
Morelos	$\infty$	1212	0	$\infty$
Ricardo Flores Magón	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0
<i>Distancias geográficas</i>				
<b>San Lázaro</b>	Moctezuma	Candelaria	Morelos	Ricardo Flores Magón
Moctezuma	0	990.3932254	1542.002734	1247.661598
Candelaria	990.3932254	0	1212	1878.63168
Morelos	1542.002734	1212	0	1555.431974
Ricardo Flores Magón	1247.661598	1878.63168	1555.431974	0
<i>Eficiencia real</i>				
<b>San Lázaro</b>	Moctezuma	Candelaria	Morelos	Ricardo Flores Magón
Moctezuma	0	0	0	0
Candelaria	0	0	0.000825083	0
Morelos	0	0.00082508	0	0
Ricardo Flores Magón	0	0	0	0
<i>Eficiencia ideal</i>				
<b>San Lázaro</b>	Moctezuma	Candelaria	Morelos	Ricardo Flores Magón
Moctezuma	0	0.0010097	0.000648507	0.000801499
Candelaria	0.0010097	0	0.000825083	0.000532302
Morelos	0.000648507	0.000825083	0	0.000642908
Ricardo Flores Magón	0.000801499	0.000532302	0.000642908	0

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

<i>D (rutas más cortas)</i>				
<b>Candelaria</b>	San Lázaro	Merced	Fray Servando	Morelos
San Lázaro	0	∞	∞	1446
Merced	∞	0	∞	∞
Fray Servando	∞	∞	0	∞
Morelos	1446	∞	∞	0
<i>Distancias geográficas</i>				
<b>Candelaria</b>	San Lázaro	Merced	Fray Servando	Morelos
San Lázaro	0	1159.809166	1106.723856	1446
Merced	1159.809166	0	586.4816359	1630.367762
Fray Servando	1106.723856	586.4816359	0	1897.851818
Morelos	1446	1630.367762	1897.851818	0
<i>Eficiencia real</i>				
<b>Candelaria</b>	San Lázaro	Merced	Fray Servando	Morelos
San Lázaro	0	0	0	0.000691563
Merced	0	0	0	0
Fray Servando	0	0	0	0
Morelos	0.00069156	0	0	0
<i>Eficiencia ideal</i>				
<b>Candelaria</b>	San Lázaro	Merced	Fray Servando	Morelos
San Lázaro	0	0.000862211	0.000903568	0.000691563
Merced	0.000862211	0	0.001705083	0.000613359
Fray Servando	0.000903568	0.001705083	0	0.000526912
Morelos	0.000691563	0.000613359	0.000526912	0

<i>D (rutas más cortas)</i>				
<b>Morelos</b>	San Lázaro	Candelaria	Canal del Norte	Tepito
San Lázaro	0	1,016	∞	∞
Candelaria	1,016	0	∞	∞
Canal del Norte	∞	∞	0	∞
Tepito	∞	∞	∞	0
<i>Distancias geográficas</i>				
<b>Morelos</b>	San Lázaro	Candelaria	Canal del Norte	Tepito
San Lázaro	0	1,016	2070.417222	1620.766072
Candelaria	1,016	0	2261.130771	1570.216534
Canal del Norte	2070.417222	2261.130771	0	1043.652305
Tepito	1620.766072	1570.216534	1043.652305	0

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

<i>Eficiencia real</i>				
<b>Morelos</b>	San Lázaro	Candelaria	Canal del Norte	Tepito
San Lázaro	0	0.00098	0	0
Candelaria	0.00098	0	0	0
Canal del Norte	0	0	0	0
Tepito	0	0	0	0
<i>Eficiencia ideal</i>				
<b>Morelos</b>	San Lázaro	Candelaria	Canal del Norte	Tepito
San Lázaro	0	0.0010	0.0005	0.0006
Candelaria	0.00098	0	0.0004	0.0006
Canal del Norte	0.00048	0.00044	0	0.0010
Tepito	0.00062	0.00064	0.00096	0

Los valores de eficiencia en cada caso son: 0.184996092, 0.13041726 y 0.2388078, correspondientes a las estaciones.... Al realizar el promedio se obtiene el valor de la eficiencia local de la red del metro:

$$\text{Eficiencia Local} = 0.004016095$$

Dado que el valor de la eficiencia local es aproximado a cero, se puede afirmar que no es un sistema de transporte eficiente a nivel local. En términos de eficiencia significa que al ser removida una estación de la red, la comunicación entre sus vecinos inmediatos se ve seriamente afectada.



## Conclusiones

Los valores de eficiencia global  $0.770040345$ , y de eficiencia local  $0.004016095$ , obtenidos en este trabajo, muestran que la red del metro es eficiente global pero no localmente. Recordemos que la red del metro ha sido vista como un sistema de transporte cerrado, y se tomaron en consideración las distancias físicas. Por otra parte, para considerar una red de mundo pequeño bajo el concepto de eficiencia, es necesario que la red sea eficiente a nivel global y a nivel local. Ahora bien, la eficiencia local muestra que la red es falta de tolerancia, ya que al ser removida una estación de la red, la comunicación entre sus vecinos inmediatos se ve seriamente afectada. Sin embargo, al mismo tiempo esto no afecta para que la transferencia de información (usuarios), se lleve a cabo de manera eficiente en el resto de la red, de acuerdo con la alta eficiencia global. Con esto podemos concluir que la red del metro no cumple con las condiciones necesarias para ser considerada una red de mundo pequeño, debido a que es eficiente a nivel global pero no a nivel local, es decir, no cumple con ambas propiedades.

Con respecto a buscar mejorar el sistema del metro para aproximarlo a una red de mundo pequeño, bajo el concepto de eficiencia, se podría utilizar esta información como base. De acuerdo a los datos encontrados esta red posee la propiedad de mundo pequeño a nivel global, pero no cumple con ser red de mundo pequeño dada la pequeña eficiencia local. Entonces, a fin de mejorar este sistema en el ámbito local, sería necesario crear conexiones de tal manera que se de la formación de triángulos en la red, esto es, incrementar el clustering como en el caso de las estaciones San Lázaro, Candelaria y Morelos.

También se podrían contrastar estos valores de eficiencia, con aquellos correspondientes a la red que existirá una vez integrada la línea 12, y así comprobar si en términos de redes, la eficiencia aumenta o disminuye con la incorporación de tal línea. De igual manera se pueden agregar otros sistemas de transporte a la red, cuya información se pueda conseguir, por ejemplo el metrobús, para conocer la eficiencia de tales sistemas de transporte en conjunto.

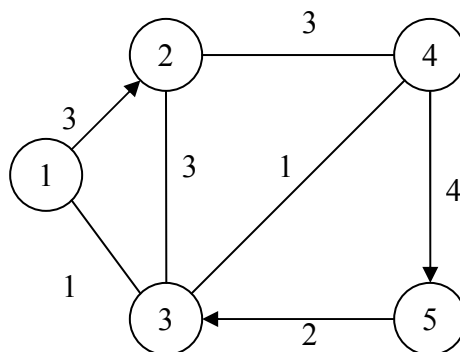
Si bien los alcances de este trabajo son meramente descriptivos, al mostrar información de la situación actual, es posible continuar con lo aquí presentado y expandir el estudio. De tal manera que, haciendo uso de la teoría de redes, se puedan planificar sistemas de transporte con características correspondientes a redes de mundo pequeño y que sean eficientes local y globalmente.

## Apéndice A

### Algoritmo de Floyd y Warshall

El Algoritmo de Floyd y Warshall nos permite obtener la ruta más corta entre todo par de nodos de una red, sea dirigida o no, con la posibilidad de que existan costos negativos en los arcos. Aún cuando no proporciona una solución si existen ciclos negativos, permite detectar su existencia, además es un método eficiente en redes densas.

Este algoritmo se basa en el teorema de Stephen Warshall sobre matrices booleanas (1960), emplea la técnica de la programación dinámica y utiliza de forma eficaz la matriz de adyacencia de la red. A continuación se muestra un ejemplo que nos ayudará a comprender como funciona este algoritmo.



Lo primero que tenemos que hacer es construir la matriz de adyacencia con costos asociada a la red  $D$  ( $n \times n$ ) y una matriz  $A_r$  ( $n \times n$ ), donde la entrada  $a_{ij}$  identifica el predecesor del nodo  $j$  en la ruta de  $i$  a  $j$  en cada iteración. Entonces, las entradas son  $a_{ij} = j$  para todo par de nodos  $i, j$  que pertenecen a la red.

Comenzando con las matrices iniciales.

$$D_0 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & \infty & \infty \\ \infty & 0 & 3 & 3 & \infty \\ 1 & 3 & 0 & 1 & \infty \\ \infty & 3 & 1 & 0 & 4 \\ \infty & \infty & 2 & \infty & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A_{r0} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

Después los valores de las matrices se actualizan como sigue:

$$k=0$$

$$k=k+1$$

Para toda  $i \neq k$  y  $j \neq k$ , tal que  $d_{ik} \neq \infty$  y  $d_{kj} \neq \infty$

$$d_{ij}^{(k)} = \min \{ d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)} \}$$

$$a_{ij}^{(k)} = \begin{cases} a_{ik}^{(k-1)} & \text{si } d_{ij}^{(k-1)} > d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)} \\ a_{ij}^{(k-1)} & \text{si } d_{ij}^{(k-1)} \leq d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)} \end{cases}$$

Una vez actualizadas las matrices nos podemos encontrar con alguno de los siguientes casos:

- $d_{ii} < 0$  para alguna  $i$ , si esto ocurre terminar. No existe solución.
- $d_{ii} \geq 0$  para toda  $i$  y  $k < n$ , entonces es necesario volver a actualizar los valores de la matriz.
- $d_{ii} \geq 0$  para toda  $i$  y  $k = n$ , en este caso terminamos y  $d_{ij}$  es la distancia más corta del nodo  $i$  al nodo  $j$ .

Para entenderlo mejor continuemos el ejemplo.

$$k=1$$

$$D_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & \infty & \infty \\ \infty & 0 & 3 & 3 & \infty \\ 1 & 3 & 0 & 1 & \infty \\ \infty & 3 & 1 & 0 & 4 \\ \infty & \infty & 2 & \infty & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A_{r1} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

En esta iteración no hay cambios por lo que la matriz continua como el caso anterior.

$$k=2$$

$$D_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 6 & \infty \\ \infty & 0 & 3 & 3 & \infty \\ 1 & 3 & 0 & 1 & \infty \\ \infty & 3 & 1 & 0 & 4 \\ \infty & \infty & 2 & \infty & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A_{r2} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$d_{14}^{(2)} = \min \{ d_{14}^{(1)} = \infty, d_{12}^{(1)} + d_{24}^{(1)} = 3 + 3 \}$$

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

$k=3$

	1	2	3	4	5
1	0	3	1	2	$\infty$
2	4	0	3	3	$\infty$
3	1	3	0	1	$\infty$
4	2	3	1	0	4
5	3	5	2	3	0

$D_3$

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	5
2	3	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	3	2	3	4	5
5	3	3	3	3	5

$A_{r3}$

$$d_{14}^{(3)} = \min\{d_{14}^{(2)} = 6, d_{13}^{(2)} + d_{34}^{(2)} = 1+1\}$$

$$d_{21}^{(3)} = \min\{d_{21}^{(2)} = \infty, d_{23}^{(2)} + d_{31}^{(2)} = 3+1\}$$

$$d_{41}^{(3)} = \min\{d_{41}^{(2)} = \infty, d_{43}^{(2)} + d_{31}^{(2)} = 1+1\}$$

$$d_{51}^{(3)} = \min\{d_{51}^{(2)} = \infty, d_{53}^{(2)} + d_{31}^{(2)} = 2+1\}$$

$$d_{52}^{(3)} = \min\{d_{52}^{(2)} = \infty, d_{53}^{(2)} + d_{32}^{(2)} = 2+3\}$$

$$d_{54}^{(3)} = \min\{d_{54}^{(2)} = \infty, d_{53}^{(2)} + d_{34}^{(2)} = 2+1\}$$

$k=4$

	1	2	3	4	5
1	0	3	1	2	6
2	4	0	3	3	7
3	1	3	0	1	5
4	2	3	1	0	4
5	3	5	2	3	0

$D_4$

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	4
2	3	2	3	4	4
3	1	2	3	4	4
4	3	2	3	4	5
5	3	3	3	3	5

$A_{r4}$

$$d_{15}^{(4)} = \min\{d_{15}^{(3)} = \infty, d_{14}^{(3)} + d_{45}^{(3)} = 2+4\}$$

$$d_{25}^{(4)} = \min\{d_{25}^{(3)} = \infty, d_{24}^{(3)} + d_{45}^{(3)} = 3+4\}$$

$$d_{35}^{(4)} = \min\{d_{35}^{(3)} = \infty, d_{34}^{(3)} + d_{45}^{(3)} = 1+4\}$$

$k=5$

	1	2	3	4	5
1	0	3	1	2	6
2	4	0	3	3	7
3	1	3	0	1	5
4	2	3	1	0	4
5	3	5	2	3	0

$D_5$

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	4
2	3	2	3	4	4
3	1	2	3	4	4
4	3	2	3	4	5
5	3	3	3	3	5

$A_{r5}$

Aquí termina el algoritmo. Si quisiéramos obtener una ruta, por ejemplo la del nodo 5 al nodo 2, con su respectivo costo, sólo necesitamos usar las matrices  $D_5$  y  $A_{r5}$ .

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 1 & \left[ \begin{array}{ccccc} 0 & 3 & 1 & 2 & 6 \end{array} \right] \\
 2 & \left[ \begin{array}{ccccc} 4 & 0 & 3 & 3 & 7 \end{array} \right] \\
 3 & \left[ \begin{array}{ccccc} 1 & 3 & 0 & 1 & 5 \end{array} \right] \\
 4 & \left[ \begin{array}{ccccc} 2 & 3 & 1 & 0 & 4 \end{array} \right] \\
 5 & \left[ \begin{array}{ccccc} 3 & \textcircled{5} & 2 & 3 & 0 \end{array} \right] \\
 & D_5
 \end{array}
 &
 \begin{array}{ccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 1 & \left[ \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 3 & 4 \end{array} \right] \\
 2 & \left[ \begin{array}{ccccc} 3 & 2 & 3 & 4 & 4 \end{array} \right] \\
 3 & \left[ \begin{array}{ccccc} 1 & \textcircled{2} & 3 & 4 & 4 \end{array} \right] \\
 4 & \left[ \begin{array}{ccccc} 3 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \right] \\
 5 & \left[ \begin{array}{ccccc} 3 & \textcircled{3} & \textcircled{3} & 3 & 5 \end{array} \right] \\
 & A_{r_5}
 \end{array}
 \end{array}$$

De la matriz  $D_5$  tenemos que el costo es de 5 unidades ( $d_{52}=5$ ), y de  $A_{r_5}$  observamos que antes de llegar al nodo 2 pasamos por el nodo 3 ( $a_{52}=3$ ), así que necesitaremos la ruta del nodo 5 al 3 y del nodo 3 al 2, Las cuales, como se puede observar en la Matriz  $A_{r_5}$ , son directas ( $a_{53}=3$  y  $a_{32}=2$ ). De aquí que la ruta es  $5 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ .

## Apéndice B

### LONGITUD DE ESTACIÓN A ESTACIÓN POR LÍNEA

Fuente: Coordinación de Desarrollo Tecnológico

LÍNEA	INTERESTACIÓN	LONGITUD DE ESTACIÓN (metros)	LONGITUD DE INTERESTACIÓN (metros)	TOTAL (metros)
1	Pantitlán - Zaragoza	150	1,320	1,470
	Zaragoza - Gómez Farías	150	762	912
	Gómez Farías - Boulevard Puerto Aéreo	150	611	761
	Boulevard Puerto Aéreo - Balbuena	150	595	745
	Balbuena – Moctezuma	150	703	853
	Moctezuma - San Lázaro	150	478	628
	San Lázaro – Candelaria	150	866	1,016
	Candelaria – Merced	150	698	848
	Merced - Pino Suárez	150	745	895
	Pino Suárez – Isabel la Católica	150	382	532
	Isabel la Católica – Salto del Agua	150	445	595
	Salto del Agua – Balderas	150	458	608
	Balderas – Cuauhtémoc	150	409	559
	Cuauhtémoc – Insurgentes	150	793	943
	Insurgentes – Sevilla	150	645	795
	Sevilla – Chapultepec	150	501	651
	Chapultepec – Juanacatlán	150	973	1,123
	Juanacatlán – Tacubaya	150	1,158	1,308
Tacubaya – Observatorio	150	1,262	1,412	
2	Cuatro caminos – Panteones	150	1,639	1,789
	Panteones – Tacuba	150	1,416	1,566
	Tacuba – Cuitláhuac	150	637	787
	Cuitláhuac – Popotla	150	620	770
	Popotla – Colegio Militar	150	462	612
	Colegio Militar – Normal	150	516	666
	Normal - San Cosme	150	657	807
	San Cosme – Revolución	150	537	687
	Revolución – Hidalgo	150	587	737
	Hidalgo – Bellas Artes	150	447	597
Bellas Artes – Allende	150	387	537	

	Allende – Zócalo	150	602	752
	Zócalo – Pino Suárez	150	745	895
	Pino Suárez – San Antonio Abad	150	817	967
	San Antonio Abad – Chabacano	150	642	792
	Chabacano – Viaducto	150	774	924
	Viaducto – Xola	150	490	640
	Xola – Villa de Cortés	150	698	848
	Villa de Cortés – Nativitas	150	750	900
	Nativitas – Portales	150	924	1,074
	Portales – Ermita	150	748	898
	Ermita - General Anaya	150	838	988
	General Anaya – Tasqueña	150	1,330	1,480
3	Indios verdes – Deportivo 18 de Marzo	150	1,166	1,316
	Deportivo 18 de Marzo - Potrero	150	966	1,116
	Potrero – La Raza	150	1,106	1,256
	La raza – Tlatelolco	150	1,445	1,595
	Tlatelolco – Guerrero	150	1,042	1,192
	Guerrero – Hidalgo	150	702	852
	Hidalgo – Juárez	150	251	401
	Juárez – Balderas	150	659	809
	Balderas – Niños Héroe	150	665	815
	Niños Héroe – Hospital General	150	559	709
	Hospital General – Centro Médico	150	653	803
	Centro Médico – Etiopía	150	1,119	1,269
	Etiopía – Eugenia	150	950	1,100
	Eugenia – División del norte	150	715	865
	División del Norte – Zapata	150	794	944
	Zapata- Coyoacán	150	1,153	1,303
	Coyoacán – Viveros	150	908	1,058
	Viveros – Miguel Angel de Quevedo	150	824	974
Miguel Angel de Quevedo - Copilco	150	1,295	1,445	
Copilco – Universidad	150	1,306	1,456	
4	Santa Anita – Jamaica	150	758	908
	Jamaica – Fray Servando	150	1,033	1,183
	Fray Servando – Candelaria	150	633	783
	Candelaria – Morelos	150	1,062	1,212
	Morelos – Canal Del Norte	150	910	1,060
	Canal del Norte – Consulado	150	884	1,034

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

	Consulado – Bondojito	150	645	795
	Bondojito – Talismán	150	959	1,109
	Talismán – Martín Carrera	150	1,129	1,279
5	Politécnico – Instituto del Petróleo	150	1,188	1,338
	Instituto del Petróleo – Autobuses del Norte	150	1,067	1,217
	Autobuses del Norte – La Raza	150	975	1,125
	La Raza –Misterios	150	892	1,042
	Misterios – Valle Gómez	150	969	1,119
	Valle Gómez – Consulado	150	679	829
	Consulado – Eduardo Molina	150	815	965
	Eduardo Molina – Aragón	150	860	1,010
	Aragón – Oceanía	150	1,219	1,369
	Oceanía –Terminal Aérea	150	1,174	1,324
	Terminal Aérea – Hangares	150	1,153	1,303
	Hangares - Pantitlán	150	1,644	1,794
6	El rosario – Tezozomoc	150	1,257	1,407
	Tezozomoc – Azcapotzalco	150	973	1,123
	Azcapotzalco – Ferrería	150	1,173	1,323
	Ferrería – Norte 45	150	1,072	1,222
	Norte 45 – Vallejo	150	660	810
	Vallejo – Instituto del Petróleo	150	755	905
	Instituto del Petróleo – Lindavista	150	1,258	1,408
	Lindavista – Deportivo 18 de Marzo	150	1,075	1,225
	Deportivo 18 de Marzo – La Villa – Basílica	150	570	720
	La Villa – Basílica – Martín Carrera	150	1,141	1,291
7	El Rosario – Aquiles Serdán	150	1,615	1,765
	Aquiles Serdán – Camarones	150	1,402	1,552
	Camarones – Refinería	150	952	1,102
	Refinería – Tacuba	150	1,295	1,445
	Tacuba – San Joaquín	150	1,433	1,583
	San Joaquín – Polanco	150	1,163	1,313
	Polanco – Auditorio	150	812	962
	Auditorio – Constituyentes	150	1,430	1,580
	Constituyentes – Tacubaya	150	1,005	1,155
	Tacubaya – San Pedro de los Pinos	150	1,084	1,234
	San Pedro de los Pinos – San Antonio	150	606	756
San Antonio – Mixcoac	150	788	938	



