



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta gráfica de una
ciudad inteligente

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIO

P R E S E N T A :

JOSÉ ÁNGEL HERNÁNDEZ RAMOS

DIRECTOR DE TESIS
M.I. BIBIANA OBREGÓN QUINTANA

2011



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



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

1. Datos del alumno

Hernández

Ramos

José Ángel

56 13 02 09

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Actuaría

094129582

2. Datos del tutor

M en I

Bibiana

Obregón

Quintana

3. Datos del sinodal 1

M en I

Román Anselmo

Mora

Gutiérrez

4. Datos del sinodal 2

Mat

Adrián

Girard

Islas

5. Datos del sinodal 3

Dr

Fernando

Brambila

Paz

6. Datos del sinodal 4

M en I

María Isabel

Escalante

Membrillo

7. Datos del trabajo escrito

Propuesta gráfica de una ciudad inteligente

90 p

2011

Agradecimientos:

A mi asesora Bibiana, a todos mis sinodales y a todos los que me ayudaron en la elaboración de este trabajo, principalmente a Rene y Deidre.
En especial a Nancy que me ayudo y me apoyo en todo.
A toda mi familia.
A mi Universidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

I. HISTORIA DE LA PLANEACIÓN URBANA	11
I.1. Definición.....	11
I.2. Antecedentes de la planeación urbana.....	12
I. 2.1. Mesopotamia (3500-539 A. de C.).....	12
I. 2.2. Los Etruscos (800-200 A. de C.).....	13
I. 2.3. Grecia (800-30 A. de C.).....	14
I. 2.4. Roma (753 A. de C.- 476 D. de C.).....	15
I. 2.5. China (Desde 1500 A. de C.).....	17
I. 2.6. Teotihuacan (siglo I A. de C.-decadencia 700 D. de C.).....	18
I. 2.7. Tenochtitlan (1325-1521).....	19
I.3. Era Moderna y Era Actual (1900-2008).....	20
I. 3.1 Ciudad Planificada.....	21
I. 3.2. Washington D.C.....	21
I. 3.3. La Plata.....	22
I. 3.4. Chandigarh.....	23
I.4. Ciudad jardín.....	23
I. 4.1. Letchworth.....	24
I. 4.2. Welwyn.....	24
I. 4.3. Canberra.....	25
I.5. Principios de Inteligencia Urbana.....	26
I.5.1. Brasilia.....	29

II. REDES.....	30
II.1. Conceptos básicos.....	30
II.2. Ruta más corta.....	34
II.2.1. Ruta más corta con programación lineal.....	34
II.2.2 Algoritmo de Dijkstra.....	35
II.3. Problema de asignación.....	38
II.3.1 Problema de asignación con programación lineal.....	38
II.3.2 Método Húngaro.....	39
III. PROCEDIMIENTO.....	43
III.1. Factores de una ciudad.....	44
III.2. Acomodamiento de los nodos.....	44
III.2.1. Propuesta de ciudad Gráfica 1.....	44
III.2.2. Propuesta de ciudad Gráfica 2.....	46
III.2.3. Propuesta de ciudad Gráfica 3.....	47
III.3. Asignación de los empleos para los habitantes.....	51
IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	55
IV 1.1 Propuesta de Gráfica 1.....	55
IV.1.2. Propuesta de Gráfica 2.....	56
IV.1.3. Propuesta de Gráfica 3.....	57
IV.2. Asignación de empleos.....	63
V. RESULTADOS.....	66
V.1. Resultados de la ruta más corta.....	66
V.1.1. Propuesta de Gráfica 1.....	66
V.1.2. Propuesta de Gráfica 2.....	67
V.1.3. Propuesta de Gráfica 5 (gráfica 3 cuarta generación).....	68
V.1.4. Análisis general.....	70
V.2. Resultados del método de asignación.....	71

V.2.1. Análisis general.....	74
CONCLUSIONES.....	77
Propuestas de ciudad.....	78
Ventajas.....	78
ANEXOS.....	80
Anexo 1.....	80
Anexo 2.....	81
GLOSARIO.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	86

INTRODUCCIÓN

La ordenación de las cosas o ideas, ha sido la forma para organizar y facilitar la manipulación y resolución de problemas de espacio y accesibilidad en un mínimo de tiempo, desde la ordenación de pequeñas cosas en un cajón, hasta la organización de una ciudad entera. En este caso, nos interesa el problema del diseño de una ciudad y también, acomodar sus factores principales como son vivienda, empleos, comercio, escolaridad, bolsa y bancos, gobierno, asistencia médica y social, etc. La ciudad propuesta será organizada con base en los principios del urbanismo inteligente y se considerará una población ficticia, a fin de tener una propuesta más real. Aún más, a los ciudadanos de la urbe, se les asignará un empleo con un método muy eficiente, de acuerdo a las cualidades del solicitante.

Primero, se hablará sobre la historia de las ciudades que han sido planeadas a lo largo de la civilización humana, desde las civilizaciones antiguas como los sumerios y babilonios hasta la edad moderna para así, introducirnos a los postulados de la planeación urbana inteligente, que nos ayudará a entender mejor la forma en cómo deben de ser las características de una ciudad inteligente y ponerlas en marcha. Se abordará el tema de urbanismo, ya que es obligado tomar en cuenta las bases necesarias para entender los conceptos, y sobre todo las características que debe tener una ciudad para que exista y funcione como tal.

El siguiente paso, será modelar la ciudad como una gráfica y explicar el procedimiento que se tomó para organizar cada uno de los factores de la ciudad. Los factores serán representados por nodos y las vías de comunicación como aristas, formando una gráfica organizada en forma jerárquica de acuerdo a los factores de la ciudad. Se expondrán diferentes modelos de ciudades, según el tamaño de la población. Con esta representación matemática de ciudad, se podrán aplicar algoritmos de investigación de operaciones relativos al área de redes, para encontrar rutas más cortas en el traslado dentro de la ciudad. Y más aún, se podrán asignar empleos a sus habitantes para complementar su estadía de vida en esta nueva ciudad.

Para resolver los problemas propuestos se utilizarán algoritmos específicos, como el algoritmo de Dijkstra, para encontrar la distancia más corta de un destino a otro, optimizando costos y tiempo; y el método Húngaro para asignar empleos. Los diseños de ciudades representadas como gráficas, tienen un diseño circular basado en las ciudades jardín¹. Se usa este diseño para mantener una equidistancia entre los factores más frecuentados de la ciudad y así recorrer una distancia mínima. El tamaño de la población de estas ciudades propuestas puede variar, desde una población mínima de 5,000 hasta 2,000,000 de habitantes. Por otra parte, para conseguir empleos a estos pobladores se

¹ Ciudades diseñadas inteligentemente para contra restar los problemas de contaminación de la revolución industrial.

tomará la mínima población considerada para representar una ciudad, esto es, 5,000 habitantes. Aún cuando consideramos la cantidad mínima para la población de una ciudad, es interesante la resolución del problema de asignación de empleos, debido al tamaño de la matriz y por la diversidad de datos, pues se tomará en cuenta el sexo, la edad y la escolaridad de los aplicantes.

Con estos métodos se intentará llegar a un resultado óptimo y factible para una ciudad inteligente, previendo los problemas de la explosión demográfica y la búsqueda de empleo, dos problemas recurrentes en las grandes ciudades de la actualidad. Se espera minimizar estas problemáticas usando una organización eficaz para cada problema descrito, utilizando formas matemáticas y lógicas de razonamiento ya probadas.

La tesis esta organizada con seis capítulos. El capítulo I, “Historia de la planeación urbana”, se expone la evolución del trazado de ciudades. En el capítulo II, “Redes”, se explica la teoría del tema de redes que se ocupa para llegar a los objetivos de la tesis, Capítulo III “Procedimiento”, donde se explica cómo se pueden ver las ciudades en forma matemática y también el modo matemático de representar las asignaciones de los empleos. El capítulo IV “Implementación sistema”, es la aplicación de la teoría de redes del capítulo II. El capítulo V “Resultados” y las “Conclusiones”, explican los resultados obtenidos y las conclusiones que se obtuvieron con este trabajo. Para finalizar con la “Bibliografía” y los “Anexos” que muestran las especificaciones de costos, población y superficie de las ciudades propuestas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los diseños de las ciudades han sido muy diversos desde el principio de la historia. Se crearon urbes en todo el mundo con características en base a las necesidades de la población. En la actualidad, muchas ciudades han sobrepasado su diseño por el inconveniente de la sobrepoblación. Se necesita rediseñarlas para tener un orden de vivienda y no un crecimiento desmedido. El crecimiento no regulado crea varias dificultades, desde la estética hasta la desorganización de los servicios básicos como agua, luz, accesos, suministro de comida, comunicación, educación y salud. Todos estos problemas llegan a desencadenar focos de delincuencia y pobreza, pues en esas áreas, hay un mínimo control de las autoridades por el difícil acceso y la no regularización de las áreas de vivienda.

Otro punto importante es el traslado en una ciudad, hoy en día se pierde tiempo y dinero por la desorganización de las rutas de los medios de transporte. Lo anterior ocasiona contaminación, tensión física y emocional, problemas de salud y retrasos. Problemas que conllevan a un nivel de vida menos óptimo, tanto para cada individuo como para toda la ciudad, ya que se labora, estudia y se vive de forma desorganizada. Para minimizar estos problemas se deben crear ciudades más organizadas y planeadas, considerando la sobrepoblación; ordenadas y con oportunidad de crecimiento. Y también, pensadas para mejorar la convivencia con la naturaleza y con sus habitantes.

Con base en dicha problemática se plantea:

Minimizar las contrariedades de las ciudades modernas en forma matemática, utilizando teoría de redes en la parte de los algoritmos de la ruta más corta. Como el algoritmo de Dijkstra y el algoritmo de asignación para establecer y mejorar las alternativas en búsqueda de empleos de los habitantes en la ciudad.

En resumen, en este trabajo se pretende aportar alternativas de diseños de ciudades en forma ordenada, considerando una población económicamente activa, a fin de minimizar problemas urbanos.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es encontrar alternativas en el diseño de una ciudad actual. A fin de lograr este objetivo, se necesitan alcanzar algunos objetivos secundarios como son: evitar las aglomeraciones urbanas desordenadas, minimizar los cinturones de pobreza, organizar la superpoblación y explosión demográfica, y proyectar una ciudad de acuerdo al crecimiento de su población. Así mismo, crear un modelo gráfico de ciudad, que optimice sus recursos y que sea autosuficiente. También, minimizar la distancia entre los lugares de trabajo y los trabajadores. Y por último, asignar empleos en forma rápida y eficiente en forma matemática, para ayudar a la población a encontrar empleo correcto, de acuerdo a sus habilidades.

CAPÍTULO I

I. HISTORIA DE LA PLANEACIÓN URBANA

INTRODUCCIÓN

Las civilizaciones han ido evolucionando desde que empezaron a aglomerarse los individuos, a fin de lograr un mayor beneficio en sus comunidades, clanes, tribus, etc. En la antigüedad, se planificaron grandes ciudades con diferentes estilos en su trazado y en sus vías de comunicación. Cada modelo de ciudad se fue mejorando de acuerdo a las necesidades de sus pobladores, desde urbes con trazado irregular, hasta metrópolis que lograron tener un trazado perfectamente definido geoméricamente. No sólo evolucionaron los trazos de las localidades, también evolucionaron las ideas de planificación. Incluso, se llegó a tener conciencia del balance de la naturaleza, la tradición de los antepasados, el uso de tecnología apropiada, la socialización de las clases y la oportunidad de desarrollo de sus habitantes.

A continuación, se explican los modelos de ciudades más representativos.

I.1. Definición

La propuesta toca el tema obligado del urbanismo por el hecho de proponer una ciudad representada gráficamente. Entonces, la definición de urbanismo, que ha sido nombrada disciplina científica desde finales del siglo pasado, es el conjunto de conocimientos que se refieren al estudio de la creación, desarrollo, reforma, y progreso de los poblados, en orden a las necesidades materiales de la vida humana. Dentro del urbanismo existe la parte de la planeación urbana (rama de la arquitectura), referente al diseño y la organización del espacio urbano y las actividades que se desarrollan en él (Princeton 2009).

La planeación urbana ha existido desde que empezaron a existir los grandes asentamientos de población en lugares estratégicos, ya sea para el comercio, la agricultura o como defensa en contra de poblaciones hostiles. El primer gran asentamiento donde se utiliza la planeación urbana, es la antigua Mesopotamia.

I.2. Antecedentes de las planeación urbana

Las ciudades mesopotámicas fueron las primeras ciudades planeadas en su totalidad de las que se tiene registro certero, desde ese entonces se planificaba el lugar y el tamaño de una futura ciudad. Con el paso del tiempo, se fue cambiando la técnica y la estructura de las metrópolis. Por ejemplo, en los inicios se crearon diseños irregulares de las calles, que fueron evolucionando, hasta un diseño cuadrangular, común hasta nuestros días. Todas las ciudades han contado con una idea de la zonificación¹, como son el área de comercio, de gobierno, de religión, de escuela, de trabajo, etc.

I.2.1. Mesopotamia (3500-539 A. de C.)

Una teoría de cómo se lograron los primeros asentamientos en la región de Mesopotamia, es que llegaron comunidades sedentarias que vivían de la recolección y encontraron esta parte rica en recursos, ofreciéndoles grandes oportunidades de crecimiento, (McIntosh 2005). Los primeros en construir las primeras ciudades del mundo fueron los sumerios hace más de 5000 años, que más tarde fueron reemplazados por los acadios, babilonios y asirios. Los cuales absorbieron gran parte de la civilización de sus predecesores y la añadieron a sus propios conocimientos. En sus ciudades construyeron presas y canales de regadío donde almacenaban y distribuían agua. En las ciudades sumerias las calles estaban pavimentadas, pues fueron los primeros en utilizar vehículos con ruedas, por ejemplo, ciudades como Ur, Nippur y Uruk (Erech), tenían rutas comerciales. *Ver figura 1.*



Figura 1. Ciudad de Ur.