La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

	Mixcoac – Barranca del Muerto	150	1,476	1,626
8	Garibaldi – Bellas Artes	150	634	784
	Bellas Artes – San Juan de Letrán	150	456	606
	San Juan de Letrán – Salto del Agua	150	292	442
	Salto del Agua – Doctores	150	564	714
	Doctores – Obrera	150	761	911
	Obrera – Chabacano	150	1,143	1,293
	Chabacano – La Viga	150	843	993
	La Viga – Santa Anita	150	633	783
	Santa Anita – Coyuya	150	968	1,118
	Coyuya - Iztacalco	150	993	1,143
	Iztacalco – Apatlaco	150	910	1,060
	Apatlaco – Aculco	150	534	684
	Aculco - Escuadrón 201	150	789	939
	Escuadrón 201 – Atlalilco	150	1,738	1,888
	Atlalilco – Iztapalapa	150	732	882
	Iztapalapa – Cerro de la Estrella	150	717	867
Cerro de la Estrella – UAM 1	150	1,135	1,285	
UAM 1 – Constitución de 1917	150	1,137	1,287	
9	Pantitlán – Puebla	150	1,380	1,530
	Puebla – Ciudad Deportiva	150	800	950
	Ciudad Deportiva – Velódromo	150	1,110	1,260
	Velódromo – Mixiuhca	150	821	971
	Mixiuhca – Jamaica	150	942	1,092
	Jamaica – Chabacano	150	1,031	1,181
	Chabacano – Lázaro Cardenas	150	1,000	1,150
	Lázaro Cardenas – Centro Médico	150	1,059	1,209
	Centro Médico – Chilpancingo	150	1,152	1,302
	Chilpancingo – Patriotismo	150	955	1,105
Patriotismo – Tacubaya	150	1,133	1,283	
A	Pantitlán – Agrícola Oriental	150	1,409	1,559
	Agrícola Oriental – Canal de San Juan	150	1,093	1,243
	Canal de San Juan – Tepalcates	150	1,456	1,606
	Tepalcates – Guelatao	150	1,161	1,311
	Guelatao – Peñón Viejo	150	2,206	2,356

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

	Peñón Viejo – Acatitla	150	1,379	1,529	
	Acatitla - Santa Marta	150	1,100	1,250	
	Santa Marta – Los Reyes	150	1,783	1,933	
	Los Reyes – La Paz	150	1,956	2,106	
	Ciudad Azteca – Plaza Aragón	150	574	724	
	Plaza Aragón – Olímpica	150	709	859	
	Olímpica – Tecnológico	150	596	746	
	Tecnológico – Múzquiz	150	1,485	1,635	
	Múzquiz – Rio de los Remedios	150	1,155	1,305	
	Rio de los Remedios – Impulsora	150	436	586	
	Impulsora – Nezahualcóyotl	150	1,393	1,543	
	Nezahualcóyotl – Villa de Aragón	150	1,335	1,485	
	Villa de Aragón – Bosques de Aragón	150	784	934	
	Bosques de Aragón – Deportivo Oceanía	150	1,165	1,315	
	B	Deportivo Oceanía - Oceanía	150	863	1,013
		Oceanía – Romero Rubio	150	809	959
Romero Rubio – Ricardo Flores Magón		150	908	1,058	
Ricardo Flores Magón – San Lázaro		150	907	1,057	
San Lázaro – Morelos		150	1,296	1,446	
Morelos – Tepito		150	498	648	
Tepito – Lagunilla		150	611	761	
Lagunilla - Garibaldi		150	474	624	
Garibaldi - Guerrero		150	757	907	
	Guerrero - Buenavista	150	521	671	

## Apéndice C

### Numeración asignada a las estaciones del metro

#	Estación	#	Estación
1	Pantitlán	35	Chabacano
2	Zaragoza	36	Viaducto
3	Gómez Farías	37	Xola
4	Boulevard Puerto Aéreo	38	Villa de Cortés
5	Balbuena	39	Nativitas
6	Moctezuma	40	Portales
7	San Lázaro	41	Ermita
8	Candelaria	42	General Anaya
9	Merced	43	Tasqueña
10	Pino Suárez	44	Indios verdes
11	Isabel la Católica	45	Deportivo 18 de Marzo
12	Salto del Agua	46	Potrero
13	Balderas	47	La Raza
14	Cuauhtémoc	48	Tlatelolco
15	Insurgentes	49	Guerrero
16	Sevilla	50	Juárez
17	Chapultepec	51	Niños Héroes
18	Juanacatlán	52	Hospital General
19	Tacubaya	53	Centro Médico
20	Observatorio	54	Etiopía
21	Cuatro caminos	55	Eugenia
22	Panteones	56	División del Norte
23	Tacuba	57	Zapata
24	Cuitláhuac	58	Coyoacán
25	Popotla	59	Viveros
26	Colegio Militar	60	Miguel Angel de Quevedo
27	Normal	61	Copilco
28	San Cosme	62	Universidad
29	Revolución	63	Santa Anita
30	Hidalgo	64	Jamaica
31	Bellas Artes	65	Fray Servando
32	Allende	66	Morelos
33	Zócalo	67	Canal del Norte
34	San Antonio Abad	68	Consulado

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	Estación	#	Estación
69	Bondojito	105	La Viga
70	Talismán	106	Coyuya
71	Martín Carrera	107	Iztacalco
72	Politécnico	108	Apatlaco
73	Instituto del Petróleo	109	Aculco
74	Autobuses del Norte	110	Escuadrón 201
75	Misterios	111	Atlalilco
76	Valle Gómez	112	Iztapalapa
77	Eduardo Molina	113	Cerro de la Estrella
78	Aragón	114	UAM 1
79	Oceanía	115	Constitución de 1917
80	Terminal Aérea	116	Puebla
81	Hangares	117	Ciudad Deportiva
82	El Rosario	118	Velódromo
83	Tezozomoc	119	Mixiuhca
84	Azcapotzalco	120	Lázaro Cardenas
85	Ferrería	121	Chilpancingo
86	Norte 45	122	Patriotismo
87	Vallejo	123	Ciudad Azteca
88	Lindavista	124	Plaza Aragón
89	La Villa	125	Olimpica
90	Aquiles Serdán	126	Tecnológico
91	Camarones	127	Múzquiz
92	Refinería	128	Río de los Remedios
93	San Joaquín	129	Impulsora
94	Polanco	130	Nezahualcóyotl
95	Auditorio	131	Villa de Aragón
96	Constituyentes	132	Bosques de Aragón
97	San Pedro de los Pinos	133	Deportivo Oceanía
98	San Antonio	134	Romero Rubio
99	Mixcoac	135	Ricardo Flores Magón
100	Barranca del Muerto	136	Tepito
101	Garibaldi	137	Lagunilla
102	San Juan de Letrán	138	Buenavista
103	Doctores		
104	Obrera		

## Apéndice D

### Matriz de rutas más cortas

A continuación se presenta una partición de la matriz de rutas más cortas  $D$ , en donde la entrada  $d_{ij}$  representa la distancia mínima en metros que se debe recorrer para llegar del nodo  $i$  al nodo  $j$

## La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	1,470	2,382	3,143	3,888	4,741	5,369	6,385	7,233	8,128	8,660	9,255	9,863	10,422	11,365	12,160	12,811	13,934	13,033	14,445	18,650
2	1470	0	912	1,673	2,418	3,271	3,899	4,915	5,763	6,658	7,190	7,785	8,393	8,952	9,895	10,690	11,341	12,464	13,772	15,184	17,180
3	2382	912	0	761	1,506	2,359	2,987	4,003	4,851	5,746	6,278	6,873	7,481	8,040	8,983	9,778	10,429	11,552	12,860	14,272	16,268
4	3143	1673	761	0	745	1,598	2,226	3,242	4,090	4,985	5,517	6,112	6,720	7,279	8,222	9,017	9,668	10,791	12,099	13,511	15,507
5	3888	2418	1506	745	0	853	1,481	2,497	3,345	4,240	4,772	5,367	5,975	6,534	7,477	8,272	8,923	10,046	11,354	12,766	14,762
6	4741	3271	2359	1598	853	0	628	1,644	2,492	3,387	3,919	4,514	5,122	5,681	6,624	7,419	8,070	9,193	10,501	11,913	13,909
7	5369	3899	2987	2226	1481	628	0	1,016	1,864	2,759	3,291	3,886	4,494	5,053	5,996	6,791	7,442	8,565	9,873	11,285	13,281
8	6385	4915	4003	3242	2497	1644	1016	0	848	1,743	2,275	2,870	3,478	4,037	4,980	5,775	6,426	7,549	8,857	10,269	12,936
9	7233	5763	4851	4090	3345	2492	1864	848	0	895	1,427	2,022	2,630	3,189	4,132	4,927	5,578	6,701	8,009	9,421	12,088
10	8128	6658	5746	4985	4240	3387	2759	1743	895	0	532	1,127	1,735	2,294	3,237	4,032	4,683	5,806	7,114	8,526	11,193
11	8660	7190	6278	5517	4772	3919	3291	2275	1427	532	0	595	1,203	1,762	2,705	3,500	4,151	5,274	6,582	7,994	10,661
12	9255	7785	6873	6112	5367	4514	3886	2870	2022	1127	595	0	608	1,167	2,110	2,905	3,556	4,679	5,987	7,399	10,066
13	9863	8393	7481	6720	5975	5122	4494	3478	2630	1735	1203	608	0	559	1,502	2,297	2,948	4,071	5,379	6,791	9,631
14	10422	8952	8040	7279	6534	5681	5053	4037	3189	2294	1762	1167	559	0	943	1,738	2,389	3,512	4,820	6,232	10,190
15	11365	9895	8983	8222	7477	6624	5996	4980	4132	3237	2705	2110	1502	943	0	795	1,446	2,569	3,877	5,289	11,133
16	12160	10690	9778	9017	8272	7419	6791	5775	4927	4032	3500	2905	2297	1738	795	0	651	1,774	3,082	4,494	11,928
17	12811	11341	10429	9668	8923	8070	7442	6426	5578	4683	4151	3556	2948	2389	1446	651	0	1,123	2,431	3,843	12,379
18	13934	12464	11552	10791	10046	9193	8565	7549	6701	5806	5274	4679	4071	3512	2569	1774	1123	0	1,308	2,720	11,256
19	13033	13772	12860	12099	11354	10501	9873	8857	8009	7114	6582	5987	5379	4820	3877	3082	2431	1308	0	1,412	9,948
20	14445	15184	14272	13511	12766	11913	11285	10269	9421	8526	7994	7399	6791	6232	5289	4494	3843	2720	1412	0	11,360
21	18650	17180	16268	15507	14762	13909	13281	12936	12088	11193	10661	10066	9631	10190	11133	11928	12379	11256	9948	11360	0
22	16861	15391	14479	13718	12973	12120	11492	11147	10299	9404	8882	8277	7842	8401	9344	10139	10590	9467	8159	9571	1789
23	15295	13825	12913	12152	11407	10554	9926	9581	8733	7838	7306	6711	6276	6835	7778	8573	9024	7901	6593	8005	3355
24	14508	13038	12126	11365	10620	9767	9139	8794	7946	7051	6519	5924	5489	6048	6991	7786	8437	8688	7380	8792	4142
25	13738	12268	11356	10595	9850	8997	8369	8024	7176	6281	5749	5154	4719	5278	6221	7016	7667	8790	8150	9562	4912
26	13126	11656	10744	9983	9238	8385	7757	7412	6564	5669	5137	4542	4107	4666	5609	6404	7055	8178	8762	10174	5524
27	12460	10990	10078	9317	8572	7719	7091	6746	5898	5003	4471	3876	3441	4000	4943	5738	6389	7512	8820	10232	6190
28	11653	10183	9271	8510	7765	6912	6284	5939	5091	4196	3664	3069	2634	3193	4136	4931	5582	6705	8013	9425	6997
29	10966	9496	8584	7823	7078	6225	5597	5252	4404	3509	2977	2382	1947	2506	3449	4244	4895	6018	7326	8738	7684
30	10229	8759	7847	7086	6341	5488	4860	4515	3667	2772	2240	1645	1210	1769	2712	3507	4158	5281	6589	8001	8421
31	9632	8162	7250	6489	5744	4891	4263	3918	3070	2175	1643	1048	1656	2215	3158	3953	4604	5727	7035	8447	9018
32	9775	8305	7393	6632	5887	5034	4406	3590	2542	1647	1179	1585	2193	2752	3695	4490	5141	6264	7572	8984	9555
33	9023	7553	6641	5880	5135	4282	3654	3238	1790	895	1427	2022	2630	3189	4132	4927	5578	6701	8009	9421	10307
34	7776	7625	6713	5952	5207	4354	3726	2710	1862	967	1499	2094	2702	3261	4204	4999	5650	6773	6841	8253	12160
35	6984	8062	7150	6389	5644	4791	4163	3147	2654	1759	2291	2886	3494	4053	4996	5791	6442	7357	6049	7461	12952
36	7908	8986	8074	7313	6568	5715	5087	4071	3578	2683	3215	3810	4418	4977	5920	6715	7366	8281	6973	8385	13876
37	8548	9626	8714	7953	7208	6355	5727	4711	4218	3323	3855	4450	5058	5617	6560	7355	8006	8921	7613	9025	14516
38	9396	10474	9562	8801	8056	7203	6575	5559	5066	4171	4703	5298	5906	6465	7408	8203	8854	9769	8461	9873	15364
39	10296	11374	10462	9701	8956	8103	7475	6459	5966	5071	5603	6198	6806	7365	8308	9103	9754	10669	9361	10773	16264
40	11370	12448	11536	10775	10030	9177	8549	7533	7040	6145	6677	7272	7880	8439	9382	10177	10828	11743	10435	11847	17338
41	12268	13346	12434	11673	10928	10075	9447	8431	7938	7043	7575	8170	8778	9337	10280	11075	11726	12641	11333	12745	18236
42	13256	14334	13422	12661	11916	11063	10435	9419	8926	8031	8563	9158	9766	10325	11268	12063	12714	13629	12321	13733	19224
43	14736	15814	14902	14141	13396	12543	11915	10899	10406	9511	10043	10638	11246	11805	12748	13543	14194	15109	13801	15213	20704
44	14275	13949	13037	12276	11531	10678	10050	9816	10664	10099	9567	8972	8537	9096	10039	10834	11485	12608	13916	15328	15748
45	12959	12633	11721	10960	10215	9362	8734	8500	9348	8783	8251	7656	7221	7780	8723	9518	10169	11292	12600	14012	14432
46	12011	11685	10773	10012	9267	8414	7786	7552	8400	7667	7135	6540	6105	6664	7607	8402	9053	10176	11484	12896	13316
47	10755	10429	9517	8756	8011	7158	6530	6296	7144	6411	5879	5284	4849	5408	6351	7146	7797	8920	10228	11640	12060
48	10947	9477	8565	7804	7059	6206	5578	5344	5711	4816	4284	3689	3254	3813	4756	5551	6202	7325	8633	10045	10465
49	9755	8285	7373	6612	5867	5014	4386	4152	4519	3624	3092	2497	2062	2621	3564	4359	5010	6133	7441	8853	9273
50	10630	9160	8248	7487	6742	5889	5261	4287	3439	2544	2012	1417	809	1368	2311	3106	3757	4880	6188	7600	8822
51	10678	9208	8296	7535	6790	5937	5309	4293	3445	2550	2018	1423	815	1374	2317	3112	3763	4886	5202	6614	10446
52	10146	9917	9005	8244	7499	6646	6018	5002	4154	3259	2727	2132	1524	2083	3026	3821	4472	5595	4493	5905	11155
53	9343	10421	9509	8748	8003	7150	6522	5506	4957	4062	3530	2935	2327	2886	3829	4624	5275	4998	3690	5102	11958
54	10612	11690	10778	10017	9272	8419	7791	6775	6226	5331	4799	4204	3596	4155	5098	5893	6544	6267	4959	6371	13227
55	11712	12790	11878	11117	10372	9519	8891	7875	7326	6431	5899	5304	4696	5255	6198	6993	7644	7367	6059	7471	14327
56	12577	13655	12743	11982	11237	10384	9756	8740	8191	7296	6764	6169	5561	6120	7063	7858	8509	8232	6924	8336	15192
57	13521	14599	13687	12926	12181	11328	10700	9684	9135	8240	7708	7113	6505	7064	8007	8802	9453	9176	7868	9280	16136
58	14824	15902	14990	14229	13484	12631	12003	10987	10438	9543	9011	8416	7808	8367	9310	10105	10756	10479	9171	10583	17439
59	15882	16960	16048	15287	14542	13689	13061														

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
75	9713	9387	8475	7714	6969	6116	5488	5254	6102	6997	6921	6326	5891	6450	7393	8188	8839	9962	11270	12682	13102
76	8594	8268	7356	6595	5850	4997	4369	4135	4983	5878	6410	6788	7010	7569	8512	9307	9958	11081	12389	13801	14221
77	6800	8270	7492	6731	5986	5133	4505	4271	5119	6014	6546	6924	7532	8091	9034	9829	10480	11603	12911	14323	14894
78	5790	7260	7430	6669	5924	5071	4443	5281	6129	7024	7556	7934	8542	9101	10044	10839	11490	12613	13921	15333	15904
79	4421	5891	6061	5300	4555	3702	3074	4090	4938	5833	6365	6960	7568	8127	9070	9865	10516	11639	12947	14359	16355
80	3097	4567	5479	6240	5879	5026	4398	5414	6262	7157	7689	8284	8892	9451	10394	11189	11840	12963	14271	15683	17679
81	1794	3264	4176	4937	5682	6329	5701	6717	7565	8460	8992	9587	10195	10754	11697	12492	13143	14266	14827	16239	18982
82	19887	19561	18649	16252	17143	16290	15662	15428	14597	13702	13170	12575	12140	12699	13642	14437	14888	13765	12457	13869	9219
83	18480	18154	17242	16481	15736	14883	14255	14021	14869	14136	13604	13009	12574	13133	14076	14871	15522	15172	13864	15276	10626
84	17357	17031	16119	15358	14613	13760	13132	12898	13746	13013	12481	11886	11451	12010	12953	13748	14399	15522	14987	16399	11749
85	16034	15708	14796	14035	13290	12437	11809	11575	12423	11690	11158	10563	10128	10687	11630	12425	13076	14199	15507	16919	13072
86	14812	14486	13574	12813	12068	11215	10587	10353	11201	10468	9936	9341	8906	9465	10408	11203	11854	12672	14285	15697	14294
87	14002	13676	12764	12003	11258	10405	9777	9543	10391	9658	9126	8531	8096	8655	9598	10393	11044	12167	13475	14887	15104
88	14184	13858	12946	12185	11440	10587	9959	9725	10573	10008	9476	8881	8446	9005	9948	10743	11394	12517	13825	15237	15657
89	12239	11913	11001	10240	9495	8642	8014	7780	8628	9503	8971	8376	7941	8500	9443	10238	10889	12012	13320	14732	15152
90	19394	17924	17012	16251	15506	14653	14025	13680	12832	11937	11405	10810	10375	10934	11877	12672	13123	12000	10692	12104	7454
91	17842	16372	15460	14699	13954	13101	12473	12128	11280	10385	9853	9258	8823	9382	10325	11120	11571	10448	9140	10552	5902
92	16740	15270	14358	13597	12852	11999	11371	11026	10178	9283	8751	8156	7721	8280	9223	10018	10469	9346	8038	9450	4800
93	16878	15408	14496	13735	12990	12137	11509	11164	10316	9421	8889	8294	7859	8418	8887	8092	7441	6318	5010	6422	4938
94	16730	16721	15809	15048	14303	13450	12822	12477	11629	10734	10202	9607	9076	8517	7574	6779	6128	5005	3659	5109	6251
95	15768	16507	15595	14834	14089	13236	12608	11592	10744	9849	9317	8722	8114	7555	6612	5817	5166	4043	2735	4147	7213
96	14188	14927	14015	13254	12509	11656	11028	10012	9164	8269	7737	7142	6534	5975	5032	4237	3586	2463	1155	2567	8793
97	14267	15006	14094	13333	12588	11735	11107	10091	9243	8348	7816	7221	6613	6054	5111	4316	3665	2542	1234	2646	11182
98	15023	15762	14850	14089	13344	12491	11863	10847	9999	9104	8572	7977	7369	6810	5867	5072	4421	3298	1990	3402	11938
99	15961	16700	15788	15027	14282	13429	12801	11785	10937	10042	9510	8915	8307	7748	6805	6010	5359	4236	2928	4340	12876
100	17587	18326	17414	16653	15908	15055	14427	13411	12563	11668	11136	10541	9933	9374	8431	7636	6985	5862	4554	5966	14502
101	8848	7378	6466	5705	4960	4107	3479	3245	3854	2959	2427	1832	2440	2999	3942	4737	5388	6511	7819	9231	9802
102	9697	8227	7315	6554	5809	4956	4328	3312	2464	1569	1037	442	1050	1609	2552	3347	3998	5121	6429	7841	9624
103	9188	8499	7587	6826	6081	5228	4600	3584	2736	1841	1309	714	1322	1881	2824	3619	4270	5393	6701	8113	10780
104	8277	9355	8443	7682	6937	6084	5456	4440	3647	2752	2220	1625	2233	2792	3735	4530	5181	6304	7342	8754	11691
105	7494	8572	7660	6899	6154	5301	4673	3657	3647	2752	3284	3879	4487	5046	5989	6784	7435	8350	7042	8454	13945
106	7829	8907	7995	7234	6489	5636	5008	3992	4840	4653	5185	5780	6388	6947	7890	8685	9336	10251	8943	10355	15846
107	8972	10050	9138	8377	7632	6779	6151	5135	5983	5796	6328	6923	7531	8090	9033	9828	10479	11394	10086	11498	16989
108	10032	11110	10198	9437	8692	7839	7211	6195	7043	6856	7388	7983	8591	9150	10093	10888	11539	12454	11146	12558	18049
109	10716	11794	10882	10121	9376	8523	7895	6879	7727	7540	8072	8667	9275	9834	10777	11572	12223	13138	11830	13242	18733
110	11655	12733	11821	11060	10315	9462	8834	7818	8666	8479	9011	9606	10214	10773	11716	12511	13162	14077	12769	14181	19672
111	13543	14621	13709	12948	12203	11350	10722	9706	10554	10367	10899	11494	12102	12661	13604	14399	15050	15965	14657	16069	21560
112	14425	15503	14591	13830	13085	12232	11604	10588	11436	11249	11781	12376	12984	13543	14486	15281	15932	16847	15539	16951	22442
113	15292	16370	15458	14697	13952	13099	12471	11455	12303	12116	12648	13243	13851	14410	15353	16148	16799	17714	16406	17818	23309
114	16577	17655	16743	15982	15237	14384	13756	12740	13588	13401	13933	14528	15136	15695	16638	17433	18084	18999	17691	19103	24594
115	17864	18942	18030	17269	16524	15671	15043	14027	14875	14688	15220	15815	16423	16982	17925	18720	19371	20286	18978	20390	25881
116	1530	3000	3912	4673	5418	6271	6899	6239	7087	7213	7745	8340	8948	9507	10450	11245	11896	12811	11503	12915	18406
117	2480	3950	4862	5623	6368	6933	6305	5289	6137	6263	6795	7390	7998	8557	9500	10295	10946	11861	10553	11965	17456
118	3740	5210	6122	6883	6526	5673	5045	4029	4877	5003	5535	6130	6738	7297	8240	9035	9686	10601	9293	10705	16196
119	4711	6181	7061	6300	5555	4702	4074	3058	3906	4032	4564	5159	5767	6326	7269	8064	8715	9630	8322	9734	15225
120	8134	9212	8300	7539	6794	5941	5313	4297	3804	2909	3441	4036	3536	4095	5038	5833	6484	6207	4899	6311	13167
121	10645	11723	10811	10050	9305	8452	7824	6808	6259	5364	4832	4237	3629	4188	5131	5470	4819	3696	2388	3800	12336
122	11750	12828	11916	11155	10410	9557	8929	7913	7364	6469	5937	5342	4734	5293	5160	4365	3714	2591	1283	2695	11231
123	16566	18036	18206	17445	16700	15847	15219	16235	17083	17978	18510	19105	19713	20272	21215	22010	22661	23784	25092	26504	28500
124	15842	17312	17482	16721	15976	15123	14495	15511	16359	17254	17786	18381	18989	19548	20491	21286	21937	23060	24368	25780	27776
125	14983	16453	16623	15862	15117	14264	13636	14652	15500	16395	16927	17522	18130	18689	19632	20427	21078	22201	23509	24921	26917
126	14237	15707	15877	15116	14371	13518	12890	13906	14754	15649	16181	16776	17384	17943	18886	19681	20332	21455	22763	24175	26171
127	12602	14072	14242	13481	12736	11883	11255	12271	13119	14014	14546	15141	15749	16308	17251	18046	18697	19820	21128	22540	24536
128	11297	12767	12937	12176	11431	10578	9950	10966	11814	12709	13241	13836	14444	15003	15946	16741	17392	18515	19823	21235	23231
129	10711	12181	12351	11590	10845	9992	9364	10380	11228	12123	12655	13250	13858	14417	15360	16155	16806	17929	19237	20649	22645
130	9168	10638	10808	10047	9302	8449	7821	8837	9685	10580	11112	11707	12315	12874	13817	14612	15263	16386	17694	19106	21102
131	7683	9153	9323	8562	7817	6964	6336	7352	8200	9095	9627	10222	10830	11389	12332	13127	13778	14901	16209		

# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1	16,861	15,295	14,508	13,738	13,126	12,460	11,653	10,966	10,229	9,632	9,775	9,023	7,776	6,984	7,908	8,548	9,396	10,296	11,370	12,268
2	15,391	13,825	13,038	12,268	11,656	10,990	10,183	9,496	8,759	8,162	8,305	7,553	7,625	8,062	8,986	9,626	10,474	11,374	12,448	13,346
3	14,479	12,913	12,126	11,356	10,744	10,078	9,271	8,584	7,847	7,250	7,393	6,641	6,713	7,150	8,074	8,714	9,562	10,462	11,536	12,434
4	13,718	12,152	11,365	10,595	9,983	9,317	8,510	7,823	7,086	6,489	6,632	5,880	5,952	6,389	7,313	7,953	8,801	9,701	10,775	11,673
5	12,973	11,407	10,620	9,850	9,238	8,572	7,765	7,078	6,341	5,744	5,887	5,135	5,207	5,644	6,568	7,208	8,056	8,956	10,030	10,928
6	12,120	10,554	9,767	8,997	8,385	7,719	6,912	6,225	5,488	4,891	5,034	4,282	4,354	4,791	5,715	6,355	7,203	8,103	9,177	10,075
7	11,492	9,926	9,139	8,369	7,757	7,091	6,284	5,597	4,860	4,263	4,406	3,654	3,726	4,163	5,087	5,727	6,575	7,475	8,549	9,447
8	11,147	9,581	8,794	8,024	7,412	6,746	5,939	5,252	4,515	3,918	4,061	3,309	2,710	3,147	4,071	4,711	5,559	6,459	7,533	8,431
9	10,299	8,733	7,946	7,176	6,564	5,898	5,091	4,404	3,667	3,070	2,542	1,790	1,862	2,654	3,578	4,218	5,066	5,966	7,040	7,938
10	9,404	7,838	7,051	6,281	5,669	5,003	4,196	3,509	2,772	2,175	1,647	895	967	1,759	2,683	3,323	4,171	5,071	6,145	7,043
11	8,872	7,306	6,519	5,749	5,137	4,471	3,664	2,977	2,240	1,643	2,179	1,427	1,499	2,291	3,215	3,855	4,703	5,603	6,677	7,575
12	8,277	6,711	5,924	5,154	4,542	3,876	3,069	2,382	1,645	1,048	1,585	2,022	2,094	2,886	3,810	4,450	5,298	6,198	7,272	8,170
13	7,842	6,276	5,489	4,719	4,107	3,441	2,634	1,947	1,210	1,656	2,193	2,630	2,702	3,494	4,418	5,058	5,906	6,806	7,880	8,778
14	8,401	6,835	6,048	5,278	4,666	4,000	3,193	2,506	1,769	2,215	2,752	3,189	3,261	4,053	4,977	5,617	6,465	7,365	8,439	9,337
15	9,344	7,778	6,991	6,221	5,609	4,943	4,136	3,449	2,712	3,158	3,695	4,132	4,204	4,996	5,920	6,560	7,408	8,308	9,382	10,280
16	10,139	8,573	7,786	7,016	6,404	5,738	4,931	4,244	3,507	3,953	4,490	4,927	4,999	5,791	6,715	7,355	8,203	9,103	10,177	11,075
17	10,590	9,024	8,437	7,667	7,055	6,389	5,582	4,895	4,158	4,604	5,141	5,578	5,650	6,442	7,366	8,006	8,854	9,754	10,828	11,726
18	9,467	7,901	8,688	8,790	8,178	7,512	6,705	6,018	5,281	5,727	6,264	6,701	6,773	7,357	8,281	8,921	9,769	10,669	11,743	12,641
19	8,159	6,593	7,380	8,150	8,762	8,820	8,013	7,326	6,589	7,035	7,572	8,009	6,841	6,049	6,973	7,613	8,461	9,361	10,435	11,333
20	9,571	8,005	8,792	9,562	10,174	10,232	9,425	8,738	8,001	8,447	8,984	9,421	8,253	7,461	8,385	9,025	9,873	10,773	11,847	12,745
21	1,789	3,355	4,142	4,912	5,524	6,190	6,997	7,684	8,421	9,018	9,555	10,307	12,160	12,952	13,876	14,516	15,364	16,264	17,338	18,236
22	0	1,566	2,353	3,123	3,735	4,401	5,208	5,895	6,632	7,229	7,766	8,518	10,371	11,163	12,087	12,727	13,575	14,475	15,549	16,447
23	1566	0	787	1,557	2,169	2,835	3,642	4,329	5,066	5,663	6,200	6,952	8,805	9,597	10,521	11,161	12,009	12,909	13,983	14,881
24	2353	787	0	770	1,382	2,048	2,855	3,542	4,279	4,876	5,413	6,165	8,018	8,810	9,734	10,374	11,222	12,122	13,196	14,094
25	3123	1557	770	0	612	1,278	2,085	2,772	3,509	4,106	4,643	5,395	7,248	8,040	8,964	9,604	10,452	11,352	12,426	13,324
26	3735	2169	1382	612	0	666	1,473	2,160	2,897	3,494	4,031	4,783	6,636	7,428	8,352	8,992	9,840	10,740	11,814	12,712
27	4401	2835	2048	1278	666	0	807	1,494	2,231	2,828	3,365	4,117	5,970	6,762	7,686	8,326	9,174	10,074	11,148	12,046
28	5208	3642	2855	2085	1473	807	0	687	1,424	2,021	2,558	3,310	5,163	5,955	6,879	7,519	8,367	9,267	10,341	11,239
29	5895	4329	3542	2772	2160	1494	687	0	737	1,334	1,871	2,623	4,476	5,268	6,192	6,832	7,680	8,580	9,654	10,552
30	6632	5066	4279	3509	2897	2231	1424	737	0	597	1,134	1,886	3,739	4,531	5,455	6,095	6,943	7,843	8,917	9,815
31	7229	5663	4876	4106	3494	2828	2021	1334	597	0	537	1,289	3,142	3,934	4,858	5,498	6,346	7,246	8,320	9,218
32	7766	6200	5413	4643	4031	3365	2558	1871	1134	537	0	752	2,614	3,406	4,330	4,970	5,818	6,718	7,792	8,690
33	8518	6952	6165	5395	4783	4117	3310	2623	1886	1289	752	0	1,862	2,654	3,578	4,218	5,066	5,966	7,040	7,938
34	10371	8805	8018	7248	6636	5970	5163	4476	3739	3142	2614	1862	0	792	1,716	2,356	3,204	4,104	5,178	6,076
35	11163	9597	8810	8040	7428	6762	5955	5268	4531	3934	3406	2654	792	0	924	1,564	2,412	3,312	4,386	5,284
36	12087	10521	9734	8964	8352	7686	6879	6192	5455	4858	4330	3578	1716	924	0	640	1,488	2,388	3,462	4,360
37	12727	11161	10374	9604	8992	8326	7519	6832	6095	5498	4970	4218	2356	1564	640	0	848	1,748	2,822	3,720
38	13575	12009	11222	10452	9840	9174	8367	7680	6943	6346	5818	5066	3204	2412	1488	848	0	900	1,974	2,872
39	14475	12909	12122	11352	10740	10074	9267	8580	7843	7246	6718	5966	4104	3312	2388	1748	900	0	1,074	1,972
40	15549	13983	13196	12426	11814	11148	10341	9654	8917	8320	7792	7040	5178	4386	3462	2822	1974	1074	0	898
41	16447	14881	14094	13324	12712	12046	11239	10552	9815	9218	8690	7938	6076	5284	4360	3720	2872	1972	898	0
42	17435	15869	15082	14312	13700	13034	12227	11540	10803	10206	9678	8926	7064	6272	5348	4708	3860	2960	1886	988
43	18915	17349	16562	15792	15180	14514	13707	13020	12283	11686	11158	10406	8544	7752	6828	6188	5340	4440	3366	2468
44	19359	12393	11606	10836	10224	9558	8751	8064	7327	7924	8461	9213	11066	11858	12782	13422	14270	15170	16244	17142
45	12643	11077	10290	9520	8908	8242	7435	6748	6011	6608	7145	7897	9750	10542	11466	12106	12954	13854	14928	15826
46	11527	9961	9174	8404	7792	7126	6319	5632	4895	5492	6029	6781	8634	9426	10350	10990	11838	12738	13812	14710
47	10271	8705	7918	7148	6536	5870	5063	4376	3639	4236	4773	5525	7378	8170	9094	9734	10582	11482	12556	13454
48	8676	7110	6323	5553	4941	4275	3468	2781	2044	2641	3178	3930	5783	6575	7499	8139	8987	9887	10961	11859
49	7484	5918	5131	4361	3749	3083	2276	1589	852	1449	1986	2738	4591	5383	6307	6947	7795	8695	9769	10667
50	7033	5467	4680	3910	3298	2632	1825	1138	401	998	1535	2287	3511	4303	5227	5867	6715	7615	8689	9587
51	8657	7091	6304	5534	4922	4256	3449	2762	2025	2471	3008	3445	3517	3871	4795	5435	6283	7183	8257	9155
52	9366	7800	7013	6243	5631	4965	4158	3471	2734	3108	3717	4154	3954	3162	4086	4726	5574	6474	7548	8446
53	10169	8603	7816	7046	6434	5768	4961	4274	3537	3983	4520	4957	3151	2359	3283	3923	4771	5671	6745	7643
54	11438	9872	9085	8315	7703	7037	6230	5543	4806	5252	5789	6226	4420	3628	4552	5192	6040	6940	8014	8912
55	12538	10972	10185	9415	8803	8137	7330	6643	5906	6352	6889	7326	5520	4728	5652	6292	7140	8040	9114	10012
56	13403	11837	11050	10280	9668	9002	8195	7508	6771	7217	7754	8191	6385	5593	6517	7157	8005	8905	9979	10877
57	14347	12781	11994	11224	10612	9946	9139	8452	7715	8161	8698	9135	7329	6537	7461	8101	8949	9849	10923	11821
58	15650	14084	13297	12527	11915	11249	10442	9755	9018	9464	10001	10438	8632	7840	8764	9404	10252	11152	12226	13124
59	16708	15142	14355	13585	12973	12307	11500	10813	10076	10522	11059	11496	9690	8898	9822	10462	11310	12210	13284	14182
60	17682	16116	15329	14559	1394															



# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
75	11313	9747	8960	8190	7578	6912	6105	5418	4681	5278	5815	6567	7964	8401	9325	9965	10813	11713	12787	13685
76	12432	10866	10079	9309	8697	8031	7224	6537	5800	5740	6277	6773	6845	7282	8206	8846	9694	10594	11668	12566
77	13105	11539	10752	9982	9370	8704	7897	7210	6473	5876	6413	6909	6981	7418	8342	8982	9830	10730	11804	12702
78	14115	12549	11762	10992	10380	9714	8907	8220	7483	6886	7423	7919	7991	8428	9352	9992	10840	11740	12814	13712
79	14566	13000	12213	11443	10831	10165	9358	8671	7934	7337	7480	6728	6800	7237	8161	8801	9649	10549	11623	12521
80	15890	14324	13537	12767	12155	11489	10682	9995	9258	8661	8804	8052	8124	8561	9485	10125	10973	11873	12947	13845
81	17193	15627	14840	14070	13458	12792	11985	11298	10561	9964	10107	9355	9427	8778	9702	10342	11190	12090	13164	14062
82	7430	5864	6651	7421	8033	8699	9506	10193	10930	11527	12064	12816	14669	15461	16385	17025	17873	18773	19847	20745
83	8837	7271	8058	8828	9440	10106	10913	11600	11364	11961	12498	13250	15103	15895	16819	17459	18307	19207	20281	21179
84	9960	8394	9181	9951	10563	11229	11665	10978	10241	10838	11375	12127	13980	14772	15696	16336	17184	18084	19158	20056
85	11283	9717	10504	11274	11815	11149	10342	9655	8918	9515	10052	10804	12657	13449	14373	15013	15861	16761	17835	18733
86	12505	10939	11726	11205	10593	9927	9120	8433	7696	8293	8830	9582	11435	12227	13151	13791	14639	15539	16613	17511
87	13315	11749	11165	10395	9783	9117	8310	7623	6886	7483	8020	8772	10625	11417	12341	12981	13829	14729	15803	16701
88	13868	12302	11515	10745	10133	9467	8660	7973	7236	7833	8370	9122	10975	11767	12691	13331	14179	15079	16153	17051
89	13363	11797	11010	10240	9628	8962	8155	7468	6731	7328	7865	8617	10470	10927	11851	12491	13339	14239	15313	16211
90	5665	4099	4686	5656	6268	6934	7741	8428	9165	9762	10299	11051	12904	13696	14620	15260	16108	17008	18082	18980
91	4113	2547	3334	4104	4716	5382	6189	6876	7613	8210	8747	9499	11352	12144	13068	13708	14556	15456	16530	17428
92	3011	1445	2232	3002	3614	4280	5087	5774	6511	7108	7645	8397	10250	11042	11966	12606	13454	14354	15428	16326
93	3149	1583	2370	3140	3752	4418	5225	5912	6649	7246	7783	8535	10388	11059	11983	12623	13471	14371	15445	16343
94	4462	2896	3683	4453	5065	5731	6538	7225	7962	8559	9096	9848	10538	9746	10670	11310	12158	13058	14132	15030
95	5424	3858	4645	5415	6027	6693	7500	8187	8924	9521	10058	10744	9576	8784	9708	10348	11196	12096	13170	14068
96	7004	5438	6225	6995	7607	8273	9080	8481	7744	8190	8727	9164	7996	7204	8128	8768	9616	10516	11590	12488
97	9393	7827	8614	9384	9996	10054	9247	8560	7823	8269	8806	9243	8075	7283	8207	8847	9695	10595	11669	12567
98	10149	8583	9370	10140	10752	10810	10003	9316	8579	9025	9562	9999	8831	8039	8963	9603	10451	11351	12425	13323
99	11087	9521	10308	11078	11690	11748	10941	10254	9517	9963	10500	10937	9769	8977	9901	10541	11389	12289	13363	14261
100	12713	11147	11934	12704	13316	13374	12567	11880	11143	11589	12126	12563	11395	10603	11527	12167	13015	13915	14989	15887
101	8013	6447	5660	4890	4278	3612	2805	2118	1381	784	1321	2073	3926	4718	5642	6282	7130	8030	9104	10002
102	7835	6269	5482	4712	4100	3434	2627	1940	1203	606	1143	1895	2536	3328	4252	4892	5740	6640	7714	8612
103	8991	7425	6638	5868	5256	4590	3783	3096	2359	1672	2299	2736	2808	2204	3128	3768	4616	5516	6590	7488
104	9902	8336	7549	6779	6167	5501	4694	4007	3270	2673	3210	3647	2085	1293	2217	2857	3705	4605	5679	6577
105	12156	10590	9803	9033	8421	7755	6948	6261	5524	4927	4399	3647	1785	993	1917	2557	3405	4305	5379	6277
106	14057	12491	11704	10934	10322	9656	8849	8162	7425	6828	6300	5548	3686	2894	3818	4458	5306	6206	7280	8178
107	15200	13634	12847	12077	11465	10799	9992	9305	8568	7971	7443	6691	4829	4037	4961	5601	6449	7349	8423	9321
108	16260	14694	13907	13137	12525	11859	11052	10365	9628	9031	8503	7751	5889	5097	6021	6661	7509	8409	9483	10381
109	16944	15378	14591	13821	13209	12543	11736	11049	10312	9715	9187	8435	6573	5781	6705	7345	8193	9093	10167	11065
110	17883	16317	15530	14760	14148	13482	12675	11988	11251	10654	10126	9374	7512	6720	7644	8284	9132	10032	11106	12004
111	19771	18205	17418	16648	16036	15370	14563	13876	13139	12542	12014	11262	9400	8608	9532	10172	11020	11920	12994	13892
112	20653	19087	18300	17530	16918	16252	15445	14758	14021	13424	12896	12144	10282	9490	10414	11054	11902	12802	13876	14774
113	21520	19954	19167	18397	17785	17119	16312	15625	14888	14291	13763	13011	11149	10357	11281	11921	12769	13669	14743	15641
114	22805	21239	20452	19682	19070	18404	17597	16910	16173	15576	15048	14296	12434	11642	12566	13206	14054	14954	16028	16926
115	24092	22526	21739	20969	20357	19691	18884	18197	17460	16863	16335	15583	13721	12929	13853	14493	15341	16241	17315	18213
116	16617	15051	14264	13494	12882	12216	11409	10722	9985	9388	8860	8108	6246	5454	6378	7018	7866	8766	9840	10738
117	15667	14101	13314	12544	11932	11266	10459	9772	9035	8438	7910	7158	5296	4504	5428	6068	6916	7816	8890	9788
118	14407	12841	12054	11284	10672	10006	9199	8512	7775	7178	6650	5998	4036	3244	4168	4808	5656	6556	7630	8528
119	13436	11870	11083	10313	9701	9035	8228	7541	6804	6207	5679	4927	3065	2273	3197	3837	4685	5585	6659	7557
120	11378	9812	9025	8255	7643	6977	6170	5483	4746	5084	4556	3804	1942	1150	2074	2714	3562	4462	5536	6434
121	10547	8981	9118	8348	7736	7070	6263	5576	4839	5285	5822	6259	4453	3661	4585	5225	6073	6973	8047	8945
122	9442	7876	8663	9433	8841	8175	7368	6681	5944	6390	6927	7364	5558	4766	5690	6330	7178	8078	9152	10050
123	26711	25145	24358	23588	22976	22310	21503	20816	20079	19482	19625	18873	18945	19382	20306	20946	21794	22694	23768	24666
124	25987	24421	23634	22864	22252	21586	20779	20092	19355	18758	18901	18149	18221	18658	19582	20222	21070	21970	23044	23942
125	25128	23562	22775	22005	21393	20727	19920	19233	18496	17899	18042	17290	17362	17799	18723	19363	20211	21111	22185	23083
126	24382	22816	22029	21259	20647	19981	19174	18487	17750	17153	17296	16544	16616	17053	17977	18617	19465	20365	21439	22337
127	22747	21181	20394	19624	19012	18346	17539	16852	16115	15518	15661	14909	14981	15418	16342	16982	17830	18730	19804	20702
128	21442	19876	19089	18319	17707	17041	16234	15547	14810	14213	14356	13604	13676	14113	15037	15677	16525	17425	18499	19397
129	20856	19290	18503	17733	17121	16455	15648	14961	14224	13627	13770	13018	13090	13527	14451	15091	15939	16839	17913	18811
130	19313	17747	16960	16190	15578	14912	14105	13418	12681	12084	12227	11475	11547	11984	12908	13548	14396	15296	16370	17268
131	17828	16262	15475	14705	14093	13427	12620	11933	11196	10599	10742	9990	10062	10499	11423	12063	12911	13811	14885	15783
132	16894	15328	14541	13771	13159	12493	11686	10999	10262	9665	9808	9056	9128	9565	10489	11129	11977	12877	13951	14849
133	15579	14013	13226	12456	11844	11178	10371	9684	8947	8350	8493	7741	7813	8250	9174	9814	10662	11562	12636	13534
134	13607	12041	11254	10484	9872	9206	8399	7712	6975	6378	6									