Fuente: <http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/SUMERIOS/sumerios1bis.htm> (16/02/09).

¹ Área específica de una ciudad con cierta función.

Babilonia tenía murallas de 3.9 metros de grosor en la base y recubrían un circuito de 18 km. Estaba dividida en tres distritos y un palacio principal cerca del centro, junto a un camino procesional sagrado. En el tiempo de Nabucodonosor II se construyeron los impresionantes jardines de Babilonia. Esta ciudad fue el símbolo de más de 3000 años de civilización, cuyas murallas, bibliotecas, palacios, y jardines asombraron a los griegos. *Ver figura 2.*

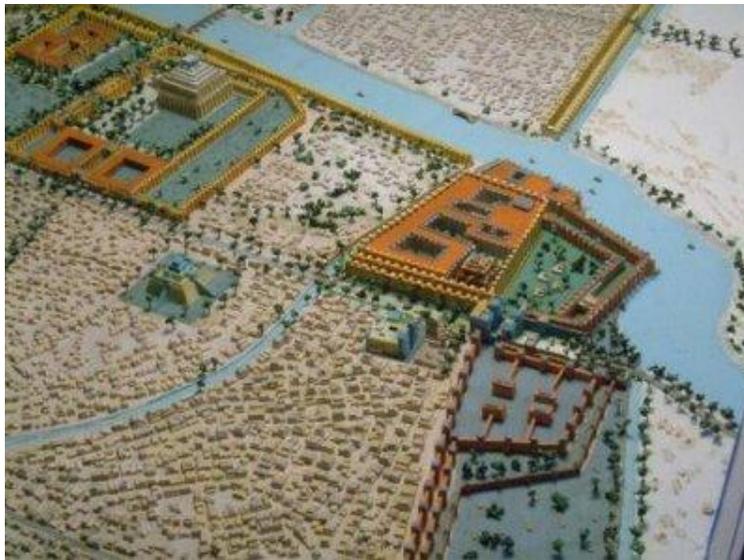


Figura 2. Ciudad de Babilonia.

Fuente: <http://arteinternacional.blogspot.com/2009/05/arquitectura-neo-babilonica-626-539-cto.html> (17/02/09).

Se puede notar en las figuras 1 y 2 la irregularidad que se tenía en el trazado de las ciudades, así como, los ríos de la periferia que también atravesaban las ciudades mesopotámicas, usadas como vías principales de transporte.

I.2.2. Los Etruscos (800-200 A. de C.)

Las ciudades etruscas eran planeadas tomando en cuenta el problema del alcantarillado y otros servicios de la ciudad. Marzabotto fue una ciudad sumamente lograda y con excelente organización. Fue proyectada para tener amplias calles, bien construidas y con buen alcantarillado, cruzadas por calles más estrechas, así se creó una serie de parcelas ocupadas por espaciosos edificios de ladrillo. Los sacerdotes etruscos, observaban el vuelo de los pájaros para ver si era la época adecuada para fundar una ciudad. Después, el fundador señalaba el circuito de las murallas haciendo un surco con

el arado, jalado por un buey y una vaquilla, y al llegar al lugar donde se construirían las puertas de la ciudad, se levantaba el arado. La planeación del lugar de estas ciudades se basaba mucho en la superstición y creencias de su cultura. Los griegos y romanos aprendieron la planificación de ciudades gracias a los etruscos, al igual que las reglas para la fundación y proyección de una ciudad. Ver figura 3.

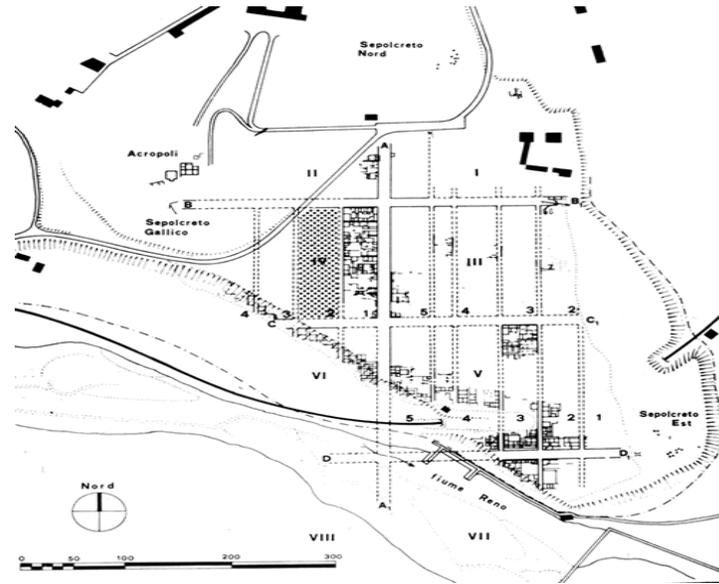


Figura 3. Marzabotto.

Fuente: <http://www.nadir.unibo.it/Archeologia/Marzabotto/ITA/abitato/necropoli.htm> (17/02/09).

La figura 3 muestra trazos simples de grandes avenidas principales, pero ya presentaban un ordenamiento más estético.

I.2.3. Grecia (800-30 A. de C.)

Atenas fue una ciudad reconstruida genialmente casi en su totalidad, ya que fue destruida por los persas, pero fue reconstruida como la ciudad más rica y hermosa de toda Grecia. El Pireo, que era su zona portuaria, se trazó de acuerdo con un plan geoméricamente cuadrículado, y fue uno de los primeros ejemplos de planeación urbana en Europa. Los griegos tuvieron una influencia importante y directa en el arte y estilo arquitectónico sobre los romanos, aprendido gracias a los etruscos años atrás. Los griegos hicieron bellas ciudades con calles en forma de cuadrícula, que aumentaban su complejidad de acuerdo al tamaño de la ciudad. Ver figura 4.

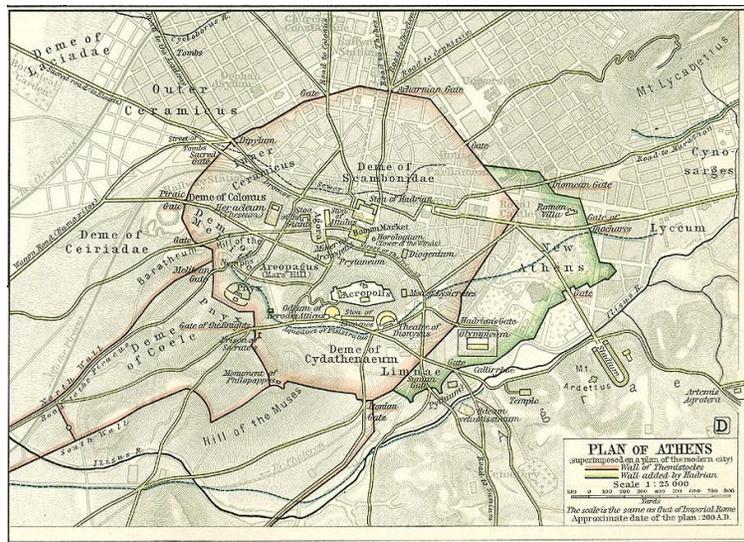


Figura 4. Atenas.

Fuente: <http://ancienthistory.about.com/od/geography/ig/Maps-of-Ancient-Greece/> (31/10/09).

I.2.4. Roma (753 A. de C.- 476 D. de C.)

Las calles de Roma estaban magníficamente pavimentadas y sus proyectistas utilizaban también el modelo en el que las calles forman una rejilla rectangular. El centro de la ciudad estaba protegido por altas murallas y estas tenían cuatro puertas principales en cada punto cardinal. Contaban con un foro de amplio espacio abierto donde se hacían todo tipo de transacciones y además, era la plaza principal del mercado. También ahí estaban los despachos de los jueces y del consejo del estado. La mayoría de las ciudades romanas contaban con baños públicos y una gran red de drenaje con cañerías subterráneas y monumentales acueductos, construidos por arcos hechos de hormigón muy resistentes. Sus ciudades contaban con circos o estadios, anfiteatros, campos de deportes al aire libre llamados *palaestrae*, teatros, así como templos y grandes estructuras reverenciales. Ver figura 5.

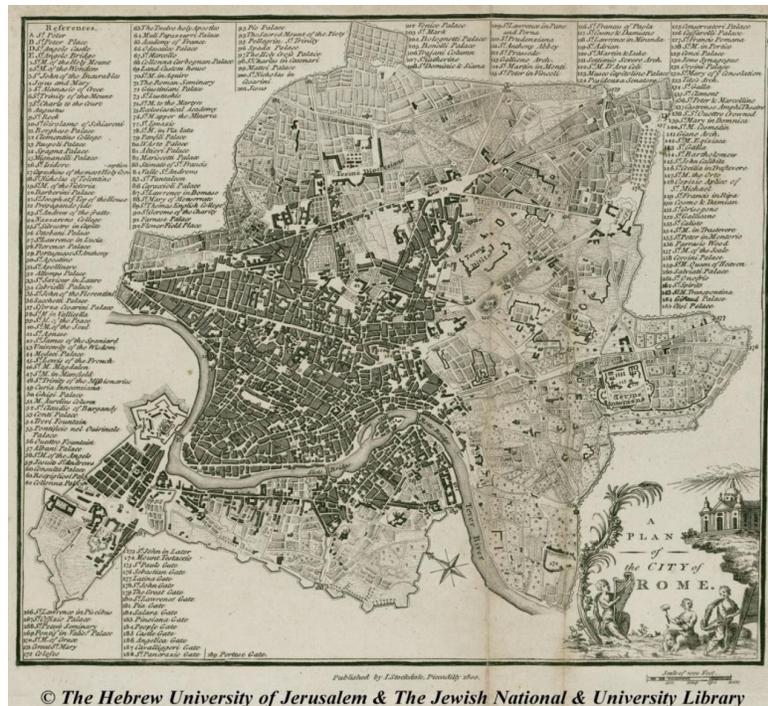


Figura 5. Roma.

Fuente: <http://www.geographos.com/mapas/?p=193> (23/09/08).

Esencialmente, las ciudades romanas estaban diseñadas tomando en cuenta una defensa militar contra agresores usando grandes murallas, un foro central donde se encontraban los servicios, el comercio y el estado. Y alrededor del foro se encontraban las calles, en forma de cuadrícula, donde tenían sus viviendas. Generalmente, estas ciudades eran atravesadas por un río que era usado para transporte, proveer agua y para el desagüe del drenaje subterráneo. El estilo y arquitectura romana, más que la griega, se convirtió en arte clásico, el cual fue conocido mundialmente gracias al Renacimiento Italiano. Muchas otras ciudades del siglo XVIII optaron por el estilo greco-romano de proyectar las ciudades con calles en forma de rectángulo, como la ciudad de San Petersburgo (1703), ahora Leningrado. Esta contaba con amplias calles que formaban grandes rectángulos y estaba cruzada por canales en todas sus direcciones, usados para transporte de carga. Ver figura 6.



Figura 6. San Petersburgo.

Fuente: <http://www.geographos.com/BLOGRAPHOS/?p=195> (09/06/008).

En esta figura se aprecia la forma de cuadrícula de las calles y los canales utilizados como vías grandes y rápidas de transporte en esa época.

I.2.5. China (Desde 1500 A. de C.)

Los orígenes de la civilización china es un misterio, por lo que no se sabe exactamente de que otra cultura se inspiró para el trazado de ciudades. Chang'an (hoy Sian), era una ciudad amurallada y rectangular con 108 barrios residenciales separados por anchas avenidas llenas de árboles. Cada barrio tenía sus tiendas, pozos de agua potable y al menos un templo budista o taoísta. Aparte existían dos grandes mercados con mercancías variadas, todo bajo vigilancia. Sus canales de agua estaban a cielo abierto y estaba poblada con más de un millón de habitantes, la más grande del mundo en la época antigua. Toda la ciudad se construyó con base en las constelaciones. *Ver figura 7.*

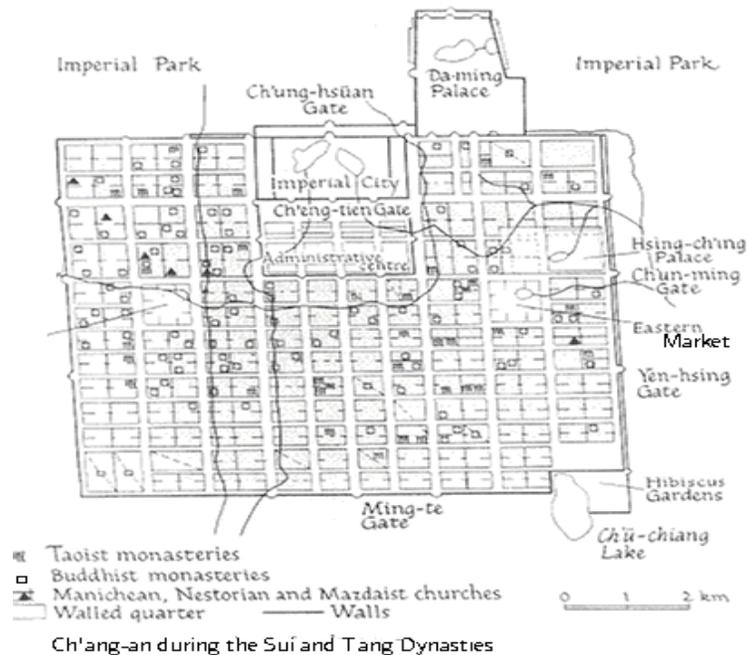


Figura 7. Chang'an.