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
1	13,256	14,736	14,275	12,959	12,011	10,755	10,947	9,755	10,630	10,678	10,146	9,343	10,612	11,712	12,577	13,521	14,824	15,882	16,856	18,301
2	14,334	15,814	13,949	12,633	11,685	10,429	9,477	8,285	9,160	9,208	9,917	10,421	11,690	12,790	13,655	14,599	15,902	16,960	17,934	19,379
3	13,422	14,902	13,037	11,721	10,773	9,517	8,565	7,373	8,248	8,296	9,005	9,509	10,778	11,878	12,743	13,687	14,990	16,048	17,022	18,467
4	12,661	14,141	12,276	10,960	10,012	8,756	7,804	6,612	7,487	7,535	8,244	8,748	10,017	11,117	11,982	12,926	14,229	15,287	16,261	17,706
5	11,916	13,396	11,531	10,215	9,267	8,011	7,059	5,867	6,742	6,790	7,499	8,003	9,272	10,372	11,237	12,181	13,484	14,542	15,516	16,961
6	11,063	12,543	10,678	9,362	8,414	7,158	6,206	5,014	5,889	5,937	6,646	7,150	8,419	9,519	10,384	11,328	12,631	13,689	14,663	16,108
7	10,435	11,915	10,050	8,734	7,786	6,530	5,578	4,386	5,261	5,309	6,018	6,522	7,791	8,891	9,756	10,700	12,003	13,061	14,035	15,480
8	9,419	10,899	9,816	8,500	7,552	6,296	5,344	4,152	4,287	4,293	5,002	5,506	6,775	7,875	8,740	9,684	10,987	12,045	13,019	14,464
9	8,926	10,406	10,664	9,348	8,400	7,144	5,711	4,519	3,439	3,445	4,154	4,957	6,226	7,326	8,191	9,135	10,438	11,496	12,470	13,915
10	8,031	9,511	10,099	8,783	7,667	6,411	4,816	3,624	2,544	2,550	3,259	4,062	5,331	6,431	7,296	8,240	9,543	10,601	11,575	13,020
11	8,563	10,043	9,567	8,251	7,135	5,879	4,284	3,092	2,012	2,018	2,727	3,530	4,799	5,899	6,764	7,708	9,011	10,069	11,043	12,488
12	9,158	10,638	8,972	7,656	6,540	5,284	3,689	2,497	1,417	1,423	2,132	2,935	4,204	5,304	6,169	7,113	8,416	9,474	10,448	11,893
13	9,766	11,246	8,537	7,221	6,105	4,849	3,254	2,062	809	815	1,524	2,327	3,596	4,696	5,561	6,505	7,808	8,866	9,840	11,285
14	10,325	11,805	9,096	7,780	6,664	5,408	3,813	2,621	1,368	1,374	2,083	2,886	4,155	5,255	6,120	7,064	8,367	9,425	10,399	11,844
15	11,268	12,748	10,039	8,723	7,607	6,351	4,756	3,564	2,311	2,317	3,026	3,829	5,098	6,198	7,063	8,007	9,310	10,368	11,342	12,787
16	12,063	13,543	10,834	9,518	8,402	7,146	5,551	4,359	3,106	3,112	3,821	4,624	5,893	6,993	7,858	8,802	10,105	11,163	12,137	13,582
17	12,714	14,194	11,485	10,169	9,053	7,797	6,202	5,010	3,757	3,763	4,472	5,275	6,544	7,644	8,509	9,453	10,756	11,814	12,788	14,233
18	13,629	15,109	12,608	11,292	10,176	8,920	7,325	6,133	4,880	4,886	5,595	6,398	7,667	8,767	9,632	10,576	11,879	12,937	13,911	15,356
19	12,321	13,801	13,916	12,600	11,484	10,228	8,633	7,441	6,188	5,202	4,493	3,690	4,959	6,059	6,924	7,868	9,171	10,229	11,203	12,648
20	13,733	15,213	15,328	14,012	12,896	11,640	10,045	8,853	7,600	6,614	5,905	5,102	6,371	7,471	8,336	9,280	10,583	11,641	12,615	14,060
21	19,224	20,704	15,748	14,432	13,316	12,060	10,465	9,273	8,822	10,446	11,155	11,958	13,227	14,327	14,327	16,136	17,439	18,497	19,471	20,916
22	17,435	18,915	13,959	12,643	11,527	10,271	8,676	7,484	7,033	8,657	9,366	10,169	11,438	12,538	13,403	14,347	15,650	16,708	17,682	19,127
23	15,869	17,349	12,393	11,077	9,961	8,705	7,110	5,918	5,467	7,091	7,800	8,603	9,872	10,972	11,837	12,781	14,084	15,142	16,116	17,561
24	15,082	16,562	11,606	10,290	9,174	7,918	6,323	5,131	4,680	6,304	7,013	7,816	9,085	10,185	11,050	11,994	13,297	14,355	15,329	16,774
25	14,312	15,792	10,836	9,520	8,404	7,148	5,553	4,361	3,910	5,534	6,243	7,046	8,315	9,415	10,280	11,224	12,527	13,585	14,559	16,004
26	13,700	15,180	10,224	8,908	7,792	6,536	4,941	3,749	3,298	4,922	5,631	6,434	7,703	8,803	9,668	10,612	11,915	12,973	13,947	15,392
27	13,034	14,514	9,558	8,242	7,126	5,870	4,275	3,083	2,632	4,256	4,965	5,768	7,037	8,137	9,002	9,946	11,249	12,307	13,281	14,726
28	12,227	13,707	8,751	7,435	6,319	5,063	3,468	2,276	1,825	3,449	4,158	4,961	6,230	7,330	8,195	9,139	10,442	11,500	12,474	13,919
29	11,540	13,020	8,064	6,748	5,632	4,376	2,781	1,589	1,138	2,762	3,471	4,274	5,543	6,643	7,508	8,452	9,755	10,813	11,787	13,232
30	10,803	12,283	7,327	6,011	4,895	3,639	2,044	852	401	2,025	2,734	3,537	4,806	5,906	6,771	7,715	9,018	10,076	11,050	12,495
31	10,206	11,686	7,924	6,608	5,492	4,236	2,641	1,449	998	2,471	3,180	3,983	5,252	6,352	7,217	8,161	9,464	10,522	11,496	12,941
32	9,678	11,158	8,461	7,145	6,029	4,773	3,178	1,986	1,535	3,008	3,717	4,520	5,789	6,889	7,754	8,698	10,001	11,059	12,033	13,478
33	8,926	10,406	9,213	7,897	6,781	5,525	3,930	2,738	2,287	3,445	4,154	4,957	6,226	7,326	8,191	9,135	10,438	11,496	12,470	13,915
34	7,064	8,544	11,066	9,750	8,634	7,378	5,783	4,591	3,511	3,517	3,954	3,151	4,420	5,520	6,385	7,329	8,632	9,690	10,664	12,109
35	6,272	7,752	11,858	10,542	9,426	8,170	6,575	5,383	4,303	3,071	3,162	2,359	3,628	4,728	5,593	6,537	7,840	8,898	9,872	11,317
36	5,348	6,828	12,782	11,466	10,350	9,094	7,499	6,307	5,227	4,795	4,086	3,283	4,552	5,652	6,517	7,461	8,764	9,822	10,796	12,241
37	4,708	6,188	13,422	12,106	10,990	9,734	8,139	6,947	5,867	5,435	4,726	3,923	5,192	6,292	7,157	8,101	9,404	10,462	11,436	12,881
38	3,860	5,340	14,270	12,954	11,838	10,582	8,987	7,795	6,715	6,283	5,574	4,771	6,040	7,140	8,005	8,949	10,252	11,310	12,284	13,729
39	2,960	4,440	15,170	13,854	12,738	11,482	9,887	8,695	7,615	7,183	6,474	5,671	6,940	8,040	8,905	9,849	11,152	12,210	13,184	14,629
40	1,886	3,366	16,244	14,928	13,812	12,556	10,961	9,769	8,689	8,257	7,548	6,745	8,014	9,114	9,979	10,923	12,226	13,284	14,258	15,703
41	988	2,468	17,142	15,826	14,710	13,454	11,859	10,667	9,587	9,155	8,446	7,643	8,912	10,012	10,877	11,821	13,124	14,182	15,156	16,601
42	0	1,480	18,130	16,814	15,698	14,442	12,847	11,655	10,575	10,143	9,434	8,631	9,900	11,000	11,865	12,809	14,112	15,170	16,144	17,589
43	1480	0	19,610	18,294	17,178	15,922	14,327	13,135	12,055	11,623	10,914	10,111	11,380	12,480	13,345	14,289	15,592	16,650	17,624	19,069
44	18130	19610	0	1,316	2,432	3,688	5,283	6,475	7,728	9,352	10,061	10,864	12,133	13,233	14,098	15,042	16,345	17,403	18,377	19,822
45	16814	18294	1316	0	1,116	2,372	3,967	5,159	6,412	8,036	8,745	9,548	10,817	11,917	12,782	13,726	15,029	16,087	17,061	18,506
46	15698	17178	2432	1116	0	1,256	2,851	4,043	5,296	6,920	7,629	8,432	9,701	10,801	11,666	12,610	13,913	14,971	15,945	17,390
47	14442	15922	3688	2372	1256	0	1,595	2,787	4,040	5,664	6,373	7,176	8,445	9,545	10,410	11,354	12,657	13,715	14,689	16,134
48	12847	14327	5283	3967	2851	1595	0	1,192	2,445	4,069	4,778	5,581	6,850	7,950	8,815	9,759	11,062	12,120	13,094	14,539
49	11655	13135	6475	5159	4043	2787	1192	0	1,253	2,877	3,586	4,389	5,658	6,758	7,623	8,567	9,870	10,928	11,902	13,347
50	10575	12055	7728	6412	5296	4040	2445	1253	0	1,624	2,333	3,136	4,405	5,505	6,370	7,314	8,617	9,675	10,649	12,094
51	10143	11623	9352	8036	6920	5664	4069	2877	1624	0	709	1,512	2,781	3,881	4,746	5,690	6,993	8,051	9,025	10,470
52	9434	10914	10061	8745	7629	6373	4778	3586	2333	709	0	803	2,072	3,172	4,037	4,981	6,284	7,342	8,316	9,761
53	8631	10111	10864	9548	8432	7176	5581	4389	3136	1512	803	0	1,269	2,369	3,234	4,178	5,481	6,539	7,513	8,958
54	9900	11380	12133	10817	9701	8445	6850	5658	4405	2781	2072	1269	0	1,100	1,965	2,909	4,212	5,270	6,244	7,689
55	11000	12480	13233	11917	10801	9545	7950	6758	5505	3881	3172	2369	1100	0	865	1,809	3,112	4,170	5,144	6,589
56	11865	13345	14098	12782	11666	10410	8815	7623	6370	4746	4037	3234	1965	865	0	944	2,247	3,305	4,279	5,724

## La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
75	14673	16153	4730	3414	2298	1042	2637	3829	5082	6706	7415	8218	9487	10587	11452	12396	13699	14757	15731	17176
76	13554	15034	5849	4533	3417	2161	3756	4948	6201	7825	8534	9337	10606	11706	12571	13515	14818	15876	16850	18295
77	13690	15170	7475	6159	5211	3955	5550	5999	6874	8347	9056	9777	11046	12146	13011	13955	15258	16316	17290	18735
78	14700	16180	8485	7169	6221	4965	6560	7009	7884	9357	10066	10787	12056	13156	14021	14965	16268	17326	18300	19745
79	13509	14989	9854	8538	7590	6334	7929	7460	8335	8383	9092	9596	10865	11965	12830	13774	15077	16135	17109	18554
80	14833	16313	11178	9862	8914	7658	9253	8784	9659	9707	10416	10920	12189	13289	14154	15098	16401	17459	18433	19878
81	15050	16530	12481	11165	10217	8961	10556	10087	10962	11010	11719	11137	12406	13506	14371	15315	16618	17676	18650	20095
82	21733	23213	10739	9423	10388	9132	10727	11782	11331	12955	13664	14467	15736	16836	17701	18645	19948	21006	21980	23425
83	22167	23647	9332	8016	8981	7725	9320	10512	11765	13389	14098	14901	16170	17270	18135	19079	20382	21440	22414	23859
84	21044	22524	8209	6893	7858	6602	8197	9389	10642	12266	12975	13778	15047	16147	17012	17956	19259	20317	21291	22736
85	19721	21201	6886	5570	6535	5279	6874	8066	9319	10943	11652	12455	13724	14824	15689	16633	17936	18994	19968	21413
86	18499	19979	5664	4348	5313	4057	5652	6844	8097	9721	10430	11233	12502	13602	14467	15411	16714	17772	18746	20191
87	17689	19169	4854	3538	4503	3247	4842	6034	7287	8911	9620	10423	11692	12792	13657	14601	15904	16962	17936	19381
88	18039	19519	2541	1225	2341	3597	5192	6384	7637	9261	9970	10773	12042	13142	14007	14951	16254	17312	18286	19731
89	17199	18679	2036	720	1836	3092	4687	5879	7132	8756	9465	10268	11537	12637	13502	14446	15749	16807	17781	19226
90	19968	21448	12504	11188	12153	10897	11209	10017	9566	11190	11899	12702	13971	15071	15936	16880	18183	19241	20215	21660
91	18416	19896	14056	12740	12508	11252	9657	8465	8014	9638	10347	11150	12419	13519	14384	15328	16631	17689	18663	20108
92	17314	18794	13838	12522	11406	10150	8555	7363	6912	8536	9245	10048	11317	12417	13282	14226	15529	16587	17561	19006
93	17331	18811	13976	12660	11544	10288	8693	7501	7050	8674	9383	8700	9969	11069	11934	12878	14181	15239	16213	17658
94	16018	17498	15289	13973	12857	11601	10006	8814	8363	8899	8190	7387	8656	9756	10621	11565	12868	13926	14900	16345
95	15056	16536	16251	14935	13819	12563	10968	9776	8923	7937	7228	6425	7694	8794	9659	10603	11906	12964	13938	15383
96	13476	14956	15071	13755	12639	11383	9788	8596	7343	6357	5648	4845	6114	7214	8079	9023	10326	11384	12358	13803
97	13555	15035	15150	13834	12718	11462	9867	8675	7422	6436	5727	4924	6193	7293	8158	9102	10405	11463	12437	13882
98	14311	15791	15906	14590	13474	12218	10623	9431	8178	7192	6483	5680	6949	8049	8914	9858	11161	12219	13193	14638
99	15249	16729	16844	15528	14412	13156	11561	10369	9116	8130	7421	6618	7887	8987	9852	10796	12099	13157	14131	15576
100	16875	18355	18470	17154	16038	14782	13187	11995	10742	9756	9047	8244	9513	10613	11478	12422	13725	14783	15757	17202
101	10990	12470	7382	6066	4950	3694	2099	907	1782	3255	3964	4767	6036	7136	8001	8945	10248	11306	12280	13725
102	9600	11080	8530	7214	6098	4842	3247	2055	1604	1865	2574	3377	4646	5746	6611	7555	8858	9916	10890	12335
103	8476	9956	9686	8370	7254	5998	4403	3211	2131	2137	2846	3649	4918	6018	6883	7827	9130	10188	11162	12607
104	7565	9045	10597	9281	8165	6909	5314	4122	3042	3048	3757	3652	4921	6021	6886	7830	9133	10191	11165	12610
105	7265	8745	12851	11535	10419	9163	7568	6376	5296	4864	4155	3352	4621	5721	6586	7530	8833	9891	10865	12310
106	9166	10646	13808	12492	11544	10288	9336	8144	7197	6765	6056	5253	6522	7622	8487	9431	10734	11792	12766	14211
107	10309	11789	14951	13635	12687	11431	10479	9287	8340	7908	7199	6396	7665	8765	9630	10574	11877	12935	13909	15354
108	11369	12849	16011	14695	13747	12491	11539	10347	9400	8968	8259	7456	8725	9825	10690	11634	12937	13995	14969	16414
109	12053	13533	16695	15379	14431	13175	12223	11031	10084	9652	8943	8140	9409	10509	11374	12318	13621	14679	15653	17098
110	12992	14472	17634	16318	15370	14114	13162	11970	11023	10591	9882	9079	10348	11448	12313	13257	14560	15618	16592	18037
111	14880	16360	19522	18206	17258	16002	15050	13858	12911	12479	11770	10967	12236	13336	14201	15145	16448	17506	18480	19925
112	15762	17242	20404	19088	18140	16884	15932	14740	13793	13361	12652	11849	13118	14218	15083	16027	17330	18388	19362	20807
113	16629	18109	21271	19955	19007	17751	16799	15607	14660	14228	13519	12716	13985	15085	15960	16894	18197	19255	20229	21674
114	17914	19394	22556	21240	20292	19036	18084	16892	15945	15513	14804	14001	15270	16370	17235	18179	19482	20540	21514	22959
115	19201	20681	23843	22527	21579	20323	19371	18179	17232	16800	16091	15288	16557	17657	18522	19466	20769	21827	22801	24246
116	11726	13206	15805	14489	13541	12285	11583	10391	9757	9325	8616	7813	9082	10182	11047	11991	13294	14352	15326	16771
117	10776	12256	15105	13789	12841	11585	10633	9441	8807	8375	7666	6863	8132	9232	10097	11041	12344	13402	14376	15821
118	9516	10996	13845	12529	11581	10325	9373	8181	7547	7115	6406	5603	6872	7972	8837	9781	11084	12142	13116	14561
119	8545	10025	12874	11558	10610	9354	8402	7210	6576	6144	5435	4632	5901	7001	7866	8810	10113	11171	12145	13590
120	7422	8902	12073	10757	9641	8385	6790	5598	4345	2721	2012	1209	2478	3578	4443	5387	6690	7748	8722	10167
121	9933	11413	12166	10850	9734	8478	6883	5691	4438	2814	2105	1302	2571	3671	4536	5480	6783	7841	8815	10260
122	11038	12518	13271	11955	10839	9583	7988	6796	5543	3919	3210	2407	3676	4776	5641	6585	7888	8946	9920	11365
123	25654	27134	21999	20683	19735	18479	20074	19605	20480	20528	21237	21741	23010	24110	24975	25919	27222	28280	29254	30699
124	24930	26410	21275	19959	19011	17755	19350	18881	19756	19804	20513	21017	22286	23386	24251	25195	26498	27556	28530	29975
125	24071	25551	20416	19100	18152	16896	18491	18022	18897	18945	19654	20158	21427	22527	23392	24336	25639	26697	27671	29116
126	23325	24805	19670	18354	17406	16150	17745	17276	18151	18199	18908	19412	20681	21781	22646	23590	24893	25951	26925	28370
127	21690	23170	18035	16719	15771	14515	16110	15641	16516	16564	17273	17777	19046	20146	21011	21955	23258	24316	25290	26735
128	20385	21865	16730	15414	14466	13210	14805	14336	15211	15259	15968	16472	17741	18841	19706	20650	21953	23011	23985	25430
129	19799	21279	16144	14828	13880	12624	14219	13750	14625	14673	15382	15886	17155	18255	19120	20064	21367	22425	23399	24844
130	18256	19736	14601	13285	12337	11081	12676	12207	13082	13130	13839	14343	15612	16712	17577	18521	19824	20882	21856	23301
131	16771	18251	13116	11800	10852	9596	11191	10722	11597	11645	12354	12858	14127	15227	16092	17036	18339	19397	20371	21816
132	15837	17317	12182	10866	9918	8662	10257	9788	10663	10711	11420	11924	13193	14293	15158	16102	17405	18463	19437	20882
133	14522	16002	10867	9551	8603	7347	8942	8473	9348	9396	10105	10609	11878	12978	13843	14787	16			