Fuente: http://asiahistoria.blogspot.com/2007_09_01_archive.html (11/30/09).

La figura 7 muestra un cuadrado casi perfecto con cuadradas aproximadamente del mismo tamaño cada una, mostrando una organización total de la ciudad.

I.2.6. Teotihuacan (siglo I A. de C.-decadencia 700 D. de C.)

Los Teotihuacanos fueron un pueblo nómada que por designios religiosos y espirituales fundaron la ciudad de Teotihuacan, con una población de 100,000 personas. La ciudad estaba proyectada de acuerdo a un plan geométrico bastante preciso, esto es, en forma de cuadrícula con grandes pirámides ceremoniales como la Pirámide del Sol y de la Luna, que fueron erigidas en el centro de la ciudad. La cultura y arquitectura teotihuacana tiene influencia olmeca, la más antigua cultura de mesoamérica. Teotihuacan influyó a todas las culturas mesoamericanas que le precedieron. Ver figura 8.

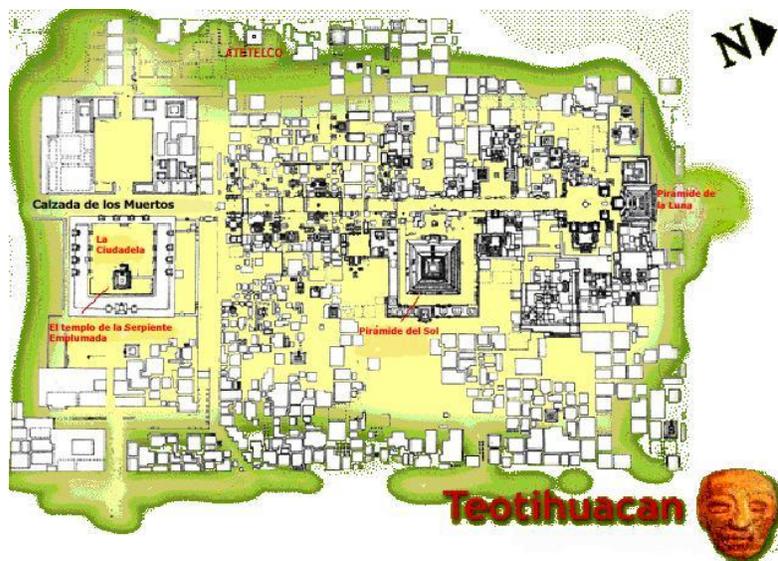


Figura 8. Teotihuacan.

Fuente: <http://www.google-earth.es/foros.php?t=3513> (09/06/08).

I.2.7. Tenochtitlan (1325-1521)

La ciudad de Tenochtitlan, que tenía de 10 a 13 km² de extensión y de 150,000 a 200,000 habitantes. Era una ciudad-isla que era comunicada con la orilla de un lago, por medio de tres calzadas con calles cuadrículadas y rodeada de hermosos jardines que fueron paulatinamente ganados al pantano. Además, contaba con un acueducto en tierra firme desde Chapultepec que llevaba agua potable hacia la ciudad. En toda la metrópoli había canales en los que se podía ir a cualquier parte. En el centro amurallado se edificó un gran centro ceremonial, afuera de este recinto estaban los palacios de los sucesivos emperadores, y en su interior estaba el gran *teocalli*, una pirámide con los santuarios gemelos de Tláloc y Huitzilopochtli. También estaba el templo de Quetzalcóatl, y los *calmecac* (monasterio-colegio). En el centro ceremonial también estaban las canchas para el juego de pelota. *Ver figura 9.*



Figura 9. Tenochtitlan.

Fuente: <http://dialogos.pideundeseeo.org/sociedad/cosas-de-encantamiento> (26/09/08).

En resumen, la evolución en el trazado de las ciudades y en su ordenamiento, ha mostrado la importancia de tener comunicación efectiva dentro de la urbe. Una característica general, con respecto a las vías de comunicación, ha sido utilizar grandes canales, ríos y avenidas hacia las principales zonas de importancia de la ciudad. También se observa que ciertas partes de la ciudad tienen un fin bastante específico, como vivienda, comercio, templos, gobierno, trabajo, etc.

A continuación, se muestra el siguiente paso evolutivo de las grandes ciudades, así como, las propuestas ante las problemáticas de la sobrepoblación, contaminación y conglomeración desordenada que crecen sin control.

I.3. Era Moderna y Era Actual (1900-2008)

“Fueron los problemas surgidos o acentuados a raíz de la Revolución Industrial - insalubridad, hacinamiento, congestión- los que indujeron a los especialistas a no esperar a que los hechos se produjeran para luego lamentar las consecuencias, sino establecer las bases para el planeamiento del desarrollo del futuro de las ciudades, dotándolas de una estructura coherente y ordenada capaz de permitir la realización de las distintas funciones sin interferencia” (Petroni, 1967).

En esta era, aparecieron nuevas ideas y conceptos sobre la planificación de las ciudades para evitar los problemas surgidos con las grandes ciudades industriales, como las ciudades planificadas de la era moderna y las ciudades jardín.

I.3.1. Ciudad Planificada

Una ciudad planificada es una urbe que fue planeada sobre un área de terreno no urbanizado o con muy poca población. No se forma por el asentamiento natural de la población, sino por una decisión administrativa, o sea, un proceso de colonización o un centro económico y/o político. (Wikipedia, 2008).

Algunos ejemplos de ciudades planificadas más importantes son San Petersburgo (1703), Washington D.C. (1791), La Plata (1882), Canberra (1913), Chandigarh (1951), Ciudad Guayana (1961), entre otras.

I.3.2. Washington D.C.

Washington fue planeada para ser la capital nacional permanente de los Estados Unidos. La ciudad se construyó con estilo barroco y con grandes avenidas, que terminan en rotondas para la vista de sus grandes monumentos. En el centro se encuentra el capitolio de los Estados Unidos y las calles de North Capitol Street y South Capitol Street dividen la ciudad de este a oeste, junto con East Capitol Street y National Mall, que sirven para dividir de norte a sur. Estas calles forman cuatro cuadrantes cardinales del Distrito de Colombia, predominando así, el estilo de cuadrícula. Cada avenida tiene el nombre de alguno de los estados, la más famosa, Pennsylvania Avenue, por donde pasa el desfile de Inauguración Presidencial que se extiende del Capitolio hasta la Casa Blanca. *Ver figura 10.*

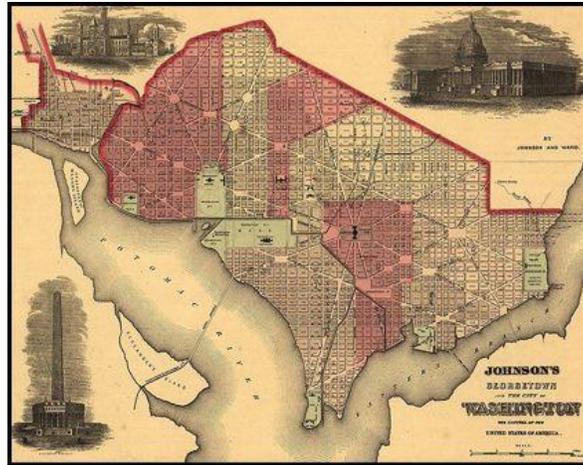


Figura 10. Washington D. C.

Fuente: <http://www.geographos.com/BLOGRAPHOS/?p=230> (26/02/11)

I.3.3. La Plata

La Plata está formada por una cuadrícula atravesada por otras diagonales, donde cada seis calles se encuentra una avenida y en el cruce de cada avenida, se encuentran parques y plazas, a su vez cada una interconectada por una diagonal. En el centro de la ciudad convergen dos diagonales principales, en esta intersección se encuentran los edificios gubernamentales. Otra observación es que, todas sus calles y avenidas están nombradas por números. Las vías de la ciudad están adornadas por grandes árboles florales y frutales que le da un toque muy fresco y frondoso a la ciudad. *Ver figura 11.*



Figura 11. La Plata.

Fuente: <http://www.redargentina.com/MiPais/Lugares/LaPlata.asp> (09/06/08).

En la figura 11 el trazado es casi totalmente cuadrangular, con la variante de las diagonales como avenidas principales con sus edificios de gobierno en el centro.

I.3.4. Chandigarh

Chandigarh se divide en 60 sectores de 1,200m. por 800m. donde cada sector es una pequeña ciudad independiente, con sus propios mercados templos y escuelas. Una característica importante de estas pequeñas ciudades es que están situadas a una distancia menor a 10 minutos a pie desde cualquier extremo. *Ver figura 12.*

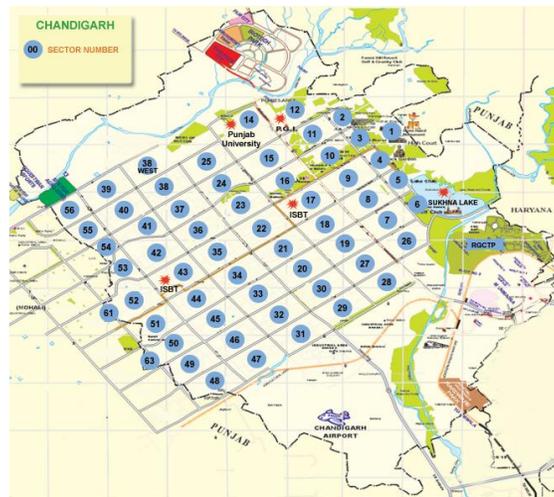


Figura 12. Chandigarh.

Fuente: <http://laboratoriodeurbanismo.blogspot.com/2011/01/n.html> (18/02/09).

La ciudad sigue el estilo de la cuadrícula pero con la diferencia de que cada cuadra, es una pequeña ciudad independiente y autosuficiente de las otras cuadras.

I.4. Ciudad jardín

Otra forma de planear metrópolis fueron las ciudades jardín, las primeras ideas las propuso Ebenezer Howard en su libro *“To-Morrow: A Peaceful Path to Real Reform”* en 1898. Son localidades bellamente organizadas, básicamente en un medio ambiente saludable, por lo que tienen un crecimiento controlado con un máximo de habitantes. No son urbes muy grandes, sólo lo suficiente para que sus habitantes tengan una vida social satisfactoria.

La principal característica era que, la ciudad estaba rodeada de vegetación y las comunidades rurales tenían una proporción 3 a 1 con la parte urbanizada. Howard combinaba los elementos positivos de una zona rural con una urbana. Las primeras ciudades jardín se fundaron a principios del siglo XX en Inglaterra (Letchworth 1903 y Welwyn Garden City 1920).

I.4.1 Letchworth

En Letchworth, Howard creó una ciudad rodeada de un aro de vegetación y una zona de cultivo. Ver figura 13.

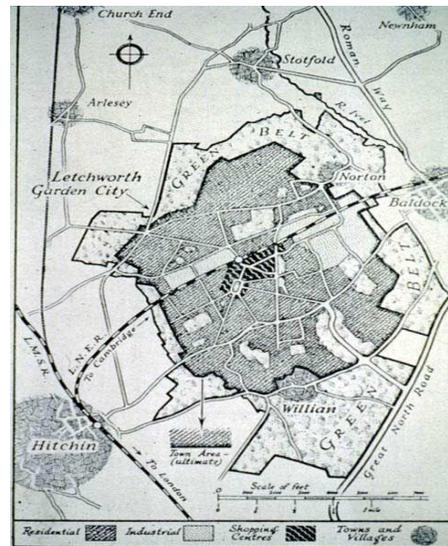


Figura 13. Letchworth.

Fuente: <http://www.lib.umd.edu/NTL/gardencities.html> (06/09/08).

En este diseño no se usa la cuadrícula de las calles, se muestra un tanto irregular pero con la característica nueva de rodear los límites con zonas verdes de cultivo. Diseño que mejora el paisaje gris de las grandes urbes.

I.4.2 Welwyn

Welwyn fue la segunda ciudad construida por Howard, la ciudad emana armonía y tranquilidad desde su parque en el centro de la ciudad. Ambas ciudades tuvieron mucho éxito en Inglaterra. Su creador fomentaba la idea de la perfecta combinación entre la naturaleza y la ciudad. La ciudad es

muy parecida a Letchworth y con las mismas características ecológicas, mejorando notablemente el paisaje urbano con un mínimo de contaminación. Ver figura 14.



Figura 14. Welwyn Garden City.

Fuente: <http://www.rickmansworthherts.freemove.co.uk/howard1.htm> (18/02/09).

Las ciudades jardín llamaron mucho la atención en Europa, tanto que en Inglaterra era casi una ley que las siguientes ciudades construidas debían de tener un diseño tipo ciudad jardín. Desde el principio del siglo XX, los urbanistas construían ciudades tomando en cuenta la necesidad de la armonía, tanto de sus habitantes como del entorno natural en el que se encontraban. Estas ideas fueron bien recibidas por su funcionalidad pero fue hasta 1933, que se pudieron plasmar formalmente los axiomas para las nuevas ciudades con una conciencia ecológica e inteligente.

I.4.3 Canberra

La ciudad está organizada por siete distritos, y cada distrito en *quarters*, o barrios, cada uno tiene una función. Existen varios barrios, como el administrativo, el comercial y el de negocios; el industrial y el laboral; el universitario, el residencial y el de esparcimiento. Cada distrito cuenta con un centro comercial y casi todos los barrios cuentan con sus propias tiendas locales. Las escuelas tienden a estar cerca de estos centros comerciales con otras facilidades para su población. Algunos

proyectos de construcción nunca se completaron por la gran depresión de los años treinta. Otro problema fue el crecimiento más allá de lo planeado. Canberra se fundó desde cero como una ciudad jardín, anteriormente se habían construido ciudades jardín, pero no para ser capitales de un país como Canberra. *Ver figura 14.*

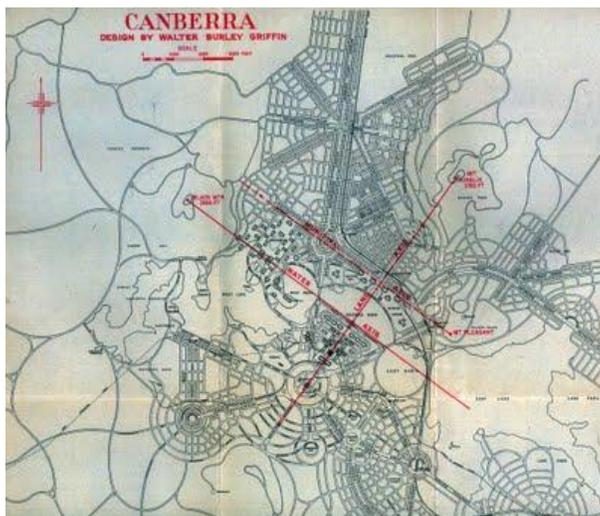


Figura 15. Canberra.

Fuente: <http://madrid2008-09.blogspot.com/2009/03/apuntes-miercoles-4-de-marzo.html> (30/11/09).

Aquí se observa un marcado estilo circular de las calles y avenidas, donde cada circunferencia o barrio tiene una función específica dentro de la ciudad.

I.5. Principios del Urbanismo Inteligente

Con el surgimiento de las metrópolis planificadas y ciudades jardín, se desarrollaron nuevas teorías en el ramo del urbanismo. Se crearon postulados para la proyección de localidades inteligentes (algunas de estas ideas ya se habían puesto en práctica desde las ciudades jardín), postulados propuestos hasta 1933. Los Principios de Inteligencia Urbana, fueron creados por el Congreso Internacional de la Arquitectura Moderna, CIAM, (por sus siglas en inglés ICMA, International Congress of Modern Architecture.). Básicamente, son diez axiomas para la teoría de la planeación urbana inteligente.

i) Balance con la naturaleza.

Utilizar recursos, no explotarlos. Aquí se propone tener un balance ecológico con el medio ambiente, haciendo todo lo posible por reciclar recursos y evitar dañar el ecosistema del lugar lo menos posible, minimizando la deforestación y erosión.

ii) Conservación de la tradición.

Tener un balance con la cultura del lugar, respetar diseños o los materiales usados para la construcción de los poblados que anteriormente se construían ahí.

iii) Tecnología apropiada.

Usar técnicas de construcción, sistemas de infraestructura, y los materiales apropiados para el clima, tipo de suelo y locación del lugar, donde se va a erigir una ciudad.

iv) Socialización.

La idea es tener lugares para los diversos tipos de convivencia, como lugares para niños y sus familias, otros para únicamente adultos, espacios tanto deportivos como culturales o simplemente de esparcimiento. También, los lugares solitarios y tranquilos para la individualidad de las personas.

v) Eficiencia.

Como el nombre lo dice, se trata de optimizar todos los recursos y elementos de una ciudad, tales como, el transporte, tiempo de traslado, consumo de energía, acceso, productividad, ocupación, seguridad, reciclado, etc.

vi) Matriz de oportunidad.

La ciudad debe de tener la capacidad de brindarles a sus habitantes un desarrollo en los factores económico, social, intelectual, de vivienda y con oportunidades de trabajo. Además, que cuente con servicios como: drenaje, alumbrado, energía, transporte, y también de facilidad de

información, compromiso económico de crecimiento e infraestructura, educación, alimento, salud e higiene, recreación, seguridad y comunicación.

vii) Integración regional.

La integración regional es el intercambio de servicios e información dentro de la ciudad. La ciudad debe de satisfacer sus mismas necesidades, suministrando servicios en toda la región, interactuando consigo misma. Un ejemplo es el servicio del agua, que satisface a toda la ciudad, tanto a empresas como a ciudadanos y estos a su vez trabajan para las empresas que intercambian sus servicios con las plantas de agua, ayudándoles al cobro o administración de recursos.

viii) Tránsito orientado al desarrollo.

Organizar todos los sistemas de transporte, como pasos peatonales, caminos para bicicletas, líneas de autobús, tren subterráneo, calles y avenidas, para evitar conglomeraciones de vehículos y personas. Y también, saber posicionar el medio de transporte conveniente para cada zona de la ciudad, dependiendo de la densidad poblacional y demanda de transporte.

ix) Escala humana.

La escala humana es la interacción directa de los individuos, el trato de las personas cara a cara con sus semejantes, para un fortalecimiento de convivencia y sociedad de los habitantes.

x) Integridad institucional.

La integridad institucional busca la efectividad, transparencia y confiabilidad de las instituciones y sus servicios, fomentando la evolución y mejoramiento de todas las instituciones de la ciudad. Así, la urbe alcanza una mejor administración y un mejor nivel de vida para su comunidad.

Todos estos principios son una guía para la planeación y construcción de nuevas metrópolis lo más armónicas posibles, tanto con sus habitantes como con su entorno. Un ejemplo importante y reciente de una ciudad planificada con los principios del urbanismo inteligente es Brasilia.

I.5.1. Brasilia

Brasilia, capital de Brasil, se inauguró en el año 1960 y fue organizada en dos partes divididas por grandes avenidas. Sus dos partes están subdivididas en “super cuadras”, constituidas por grandes zonas de edificios, cada super cuadra tiene su propio comercio local. Toda la localidad tiene una forma de avión si se ve desde el aire, donde las super cuadras se encuentran en las alas; la cabina y la cola son sus edificios gubernamentales y su zona de administración local, respectivamente. Algo muy peculiar de esta ciudad, es que no tiene esquinas en sus calles.

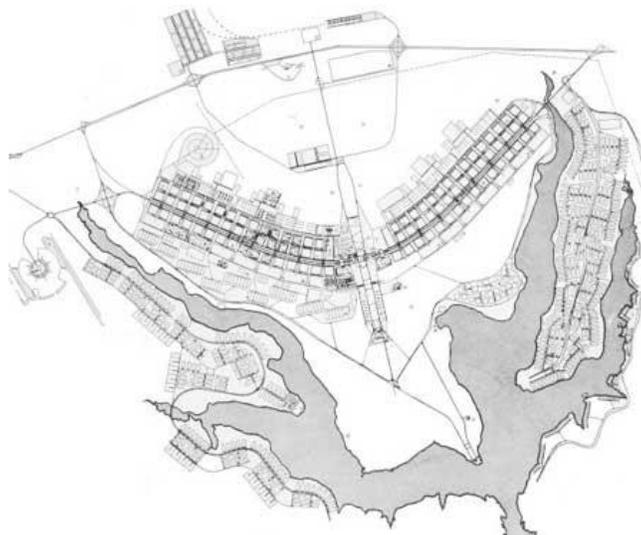


Figura 16. Brasilia.

Fuente: <http://trasladodelacapital.blogspot.com/2007/11/brasilia-2.html> (09/06/08)

La figura 16 muestra el acomodo de la urbe en lo que parece un avión, con sus alas en los costados, rompiendo totalmente con los planos anteriores. Su diseño innovador muestra lo variado que puede llegar a ser el diseño de una localidad, sin perder la zonificación. Además, cuenta con bastas extensiones de áreas verdes usadas para la convivencia de los pobladores.

Hasta aquí, se ha visto el desarrollo de la planificación de las metrópolis y las diferentes formas en cómo están organizados algunos factores, por ejemplo, la vivienda, escuela, comercio y zonas con espacios abiertos, entre otras. En el capítulo III se expondrán ejemplos de cómo se podrían organizar ciudades planificadas, viéndolas desde el punto de vista matemático y aplicando los Principios del Urbanismo Inteligente. A continuación, se explicarán los conceptos de teoría de redes necesarios para la realización de este trabajo.

CAPÍTULO II

II. REDES

En problemas específicos que puedan representarse con modelos de redes, existen diversos algoritmos para su solución. Por ejemplo, el diseño, construcción y capacidad de vías de comunicación, o también, organizar un calendario de actividades, son algunos escenarios que pueden resolverse con *algoritmos* de optimización de redes. Entonces, encontrar una ruta más corta, minimizar costos, maximizar recursos, programar o asignar actividades de forma efectiva, podrían ser las soluciones para dichos problemas. En este trabajo, el enfoque es considerando únicamente el problema de la ruta más corta y el método de asignación.

Por otra parte, una ciudad puede ser representada como una gráfica, con sus grandes avenidas y sus lugares más importantes. También, puede modelarse la asignación de recursos destinados a la realización de tareas, en particular, representando un empleado como un recurso y un trabajo como una tarea.

A continuación, se exponen los conceptos necesarios para comprender el tema de redes y los algoritmos que se van a utilizar, para encontrar una respuesta a los problemas propuestos en un principio.

II.1. Conceptos básicos

Las gráficas están constituidas por un conjunto de *nodos* y *arcos*. Los nodos son los puntos en la gráfica que están enlazados por los arcos, donde todo nodo conectado es un *nodo adyacente* y cualquier arco que tenga como extremo un nodo, *es un arco incidente*. En particular, un nodo podría ser una zona de la ciudad y los arcos las avenidas. En forma matemática una gráfica, consta de un conjunto de nodos unidos por arcos (o aristas). La notación para describir una gráfica G es $G=(N, A)$, en donde N es el conjunto de nodos y A es el conjunto de arcos. También podemos definir a un arco como la pareja (i, j) , donde $i, j \in G$. Cuando los elementos de A tienen dirección, se les denota como arcos, si no la tienen son llamados aristas. Las siguientes definiciones son algunas formas de redes que se pueden encontrar.

Una red no dirigida consta de arcos no ordenados llamados aristas, estas tienen sentido para ambos lados, o sea que se puede ir y venir por ese arco.

Un ejemplo de una red no dirigida se puede visualizar en la figura 1.

$$G=(N,A)$$

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

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

Se hace notar que la arista $(1,3)$ se puede ver como la arista $(3,1)$ pues no importa el sentido.

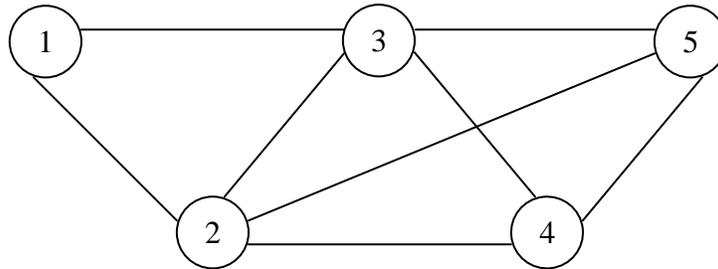


Figura 1 .Gráfica no dirigida.

Gráfica dirigida o digráfica: En una gráfica dirigida un arco es un par ordenado. Esto es, si $(1,2)$ está dirigido, entonces 1 es un nodo inicial (el arco sale del nodo 1) y 2 es el nodo final (el arco entra al nodo 2). La conexión es únicamente del nodo inicial al final. Por otro lado, una gráfica tiene una *función de costo* relacionada directamente con sus arcos, esto es, el costo que se debe solventar por transitar por un arco, que puede ser el tiempo de traslado, el costo monetario o incluso una probabilidad de que ocurra un siniestro.

Ejemplo de una gráfica dirigida con costos en sus arcos se visualiza en la figura 2.

$$G=(N,A)$$

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

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

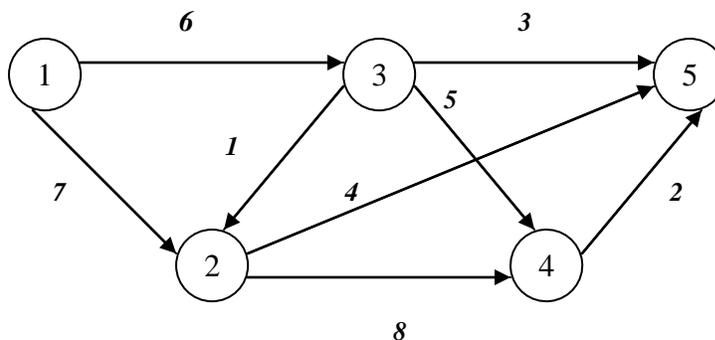


Figura 2. Gráfica dirigida.

Existe también la *gráfica bipartita*, es cuando una gráfica se parte en dos conjuntos de nodos y estos conjuntos están conectados por arcos. En este trabajo se utiliza esta red para la representación de empleados con trabajos. (Ver figura 3).

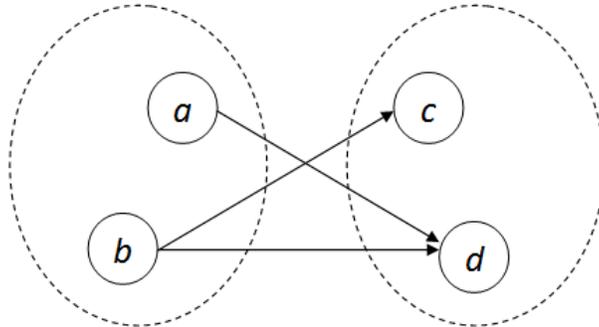


Figura 3. Gráfica bipartita.

Por otra parte, el recorrido en una gráfica dirigida por donde se pasa una sola vez se le llama *ruta*, y en la que se repite la secuencia de algunos nodos y arcos, se conoce como *camino*. La *longitud de una ruta* es la suma de la distancias de los arcos de la ruta, $d(Ar) = dAr_1 + dAr_2 + \dots + dAr_n$, donde Ar es una ruta. Cuando la ruta Ar no existe se pone el signo infinito (∞). Se puede encontrar un camino donde el nodo inicial y final coincidan, a esto se le conoce como *ciclo*, y si los arcos llegan a tener la misma dirección, se le llama *circuito*.