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
1	19,757	6,711	5,803	6,986	6,815	7,875	7,765	8,560	9,669	10,948	14,435	13,097	11,880	9,713	8,594	6,800	5,790	4,421	3,097	1,794
2	20,835	7,789	6,881	5,698	5,345	6,405	7,439	8,234	9,343	10,622	14,109	12,771	11,554	9,387	8,268	8,270	7,260	5,891	4,567	3,264
3	19,923	6,877	5,969	4,786	4,433	5,493	6,527	7,322	8,431	9,710	13,197	11,859	10,642	8,475	7,356	7,492	7,430	6,061	5,479	4,176
4	19,162	6,116	5,208	4,025	3,672	4,732	5,766	6,561	7,670	8,949	12,436	11,098	9,881	7,714	6,595	6,731	6,669	5,300	6,240	4,937
5	18,417	5,371	4,463	3,280	2,927	3,987	5,021	5,816	6,925	8,204	11,691	10,353	9,136	6,969	5,850	5,986	5,924	4,555	5,879	5,682
6	17,564	4,518	3,610	2,427	2,074	3,134	4,168	4,963	6,072	7,351	10,838	9,500	8,283	6,116	4,997	5,133	5,071	3,702	5,026	6,329
7	16,936	3,890	2,982	1,799	1,446	2,506	3,540	4,335	5,444	6,723	10,210	8,872	7,655	5,488	4,369	4,505	4,443	3,074	4,398	5,701
8	15,920	2,874	1,966	783	1,212	2,272	3,306	4,101	5,210	6,489	9,976	8,638	7,421	5,254	4,135	4,271	5,281	4,090	5,414	6,717
9	15,371	3,722	2,814	1,631	2,060	3,120	4,154	4,949	6,058	7,337	10,824	9,486	8,269	6,102	4,983	5,119	6,129	4,938	6,262	7,565
10	14,476	3,535	2,940	2,526	2,955	4,015	5,049	5,844	6,953	8,232	10,091	8,753	7,536	6,997	5,878	6,014	7,024	5,833	7,157	8,460
11	13,944	4,067	3,472	3,058	3,487	4,547	5,581	6,376	7,485	8,764	9,559	8,221	7,004	6,921	6,410	6,546	7,556	6,365	7,689	8,992
12	13,349	4,662	4,067	3,653	3,865	4,925	5,959	6,754	7,863	9,142	8,964	7,626	6,409	6,326	6,788	6,924	7,934	6,960	8,284	9,587
13	12,741	5,270	4,675	4,261	4,473	5,533	6,567	7,362	8,471	9,232	8,529	7,191	5,974	5,891	7,010	7,532	8,542	7,568	8,892	10,195
14	13,300	5,829	5,234	4,820	5,032	6,092	7,126	7,921	9,030	9,791	9,088	7,750	6,533	6,450	7,569	8,091	9,101	8,127	9,451	10,754
15	14,243	6,772	6,177	5,763	5,975	7,035	8,069	8,864	9,973	10,734	10,031	8,693	7,476	7,393	8,512	9,034	10,044	9,070	10,394	11,697
16	15,038	7,567	6,972	6,558	6,770	7,830	8,864	9,659	10,768	11,529	10,826	9,488	8,271	8,188	9,307	9,829	10,839	9,865	11,189	12,492
17	15,689	8,218	7,623	7,209	7,421	8,481	9,515	10,310	11,419	12,180	11,477	10,139	8,922	8,839	9,958	10,480	11,490	10,516	11,840	13,143
18	15,412	9,133	8,538	8,332	8,544	9,604	10,638	11,433	12,542	13,303	12,600	11,262	10,045	9,962	11,081	11,603	12,613	11,639	12,963	14,266
19	14,104	7,825	7,230	8,413	9,852	10,912	11,946	12,741	13,850	14,611	13,908	12,570	11,353	11,270	12,389	12,911	13,921	12,947	14,271	14,827
20	15,516	9,237	8,642	9,825	11,264	12,324	13,358	14,153	15,262	16,023	15,320	13,982	12,765	12,682	13,801	14,323	15,333	14,359	15,683	16,239
21	22,372	14,728	14,133	13,719	11,835	12,895	13,929	14,724	15,833	16,443	15,740	14,402	13,185	13,102	14,221	14,894	15,904	16,355	17,679	18,982
22	20,583	12,939	12,344	11,930	10,046	11,106	12,140	12,935	14,044	14,654	13,951	12,613	11,396	11,313	12,432	13,105	14,115	14,566	15,890	17,193
23	19,017	11,373	10,778	10,364	8,480	9,540	10,574	11,369	12,478	13,088	12,385	11,047	9,830	9,747	10,866	11,539	12,549	13,000	14,324	15,627
24	18,230	10,586	9,991	9,577	7,693	8,753	9,787	10,582	11,691	12,301	11,598	10,260	9,043	8,960	10,079	10,752	11,762	12,213	13,537	14,840
25	17,460	9,816	9,221	8,807	6,923	7,983	9,017	9,812	10,921	11,531	10,828	9,490	8,273	8,190	9,309	9,982	10,992	11,443	12,767	14,070
26	16,848	9,204	8,609	8,195	6,311	7,371	8,405	9,200	10,309	10,919	10,216	8,878	7,661	7,578	8,697	9,370	10,380	10,831	12,155	13,458
27	16,182	8,538	7,943	7,529	5,645	6,705	7,739	8,534	9,643	10,253	9,550	8,212	6,995	6,912	8,031	8,704	9,714	10,165	11,489	12,792
28	15,375	7,731	7,136	6,722	4,838	5,898	6,932	7,727	8,836	9,446	8,743	7,405	6,188	6,105	7,224	7,897	8,907	9,358	10,682	11,985
29	14,688	7,044	6,449	6,035	4,151	5,211	6,245	7,040	8,149	8,759	8,056	6,718	5,501	5,418	6,537	7,210	8,220	8,671	9,995	11,298
30	13,951	6,307	5,712	5,298	3,414	4,474	5,508	6,303	7,412	8,022	7,319	5,981	4,764	4,681	5,800	6,473	7,483	7,934	9,258	10,561
31	14,397	5,710	5,115	4,701	2,817	3,877	4,911	5,706	6,815	8,094	7,916	6,578	5,361	5,278	6,397	6,886	7,337	8,661	9,964	11,267
32	14,934	5,182	4,587	4,173	3,354	4,414	5,448	6,243	7,352	8,631	8,453	7,115	5,898	5,815	6,277	6,613	7,423	7,880	9,204	10,507
33	15,371	4,430	3,835	3,421	3,850	4,910	5,944	6,739	7,848	9,127	9,205	7,867	6,650	6,567	6,773	6,909	7,919	6,728	8,052	9,355
34	13,565	2,568	1,973	3,156	3,922	4,982	6,016	6,811	7,920	9,199	11,058	9,720	8,503	7,964	6,845	6,981	7,991	6,800	8,124	9,427
35	12,773	1,776	1,181	2,364	4,359	5,419	6,453	7,248	8,357	9,636	11,850	10,512	9,295	8,401	7,282	7,418	8,428	7,237	8,561	9,878
36	13,697	2,700	2,105	3,288	5,283	6,343	7,377	8,172	9,281	10,560	12,774	11,436	10,219	9,325	8,206	8,342	9,352	8,161	9,485	9,702
37	14,337	3,340	2,745	3,928	5,923	6,983	8,017	8,812	9,921	11,200	13,414	12,076	10,859	9,965	8,846	8,982	9,992	8,801	10,125	10,342
38	15,185	4,188	3,593	4,776	6,771	7,831	8,865	9,660	10,769	12,048	14,262	12,924	11,707	10,813	9,694	9,830	10,840	9,649	10,973	11,190
39	16,085	5,088	4,493	5,676	7,671	8,731	9,765	10,560	11,669	12,948	15,162	13,824	12,607	11,713	10,594	10,730	11,740	10,549	11,873	12,090
40	17,159	6,162	5,567	6,750	8,745	9,805	10,839	11,634	12,743	14,022	16,236	14,898	13,681	12,787	11,668	11,804	12,814	11,623	12,947	13,164
41	18,057	7,060	6,465	7,648	9,643	10,703	11,737	12,532	13,641	14,920	17,134	15,796	14,579	13,685	12,566	12,702	13,712	12,521	13,845	14,062
42	19,045	8,048	7,453	8,636	10,631	11,691	12,725	13,520	14,629	15,908	18,122	16,784	15,567	14,673	13,554	13,690	14,700	13,509	14,833	15,050
43	20,525	9,528	8,933	10,116	12,111	13,171	14,205	15,000	16,109	17,388	19,602	18,264	17,047	16,153	15,034	15,170	16,180	14,989	16,313	16,530
44	21,278	12,690	11,782	10,599	8,604	7,544	6,510	5,715	4,606	3,327	5,287	3,949	4,813	4,730	5,849	7,475	8,485	9,854	11,178	12,481
45	19,962	11,374	10,466	9,283	7,288	6,228	5,194	4,399	3,290	2,011	3,971	2,633	3,497	3,414	4,533	6,159	7,169	8,538	9,862	11,165
46	18,846	10,426	9,518	8,335	6,340	5,280	4,246	5,041	4,406	3,127	4,936	3,598	2,381	2,298	3,417	5,211	6,221	7,590	8,914	10,217
47	17,590	9,170	8,262	7,079	5,084	4,024	2,990	3,785	4,894	4,383	3,680	2,342	1,125	1,042	2,161	3,955	4,965	6,334	7,658	8,961
48	15,995	8,218	7,310	6,127	4,132	5,192	4,585	5,380	6,489	5,978	5,275	3,937	2,720	2,637	3,756	5,550	6,560	7,929	9,253	10,556
49	14,803	7,026	6,118	4,935	2,940	4,000	5,034	5,829	6,938	7,170	6,467	5,129	3,912	3,829	4,948	5,999	7,009	7,460	8,784	10,087
50	13,550	6,079	5,484	5,070	3,815	4,875	5,909	6,704	7,813	8,423	7,720	6,382	5,165	5,082	6,201	6,874	7,884	8,335	9,659	10,962
51	11,926	5,647	5,052	5,076	5,288	6,348	7,382	8,177	9,286	10,047	9,344	8,006	6,789	6,706	7,825	8,347	9,357	8,383	9,707	11,010
52	11,217	4,938	4,343	5,526	5,997	7,057	8,091	8,886	9,995	10,756	10,053	8,715	7,498	7,415	8,534	9,056	10,066	9,092	10,416	11,719
53	10,414	4,135	3,540	4,723	6,718	7,778	8,812	9,607	10,716	11,559	10,856	9,518	8,301	8,218	9,337	9,777	10,787	9,596	10,920	11,137
54	9,145	5,404	4,809	5,992	7,987	9,047	10,081	10,876	11,985	12,828	12,125	10,787	9,570	9,487	10,606	11,046	12,056	10,865	12,189	12,406
55	8,045	6,504	5,909	7,092	9,087	10,147	11,181	11,976	13,085	13,928	13,225	11,887	10,670	10,587	11,706	12,146	13,156	11,965	13,289	13,506
56	7,180	7,369	6,774	7,957	9,952	11,012	12,046	12,841</												

# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
75	18632	8128	7220	6037	4042	2982	1948	2743	3852	5131	4722	3384	2167	0	1,119	2,913	3,923	5,292	6,616	7,919
76	19751	7009	6101	4918	2923	1863	829	1624	2733	4012	5841	4503	3286	1119	0	1,794	2,804	4,173	5,497	6,800
77	20191	7145	6237	5054	3059	1999	965	1760	2869	4148	7635	6297	5080	2913	1794	0	1,010	2,379	3,703	5,006
78	21201	8155	7247	6064	4069	3009	1975	2770	3879	5158	8645	7307	6090	3923	2804	1010	0	1,369	2,693	3,996
79	20010	6964	6056	4873	4520	4378	3344	4139	5248	6527	10014	8676	7459	5292	4173	2379	1369	0	1,324	2,627
80	21334	8288	7380	6197	5844	5702	4668	5463	6572	7851	11338	10000	8783	6616	5497	3703	2693	1324	0	1,303
81	21551	8505	7597	7500	7147	7005	5971	6766	7875	9154	12641	11303	10086	7919	6800	5006	3996	2627	1303	0
82	24881	17237	16642	16211	14216	13156	12122	12917	12713	11434	8128	6790	8007	10174	11293	13087	14097	15466	16790	18093
83	25315	16895	15987	14804	12809	11749	10715	11510	11306	10027	6721	5383	6600	8767	9886	11680	12690	14059	15383	16686
84	24192	15772	14864	13681	11686	10626	9592	10387	10183	8904	5598	4260	5477	7644	8763	10557	11567	12936	14260	15563
85	22869	14449	13541	12358	10363	9303	8269	9064	8860	7581	4275	2937	4154	6321	7440	9234	10244	11613	12937	14240
86	21647	13227	12319	11136	9141	8081	7047	7842	7638	6359	3053	1715	2932	5099	6218	8012	9022	10391	11715	13018
87	20837	12417	11509	10326	8331	7271	6237	7032	6828	5549	2243	905	2122	4289	5408	7202	8212	9581	10905	12208
88	21187	12599	11691	10508	8513	7453	6419	5624	4515	3236	2746	1408	2625	4639	5758	7384	8394	9763	11087	12390
89	20682	10654	9746	8563	6568	5508	4474	3679	2570	1291	4691	3353	4217	4134	5253	5439	6449	7818	9142	10445
90	23116	15472	14877	14463	12579	13639	13887	14682	14478	13199	9893	8555	9772	11939	13058	14852	15862	17099	18423	19726
91	21564	13920	13325	12911	11027	12087	13121	13916	15025	14751	11445	10107	11324	12294	13413	14086	15096	15547	16871	18174
92	20462	12818	12223	11809	9925	10985	12019	12814	13923	14533	12547	11209	11275	11192	12311	12984	13994	14445	15769	17072
93	19114	12835	12240	11947	10063	11123	12157	12952	14061	14671	13968	12630	11413	11330	12449	13122	14132	14583	15907	17210
94	17801	11522	10927	12110	11376	12436	13470	14265	15374	15984	15281	13943	12726	12643	13762	14435	15445	15896	17220	18523
95	16839	10560	9965	11148	12338	13398	14432	15227	16336	16946	16243	14905	13688	13605	14724	15397	16407	15682	17006	17562
96	15259	8980	8385	9568	11007	12067	13101	13896	15005	15766	15063	13725	12508	12425	13544	14066	15076	14102	15426	15982
97	15338	9059	8464	9647	11086	12146	13180	13975	15084	15845	15142	13804	12587	12504	13623	14145	15155	14181	15505	16061
98	16094	9815	9220	10403	11842	12902	13936	14731	15840	16601	15898	14560	13343	13260	14379	14901	15911	14937	16261	16817
99	17032	10753	10158	11341	12780	13840	14874	15669	16778	17539	16836	15498	14281	14198	15317	15839	16849	15875	17199	17755
100	18658	12379	11784	12967	14406	15466	16500	17295	18404	19165	18462	17124	15907	15824	16943	17465	18475	17501	18825	19381
101	15181	6119	5211	4028	2033	3093	4127	4922	6031	7310	7374	6036	4819	4736	4956	5092	6102	6553	7877	9180
102	13791	5104	4509	4095	3423	4483	5517	6312	7421	8700	8522	7184	5967	5884	6346	6482	7492	7402	8726	10029
103	14063	3980	3385	4367	4579	5639	6673	7468	8577	9856	9678	8340	7123	7040	7502	7638	8648	7674	8998	10301
104	14066	3069	2474	3657	5490	6550	7584	8379	9488	10767	10589	9251	8034	7951	8413	8549	9559	8530	9854	10071
105	13766	783	1691	2874	4869	5929	6963	7758	8867	10146	12843	11505	10288	8911	7792	7928	8938	7747	9071	9288
106	15667	1118	2026	3209	5204	6264	7298	8093	9202	10481	13968	12630	11413	9246	8127	8263	9273	8082	9406	9623
107	16810	2261	3169	4352	6347	7407	8441	9236	10345	11624	15111	13773	12556	10389	9270	9406	10416	9225	10549	10766
108	17870	3321	4229	5412	7407	8467	9501	10296	11405	12684	16171	14833	13616	11449	10330	10466	11476	10285	11609	11826
109	18554	4005	4913	6096	8091	9151	10185	10980	12089	13368	16855	15517	14300	12133	11014	11150	12160	10969	12293	12510
110	19493	4944	5852	7035	9030	10090	11124	11919	13028	14307	17794	16456	15239	13072	11953	12089	13099	11908	13232	13449
111	21381	6832	7740	8923	10918	11978	13012	13807	14916	16195	19682	18344	17127	14960	13841	13977	14987	13796	15120	15337
112	22263	7714	8622	9805	11800	12860	13894	14689	15798	17077	20564	19226	18009	15842	14723	14859	15869	14678	16002	16219
113	23130	8581	9489	10672	12667	13727	14761	15556	16665	17944	21431	20093	18876	16709	15590	15726	16736	15545	16869	17086
114	24415	9866	10774	11957	13952	15012	16046	16841	17950	19229	22716	21378	20161	17994	16875	17011	18021	16830	18154	18371
115	25702	11153	12061	13244	15239	16299	17333	18128	19237	20516	24003	22665	21448	19281	18162	18298	19308	18117	19441	19658
116	18227	5181	4273	5456	7451	8511	9295	10090	11199	12478	15965	14627	13410	11243	10124	8330	7320	5951	4627	3324
117	17277	4231	3323	4506	6501	7561	8595	9390	10499	11778	15265	13927	12710	10543	9424	9280	8270	6901	5577	4274
118	16017	2971	2063	3246	5241	6301	7335	8130	9239	10518	14005	12667	11450	9283	8164	8300	9310	8119	6837	5534
119	15046	2000	1092	2275	4270	5330	6364	7159	8268	9547	13034	11696	10479	8312	7193	7329	8339	7148	7808	6505
120	11623	2926	2331	3514	5509	6569	7603	8398	9507	10786	12065	10727	9510	9427	8432	8568	9578	8387	9711	9928
121	11716	5437	4842	6025	8020	9080	10114	10909	12018	12861	12158	10820	9603	9520	10639	11079	12089	10898	12222	12439
122	12821	6542	5947	7130	9125	10185	11219	12014	13123	13966	13263	11925	10708	10625	11744	12184	13194	12003	13327	13544
123	32155	19109	18201	17018	16665	16523	15489	16284	17393	18672	22159	20821	19604	17437	16318	14524	13514	12145	13469	14772
124	31431	18385	17477	16294	15941	15799	14765	15560	16669	17948	21435	20097	18880	16713	15594	13800	12790	11421	12745	14048
125	30572	17526	16618	15435	15082	14940	13906	14701	15810	17089	20576	19238	18021	15854	14735	12941	11931	10562	11886	13189
126	29826	16780	15872	14689	14336	14194	13160	13955	15064	16343	19830	18492	17275	15108	13989	12195	11185	9816	11140	12443
127	28191	15145	14237	13054	12701	12559	11525	12320	13429	14708	18195	16857	15640	13473	12354	10560	9550	8181	9505	10808
128	26886	13840	12932	11749	11396	11254	10220	11015	12124	13403	16890	15552	14335	12168	11049	9255	8245	6876	8200	9503
129	26300	13254	12346	11163	10810	10668	9634	10429	11538	12817	16304	14966	13749	11582	10463	8669	7659	6290	7614	8917
130	24757	11711	10803	9620	9267	9125	8091	8886	9995	11274	14761	13423	12206	10039	8920	7126	6116	4747	6071	7374
131	23272	10226	9318	8135	7782	7640	6606	7401	8510	9789	13276	11938	10721	8554	7435	5641	4631	3262	4586	5889
132	22338	9292	8384	7201	6848	6706	5672	6467	7576	8855	12342	11004	9787	7620	6501	4707	3697	2328	3652	4955
133	21023	7977	7069	5886	5533	5391	4357	5152	6261	7540	11027	9689	8472	6305	5186	3392	2382	1013	2337	3640
134	19051	6005	5097	3914	3561	4621	4303	5098	6207											