Puede haber gráficas que estén conectadas y no tengan ciclos, conocidas como *árbol*. Una *arborescencia*, es un árbol dirigido con un nodo inicial, llamado raíz.

Ahora bien, para facilitar los cálculos al trabajar con una gráfica, ésta puede representarse en matrices, como la *matriz de incidencia*, esta matriz de $n \times m$ consta de n nodos y m arcos que deben cumplir:

$$e(i, j) = \begin{cases} +1 & \text{si el arco } j \text{ sale del nodo } i \\ -1 & \text{si el arco } j \text{ entra al nodo } i \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Es decir, es 1 cuando el arco sale de un nodo y -1 cuando entra, y cuando no hay ninguna conexión el valor es 0 .

A continuación se muestra un ejemplo de una gráfica dirigida y su correspondiente matriz de incidencia. (Ver figuras 4 y 5).

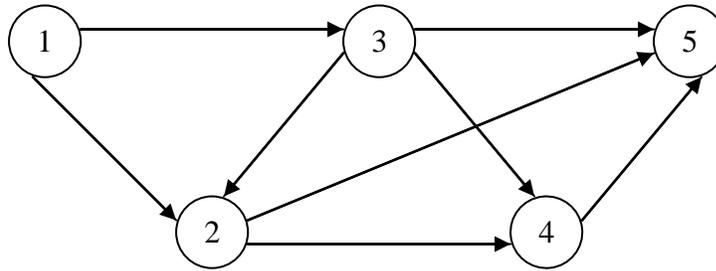


Figura 4. Gráfica dirigida.

$$\begin{array}{c}
 (1,2) \quad (1,3) \quad (2,4) \quad (2,5) \quad (3,2) \quad (3,4) \quad (3,5) \quad (4,5) \\
 1 \quad \left(\begin{array}{cccccccc}
 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -1
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Figura 5.
Matriz de incidencia de la figura 4.

Otra representación es la *matriz de adyacencia*, es una matriz cuadrada de $n \times n$ nodos que cumple con:

$$q(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{si existe un arco que sale de } i \text{ y que llegue a } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Es decir, toma el valor de 1 todo nodo que tenga un arco de salida. Ejemplo con la gráfica anterior, se aprecia en la figura 6.

$$\begin{array}{c}
 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \\
 1 \quad \left(\begin{array}{ccccc}
 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Figura 6.
Matriz de adyacencia de la figura 4.

II.2. Ruta más corta

El algoritmo de la ruta más corta, como su nombre lo dice, encuentra el recorrido más corto de un punto origen a un punto destino dentro de una gráfica. Algunas de sus aplicaciones son, el reemplazo de equipo como función del tiempo de duración y el costo de reemplazo; la ruta más confiable, que es cuando se busca minimizar algún tipo de riesgo probable de traslado y no el costo; minimizar tiempos y también, se puede usar para resolver problemas como el acertijo de las tres jarras de diferentes graduaciones, para sacar una cantidad diferente a las graduaciones en un mínimo de pasos.

El problema de la ruta más corta consta de diferentes variaciones y condiciones para que exista una solución, estas son:

- a) Del nodo inicial b_i al nodo destino b_t .
 - Existe una ruta A_r entre b_i y b_t .
 - No existen circuitos negativos en la gráfica.

- b) Del nodo inicial b_i a todo nodo de la gráfica i .
 - Existe una ruta de b_i al nodo i .
 - No existen circuitos negativos en la gráfica.

- c) Entre todo par de nodos.
 - Existe, al menos, una ruta A_r entre todo par de nodos.
 - No existen circuitos negativos en la gráfica.

II.2.1. Ruta más corta con programación lineal

Para plantear el problema de ruta más corta en programación lineal, en forma general, se puede ver como el envío de una unidad de flujo del nodo origen I a un nodo destino t con el mínimo costo. Así, $b_i = 1$, $b_t = -1$, $b_i = 0$ para $i \neq I$ ó t . Matemáticamente queda:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^t x_{ij} - \sum_{k=1}^t x_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 1 \\ 0 & \text{si } i \neq 1 \text{ ó } t \\ -1 & \text{si } i = t \end{cases} \quad (2)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, t \quad (3)$$

Donde (1) es la función de minimización de los costos, (2) las restricciones de los nodos, y para $i \neq 1$ ó t , son las restricciones de conservación de flujo, es decir, el flujo que entra a un nodo, debe salir. Y (3), las restricciones de no negatividad, en este caso, indican que las variables son binarias.

Cabe mencionar que, la última restricción (3) puede plantearse como:

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

Pues las restricciones se forman con la matriz de incidencia, formando una matriz unimodular, esto quiere decir que, si existe una solución óptima el método simplex obtendrá los valores 1 ó 0 .

II.2.2. Algoritmo de Dijkstra

En este trabajo, para resolver el problema de las rutas de transporte y traslado de personas de todas las gráficas o ciudades, se utilizará el algoritmo de Dijkstra. Este algoritmo encuentra la ruta más corta entre el nodo origen y el nodo final, con la particularidad de encontrar las rutas más cortas entre el nodo origen y cada uno de los otros nodos de la gráfica anteriores al nodo final. En este caso, parte de un lugar específico de la ciudad para llegar a un destino cualquiera. Así, se podrá saber la ruta más corta y menos costosa para llegar a cualquier nodo o parte de la ciudad y por lo tanto la que requiere el menor tiempo de traslado. El algoritmo avanza de un nodo origen al nodo inmediatamente siguiente, catalogando la ruta como temporal o permanente, según sea el caso. En un principio, se clasifica temporal a todas las distancias de la gráfica, con excepción del nodo origen, ya que este se considera como permanente. Si del nodo origen existen varios caminos hacia el nodo destino, se prueba la distancia de los nodos adyacentes al origen y de entre ellos se clasifica como permanente la que tenga la mínima distancia, para después pasar a los siguientes nodos adyacentes de este último nodo permanente y repetir el proceso hasta llegar al destino, descartando

las rutas de mayor costo, o sea las más largas. Así, se consigue la ruta más corta de todas las rutas posibles hacia ese destino, para conseguir un resultado óptimo del traslado en la ciudad.

Es decir, el propósito del algoritmo de Dijkstra es obtener la distancia más corta entre un nodo origen b_1 , y cada nodo de la red, $R = [N, A, d]$ con n nodos y costos no negativos. Una red R compuesta de un conjunto de nodos N y arcos A con distancia d .

Algoritmo de Dijkstra:

Primer paso.

Sea $d(b_1) = 0$ como permanente, es decir $d(b_1^*)$.

Sea $d(x) = \infty$, $\forall x \neq b_1$ son temporales.

Sea $a(x) = p$ como predecesor de x .

Y sea $p = b_1$.

Segundo paso.

$\forall x \in \Gamma^+(p)$ con etiqueta temporal, actualizar etiquetas de acuerdo a:

$d(x) = \min\{d(x), d(p) + d(p, x)\}$.

Si $d(x)$ cambió, hacer $a(x) = p$.

Sea $d(x^*) = \min\{d(x) \text{ tal que } d(x) \text{ es temporal}\}$.

Si $d(x^*) = \infty$, se termina pues no hay ruta al nodo destino. En otro caso, se marca la etiqueta como $d(x^*)$ permanente. Los empates se rompen arbitrariamente.

Sea $p = x^*$.

Tercer paso.

Para la ruta más corta.

Si $p = t$, siendo t el nodo destino, finalizar. $d(p)$ es la longitud de la trayectoria más corta.

Si $p \neq t$, ir al segundo paso.

La solución de la ruta más corta entre cada nodo queda representada mediante una arborescencia raíz, donde la raíz es el nodo origen.

Ejemplo.

Encontrar la ruta más corta del nodo a al nodo d . Ver figura 7.

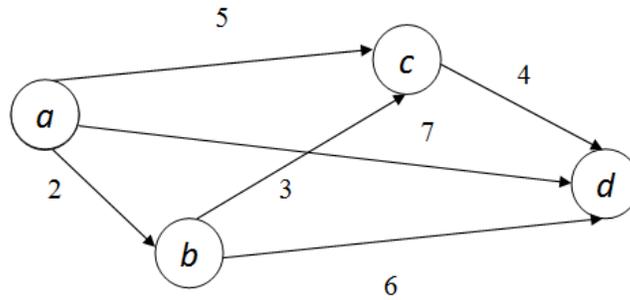


Figura 7.

Sea $d(a) = 0^*$

$a(x) = p$

$p = a$

$\Gamma^+(a) = b, c, d.$

$d(b) = \min\{\infty, 0 + 2\} = 2$ $a(b) = a$ $d(b) = 2^*$

$d(c) = \min\{\infty, 0 + 5\} = 5$ $a(c) = a$

$d(d) = \min\{\infty, 0 + 7\} = 7$ $a(d) = a$

$\Gamma^+(b) = c, d.$

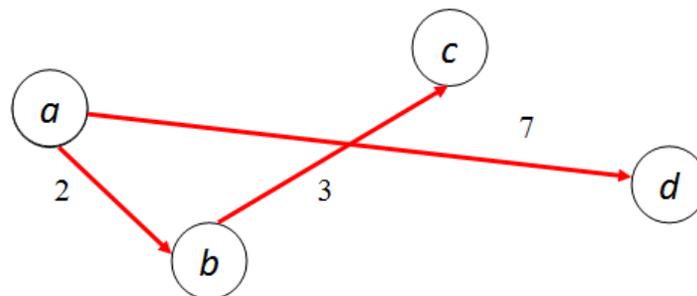
$d(c) = \min\{5, 2 + 3\} = 5$ $a(c) = b$ $d(c) = 5^*, d(b) = 5^*$

$d(d) = \min\{7, 2 + 6\} = 7$ $a(d) = b$

$\Gamma^+(c) = d.$

$d(d) = \min\{7, 5 + 4\} = 7$ $a(d) = a$ $d(d) = 7^*$

Aquí se termina, pues se llegó al nodo destino y está marcado como permanente. Entonces, la ruta más corta del nodo inicial al nodo final es, a, d con costo 7 . Y su arborescencia de la ruta más corta entre cada nodo se muestra en la figura 8.

Figura 8. Arborescencia raíz del nodo a al d , de las rutas más cortas de la figura 7.

II.3. Problema de asignación

El problema de asignación está representado por una red bipartita, en donde el primer conjunto de nodos es visto como puntos de origen y el siguiente conjunto de nodos, como puntos destino. Es un problema uno a uno, pues todos estos nodos están conectados por arcos (i, j) , que unen el punto origen i , con el punto destino j .

En un problema de asignación se deben cumplir las siguientes suposiciones:

1. El número de asignados debe ser igual al número de tareas.
2. Cada asignado se asigna exactamente a una tarea.
3. Cada tarea debe realizarla exactamente un asignado.
4. Existe un costo c_{ij} asociado con el asignado i , ($i = 1, 2, \dots, n$) que realiza la tarea j , ($j=1, 2, \dots, n$).
5. El objetivo es determinar cómo deben hacerse las n asignaciones para minimizar los costos totales.

Ahora, cualquier problema que cumpla estas suposiciones se puede resolver de forma eficiente mediante un algoritmo de asignación, que en este caso es el método Húngaro.

II.3.1 Problema de asignación con programación lineal

Para resolver un problema de asignación con programación lineal, dado que se tienen n empleados y n trabajos, se plantea de la siguiente forma: se tiene un costo c_{ij} al asignar un empleado i a un trabajo j y sea:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si se asigna al empleado } i \text{ al trabajo } j \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

El planteamiento en programación lineal es:

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

Sujeta a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \quad (4)$$

Donde (1) es la función objetivo de minimización de costos; (2) y (3), son las restricciones que garantizan que a cada empleado se le asignará una tarea, y que cada tarea será asignada a un empleado, respectivamente. Por último, (4) son las restricciones de las variables que deben de ser binarias.

II.3.2. Método Húngaro

El método Húngaro resuelve eficientemente el problema de asignación. En este trabajo se va a utilizar para determinar empleos a los habitantes de la ciudad, para que así se les dé un empleo de acuerdo al salario y a sus cualidades. Se toma la lógica de asignar el empleado menos costoso de todos los demás para un trabajo requerido, partiendo de que todos los empleados tienen la capacidad y características para realizarlo a un costo diferente. Los empleos y empleados se representan en una matriz cuadrada, considerando que el número de empleos es igual al número de trabajadores, en columnas los empleos y los trabajadores en filas, o viceversa. En este problema, los empleos son columnas y los trabajadores filas. Si la cantidad de empleos no es la misma de trabajadores, entonces el algoritmo arroja una solución incorrecta, es por esto que la matriz debe de ser cuadrada. En caso de no tener las suficientes filas o columnas para que la matriz sea cuadrada, se pondrán filas o columnas ficticias, según sea el caso con un costo de cero.

Además, las casillas son llenadas con los salarios que ofrecen las empresas de cada empleo. Una columna de una matriz tendrá en sus casillas el mismo salario, esto quiere decir que ese salario se le ofrece a cada trabajador que se postule para ese empleo (una persona que esté en una fila de esa matriz), así a una persona se le puede asignar cualquier empleo que este en su misma matriz pero con diferente salario. El algoritmo escogerá el salario más bajo o menos costoso para la empresa.

El primer paso del algoritmo es marcar la casilla menos costosa, ya sea tomando esa casilla como de las filas o de las columnas. Después, si se escogió columnas se le resta ese costo a toda la columna o si se tomó fila se resta a toda la fila. Asimismo, el proceso se repetirá en las columnas o filas que

faltan, así habrá por lo menos un cero en todas las columnas y filas, estos ceros deben de estar distribuidos de tal forma que tengan un sólo cero asignado sin que se repita una asignación. Ejemplo de un problema de asignación con método Húngaro. *Ver tabla I.*

Tabla I.

		Empleos		
		D	E	F
Trabajadores	a	3	26	3
	b	11	3	18
	c	13	8	3

Se resta el número menor de todas las columnas, en este caso el 3. *Ver tabla II.*

Entonces, la asignación queda:

El trabajador **a** se le asigna el empleo **D**.

El trabajador **b** se le asigna el empleo **E**.

El trabajador **c** se le asigna el empleo **F**.

Con un costo monetario de $3+3+3=9$ unidades monetarias.

Tabla II.

		Empleos		
		D	E	F
Trabajadores	a	0*	23	0
	b	8	0*	15
	c	10	5	0*

Esta es la matriz de asignación después de restar el costo menor de cada fila y con un cero asignado por cada fila y columna, sin que haya dos ceros asignados en una misma fila o columna. En este caso el algoritmo termina, pues ya se encontraron los ceros en cada fila y columna, estas son las asignaciones con el menor costo.

En dado caso que no se pueda asignar un cero único a cada fila y columna, se tacharán los ceros con el mínimo de líneas posibles y se le restará el costo menor de las casillas no marcadas a todos los valores no tachados. Además, en el caso de los valores marcados por la intersección de dos líneas, se le sumará el valor del costo menor.

Siguiente ejemplo del problema inicial de asignación. *Ver tabla III.*

Tabla III.

		Empleos		
		d	e	f
Trabajadores	a	1	3	2
	b	6	5	3
	c	2	7	8

Se resta el número menor de todas las filas. Como no se tiene un cero único en cada fila y columna, se tachan todos los ceros con un mínimo de líneas y se resta el costo mínimo de las casillas no tachadas, y a las casillas con intersección de líneas se suma el número que fue restado de las casillas no tachadas. *Ver tabla IV.*

Tabla IV.

		Empleos		
		d	e	f
Trabajadores	a	0	2	1
	b	3	2	0
	c	0	5	6

Si existe el caso de no seguir teniendo ceros asignados, se repite el procedimiento.

Se resta el mínimo a las casillas no tachadas y sumando uno a la intersección queda la tabla V, para después asignar los ceros únicos de una fila y columna. *Ver tabla V y VI.*

Tabla V.

		Empleos		
		d	e	f
Trabajadores	a	0	1	0
	b	4	2	0
	c	0	4	5

Tabla VI.

		Empleos		
		d	e	f
Trabajadores	a	0	0*	0
	b	4	1	0*
	c	0*	3	5

En esta parte se puede encontrar un único cero asignado a cada fila y columna. Quedando como resultado:

El empleo **e** se le asigna al trabajador **a**

El empleo **f** se le asigna al trabajador **b**

El empleo **d** se le asigna al trabajador **c**

El costo mínimo total para la asignación de esta matriz es la suma de los costos iniciales de las casillas asignadas con un cero.

$$\text{Costo mínimo} = 3 + 3 + 2 = 8$$

Con este ejemplo se explica la forma de trabajar del algoritmo que se aplicará en los siguientes problemas de asignación.

Como se vio en el ejemplo anterior, los costos en las casillas iniciales fueron diversos en cada columna y fila. En el caso de esta tesis, el costo o salario es el mismo para cada trabajador, pues la matriz está formada por trabajadores con las mismas características requeridas para el trabajo, es decir, cada empleado cobra el mismo salario. *Ver tabla VII.*

Tabla VII.

		Empleos		
		d	e	f
Trabajadores	a	4	3	5
	b	4	3	5
	c	4	3	5

El próximo capítulo muestra los diseños de ciudades propuestas para su resolución, la teoría vista en este capítulo permitirá entender la forma de trabajar al resolver los problemas de la ruta más corta y asignación de empleos.

CAPÍTULO III

III. PROCEDIMIENTO

Una ciudad cuenta con factores primordiales para que sea funcional y no dependa tanto de factores extrínsecos. En este capítulo, se muestra como son acomodados los factores primordiales de una ciudad, principalmente la vivienda y la zona de empleos, para crear ciudades totalmente pensadas para hacer un mínimo de tiempo en el traslado dentro de la urbe. Se presentan distintos modelos de ciudades para pequeñas y grandes poblaciones. Por otro lado, se considera la asignación de empleos para los habitantes y así, tener una metrópoli completa y ordenada con urbanismo inteligente.

III.1. Factores de una ciudad

Para organizar los siguientes modelos de ciudad, se utilizan los postulados del urbanismo inteligente del capítulo I. Específicamente, la eficiencia para el tiempo de traslado y búsqueda de empleo; la matriz de oportunidad para el desarrollo intelectual y laboral; integración para que las personas trabajen en el sustento de la ciudad y esta misma les de trabajo; tránsito orientado al desarrollo para formular las vías de transporte más eficientes con capacidad suficiente para evitar exceso de demanda; escala humana y socialización para aumentar el contacto humano como sociedad e impedir el aislamiento de los individuos. La ciudad va a ser representada como una gráfica, donde los factores principales serán vistos como nodos, puntos en una gráfica, comunicados por las líneas llamadas arcos. Y estos estarán acomodados según su prioridad funcional. Los criterios para acomodar son los siguientes:

Para que una urbe se forme se requieren primero individuos, pues son los más importantes para tener una metrópoli. Es por esto que el primer factor de una ciudad es la habitación, que será llamado nodo **a**. Ahora, para que las personas logren mantenerse, se demandan empleos (nodo **b**), y para intercambiar lo ganado en sus empleos con los servicios y productos que requieren para vivir, se obliga el nodo **c** de comercio. Así, los demás nodos están ordenados elementalmente de la **a** a la **l** con este criterio de demanda. De acuerdo con McLoughlin, 1971, los factores, representados como nodos, que debe de tener una ciudad para que funcione como tal son:

- a) Habitación, nodo **a**.
- b) Empleos, nodo **b**.

- c) Comercio², nodo **c**.
- d) Bolsa y Banco, nodo **d**.
- e) Tiendas, nodo **e**.
- f) Edificios de Gobierno, nodo **f**.
- g) Asistencia Médica y Atención Social, nodo **g**.
- h) Escolaridad, nodo **h**.
- i) Bibliotecas, nodo **i**.
- j) Museo, nodo **j**.
- k) Espectáculo cultural y comercio³, nodo **k**.
- l) Espacios abiertos, nodo **l**.

III.2. Acomodo de los nodos

El acomodamiento de las partes de una ciudad puede ser variada, pues estas dependen sobre todo de la geografía y recursos del lugar en el que se quiera construir una localidad. En esta tesis, se supondrá que el terreno donde se va erigir una metrópoli es el óptimo. Es decir, un lugar que sea una planicie de gran tamaño con los suficientes recursos naturales, con uno o dos ríos, o costas aledañas para aprovecharlas como transporte y suministro de recursos marinos, junto con un clima aceptable para un ser humano. Estas son las características óptimas que debe tener el lugar para la construcción de una urbe. Los diseños de las metrópolis expuestas en el capítulo I, fueron en su mayoría planos de cuadrícula o también conocidos como plano ortogonal. Otros fueron de diseño radio céntrico como las ciudades jardín. En este trabajo los modelos que se utilizarán son de tal tipo, para que las distancias dentro de la localidad sean, en lo más posible, equidistantes, y por lo tanto, más fácil y rápido el traslado de las personas de un lugar a otro.

III.2.1. Propuesta de ciudad Gráfica 1

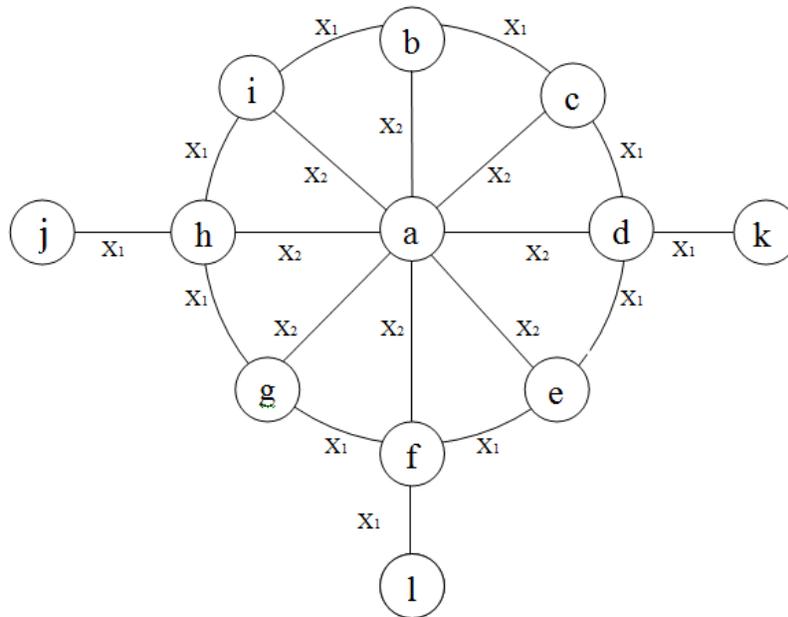
Primero tenemos que hacer una abstracción de una ciudad, para verla de una forma matemática. Al principio de este capítulo mencionamos que los factores de una ciudad serían representados como

² Comercio de la canasta básica.

³ Comercio de artículos como ropa, electrodomésticos, etc.

nodos, y ahora se acomodarán dentro de una red no dirigida para que las vías de comunicación sean bidireccionales.

Se acomoda el nodo **a** de habitación en el centro de la ciudad. Después se ordenan los otros nodos del modo más conveniente. En este caso, alrededor de la de vivienda creando una circunferencia. Así la distancia de **a**, hacia los otros nodos en la periferia del círculo es la misma, la distancia es x_2 . Con esto los factores de la ciudad están cerca de las viviendas, y así se haría el mínimo de tiempo y sería menos costoso para los habitantes que se trasladan dentro de la ciudad. Las distancias de los nodos que están en el perímetro del círculo es x_1 y son equidistantes entre ellos, sólo para conservar una estética y simetría en el modelo. Los últimos tres nodos, museo **j**; espectáculo cultural y comercio **k**; y espectáculos abiertos **l**; se colocan fuera del centro a una distancia x_1 porque son los menos transitados y ayudan a evitar conglomeraciones. Ver gráfica 1.

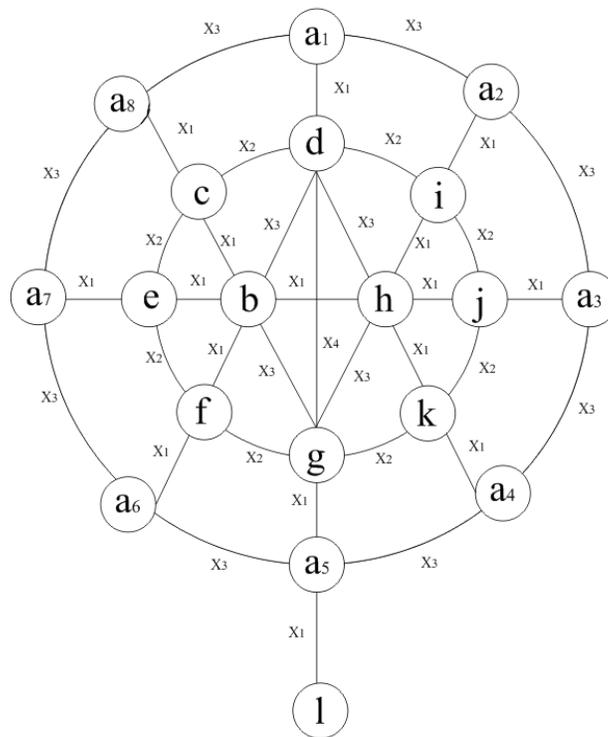


Gráfica 1.
Propuesta de ciudad 1 con base en las ciudades jardín.

Con esto tenemos una ciudad vista del modo matemático, y se podrá resolver como si fuera un problema de la ruta más corta. Dando como resultado, la optimización de tiempos y costos de traslado en la ciudad.

III.2.2. Propuesta de ciudad Gráfica 2

En este siguiente ejemplo, los nodos se encuentran concentrados en el centro de la gráfica, y son rodeados por las zonas de vivienda. Aquí se sitúan los nodos de empleo y escolaridad en medio de la gráfica, porque en esos dos es donde existe mayor flujo de personas y es ahí donde se necesitan muchas aristas para trasladar a la población que vienen de sus viviendas. Después, se colocan los nodos de biblioteca, museos y espectáculos culturales cerca de la parte de escuelas para facilitar los medios de educación y cultura a los estudiantes. La capacidad de vivienda debe estar asociada a la capacidad de empleo, escolaridad, comercio de la canasta básica, etc. En otras palabras, la vivienda no debe sobrepasar el límite de demanda de los otros nodos para que la ciudad funcione óptimamente. Los espacios abiertos ha sido omitidos porque podría estar en cualquier lugar de la periferia de la gráfica (se sugiere que sea cerca de la zona asistencia médica). Algunas ciudades como Roma, tenían un principio parecido, en donde sus principales edificios de gobierno y comercio se encontraban en un foro central rodeada de viviendas. Sólo hay tres distancias distintas, esto es para mantener la uniformidad de distancias y tener un costo de tiempo y dinero que no varíe demasiado, se hace esto para simplificar y tener un mayor orden dentro de las representaciones de ciudad. *Ver gráfica 2.*

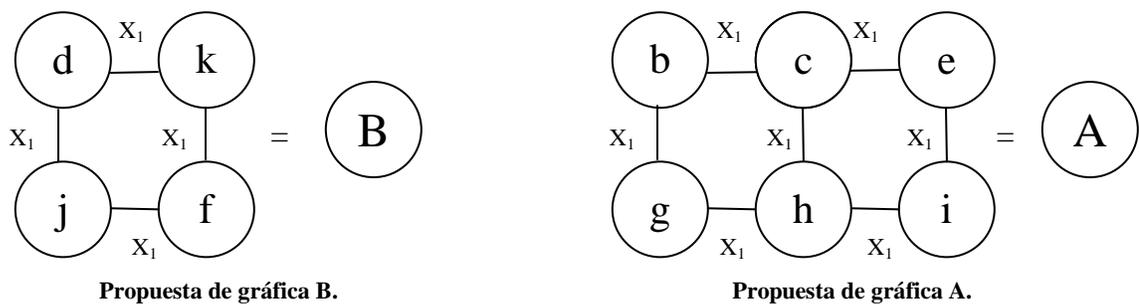


Gráfica 2.