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	19,887	18,480	17,357	16,034	14,812	14,002	14,184	12,239	19,394	17,842	16,740	16,878	16,730	15,768	14,188	14,267	15,023	15,961	17,587
2	19,561	18,154	17,031	15,708	14,486	13,676	13,858	11,913	17,924	16,372	15,270	15,408	16,721	16,507	14,927	15,006	15,762	16,700	18,326
3	18,649	17,242	16,119	14,796	13,574	12,764	12,946	11,001	17,012	15,460	14,358	14,496	15,809	15,595	14,015	14,094	14,850	15,788	17,414
4	16,252	16,481	15,358	14,035	12,813	12,003	12,185	10,240	16,251	14,699	13,597	13,735	15,048	14,834	13,254	13,333	14,089	15,027	16,653
5	17,143	15,736	14,613	13,290	12,068	11,258	11,440	9,495	15,506	13,954	12,852	12,990	14,303	14,089	12,509	12,588	13,344	14,282	15,908
6	16,290	14,883	13,760	12,437	11,215	10,405	10,587	8,642	14,653	13,101	11,999	12,137	13,450	13,236	11,656	11,735	12,491	13,429	15,055
7	15,662	14,255	13,132	11,809	10,587	9,777	9,959	8,014	14,025	12,473	11,371	11,509	12,822	12,608	11,028	11,107	11,863	12,801	14,427
8	15,428	14,021	12,898	11,575	10,353	9,543	9,725	7,780	13,680	12,128	11,026	11,164	12,477	11,592	10,012	10,091	10,847	11,785	13,411
9	14,597	14,869	13,746	12,423	11,201	10,391	10,573	8,628	12,832	11,280	10,178	10,316	11,629	10,744	9,164	9,243	9,999	10,937	12,563
10	13,702	14,136	13,013	11,690	10,468	9,658	10,008	9,503	11,937	10,385	9,283	9,421	10,734	9,849	8,269	8,348	9,104	10,042	11,668
11	13,170	13,604	12,481	11,158	9,936	9,126	9,476	8,971	11,405	9,853	8,751	8,889	10,202	9,317	7,737	7,816	8,572	9,510	11,136
12	12,575	13,009	11,886	10,563	9,341	8,531	8,881	8,376	10,810	9,258	8,156	8,294	9,607	8,722	7,142	7,221	7,977	8,915	10,541
13	12,140	12,574	11,451	10,128	8,906	8,096	8,446	7,941	10,375	8,823	7,721	7,859	9,076	8,114	6,534	6,613	7,369	8,307	9,933
14	12,699	13,133	12,010	10,687	9,465	8,655	9,005	8,500	10,934	9,382	8,280	8,418	8,517	7,555	5,975	6,054	6,810	7,748	9,374
15	13,642	14,076	12,953	11,630	10,408	9,598	9,948	9,443	11,877	10,325	9,223	8,887	7,574	6,612	5,032	5,111	5,867	6,805	8,431
16	14,437	14,871	13,748	12,425	11,203	10,393	10,743	10,238	12,672	11,120	10,018	8,092	6,779	5,817	4,237	4,316	5,072	6,010	7,636
17	14,888	15,522	14,399	13,076	11,854	11,044	11,394	10,889	13,123	11,571	10,469	7,441	6,128	5,166	3,586	3,665	4,421	5,359	6,985
18	13,765	15,172	15,522	14,199	12,977	12,167	12,517	12,012	12,000	10,448	9,346	6,318	5,005	4,043	2,463	2,542	3,298	4,236	5,862
19	12,457	13,864	14,987	15,507	14,285	13,475	13,825	13,320	10,692	9,140	8,038	5,010	3,697	2,735	1,155	1,234	1,990	2,928	4,554
20	13,869	15,276	16,399	16,919	15,697	14,887	15,237	14,732	12,104	10,552	9,450	6,422	5,109	4,147	2,567	2,646	3,402	4,340	5,966
21	9,219	10,626	11,749	13,072	14,294	15,104	15,657	15,152	7,454	5,902	4,800	4,938	6,251	7,213	8,793	11,182	11,938	12,876	14,502
22	7,430	8,837	9,960	11,283	12,505	13,315	13,868	13,363	5,665	4,113	3,011	3,149	4,462	5,424	7,004	9,393	10,149	11,087	12,713
23	5,864	7,271	8,394	9,717	10,939	11,749	12,302	11,797	4,099	2,547	1,445	1,583	2,896	3,858	5,438	7,827	8,583	9,521	11,147
24	6,651	8,058	9,181	10,504	11,726	11,165	11,515	11,010	4,886	3,334	2,232	2,370	3,683	4,645	6,225	8,614	9,370	10,308	11,934
25	7,421	8,828	9,951	11,274	11,205	10,395	10,745	10,240	5,656	4,104	3,002	3,140	4,453	5,415	6,995	9,384	10,140	11,078	12,704
26	8,033	9,440	10,563	11,815	10,593	9,783	10,133	9,628	6,268	4,716	3,614	3,752	5,065	6,027	7,607	9,996	10,752	11,690	13,316
27	8,699	10,106	11,229	11,149	9,927	9,117	9,467	8,962	6,934	5,382	4,280	4,418	5,731	6,693	8,273	10,054	10,810	11,748	13,374
28	9,506	10,913	11,665	10,342	9,120	8,310	8,660	8,155	7,741	6,189	5,087	5,225	6,538	7,500	9,080	9,247	10,003	10,941	12,567
29	10,193	11,600	10,978	9,655	8,433	7,623	7,973	7,468	8,428	6,876	5,774	5,912	7,225	8,187	8,481	8,560	9,316	10,254	11,880
30	10,930	11,364	10,241	8,918	7,696	6,886	7,236	6,731	9,165	7,613	6,511	6,649	7,962	8,924	7,744	7,823	8,579	9,517	11,143
31	11,527	11,961	10,838	9,515	8,293	7,483	7,833	7,328	9,762	8,210	7,108	7,246	8,559	9,521	8,190	8,269	9,025	9,963	11,589
32	12,064	12,498	11,375	10,052	8,830	8,020	8,370	7,865	10,299	8,747	7,645	7,783	9,096	10,058	8,727	8,806	9,562	10,500	12,126
33	12,816	13,250	12,127	10,804	9,582	8,772	9,122	8,617	11,051	9,499	8,397	8,535	9,848	10,744	9,164	9,243	9,999	10,937	12,563
34	14,669	15,103	13,980	12,657	11,435	10,625	10,975	10,470	12,904	11,352	10,250	10,388	10,538	9,576	7,996	8,075	8,831	9,769	11,395
35	15,461	15,895	14,772	13,449	12,227	11,417	11,767	10,927	13,696	12,144	11,042	11,059	9,746	8,784	7,204	7,283	8,039	8,977	10,603
36	16,385	16,819	15,696	14,373	13,151	12,341	12,691	11,851	14,620	13,068	11,966	11,983	10,670	9,708	8,128	8,207	8,963	9,901	11,527
37	17,025	17,459	16,336	15,013	13,791	12,981	13,331	12,491	15,260	13,708	12,606	12,623	11,310	10,348	8,768	8,847	9,603	10,541	12,167
38	17,873	18,307	17,184	15,861	14,639	13,829	14,179	13,339	16,108	14,556	13,454	13,471	12,158	11,196	9,616	9,695	10,451	11,389	13,015
39	18,773	19,207	18,084	16,761	15,539	14,729	15,079	14,239	17,008	15,456	14,354	14,371	13,058	12,096	10,516	10,595	11,351	12,289	13,915
40	19,847	20,281	19,158	17,835	16,613	15,803	16,153	15,313	18,082	16,530	15,428	15,445	14,132	13,170	11,590	11,669	12,425	13,363	14,989
41	20,745	21,179	20,056	18,733	17,511	16,701	17,051	16,211	18,980	17,428	16,326	16,343	15,030	14,068	12,488	12,567	13,323	14,261	15,887
42	21,733	22,167	21,044	19,721	18,499	17,689	18,039	17,199	19,968	18,416	17,314	17,331	16,018	15,056	13,476	13,555	14,311	15,249	16,875
43	23,213	23,647	22,524	21,201	19,979	19,169	19,519	18,679	21,448	19,896	18,794	18,811	17,498	16,536	14,956	15,035	15,791	16,729	18,355
44	10,739	9,332	8,209	6,886	5,664	4,854	2,541	2,036	12,504	14,056	13,838	13,976	15,289	16,251	15,071	15,150	15,906	16,844	18,470
45	9,423	8,016	6,893	5,570	4,348	3,538	1,225	720	11,188	12,740	12,522	12,660	13,973	14,935	13,755	13,834	14,590	15,528	17,154
46	10,388	8,981	7,858	6,535	5,313	4,503	2,341	1,836	12,153	12,508	11,406	11,544	12,857	13,819	12,639	12,718	13,474	14,412	16,038
47	9,132	7,725	6,602	5,279	4,057	3,247	3,597	3,092	10,897	11,252	10,150	10,288	11,601	12,563	11,383	11,462	12,218	13,156	14,782
48	10,727	9,320	8,197	6,874	5,652	4,842	5,192	4,687	11,209	9,657	8,555	8,693	10,006	10,968	9,788	9,867	10,623	11,561	13,187
49	11,782	10,512	9,389	8,066	6,844	6,034	6,384	5,879	10,017	8,465	7,363	7,501	8,814	9,776	8,596	8,675	9,431	10,369	11,995
50	11,331	11,765	10,642	9,319	8,097	7,287	7,637	7,132	9,566	8,014	6,912	7,050	8,363	8,923	7,343	7,422	8,178	9,116	10,742
51	12,955	13,389	12,266	10,943	9,721	8,911	9,261	8,756	11,190	9,638	8,536	8,674	8,899	7,937	6,357	6,436	7,192	8,130	9,756
52	13,664	14,098	12,975	11,652	10,430	9,620	9,970	9,465	11,899	10,347	9,245	9,383	8,190	7,228	5,648	5,727	6,483	7,421	9,047
53	14,467	14,901	13,778	12,455	11,233	10,423	10,773	10,268	12,702	11,150	10,048	8,700	7,387	6,425	4,845	4,924	5,680	6,618	8,244
54	15,736	16,170	15,047	13,724	12,502	11,692	12,042	11,537	13,971	12,419	11,317	9,969	8,656	7,694	6,114	6,193	6,949	7,887	9,513
55	16,836	17,270	16,147	14,824	13,602	12,792	13,142	12,637	15,071	13,519	12,417	11,069	9,756	8,794	7,214	7,293	8,049	8,987	10,613
56	17,701	18,135	17,012	15,689	14,467	13,657	14,007	13,502	15,936	14,384	13,282	11,934	10,621	9,659	8,079	8,158	8,914	9,852	11,478
57	18,645	19,079	17,956	16,633	15,411	14,601	14,951	14,446	16,880	15,328	14,226	12,878	11,565	10,603	9,023	9,102	9,858		

# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
75	10,174	8,767	7,644	6,321	5,099	4,289	4,639	4,134	11,939	12,294	11,192	11,330	12,643	13,605	12,425	12,504	13,260	14,198	15,824
76	11,293	9,886	8,763	7,440	6,218	5,408	5,758	5,253	13,058	13,413	12,311	12,449	13,762	14,724	13,544	13,623	14,379	15,317	16,943
77	13,087	11,680	10,557	9,234	8,012	7,202	7,384	5,439	14,852	14,086	12,984	13,122	14,435	15,397	14,066	14,145	14,901	15,839	17,465
78	14,097	12,690	11,567	10,244	9,022	8,212	8,394	6,449	15,862	15,096	13,994	14,132	15,445	16,407	15,076	15,155	15,911	16,849	18,475
79	15,466	14,059	12,936	11,613	10,391	9,581	9,763	7,818	17,099	15,547	14,445	14,583	15,896	16,858	14,102	14,181	14,937	15,875	17,501
80	16,790	15,383	14,260	12,937	11,715	10,905	11,087	9,142	18,423	16,871	15,769	15,907	17,220	17,006	15,426	15,505	16,261	17,199	18,825
81	18,093	16,686	15,563	14,240	13,018	12,208	12,390	10,445	19,726	18,174	17,072	17,210	18,523	17,562	15,982	16,061	16,817	17,755	19,381
82	0	1,407	2,530	3,853	5,075	5,885	8,198	10,143	1,765	3,317	4,419	7,447	8,760	9,722	11,302	13,691	14,447	15,385	17,011
83	1407	0	1,123	2,446	3,668	4,478	6,791	8,736	3,172	4,724	5,826	8,854	10,167	11,129	12,709	15,098	15,854	16,792	18,418
84	2530	1123	0	1,323	2,545	3,355	5,668	7,613	4,295	5,847	6,949	9,977	11,290	12,252	13,832	16,221	16,977	17,915	19,541
85	3853	2446	1323	0	1,222	2,032	4,345	6,290	5,618	7,170	8,272	11,300	12,613	13,575	15,155	16,741	17,497	18,435	20,061
86	5075	3668	2545	1222	0	810	3,123	5,068	6,840	8,392	9,494	12,522	13,835	14,797	15,440	15,519	16,275	17,213	18,839
87	5885	4478	3355	2032	810	0	2,313	4,258	7,650	9,202	10,304	13,332	14,645	15,607	14,630	14,709	15,465	16,403	18,029
88	8198	6791	5668	4345	3123	2313	0	1,945	9,963	11,515	12,617	13,885	15,198	16,160	14,980	15,059	15,815	16,753	18,379
89	10143	8736	7613	6290	5068	4258	1945	0	11,908	13,460	13,242	13,380	14,693	15,655	14,475	14,554	15,310	16,248	17,874
90	1765	3172	4295	5618	6840	7650	9963	11908	0	1,552	2,654	5,682	6,995	7,957	9,537	11,926	12,682	13,620	15,246
91	3317	4724	5847	7170	8392	9202	11515	13460	1552	0	1,102	4,130	5,443	6,405	7,985	10,374	11,130	12,068	13,694
92	4419	5826	6949	8272	9494	10304	12617	13242	2654	1102	0	3,028	4,341	5,303	6,883	9,272	10,028	10,966	12,592
93	7447	8854	9977	11300	12522	13332	13885	13380	5682	4130	3028	0	1,313	2,275	3,855	6,244	7,000	7,938	9,564
94	8760	10167	11290	12613	13835	14645	15198	14693	6995	5443	4341	1313	0	962	2,542	4,931	5,687	6,625	8,251
95	9722	11129	12252	13575	14797	15607	16160	15655	7957	6405	5303	2275	962	0	1,580	3,969	4,725	5,663	7,289
96	11302	12709	13832	15155	15440	14630	14980	14475	9537	7985	6883	3855	2542	1580	0	2,389	3,145	4,083	5,709
97	13691	15098	16221	16741	15519	14709	15059	14554	11926	10374	9272	6244	4931	3969	2389	0	756	1,694	3,320
98	14447	15854	16977	17497	16275	15465	15815	15310	12682	11130	10028	7000	5687	4725	3145	756	0	938	2,564
99	15385	16792	17915	18435	17213	16403	16753	16248	13620	12068	10966	7938	6625	5663	4083	1694	938	0	1,626
100	17011	18418	19541	20061	18839	18029	18379	17874	15246	13694	12592	9564	8251	7289	5709	3320	2564	1626	0
101	12311	11419	10296	8973	7751	6941	7291	6786	10546	8994	7892	8030	9343	10305	8974	9053	9809	10747	12373
102	12133	12567	11444	10121	8899	8089	8439	7934	10368	8816	7714	7852	9165	9164	7584	7663	8419	9357	10983
103	13289	13723	12600	11277	10055	9245	9595	9090	11524	9972	8870	9008	10321	9436	7856	7935	8691	9629	11255
104	14200	14634	13511	12188	10966	10156	10506	10001	12435	10883	9781	9919	11039	10077	8497	8576	9332	10270	11896
105	16454	16888	15765	14442	13220	12410	12760	11437	14689	13137	12035	12052	10739	9777	8197	8276	9032	9970	11596
106	18355	18013	16890	15567	14345	13535	13717	11772	16590	15038	13936	13953	12640	11678	10098	10177	10933	11871	13497
107	19498	19156	18033	16710	15488	14678	14860	12915	17733	16181	15079	15096	13783	12821	11241	11320	12076	13014	14640
108	20558	20216	19093	17770	16548	15738	15920	13975	18793	17241	16139	16156	14843	13881	12301	12380	13136	14074	15700
109	21242	20900	19777	18454	17232	16422	16604	14659	19477	17925	16823	16840	15527	14565	12985	13064	13820	14758	16384
110	22181	21839	20716	19393	18171	17361	17543	15598	20416	18864	17762	17779	16466	15504	13924	14003	14759	15697	17323
111	24069	23727	22604	21281	20059	19249	19431	17486	22304	20752	19650	19667	18354	17392	15812	15891	16647	17585	19211
112	24951	24609	23486	22163	20941	20131	20313	18368	23186	21634	20532	20549	19236	18274	16694	16773	17529	18467	20093
113	25818	25476	24353	23030	21808	20998	21180	19235	24053	22501	21399	21416	20103	19141	17561	17640	18396	19334	20960
114	27103	26761	25638	24315	23093	22283	22465	20520	25338	23786	22684	22701	21388	20426	18846	18925	19681	20619	22245
115	28390	28048	26925	25602	24380	23570	23752	21807	26625	25073	23971	23988	22675	21713	20133	20212	20968	21906	23532
116	20915	20010	18887	17564	16342	15532	15714	13769	19150	17598	16496	16513	15200	14238	12658	12737	13493	14431	16057
117	19965	19310	18187	16864	15642	14832	15014	13069	18200	16648	15546	15563	14250	13288	11708	11787	12543	13481	15107
118	18705	18050	16927	15604	14382	13572	13754	11809	16940	15388	14286	14303	12990	12028	10448	10527	11283	12221	13847
119	17734	17079	15956	14633	13411	12601	12783	10838	15969	14417	13315	13332	12019	11057	9477	9556	10312	11250	12876
120	15676	16110	14987	13664	12442	11632	11982	11477	13911	12359	11257	9909	8596	7634	6054	6133	6889	7827	9453
121	14845	16203	15080	13757	12535	11725	12075	11570	13080	11528	10426	7398	6085	5123	3543	3622	4378	5316	6942
122	13740	15147	16185	14862	13640	12830	13180	12675	11975	10423	9321	6293	4980	4018	2438	2517	3273	4211	5837
123	27611	26204	25081	23758	22536	21726	21908	19963	29244	27692	26590	26728	28041	27827	26247	26326	27082	28020	29646
124	26887	25480	24357	23034	21812	21002	21184	19239	28520	26968	25866	26004	27317	27103	25523	25602	26358	27296	28922
125	26028	24621	23498	22175	20953	20143	20325	18380	27661	26109	25007	25145	26458	26244	24664	24743	25499	26437	28063
126	25282	23875	22752	21429	20207	19397	19579	17634	26915	25363	24261	24399	25712	25498	23918	23997	24753	25691	27317
127	23647	22240	21117	19794	18572	17762	17944	15999	25280	23728	22626	22764	24077	23863	22283	22362	23118	24056	25682
128	22342	20935	19812	18489	17267	16457	16639	14694	23975	22423	21321	21459	22772	22558	20978	21057	21813	22751	24377
129	21756	20349	19226	17903	16681	15871	16053	14108	23389	21837	20735	20873	22186	21972	20392	20471	21227	22165	23791
130	20213	18806	17683	16360	15138	14328	14510	12565	21846	20294	19192	19330	20643	20429	18849	18928	19684	20622	22248
131	18728	17321	16198	14875	13653	12843	13025	11080	20361	18809	17707	17845	19158	18944	17364	17443	18199	19137	20763
132	17794	16387	15264	13941	12719	11909	12091	10146	19427	17875	16773	16911	18224	18010	16430	16509	17265	18203	19829
133	16479	15072	13949	12626	11404	10594	10776	8831	18112	16560	15458	15596	16909	16695	15115	15194	15950	16888	18514
134	16425	15018	13895	12572	11350	10540	10722	8777	16140	14588	13486	13624	14937	14723	13143	13222	13978	14916	16542
135	16719	15312	14189																

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
1	8,848	9,697	9,188	8,277	7,494	7,829	8,972	10,032	10,716	11,655	13,543	14,425	15,292	16,577	17,864	1,530	2,480	3,740	4,711
2	7,378	8,227	8,499	9,355	8,572	8,907	10,050	11,110	11,794	12,733	14,621	15,503	16,370	17,655	18,942	3,000	3,950	5,210	6,181
3	6,466	7,315	7,587	8,443	7,660	7,995	9,138	10,198	10,882	11,821	13,709	14,591	15,458	16,743	18,030	3,912	4,862	6,122	7,061
4	5,705	6,554	6,826	7,682	6,899	7,234	8,377	9,437	10,121	11,060	12,948	13,830	14,697	15,982	17,269	4,673	5,623	6,883	6,300
5	4,960	5,809	6,081	6,937	6,154	6,489	7,632	8,692	9,376	10,315	12,203	13,085	13,952	15,237	16,524	5,418	6,368	6,526	5,555
6	4,107	4,956	5,228	6,084	5,301	5,636	6,779	7,839	8,523	9,462	11,350	12,232	13,099	14,384	15,671	6,271	6,933	5,673	4,702
7	3,479	4,328	4,600	5,456	4,673	5,008	6,151	7,211	7,895	8,834	10,722	11,604	12,471	13,756	15,043	6,899	6,305	5,045	4,074
8	3,245	3,312	3,584	4,440	3,657	3,992	5,135	6,195	6,879	7,818	9,706	10,588	11,455	12,740	14,027	6,239	5,289	4,029	3,058
9	3,854	2,464	2,736	3,647	3,647	4,840	5,983	7,043	7,727	8,666	10,554	11,436	12,303	13,588	14,875	7,087	6,137	4,877	3,906
10	2,959	1,569	1,841	2,752	2,752	4,653	5,796	6,856	7,540	8,479	10,367	11,249	12,116	13,401	14,688	7,213	6,263	5,003	4,032
11	2,427	1,037	1,309	2,220	3,284	5,185	6,328	7,388	8,072	9,011	10,899	11,781	12,648	13,933	15,220	7,745	6,795	5,535	4,564
12	1,832	442	714	1,625	3,879	5,780	6,923	7,983	8,667	9,606	11,494	12,376	13,243	14,528	15,815	8,340	7,390	6,130	5,159
13	2,440	1,050	1,322	2,233	4,487	6,388	7,531	8,591	9,275	10,214	12,102	12,984	13,851	15,136	16,423	8,948	7,998	6,738	5,767
14	2,999	1,609	1,881	2,792	5,046	6,947	8,090	9,150	9,834	10,773	12,661	13,543	14,410	15,695	16,982	9,507	8,557	7,297	6,326
15	3,942	2,552	2,824	3,735	5,989	7,890	9,033	10,093	10,777	11,716	13,604	14,486	15,353	16,638	17,925	10,450	9,500	8,240	7,269
16	4,737	3,347	3,619	4,530	6,784	8,685	9,828	10,888	11,572	12,511	14,399	15,281	16,148	17,433	18,720	11,245	10,295	9,035	8,064
17	5,388	3,998	4,270	5,181	7,435	9,336	10,479	11,539	12,223	13,162	15,050	15,932	16,799	18,084	19,371	11,896	10,946	9,686	8,715
18	6,511	5,121	5,393	6,304	8,350	10,251	11,394	12,454	13,138	14,077	15,965	16,847	17,714	18,999	20,286	12,811	11,861	10,601	9,630
19	7,819	6,429	6,701	7,342	7,042	8,943	10,086	11,146	11,830	12,769	14,657	15,539	16,406	17,691	18,978	11,503	10,553	9,293	8,322
20	9,231	7,841	8,113	8,754	8,454	10,355	11,498	12,558	13,242	14,181	16,069	16,951	17,818	19,103	20,390	12,915	11,965	10,705	9,734
21	9,802	9,624	10,780	11,691	13,945	15,846	16,989	18,049	18,733	19,672	21,560	22,442	23,309	24,594	25,881	18,406	17,456	16,196	15,225
22	8,013	7,835	8,991	9,902	12,156	14,057	15,200	16,260	16,944	17,883	19,771	20,653	21,520	22,805	24,092	16,617	15,667	14,407	13,436
23	6,447	6,269	7,425	8,336	10,590	12,491	13,634	14,694	15,378	16,317	18,205	19,087	19,954	21,239	22,526	15,051	14,101	12,841	11,870
24	5,660	5,482	6,638	7,549	9,803	11,704	12,847	13,907	14,591	15,530	17,418	18,300	19,167	20,452	21,739	14,264	13,314	12,054	11,083
25	4,890	4,712	5,868	6,779	9,033	10,934	12,077	13,137	13,821	14,760	16,648	17,530	18,397	19,682	20,969	13,494	12,544	11,284	10,313
26	4,278	4,100	5,256	6,167	8,421	10,322	11,465	12,525	13,209	14,148	16,036	16,918	17,785	19,070	20,357	12,882	11,932	10,672	9,701
27	3,612	3,434	4,590	5,501	7,755	9,656	10,799	11,859	12,543	13,482	15,370	16,252	17,119	18,404	19,691	12,216	11,266	10,006	9,035
28	2,805	2,627	3,783	4,694	6,948	8,849	9,992	11,052	11,736	12,675	14,563	15,445	16,312	17,597	18,884	11,409	10,459	9,199	8,228
29	2,118	1,940	3,096	4,007	6,261	8,162	9,305	10,365	11,049	11,988	13,876	14,758	15,625	16,910	18,197	10,722	9,772	8,512	7,541
30	1,381	1,203	2,359	3,270	5,524	7,425	8,568	9,628	10,312	11,251	13,139	14,021	14,888	16,173	17,460	9,985	9,035	7,775	6,804
31	784	606	1,762	2,673	4,927	6,828	7,971	9,031	9,715	10,654	12,542	13,424	14,291	15,576	16,863	9,388	8,438	7,178	6,207
32	1,321	1,143	2,299	3,210	4,399	6,300	7,443	8,503	9,187	10,126	12,014	12,896	13,763	15,048	16,335	8,860	7,910	6,650	5,679
33	2,073	1,895	2,736	3,647	3,647	5,548	6,691	7,751	8,435	9,374	11,262	12,144	13,011	14,296	15,583	8,108	7,158	5,898	4,927
34	3,926	2,536	2,808	2,085	1,785	3,686	4,829	5,889	6,573	7,512	9,400	10,282	11,149	12,434	13,721	6,246	5,296	4,036	3,065
35	4,718	3,328	2,204	1,293	993	2,894	4,037	5,097	5,781	6,720	8,608	9,490	10,357	11,642	12,929	5,454	4,504	3,244	2,273
36	5,642	4,252	3,128	2,217	1,917	3,818	4,961	6,021	6,705	7,644	9,532	10,414	11,281	12,566	13,853	6,378	5,428	4,168	3,197
37	6,282	4,892	3,768	2,857	2,557	4,458	5,601	6,661	7,345	8,284	10,172	11,054	11,921	13,206	14,493	7,018	6,068	4,808	3,837
38	7,130	5,740	4,616	3,705	3,405	5,306	6,449	7,509	8,193	9,132	11,020	11,902	12,769	14,054	15,341	7,866	6,916	5,656	4,685
39	8,030	6,640	5,516	4,605	4,305	6,206	7,349	8,409	9,093	10,032	11,920	12,802	13,669	14,954	16,241	8,766	7,816	6,556	5,585
40	9,104	7,714	6,590	5,679	5,379	7,280	8,423	9,483	10,167	11,106	12,994	13,876	14,743	16,028	17,315	9,840	8,890	7,630	6,659
41	10,002	8,612	7,488	6,577	6,277	8,178	9,321	10,381	11,065	12,004	13,892	14,774	15,641	16,926	18,213	10,738	9,788	8,528	7,557
42	10,990	9,600	8,476	7,565	7,265	9,166	10,309	11,369	12,053	12,992	14,880	15,762	16,629	17,914	19,201	11,726	10,776	9,516	8,545
43	12,470	11,080	9,956	9,045	8,745	10,646	11,789	12,849	13,533	14,472	16,360	17,242	18,109	19,394	20,681	13,206	12,256	10,996	10,025
44	7,382	8,530	9,686	10,597	12,851	13,808	14,951	16,011	16,695	17,634	19,522	20,404	21,271	22,556	23,843	15,805	15,105	13,845	12,874
45	6,066	7,214	8,370	9,281	11,535	12,492	13,635	14,695	15,379	16,318	18,206	19,088	19,955	21,240	22,527	14,489	13,789	12,529	11,558
46	4,950	6,098	7,254	8,165	10,419	11,544	12,687	13,747	14,431	15,370	17,258	18,140	19,007	20,292	21,579	13,541	12,841	11,581	10,610
47	3,694	4,842	5,998	6,909	9,163	10,288	11,431	12,491	13,175	14,114	16,002	16,884	17,751	19,036	20,323	12,285	11,585	10,325	9,354
48	2,099	3,247	4,403	5,314	7,568	8,336	10,479	11,539	12,223	13,162	15,050	15,932	16,799	18,084	19,371	11,583	10,633	9,373	8,402
49	907	2,055	3,211	4,122	6,376	8,144	9,287	10,347	11,031	11,970	13,858	14,740	15,607	16,892	18,179	10,391	9,441	8,181	7,210
50	1,782	1,604	2,131	3,042	5,296	7,197	8,340	9,400	10,084	11,023	12,911	13,793	14,660	15,945	17,232	9,757	8,807	7,547	6,576
51	3,255	1,865	2,137	3,048	4,864	6,765	7,908	8,968	9,652	10,591	12,479	13,361	14,228	15,513	16,800	9,325	8,375	7,115	6,144
52	3,964	2,574	2,846	3,757	4,155	6,056	7,199	8,259	8,943	9,882	11,770	12,652	13,519	14,804	16,091	8,616	7,666	6,406	5,435
53	4,767	3,377	3,649	3,652	3,352	5,253	6,396	7,456	8,140	9,079	10,967	11,849	12,716	14,001	15,288	7,813	6,863	5,603	4,632
54	6,036	4,646	4,918	4,921	4,621	6,522	7,665	8,725	9,409	10,348	12,236	13,118	13,985	15,270	16,557	9,082	8,132	6,872	5,901
55	7,136	5,746	6,018	6,021	5,721	7,622	8,765	9,825	10,509	11,448	13,336	14,218	15,085	16,370	17,657	10,182	9,232	7,972	7,001
56	8,001	6,611	6,883	6,886	6,586	8,487	9,630	10,690	11,374	12,313	14,201	15,083	15,950	17,235	18,522	11,047	10,097	8,837	7,866
57	8,945	7,555	7,827	7,830	7,530	9,431	10,574	11,634	12,318	13,257	15,145	16,027	16,894	18,179	19,466	11,991	11,041	9,781	8,810
58	10,248	8,858	9,130	9,133	8,833	10,734	11,877	12,937	13,621	14,5									



# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
75	4,736	5,884	7,040	7,951	8,911	9,246	10,389	11,449	12,133	13,072	14,960	15,842	16,709	17,994	19,281	11,243	10,543	9,283	8,312
76	4,956	6,346	7,502	8,413	7,792	8,127	9,270	10,330	11,014	11,953	13,841	14,723	15,590	16,875	18,162	10,124	9,424	8,164	7,193
77	5,092	6,482	7,638	8,549	7,928	8,263	9,406	10,466	11,150	12,089	13,977	14,859	15,726	17,011	18,298	8,330	9,280	8,300	7,329
78	6,102	7,492	8,648	9,559	8,938	9,273	10,416	11,476	12,160	13,099	14,987	15,869	16,736	18,021	19,308	7,320	8,270	9,310	8,339
79	6,553	7,402	7,674	8,530	7,747	8,082	9,225	10,285	10,969	11,908	13,796	14,678	15,545	16,830	18,117	5,951	6,901	8,119	7,148
80	7,877	8,726	8,998	9,854	9,071	9,406	10,549	11,609	12,293	13,232	15,120	16,002	16,869	18,154	19,441	4,627	5,577	6,837	7,808
81	9,180	10,029	10,301	10,071	9,288	9,623	10,766	11,826	12,510	13,449	15,337	16,219	17,086	18,371	19,658	3,324	4,274	5,534	6,505
82	12,311	12,133	13,289	14,200	16,454	18,355	19,498	20,558	21,242	22,181	24,069	24,951	25,818	27,103	28,390	20,915	19,965	18,705	17,734
83	11,419	12,567	13,723	14,634	16,888	18,013	19,156	20,216	20,900	21,839	23,727	24,609	25,476	26,761	28,048	20,010	19,310	18,050	17,079
84	10,296	11,444	12,600	13,511	15,765	16,890	18,033	19,093	19,777	20,716	22,604	23,486	24,353	25,638	26,925	18,887	18,187	16,927	15,956
85	8,973	10,121	11,277	12,188	14,442	15,567	16,710	17,770	18,454	19,393	21,281	22,163	23,030	24,315	25,602	17,564	16,864	15,604	14,633
86	7,751	8,899	10,055	10,966	13,220	14,345	15,488	16,548	17,232	18,171	20,059	20,941	21,808	23,093	24,380	16,342	15,642	14,382	13,411
87	6,941	8,089	9,245	10,156	12,410	13,535	14,678	15,738	16,422	17,361	19,249	20,131	20,998	22,283	23,570	15,532	14,832	13,572	12,601
88	7,291	8,439	9,595	10,506	12,760	13,717	14,860	15,920	16,604	17,543	19,431	20,313	21,180	22,465	23,752	15,714	15,014	13,754	12,783
89	6,786	7,934	9,090	10,001	11,437	11,772	12,915	13,975	14,659	15,598	17,486	18,368	19,235	20,520	21,807	13,769	13,069	11,809	10,838
90	10,546	10,368	11,524	12,435	14,689	16,590	17,733	18,793	19,477	20,416	22,304	23,186	24,053	25,338	26,625	19,150	18,200	16,940	15,969
91	8,994	8,816	9,972	10,883	13,137	15,038	16,181	17,241	17,925	18,864	20,752	21,634	22,501	23,786	25,073	17,598	16,648	15,388	14,417
92	7,892	7,714	8,870	9,781	12,035	13,936	15,079	16,139	16,823	17,762	19,650	20,532	21,399	22,684	23,971	16,496	15,546	14,286	13,315
93	8,030	7,852	9,008	9,919	12,052	13,953	15,096	16,156	16,840	17,779	19,667	20,549	21,416	22,701	23,988	16,513	15,563	14,303	13,332
94	9,343	9,165	10,321	11,039	10,739	12,640	13,783	14,843	15,527	16,466	18,354	19,236	20,103	21,388	22,675	15,200	14,250	12,990	12,019
95	10,305	9,164	9,436	10,077	9,777	11,678	12,821	13,881	14,565	15,504	17,392	18,274	19,141	20,426	21,713	14,238	13,288	12,028	11,057
96	8,974	7,584	7,856	8,497	8,197	10,098	11,241	12,301	12,985	13,924	15,812	16,694	17,561	18,846	20,133	12,658	11,708	10,448	9,477
97	9,053	7,663	7,935	8,576	8,276	10,177	11,320	12,380	13,064	14,003	15,891	16,773	17,640	18,925	20,212	12,737	11,787	10,527	9,556
98	9,809	8,419	8,691	9,332	9,032	10,933	12,076	13,136	13,820	14,759	16,647	17,529	18,396	19,681	20,968	13,493	12,543	11,283	10,312
99	10,747	9,357	9,629	10,270	9,970	11,871	13,014	14,074	14,758	15,697	17,585	18,467	19,334	20,619	21,906	14,431	13,481	12,221	11,250
100	12,373	10,983	11,255	11,896	11,596	13,497	14,640	15,700	16,384	17,323	19,211	20,093	20,960	22,245	23,532	16,057	15,107	13,847	12,876
101	0	1,390	2,546	3,457	5,711	7,237	8,380	9,440	10,124	11,063	12,951	13,833	14,700	15,985	17,272	9,484	8,534	7,274	6,303
102	1390	0	1,156	2,067	4,321	6,222	7,365	8,425	9,109	10,048	11,936	12,818	13,685	14,970	16,257	8,782	7,832	6,572	5,601
103	2546	1156	0	911	3,197	5,098	6,241	7,301	7,985	8,924	10,812	11,694	12,561	13,846	15,133	7,658	6,708	5,448	4,477
104	3457	2067	911	0	2,286	4,187	5,330	6,390	7,074	8,013	9,901	10,783	11,650	12,935	14,222	6,747	5,797	4,537	3,566
105	5711	4321	3197	2286	0	1,901	3,044	4,104	4,788	5,727	7,615	8,497	9,364	10,649	11,936	5,964	5,014	3,754	2,783
106	7237	6222	5098	4187	1901	0	1,143	2,203	2,887	3,826	5,714	6,596	7,463	8,748	10,035	6,299	5,349	4,089	3,118
107	8380	7365	6241	5330	3044	1143	0	1,060	1,744	2,683	4,571	5,453	6,320	7,605	8,892	7,442	6,492	5,232	4,261
108	9440	8425	7301	6390	4104	2203	1060	0	684	1,623	3,511	4,393	5,260	6,545	7,832	8,502	7,552	6,292	5,321
109	10124	9109	7985	7074	4788	2887	1744	684	0	939	2,827	3,709	4,576	5,861	7,148	9,186	8,236	6,976	6,005
110	11063	10048	8924	8013	5727	3826	2683	1623	939	0	1,888	2,770	3,637	4,922	6,209	10,125	9,175	7,915	6,944
111	12951	11936	10812	9901	7615	5714	4571	3511	2827	1888	0	882	1,749	3,034	4,321	12,013	11,063	9,803	8,832
112	13833	12818	11694	10783	8497	6596	5453	4393	3709	2770	882	0	867	2,152	3,439	12,895	11,945	10,685	9,714
113	14700	13685	12561	11650	9364	7463	6320	5260	4576	3637	1749	867	0	1,285	2,572	13,762	12,812	11,552	10,581
114	15985	14970	13846	12935	10649	8748	7605	6545	5861	4922	3034	2152	1285	0	1,287	15,047	14,097	12,837	11,866
115	17272	16257	15133	14222	11936	10035	8892	7832	7148	6209	4321	3439	2572	1287	0	16,334	15,384	14,124	13,153
116	19484	18469	17345	16434	14148	12237	10974	9712	8832	7915	6209	5260	4576	3861	3148	16,334	15,384	14,124	13,153
117	8534	7832	6708	5797	5014	5349	6492	7552	8236	9175	11063	11945	12812	14097	15384	950	0	1,260	2,231
118	7274	6572	5448	4537	3754	4089	5232	6292	6976	7915	9803	10685	11552	12837	14124	2210	1260	0	971
119	6303	5601	4477	3566	2783	3118	4261	5321	6005	6944	8832	9714	10581	11866	13153	3181	2231	971	0
120	5868	4478	3354	2443	2143	4044	5187	6247	6931	7870	9758	10640	11507	12792	14079	6604	5654	4394	3423
121	6069	4679	4951	4954	4654	6555	7698	8758	9442	10381	12269	13151	14018	15303	16590	9115	8165	6905	5934
122	7174	5784	6056	6059	5759	7660	8803	9863	10547	11486	13374	14256	15123	16408	17695	10220	9270	8010	7039
123	18698	19547	19819	20675	19892	20227	21370	22430	23114	24053	25941	26823	27690	28975	30262	18096	19046	20264	19293
124	17974	18823	19095	19951	19168	19503	20646	21706	22390	23329	25217	26099	26966	28251	29538	17372	18322	19540	18569
125	17115	17964	18236	19092	18309	18644	19787	20847	21531	22470	24358	25240	26107	27392	28679	16513	17463	18681	17710
126	16369	17218	17490	18346	17563	17898	19041	20101	20785	21724	23612	24494	25361	26646	27933	15767	16717	17935	16964
127	14734	15583	15855	16711	15928	16263	17406	18466	19150	20089	21977	22859	23726	25011	26298	14132	15082	16300	15329
128	13429	14278	14550	15406	14623	14958	16101	17161	17845	18784	20672	21554	22421	23706	24993	12827	13777	14995	14024
129	12843	13692	13964	14820	14037	14372	15515	16575	17259	18198	20086	20968	21835	23120	24407	12241	13191	14409	13438
130	11300	12149	12421	13277	12494	12829	13972	15032	15716	16655	18543	19425	20292	21577	22864	10698	11648	12866	11895
131	9815	10664	10936	11792	11009	11344	12487	13547	14231	15170	17058	17940	18807	20092	21379	9213	10163	11381	10410
132	8881	9730	10002	10858	10075	10410	11553	12613	13297	14236	16124	17006	17873	19158	20445	8279	9229	10447	9476
133	7566	8415	8687	9543	8760	9095	10238	11298	11982	12921	14809	15691	16558	17843	19130	6964	7914	9132	8161

# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
1	8,134	10,645	11,750	16,566	15,842	14,983	14,237	12,602	11,297	10,711	9,168	7,683	6,749	5,434	5,380	6,426	7,463	8,224	10,426
2	9,212	11,723	12,828	18,036	17,312	16,453	15,707	14,072	12,767	12,181	10,638	9,153	8,219	6,904	6,014	4,956	5,993	6,754	8,956
3	8,300	10,811	11,916	18,206	17,482	16,623	15,877	14,242	12,937	12,351	10,808	9,323	8,389	7,074	5,102	4,044	5,081	5,842	8,044
4	7,539	10,050	11,155	17,445	16,721	15,862	15,116	13,481	12,176	11,590	10,047	8,562	7,628	6,313	4,341	3,283	4,320	5,081	7,283
5	6,794	9,305	10,410	16,700	15,976	15,117	14,371	12,736	11,431	10,845	9,302	7,817	6,883	5,568	3,596	2,538	3,575	4,336	6,538
6	5,941	8,452	9,557	15,847	15,123	14,264	13,518	11,883	10,578	9,992	8,449	6,964	6,030	4,715	2,743	1,685	2,722	3,483	5,685
7	5,313	7,824	8,929	15,219	14,495	13,636	12,890	11,255	9,950	9,364	7,821	6,336	5,402	4,087	2,115	1,057	2,094	2,855	5,057
8	4,297	6,808	7,913	16,235	15,511	14,652	13,906	12,271	10,966	10,380	8,837	7,352	6,418	5,103	3,131	2,073	1,860	2,621	4,823
9	3,804	6,259	7,364	17,083	16,359	15,500	14,754	13,119	11,814	11,228	9,685	8,200	7,266	5,951	3,979	2,921	2,708	3,469	5,190
10	2,909	5,364	6,469	17,978	17,254	16,395	15,649	14,014	12,709	12,123	10,580	9,095	8,161	6,846	4,874	3,816	3,603	3,583	4,295
11	3,441	4,832	5,937	18,510	17,786	16,927	16,181	14,546	13,241	12,655	11,112	9,627	8,693	7,378	5,406	4,348	3,812	3,051	3,763
12	4,036	4,237	5,342	19,105	18,381	17,522	16,776	15,141	13,836	13,250	11,707	10,222	9,288	7,973	6,001	4,943	3,217	2,456	3,168
13	3,536	3,629	4,734	19,173	18,989	18,130	17,384	15,749	14,444	13,858	12,315	10,830	9,896	8,581	6,609	5,551	3,825	3,064	2,733
14	4,095	4,188	5,293	20,272	19,548	18,689	17,943	16,308	15,003	14,417	12,874	11,389	10,455	9,140	7,168	6,110	4,384	3,623	3,292
15	5,038	5,131	5,160	21,215	20,491	19,632	18,886	17,251	15,946	15,360	13,817	12,332	11,398	10,083	8,111	7,053	5,327	4,566	4,235
16	5,833	5,470	4,365	22,010	21,286	20,427	19,681	18,046	16,741	16,155	14,612	13,127	12,193	10,878	8,906	7,848	6,122	5,361	5,030
17	6,484	4,819	3,714	22,661	21,937	21,078	20,332	18,697	17,392	16,806	15,263	13,778	12,844	11,529	9,557	8,499	6,773	6,012	5,681
18	6,207	3,696	2,591	23,784	23,060	22,201	21,455	19,820	18,515	17,929	16,386	14,901	13,967	12,652	10,680	9,622	7,896	7,135	6,804
19	4,899	2,388	1,283	25,092	24,368	23,509	22,763	21,128	19,823	19,237	17,694	16,209	15,275	13,960	11,988	10,930	9,204	8,443	8,112
20	6,311	3,800	2,695	26,504	25,780	24,921	24,175	22,540	21,235	20,649	19,106	17,621	16,687	15,372	13,400	12,342	10,616	9,855	9,524
21	13,167	12,336	11,231	28,500	27,776	26,917	26,171	24,536	23,231	22,645	21,102	19,617	18,683	17,368	15,396	14,338	11,187	10,426	9,944
22	11,378	10,547	9,442	26,711	25,987	25,128	24,382	22,747	21,442	20,856	19,313	17,828	16,894	15,579	13,607	12,549	9,398	8,637	8,155
23	9,812	8,981	7,876	25,145	24,421	23,562	22,816	21,181	19,876	19,290	17,747	16,262	15,328	14,013	12,041	10,983	7,832	7,071	6,589
24	9,025	9,118	8,663	24,358	23,634	22,775	22,029	20,394	19,089	18,503	16,960	15,475	14,541	13,226	11,254	10,196	6,045	6,284	5,802
25	8,255	8,348	9,433	23,588	22,864	22,005	21,259	19,624	18,319	17,733	16,190	14,705	13,771	12,456	10,484	9,426	7,275	5,514	5,032
26	7,643	7,736	8,841	22,976	22,252	21,393	20,647	19,012	17,707	17,121	15,578	14,093	13,159	11,844	9,872	8,814	5,663	4,902	4,420
27	6,977	7,070	8,175	22,310	21,586	20,727	19,981	18,346	17,041	16,455	14,912	13,427	12,493	11,178	9,206	8,148	4,997	4,236	3,754
28	6,170	6,263	7,368	21,503	20,779	19,920	19,174	17,539	16,234	15,648	14,105	12,620	11,686	10,371	8,399	7,341	4,199	3,439	2,947
29	5,483	5,576	6,681	20,816	20,092	19,233	18,487	16,852	15,547	14,961	13,418	11,933	10,999	9,684	7,712	6,654	3,503	2,742	2,260
30	4,746	4,839	5,944	20,079	19,355	18,496	17,750	16,115	14,810	14,224	12,681	11,196	10,262	8,947	6,975	5,917	2,766	2,005	1,523
31	5,084	5,285	6,390	19,482	18,758	17,899	17,153	15,518	14,213	13,627	12,084	10,599	9,665	8,350	6,378	5,320	2,169	1,408	2,120
32	4,556	4,649	5,754	18,911	18,187	17,328	16,582	14,947	13,642	13,056	11,513	10,028	9,094	7,779	5,807	4,749	2,596	1,835	1,353
33	3,804	6,259	7,364	18,873	18,149	17,290	16,544	14,909	13,604	13,018	11,475	9,990	9,056	7,741	5,769	4,711	3,458	2,697	3,409
34	1,942	4,453	5,558	18,945	18,221	17,362	16,616	14,981	13,676	13,090	11,547	10,062	9,128	7,813	5,841	4,783	4,570	4,550	5,262
35	1,150	3,661	4,766	19,382	18,658	17,799	17,053	15,418	14,113	13,527	11,984	10,499	9,565	8,250	6,278	5,220	5,007	5,342	6,054
36	2,074	4,585	5,690	20,306	19,582	18,723	17,977	16,342	15,037	14,451	12,908	11,423	10,489	9,174	7,202	6,144	5,931	6,266	6,978
37	2,714	5,225	6,330	20,946	20,222	19,363	18,617	16,982	15,677	15,091	13,548	12,063	11,129	9,814	7,842	6,784	6,571	6,906	7,618
38	3,562	6,073	7,178	21,794	21,070	20,211	19,465	17,830	16,525	15,939	14,396	12,911	11,977	10,662	8,690	7,632	7,419	7,754	8,466
39	4,462	6,973	8,078	22,694	21,970	21,111	20,365	18,730	17,425	16,839	15,296	13,811	12,877	11,562	9,590	8,532	8,319	8,654	9,366
40	5,536	8,047	9,152	23,768	23,044	22,185	21,439	19,804	18,499	17,913	16,370	14,885	13,951	12,636	10,664	9,606	9,393	9,728	10,440
41	6,434	8,945	10,050	24,666	23,942	23,083	22,337	20,702	19,397	18,811	17,268	15,783	14,849	13,534	11,562	10,504	10,291	10,626	11,338
42	7,422	9,933	11,038	25,654	24,930	24,071	23,325	21,690	20,385	19,799	18,256	16,771	15,837	14,522	12,550	11,492	11,279	11,614	12,326
43	8,902	11,413	12,518	27,134	26,410	25,551	24,805	23,170	21,865	21,279	19,736	18,251	17,317	16,002	14,030	12,972	12,759	13,094	13,806
44	12,073	12,166	13,271	21,999	21,275	20,416	19,670	18,035	16,730	16,144	14,601	13,116	12,182	10,867	10,813	11,107	8,767	8,006	7,146
45	10,757	10,850	11,955	20,683	19,959	19,100	18,354	16,719	15,414	14,828	13,285	11,800	10,866	9,551	9,497	9,791	7,451	6,690	5,830
46	9,641	9,734	10,839	19,735	19,011	18,152	17,406	15,771	14,466	13,880	12,337	10,852	9,918	8,603	8,549	8,843	6,335	5,574	4,714
47	8,385	8,478	9,583	18,479	17,755	16,896	16,150	14,515	13,210	12,624	11,081	9,596	8,662	7,347	7,293	7,587	5,079	4,318	3,458
48	6,790	6,883	7,988	20,074	19,350	18,491	17,745	16,110	14,805	14,219	12,676	11,191	10,257	8,942	7,627	6,635	3,484	2,723	1,863
49	5,598	5,691	6,796	19,605	18,881	18,022	17,276	15,641	14,336	13,750	12,207	10,722	9,788	8,473	6,501	5,443	2,292	1,531	671
50	4,345	4,438	5,543	20,480	19,756	18,897	18,151	16,516	15,211	14,625	13,082	11,597	10,663	9,348	7,376	6,318	3,167	2,406	1,924
51	2,721	2,814	3,919	20,528	19,804	18,945	18,199	16,564	15,259	14,673	13,130	11,645	10,711	9,396	7,424	6,366	4,640	3,879	3,548
52	2,012	2,105	3,210	21,237	20,513	19,654	18,908	17,273	15,968	15,382	13,839	12,354	11,420	10,105	8,133	7,075	5,349	4,588	4,257
53	1,209	1,302	2,407	21,741	21,017	20,158	19,412	17,777	16,472	15,886	14,343	12,858	11,924	10,609	8,637	7,579	6,152	5,391	5,060
54	2,478	2,571	3,676	23,010	22,286	21,427	20,681	19,046	17,741	17,155	15,612	14,127	13,193	11,878	9,906	8,848	7,421	6,660	6,329
55	3,578	3,671	4,776	24,110	23,386	22,527	21,781	20,146	18,841	18,255	16,712	15,227	14,293	12,978	11,006	9,948	8,521	7,760	7,429
56	4,443	4,536	5,641	24,975	24,251	23,392	22,646	21,011	19,706	19,120	17,577	16,092	15,158	13,843	11,871	10,813	9,386	8,625	8,294
57	5,387	5,480	6,585	25,919	25,195	24,336	23,590	21,955	20,650	20,064	18,521	17,036	16,102	14,787	12,815	11,757	10,330		