Propuesta de ciudad 2 con base en las ciudades jardín.

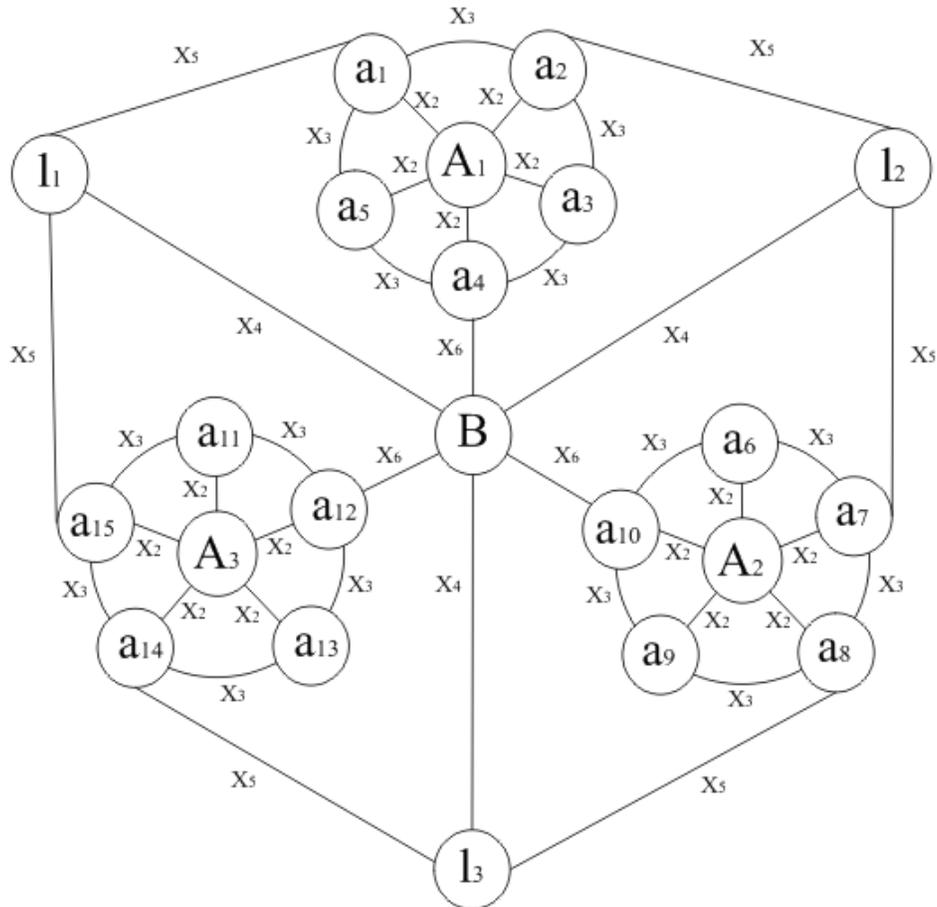
III.2.3. Propuesta de ciudad Gráfica 3

En la siguiente gráfica, se toma en cuenta el crecimiento de una ciudad con el paso del tiempo. En un principio la ciudad se vería como la gráfica 3. *Ver gráfica 3*. Donde el nodo del centro **B** contiene los nodos de bolsa y banco, edificios de gobierno, museo, espectáculo cultural y comercio. Y los nodos **A**, contienen los nodos trabajo, comercio de la canasta básica, tiendas, asistencia médica y social, escuela y biblioteca. Sus distancias entre los nodos es x_1 , esto es para tener equilibrio en el diseño y sea más práctico y fácil el cálculo de distancias entre nodos. *Ver gráfica B y A*.



Fuente: Elaboración propia.

La idea es tener zonas de vivienda con sus nodos más necesarios, liderados y administrados por **B**. Y zonas habitacionales alrededor de **A**. Este tipo de organización se usó en la ciudad de Chandigarh pero en un plano ortogonal. Los espacios abiertos **I**, está compuesto por tres nodos en las periferias de la ciudad. A continuación se muestra la gráfica inicial, o por así decirlo, la primera generación de la ciudad. *Ver gráfica 3*.

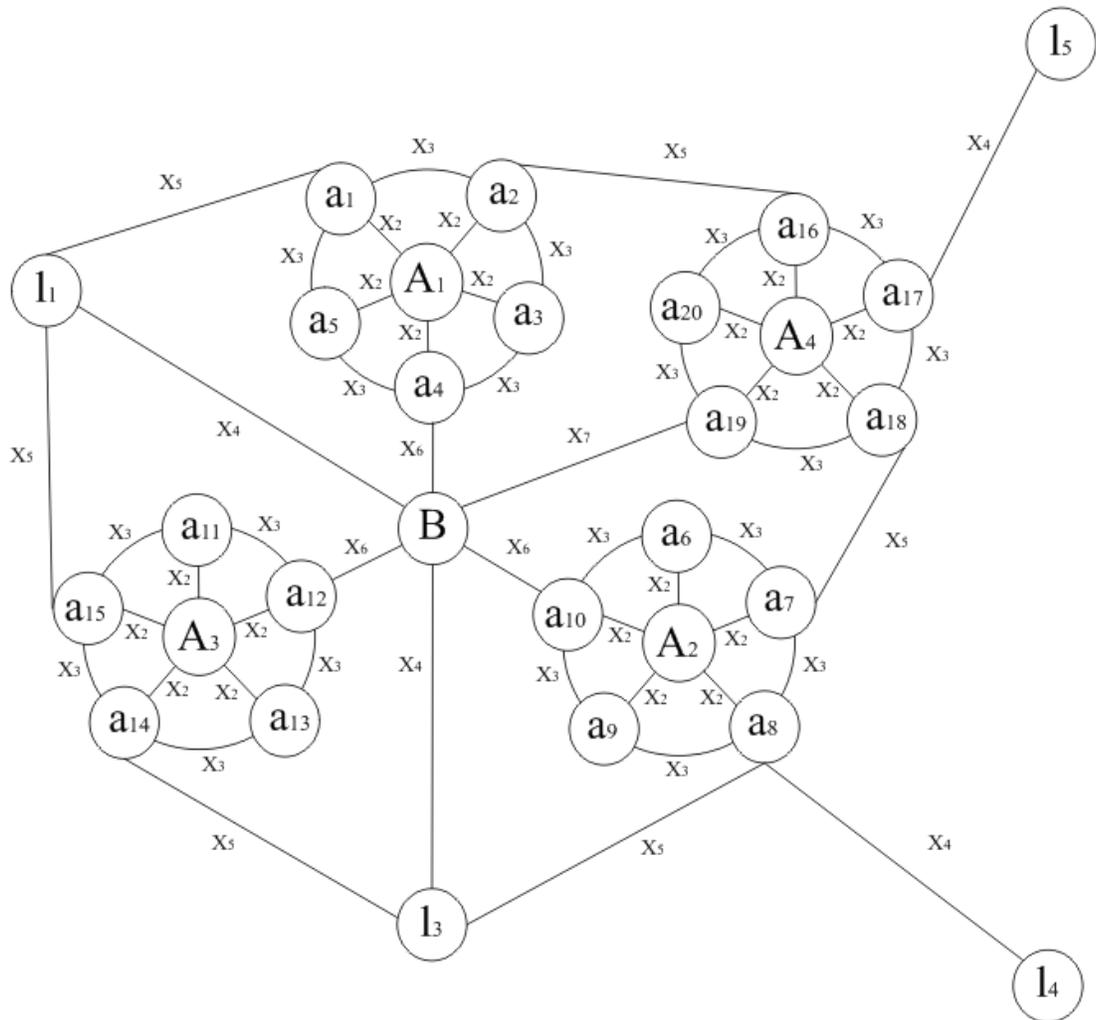


Gráfica 3.
Propuesta de ciudad 3.1 con base en las ciudades jardín.

Se ubicaron así las partes de la ciudad para organizar mejor esta propuesta, que puede llegar a crecer cuando su población se incremente. La gráfica 3 es la metrópoli inicial, que contiene un nodo central **B**. Esta es la cabeza principal de la ciudad y rige **A** y sus viviendas que están a su alrededor. El agregado de casas se puede ver como un conjunto habitacional independiente de los demás y auto suficiente, que con el tiempo puede llegar a sobrepasar su capacidad de mantener esa población. Ese incremento se puede instalar en otra generación de conjunto habitacional en **I** de espacios abiertos, y aumentando el tamaño de la ciudad inicial. Se ocuparon en total siete distancias diferentes x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , y x_7 .

En la siguiente gráfica o la segunda generación de la gráfica 3, se sustituye un nodo **I** por uno **A**, junto con sus viviendas a su alrededor. Esto ocurre cuando la población inicial se incrementa, y la ciudad requiere de más residencias, junto con los nodos de trabajo, comercio de la canasta básica,

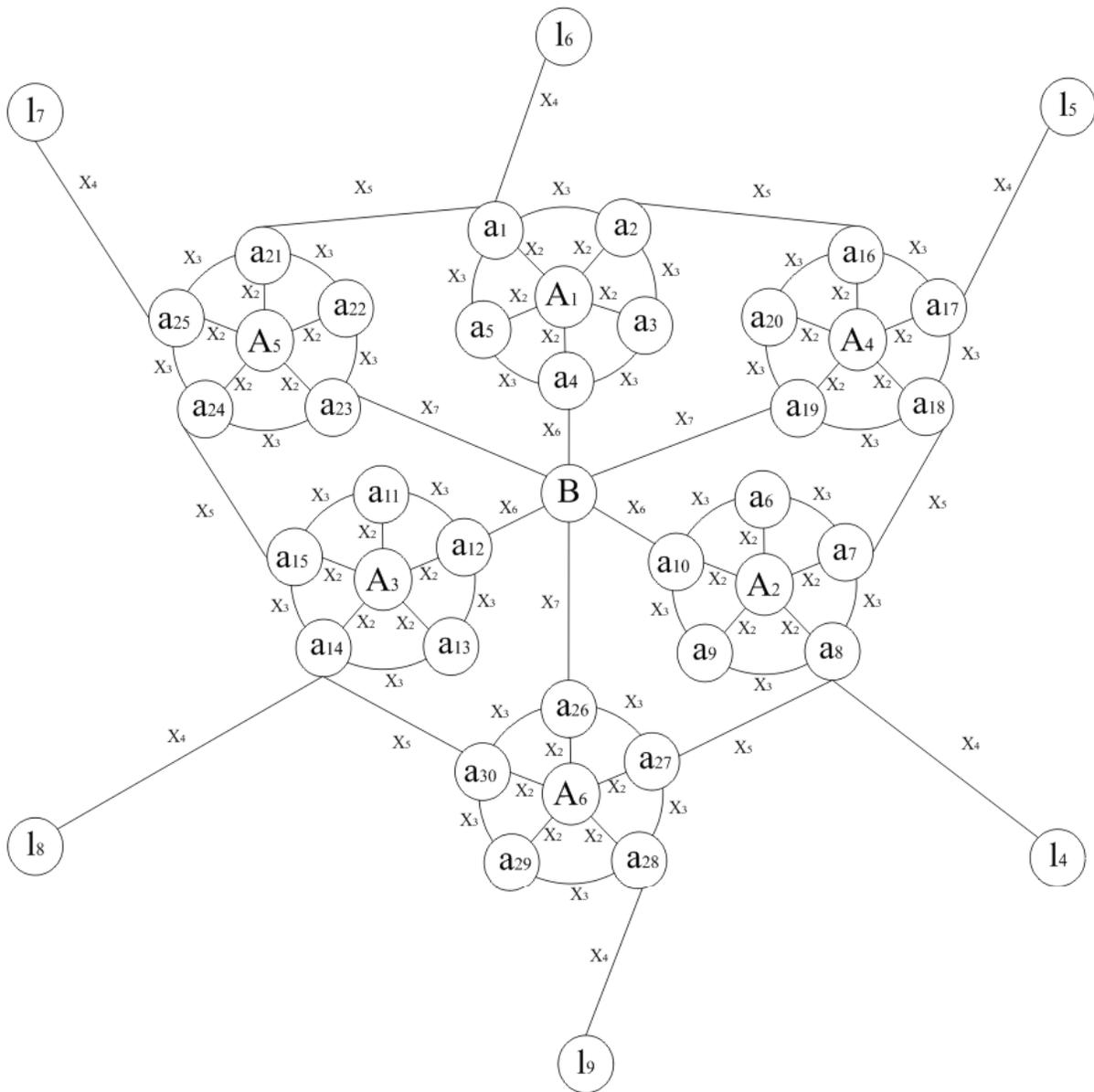
tiendas, asistencia médica y social, escuela y biblioteca (nodos **A**), para satisfacer sus necesidades a la creciente población. Ver gráfica 4.



Gráfica 4.
Propuesta de ciudad 3.2 con base en las ciudades jardín.