# La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
75	9,427	9,520	10,625	17,437	16,713	15,854	15,108	13,473	12,168	11,582	10,039	8,554	7,620	6,305	6,251	6,545	4,690	5,360	4,500
76	8,432	10,639	11,744	16,318	15,594	14,735	13,989	12,354	11,049	10,463	8,920	7,435	6,501	5,186	5,132	5,426	3,571	4,332	5,619
77	8,568	11,079	12,184	14,524	13,800	12,941	12,195	10,560	9,255	8,669	7,126	5,641	4,707	3,392	3,338	4,396	3,707	4,468	6,670
78	9,578	12,089	13,194	13,514	12,790	11,931	11,185	9,550	8,245	7,659	6,116	4,631	3,697	2,382	2,328	3,386	4,717	5,478	7,680
79	8,387	10,898	12,003	12,145	11,421	10,562	9,816	8,181	6,876	6,290	4,747	3,262	2,328	1,013	959	2,017	5,168	5,929	8,131
80	9,711	12,222	13,327	13,469	12,745	11,886	11,140	9,505	8,200	7,614	6,071	4,586	3,652	2,337	2,283	3,341	6,492	7,253	9,455
81	9,928	12,439	13,544	14,772	14,048	13,189	12,443	10,808	9,503	8,917	7,374	5,889	4,955	3,640	3,586	4,644	7,795	8,556	10,758
82	15,676	14,845	13,740	27,611	26,887	26,028	25,282	23,647	22,342	21,756	20,213	18,728	17,794	16,479	16,425	16,719	13,696	12,935	12,453
83	16,110	16,203	15,147	26,204	25,480	24,621	23,875	22,240	20,935	20,349	18,806	17,321	16,387	15,072	15,018	15,312	12,804	12,043	11,183
84	14,987	15,080	16,185	25,081	24,357	23,498	22,752	21,117	19,812	19,226	17,683	16,198	15,264	13,949	13,895	14,189	11,681	10,920	10,060
85	13,664	13,757	14,862	23,758	23,034	22,175	21,429	19,794	18,489	17,903	16,360	14,875	13,941	12,626	12,572	12,866	10,358	9,597	8,737
86	12,442	12,535	13,640	22,536	21,812	20,953	20,207	18,572	17,267	16,681	15,138	13,653	12,719	11,404	11,350	11,644	9,136	8,375	7,515
87	11,632	11,725	12,830	21,726	21,002	20,143	19,397	17,762	16,457	15,871	14,328	12,843	11,909	10,594	10,540	10,834	8,326	7,565	6,705
88	11,982	12,075	13,180	21,908	21,184	20,325	19,579	17,944	16,639	16,053	14,510	13,025	12,091	10,776	10,722	11,016	8,676	7,915	7,055
89	11,477	11,570	12,675	19,963	19,239	18,380	17,634	15,999	14,694	14,108	12,565	11,080	10,146	8,831	8,777	9,071	7,216	7,410	6,550
90	13,911	13,080	11,975	29,244	28,520	27,661	26,915	25,280	23,975	23,389	21,846	20,361	19,427	18,112	16,140	15,082	11,931	11,170	10,688
91	12,359	11,528	10,423	27,692	26,968	26,109	25,363	23,728	22,423	21,837	20,294	18,809	17,875	16,560	14,588	13,530	10,379	9,618	9,136
92	11,257	10,426	9,321	26,590	25,866	25,007	24,261	22,626	21,321	20,735	19,192	17,707	16,773	15,458	13,486	12,428	9,277	8,516	8,034
93	9,909	7,398	6,293	26,728	26,004	25,145	24,399	22,764	21,459	20,873	19,330	17,845	16,911	15,596	13,624	12,566	9,415	8,654	8,172
94	8,596	6,085	4,980	28,041	27,317	26,458	25,712	24,077	22,772	22,186	20,643	19,158	18,224	16,909	14,937	13,879	10,728	9,967	9,485
95	7,634	5,123	4,018	27,827	27,103	26,244	25,498	23,863	22,558	21,972	20,429	18,944	18,010	16,695	14,723	13,665	11,690	10,929	10,447
96	6,054	3,543	2,438	26,247	25,523	24,664	23,918	22,283	20,978	20,392	18,849	17,364	16,430	15,115	13,143	12,085	10,359	9,598	9,267
97	6,133	3,622	2,517	26,326	25,602	24,743	23,997	22,362	21,057	20,471	18,928	17,443	16,509	15,194	13,222	12,164	10,438	9,677	9,346
98	6,889	4,378	3,273	27,082	26,358	25,499	24,753	23,118	21,813	21,227	19,684	18,199	17,265	15,950	13,978	12,920	11,194	10,433	10,102
99	7,827	5,316	4,211	28,020	27,296	26,437	25,691	24,056	22,751	22,165	20,622	19,137	18,203	16,888	14,916	13,858	12,132	11,371	11,040
100	9,453	6,942	5,837	29,646	28,922	28,063	27,317	25,682	24,377	23,791	22,248	20,763	19,829	18,514	16,542	15,484	13,758	12,997	12,666
101	5,868	6,069	7,174	18,698	17,974	17,115	16,369	14,734	13,429	12,843	11,300	9,815	8,881	7,566	5,594	4,536	1,385	624	1,578
102	4,478	4,679	5,784	19,547	18,823	17,964	17,218	15,583	14,278	13,692	12,149	10,664	9,730	8,415	6,443	5,385	2,775	2,014	2,726
103	3,354	4,951	6,056	19,819	19,095	18,236	17,490	15,855	14,550	13,964	12,421	10,936	10,002	8,687	6,715	5,657	3,931	3,170	3,882
104	2,443	4,954	6,059	20,675	19,951	19,092	18,346	16,711	15,406	14,820	13,277	11,792	10,858	9,543	7,571	6,513	4,842	4,081	4,793
105	2,143	4,654	5,759	19,892	19,168	18,309	17,563	15,928	14,623	14,037	12,494	11,009	10,075	8,760	6,788	5,730	5,517	6,278	7,047
106	4,044	6,555	7,660	20,227	19,503	18,644	17,898	16,263	14,958	14,372	12,829	11,344	10,410	9,095	7,123	6,065	5,852	6,613	8,815
107	5,187	7,698	8,803	21,370	20,646	19,787	19,041	17,406	16,101	15,515	13,972	12,487	11,553	10,238	8,266	7,208	6,995	7,756	9,958
108	6,247	8,758	9,863	22,430	21,706	20,847	20,101	18,466	17,161	16,575	15,032	13,547	12,613	11,298	9,326	8,268	8,055	8,816	11,018
109	6,931	9,442	10,547	23,114	22,390	21,531	20,785	19,150	17,845	17,259	15,716	14,231	13,297	11,982	10,010	8,952	8,739	9,500	11,702
110	7,870	10,381	11,486	24,053	23,329	22,470	21,724	20,089	18,784	18,198	16,655	15,170	14,236	12,921	10,949	9,891	9,678	10,439	12,641
111	9,758	12,269	13,374	25,941	25,217	24,358	23,612	21,977	20,672	20,086	18,543	17,058	16,124	14,809	12,837	11,779	11,566	12,327	14,529
112	10,640	13,151	14,256	26,823	26,099	25,240	24,494	22,859	21,554	20,968	19,425	17,940	17,006	15,691	13,719	12,661	12,448	13,209	15,411
113	11,507	14,018	15,123	27,690	26,966	26,107	25,361	23,726	22,421	21,835	20,292	18,807	17,873	16,558	14,586	13,528	13,315	14,076	16,278
114	12,792	15,303	16,408	28,975	28,251	27,392	26,646	25,011	23,706	23,120	21,577	20,092	19,158	17,843	15,871	14,813	14,600	15,361	17,563
115	14,079	16,590	17,695	30,262	29,538	28,679	27,933	26,298	24,993	24,407	22,864	21,379	20,445	19,130	17,158	16,100	15,887	16,648	18,850
116	6,604	9,115	10,220	18,096	17,372	16,513	15,767	14,132	12,827	12,241	10,698	9,213	8,279	6,964	6,910	7,956	8,099	8,860	11,062
117	5,654	8,165	9,270	19,046	18,322	17,463	16,717	15,082	13,777	13,191	11,648	10,163	9,229	7,914	7,860	7,362	7,149	7,910	10,112
118	4,394	6,905	8,010	20,264	19,540	18,681	17,935	16,300	14,995	14,409	12,866	11,381	10,447	9,132	7,160	6,102	5,889	6,650	8,852
119	3,423	5,934	7,039	19,293	18,569	17,710	16,964	15,329	14,024	13,438	11,895	10,410	9,476	8,161	6,189	5,131	4,918	5,679	7,881
120	0	2,511	3,616	20,532	19,808	18,949	18,203	16,568	15,263	14,677	13,134	11,649	10,715	9,400	7,428	6,370	6,157	6,492	6,269
121	2511	0	1,105	23,043	22,319	21,460	20,714	19,079	17,774	17,188	15,645	14,160	13,226	11,911	9,939	8,881	7,454	6,693	6,362
122	3616	1105	0	24,148	23,424	22,565	21,819	20,184	18,879	18,293	16,750	15,265	14,331	13,016	11,044	9,986	8,559	7,798	7,467
123	20532	23043	24148	0	724	1,583	2,329	3,964	5,269	5,855	7,398	8,883	9,817	11,132	13,104	14,162	17,313	18,074	20,276
124	19808	22319	23424	724	0	859	1,605	3,240	4,545	5,131	6,674	8,159	9,093	10,408	12,380	13,438	16,589	17,350	19,552
125	18949	21460	22565	1583	859	0	746	2,381	3,686	4,272	5,815	7,300	8,234	9,549	11,521	12,579	15,730	16,491	18,693
126	18203	20714	21819	2329	1605	746	0	1,635	2,940	3,526	5,069	6,554	7,488	8,803	10,775	11,833	14,984	15,745	17,947
127	16568	19079	20184	3964	3240	2381	1635	0	1,305	1,891	3,434	4,919	5,853	7,168	9,140	10,198	13,349	14,110	16,312
128	15263	17774	18879	5269	4545	3686	2940	1305	0	586	2,129	3,614	4,548	5,863	7,835	8,893	12,044	12,805	15,007
129	14677	17188	18293	5855	5131	4272	3526	1891	586	0	1,543	3,028	3,962	5,277	7,249	8,307	11,458	12,219	14,421
130	13134	15645	16750	7398	6674	5815	5069	3434	2129	1543	0	1,485	2,419	3,734	5,706	6,764	9,915	10,676	12,878
131	11649	14160	15265	8883	8159	7300	6554	4919	3614	3028	1485	0	934	2,249	4,221	5,279	8,430	9,191	11,393

## Apéndice E

### Matriz de recuperación de rutas

A continuación se presenta una partición de la matriz de recuperación de rutas  $A_r$ , en donde la entrada  $a_{rij}$  representa el nodo  $j'$  al que hay que dirigirse desde el nodo  $i$  para llegar al nodo  $j$ , la ruta se construye de manera análoga al ejemplo presentado en el Apéndice A.



















## Apéndice F

### Datos de coordenadas aproximadas de Google Earth

#	Estación	X	Y	#	Estación	X	Y
1	Pantitlán	492413.25	2146801.54	37	Xola	485525.62	2144568.73
2	Zaragoza	491345.17	2146468.67	38	Villa de Cortés	485402.50	2143724.80
3	Gómez Farías	490506.82	2146915.31	39	Nativitas	485277.32	2142824.28
4	Boulevard Puerto Aéreo	489910.91	2147276.20	40	Portales	485132.61	2141772.55
5	Balbuena	489259.68	2147661.04	41	Ermita	484987.04	2140880.86
6	Moctezuma	488429.56	2148101.15	42	General Anaya	484771.28	2139920.58
7	San Lázaro	487948.22	2148444.72	43	Tasqueña	485032.19	2138918.98
8	Candelaria	487455.27	2148279.02	44	Indios verdes	487455.98	2155677.38
9	Merced	486916.90	2147914.12	45	Deportivo 18 de Marzo	486713.92	2154360.73
10	Pino Suárez	486048.09	2147954.04	46	Potrero	486124.98	2153599.34
11	Isabel la Católica	485574.51	2148022.04	47	La Raza	485631.81	2152878.34
12	Salto del Agua	485074.64	2148057.26	48	Tlatelolco	485017.81	2151192.36
13	Balderas	484345.26	2148127.28	49	Guerrero	484733.16	2150101.49
14	Cuauhtémoc	483755.09	2147958.47	50	Juárez	484473.51	2148783.67
15	Insurgentes	482908.97	2147724.42	51	Niños Héroes	484196.79	2147241.89
16	Sevilla	482080.10	2147537.05	52	Hospital General	483843.45	2146614.90
17	Chapultepec	481494.10	2147398.55	53	Centro Médico	483702.30	2145834.06
18	Juanacatlán	480868.09	2146531.05	54	Etiopía	483580.00	2144613.69
19	Tacubaya	480355.61	2145451.73	55	Eugenia	483465.43	2143501.98
20	Observatorio	478962.07	2144916.98	56	División del Norte	483297.51	2142875.29
21	Cuatro caminos	477343.61	2151696.10	57	Zapata	482679.17	2141856.05
22	Panteones	478682.50	2151617.65	58	Coyoacán	482080.22	2140838.75
23	Tacuba	480134.52	2151665.90	59	Viveros	481514.19	2139972.58
24	Cuitláhuac	480880.00	2151453.38	60	Miguel Angel de Quevedo	480985.16	2139218.22
25	Popotla	481651.26	2150864.93	61	Copilco	481443.68	2138011.93
26	Colegio Militar	481958.49	2150532.26	62	Universidad	481723.40	2136727.32
27	Normal	482433.01	2150045.90	63	Santa Anita	487204.84	2145399.82
28	San Cosme	483093.18	2149714.40	64	Jamaica	487215.74	2146107.49
29	Revolución	483680.22	2149501.86	65	Fray Servando	487347.08	2147515.49
30	Hidalgo	484537.02	2149228.98	66	Morelos	487594.08	2149397.20
31	Bellas Artes	485099.58	2149103.41	67	Canal del Norte	487817.24	2150510.99
32	Allende	485565.58	2149034.58	68	Consulado	488052.03	2151518.03
33	Zócalo	486030.46	2148775.40	69	Bondojito	488259.18	2152237.37
34	San Antonio Abad	485915.22	2147170.95	70	Talismán	488664.13	2153311.83
35	Chabacano	485751.01	2146039.06	71	Martín Carrera	489004.21	2154526.45
36	Viaducto	485625.69	2145193.98	72	Politécnico	484325.45	2156253.54

La red del metro y su eficiencia en distancias físicas

#	Estación	X	Y	#	Estación	X	Y
73	Instituto del Petróleo	484795.66	2155021.70	107	Iztacalco	488213.87	2143837.51
74	Autobuses del Norte	485226.52	2153850.78	108	Apatlaco	488494.56	2142807.01
75	Misterios	486268.59	2152099.44	109	Aculco	488689.70	2142195.71
76	Valle Gómez	487469.06	2151601.71	110	Escuadrón 201	488539.67	2141219.37
77	Eduardo Molina	488940.79	2150790.09	111	Atlalilco	489356.76	2140241.65
78	Aragón	489892.62	2150756.17	112	Iztapalapa	490185.04	2140434.64
79	Oceania	490847.68	2150153.46	113	Cerro de la Estrella	491019.54	2140229.88
80	Terminal Aérea	490803.26	2148853.24	114	UAM 1	492149.11	2139642.61
81	Hangares	490814.40	2147765.08	115	Constitución de 1917	493292.06	2139107.91
82	El Rosario	479007.36	2156672.12	116	Puebla	491339.02	2145884.29
83	Tezozomoc	479401.40	2155620.94	117	Ciudad Deportiva	490423.34	2146026.43
84	Azcapotzalco	480434.72	2155165.93	118	Velódromo	489182.92	2146041.68
85	Ferrería	481760.33	2155147.82	119	Mixiuhca	488152.40	2146036.94
86	Norte 45	482914.39	2154911.88	120	Lázaro Cardenas	484784.34	2145872.17
87	Vallejo	483676.93	2155087.76	121	Chilpancingo	482314.77	2145773.06
88	Lindavista	485864.63	2154805.47	122	Patriotismo	481215.29	2145791.50
89	La Villa	487626.22	2154121.73	123	Ciudad Azteca	497116.74	2159981.45
90	Aquiles Serdán	478548.35	2155117.06	124	Plaza Aragón	49634.82	2159303.80
91	Camaronés	480043.67	2153865.53	125	Olimpica	496497.74	2158516.30
92	Refinería	479996.86	2152852.73	126	Tecnológico	496223.12	2157850.89
93	San Joaquín	479862.67	2150165.92	127	Múzquiz	495596.12	2156337.29
94	Polanco	479943.60	2148809.12	128	Río de los Remedios	495104.17	2155155.61
95	Auditorio	479846.53	2147926.63	129	Impulsora	494869.78	2154589.17
96	Constituyentes	479918.85	2144131.56	130	Nezahualcóyotl	494277.02	2153171.39
97	San Pedro de los Pinos	480464.18	2144131.56	131	Villa de Aragón	493563.70	2151915.32
98	San Antonio	480434.70	2143413.50	132	Bosques de Aragón	492730.51	2151520.88
99	Mixcoac	480279.22	2142460.75	133	Deportivo Oceania	491660.60	2150727.37
100	Barranca del Muerto	480090.20	2140747.88	134	Romero Rubio	490094.18	2149591.76
101	Garibaldi	485326.22	2150040.96	135	Ricardo Flores Magón	489127.33	2149135.45
102	San Juan de Letrán	485146.33	2148551.81	136	Tepito	487055.56	2149797.51
103	Doctores	484954.41	2147490.30	137	Lagunilla	486212.49	2149892.54
104	Obrera	484864.36	2146573.40	138	Buenavista	483917.89	2150243.22
105	La Viga	486742.73	2145816.96				
106	Coyuya	488080.64	2144935.24				

## Referencias

1. Albert, R., y Barabási, A.-L., (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics* **74**, 47-97.
2. Watts, D.J., y Strogatz, S.H., (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* **393**.
3. Latora, V., y Marchiori, M., (2001). Efficient behavior of small-world networks. *Physical Review Letters* **87**, 198701.
4. Latora, V., y Marchiori, M., (2002). Is the Boston subway a small-world network?. *Physica A* **314**, 109-113.
5. Newman, M.E.J., (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review* **45**, 167-256.
6. "AFLUENCIA POR TIPO DE ACCESO ENERO - MARZO 2010", **STC metro**, fecha de actualización, [27/05/2010] disponible en <http://www.metro.df.gob.mx/operacion/afluacceso.html>
7. Coordinación de Desarrollo Tecnológico, "LONGITUD DE ESTACIÓN A ESTACIÓN POR LÍNEA", **STC metro**, fecha de actualización 30/01/2010, consulta [30/03/2010], disponible en <http://www.metro.df.gob.mx/operacion/longestaciones.html>
8. Bazaraa M., y J. Jarvis (1943). Programación lineal y flujo de redes; versión española de Onésimo Hernández Lerma ; revisión Marcia González osuna. México: Limusa. 1981.
9. Obregón Quintana, Bibiana. (2005). *Teoría de redes: el problema de la ruta más corta*. (Tesis de Maestría UNAM. Posgrado de Ingeniería.)
10. Google Earth Pro. Consulta: *Metro DF*
11. "RED DEL METRO", [mexico4travellers.com](http://www.mexico4travellers.com), 27/05/2010, disponible en [http://www.mexico4travellers.com/mapas/transporte/metro\\_df.pdf](http://www.mexico4travellers.com/mapas/transporte/metro_df.pdf)
12. González Moreno, Eduardo, (2007). *Análisis de redes: Programa que emula el algoritmo de Floyd para ruta más corta*.
13. "Metro de la Ciudad de México", Wikipedia, [27/05/2010], disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Metro\\_de\\_la\\_Ciudad\\_de\\_México](http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_de_la_Ciudad_de_México)
14. Christofides, N., (1975). *Graph theory: An algorithmic approach* (Computer science and applied mathematics), Academic Press.