Con la segunda generación al nodo **A₄**, se le agrega un nodo **I** para que tenga un nodo de espacios abiertos. Así, la ciudad crece sustituyendo sus espacios abiertos con conjuntos habitacionales. La gráfica 5 es la vista final de la proyección de una ciudad de cuatro generaciones. Ver gráfica 5. De este modo esta ciudad podría estar compuesta de cuatro generaciones y duplicar su funcionalidad y su capacidad de ciudad organizada en todo sentido.

Cabe mencionar que, este tipo de diseño podría crecer unas generaciones más, eso depende de la construcción de la capacidad de **B** para cubrir las necesidades de los nodos **A**.



Gráfica 5.
Propuesta de ciudad 3.3 con base en las ciudades jardín.

Con este diseño de ciudad, se puede proyectar una ciudad tomando en cuenta la superpoblación y la explosión demográfica, problemas que padecen muchas grandes urbes del mundo, organizando y distribuyendo su creciente población.

III.3. Asignación de los empleos para los habitantes

Un problema muy común en todo el mundo es, la búsqueda de empleo. Con un modelo de asignación, se ordenarán a los habitantes de estas nuevas urbes para que tengan un trabajo digno de acuerdo a sus actitudes, y evitar la pérdida de tiempo cuando se busca un trabajo. En la asignación de los empleos para cada habitante, se usará el método Húngaro. Se supondrá una población inicial de 5000 habitantes, la menor para una ciudad de la actualidad, y con un porcentaje de personas con edad para trabajar del 60.84%. Este es el mismo porcentaje que tiene el D. F. (Censo 2005 INEGI). A estas 3042 personas, se les asignará una de las 58 áreas de trabajo que existen en las páginas de Internet de bolsas de trabajo en México. Todas las personas para este modelo serán ficticias, y están basados en los porcentajes poblacionales del Distrito Federal. Por ejemplo, si la población de 18 años es el 2.03% entonces el 2.03% será la población de 18 años en la ciudad ficticia. *Ver tabla 1.*

Tabla 1.

	Pob. de 18-65 (edad para trabajar)	Porcentaje	Pob. de 18 años	Porcentaje
Distrito Federal	5,306,105	60.84%.	154,971	2.03%
Ciudad Ficticia	3,042	60.84%.	71.05	2.03%

Las áreas de empleos son:

1. Administración de Personal
2. Administración de Procesos
3. Aeronáutica y Marina
4. Agricultura y Ganadería
5. Alimentación y Hospedaje
6. Ciencias Biológicas y Ecología
7. Ciencias Económicas y Sociales
8. Comercio y Ventas
9. Compras e Inventarios
10. Diseño y Exhibición
11. Edificación y Acabado
12. Educación y Capacitación

13. Exploración y Extracción
14. Finanzas y Contabilidad
15. Física y Química
16. Forestal y Silvicultura
17. Humanidades
18. Imprenta y Editoriales
19. Informática y Desarrollo de Sistemas
20. Instalación y Mantenimiento
21. Interpretación Artística
22. Manufactura de Alimentos y Bebidas
23. Manufactura de Papel
24. Manufactura de Productos Metálicos y de Madera
25. Manufactura de Productos Químicos
26. Manufactura de Textiles y Prendas de Vestir
27. Matemáticas
28. Pesca y Acuicultura
29. Planeación y Supervisión
30. Procesamiento de Minerales y Metalurgia
31. Producción y Biotecnología
32. Provisión de Energía y Agua
33. Publicación y Medios
34. Publicidad y Propaganda
35. Refinación y Beneficio
36. Sector Gobierno Federal Central
37. Seguridad Pública
38. Servicio Postal y Mensajería
39. Servicios Bibliotecarios
40. Servicios de Apoyo al Transporte
41. Servicios de Belleza
42. Servicios de Esparcimientos
43. Servicios de Limpieza
44. Servicios de Turismo
45. Servicios Domésticos y Personales
46. Servicios Legales

47. Servicios Médicos y Sanitarios
48. Tecnología de Procesos Industriales
49. Tecnología Eléctrica
50. Tecnología Electrónica
51. Tecnología Mecánica
52. Telefonía y Comunicaciones
53. Televisión Radio y Transmisión
54. Trabajo de Oficina
55. Traducción
56. Transporte Aéreo y Marítimo
57. Transporte Ferroviario
58. Transporte por Vehículos Automotores

La tabla 2, es la matriz cuadrada de 3042x3042 representando a las personas de 18 a 65 años con los empleos por designar. La matriz es cuadrada porque se necesita que sea balanceada, se debe tener el mismo número de filas y de columnas, de otra forma el método Húngaro puede arrojar una solución incorrecta. En caso de que este desbalanceada se agregan columnas o filas ficticias.

Tabla 2. Matriz de representación del modelo de asignación para 3042 trabajadores y 3042 empleos de las 58 áreas de trabajo.

		Empleos			
		1	2	...	3042
Trabajadores	1	C _{1 1}	C _{1 2}	...	C _{1 3042}
	2	C _{2 1}	C _{2 2}	...	C _{2 3042}

	3500	C _{3042 1}	C _{3042 2}	...	C _{3042 3042}

Aquí la matriz es demasiado grande para resolverla, así que se harán matrices de un tamaño más manejable para poder resolverlo por el programa WinQSB. Las personas serán catalogadas de acuerdo a su edad, sexo y escolaridad. Tomando en cuenta que tienen que tener entre los 18 y 65 años cumplidos para poder trabajar. Las escolaridades se manejarán de acuerdo a las del Censo 2005.

Estas son:

- Primaria
- Secundaria
- Preparatoria
- Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada
- Estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada
- Estudios técnicos o comerciales con preparatoria terminada
- Profesional
- Maestría
- Doctorado

Las personas a partir de los 18-19 años de edad son a las primeras que se le asigne un empleo, sólo para tener un orden de edad, pero se podría comenzar a resolver la asignación con cualquier otro rango de edad. Las matrices se construyen de acuerdo al intervalo de edad de la propuesta y a los que se formen de acuerdo a un criterio de intersección de los intervalos, es decir, si existen propuestas de 18-25, 19-25, 18-27 etc, con la misma escolaridad y sexo, se crearán matrices de estos intervalos, y también de la intersección de estos.

Supuesto 1: De los tres intervalos se creará una matriz de sólo personas de 18 años, pues existe una propuesta de 19-25, es por esto que las matrices se parten en intervalos donde se intersectan. La primera matriz formada de los tres intervalos, es únicamente de las personas de 18 años. Las demás matrices son de 19-25 y de 26-27. Luego se colocan los costos de todas las propuestas; estos son los salarios que se ofrecen en el empleo que incluyan la edad de 18 años. Con esto y con la población de personas de 18 años con las mismas características de escolaridad, sexo, etc; se podrán llenar las casillas de una matriz cuadrada del tamaño del número de población o del número de vacantes. Siempre y cuando sea el que tenga la mayor cantidad de datos. **Supuesto 2:** Si hay 6 personas de 18 años y hay 30 vacantes, la matriz cuadrada será de 30x30 con 24 personas ficticias, en caso de haber más personas que vacantes, se pondrán vacantes ficticios con sueldos de cero. Una vez que se resuelva la matriz y se asignen los empleos, estas personas con su empleo ya asignado, saldrán de la base de datos y se continuará con la siguiente matriz. Se continúa así hasta terminar con la población inicial. Las propuestas y vacantes son datos de las convocatorias que mandan las empresas a la página de Internet del Servicio Nacional de Empleo, www.empleo.gob.mx. En esta página, está la información del salario que ofrecen, la edad y sexo requerido para el empleo. Para esta parte, sólo se capturaron las propuestas de las vacantes de un periodo de 15 días. Se capturaron 5362 vacantes para laborar en el Distrito Federal.

CAPÍTULO IV

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En capítulos anteriores, se mostraron los algoritmos con los que se van a resolver los objetivos de esta tesis. Ahora, se expone su aplicación en las propuestas de las ciudades ya mostradas, para llegar a una solución de ruta más corta dentro de las ciudades con el algoritmo de Dijkstra, y la asignación de empleos con el método Húngaro.

IV.1. Propuesta de Gráfica 1

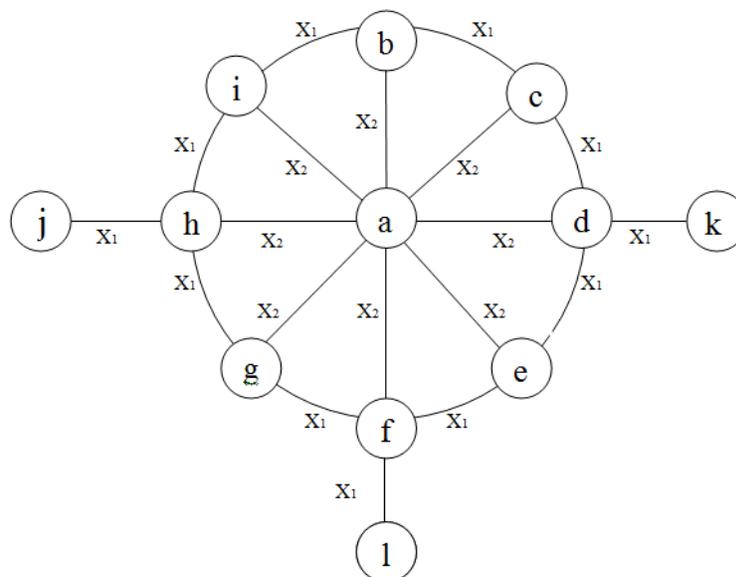
En la gráfica 1 sólo existen dos distancias, x_1 y x_2 , donde $x_1=2\text{km.}$ y $x_2=2.5\text{km.}$

Para la solución del problema de la ruta más corta se utilizó el programa WinQSB, en la parte de Network Modeling, Shortest Path Problem.

En la gráfica 1 se pone al nodo **j** como nodo inicial y al nodo **k** como final, pues ese es el recorrido más largo en esta gráfica. En todas las gráficas siguientes se toma el recorrido más largo para generar la solución.

A continuación se muestra la gráfica 1 con la matriz de adyacencia en el programa WinQSB.

donde $x_1=2$, $x_2=2.5$



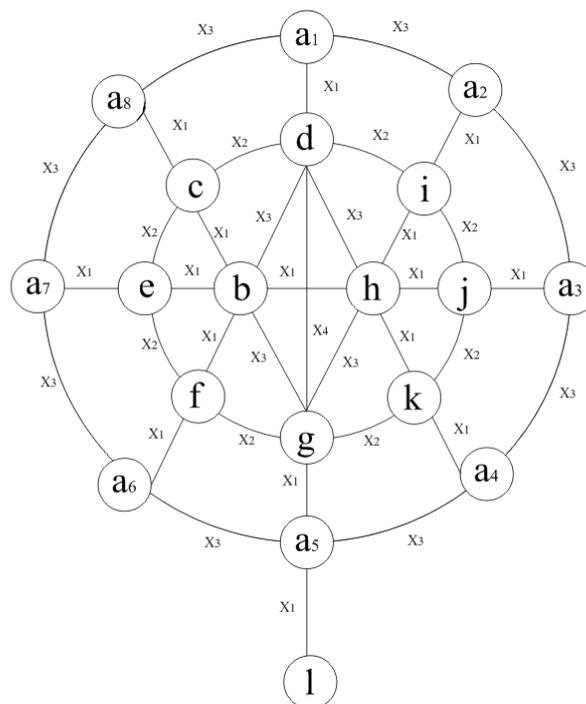
Gráfica 1.
Propuesta de ciudad 1 con base en las ciudades jardín.

Fro	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
a	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5			
b	2.5	0	2						2			
c	2.5	2	0	2								
d	2.5		2	0	2						2	
e	2.5			2	0	2						
f	2.5				2	0	2					2
g	2.5					2	0	2				
h	2.5						2	0	2	2		
i	2.5	2						2	0			
j								2		0		
k				2							0	
l						2						0

Matriz de adyacencia de la gráfica 1.

IV.1.2. Propuesta de Gráfica 2

En esta gráfica 2 se encuentran más nodos de habitación, lo que complica más el traslado, y hace que el algoritmo tenga más iteraciones para la solución de minimización de rutas. Se utilizan cuatro diferentes distancias, las distancias son: $x_1=2.67\text{km}$, $x_2=3.14\text{km}$, $x_3=5.24\text{km}$, $x_4=8\text{km}$. Ver gráfica 2. La gráfica 2 y su matriz de adyacencia.



Gráfica 2.

Propuesta de ciudad 2 con base en las ciudades jardín.

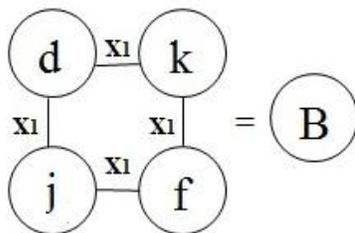
From \ To	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
a1	0	5.24						5.24			2.67								
a2	5.24	0	5.24													2.67			
a3		5.24	0	5.24													2.67		
a4			5.24	0	5.24													2.67	
a5				5.24	0	5.24								2.67					2.67
a6					5.24	0	5.24							2.67					
a7						5.24	0	5.24					2.67						
a8	5.24						5.24	0	2.67										
b									0	2.67	5.24	2.67	2.67	5.24	2.67				
c								2.67	2.67	0	3.14	3.14							
d	2.67								5.24	3.14	0			8	5.24	3.14			
e							2.67		2.67	3.14		0	3.14						
f						2.67			2.67			3.14	0	3.14					
g				2.67					5.24		8	3.14	0	5.24				3.14	
h									2.67		5.24			5.24	0	2.67	2.67	2.67	
i		2.67									3.14				2.67	0	3.14		
j			2.67												2.67	3.14	0	3.14	
k				2.67										3.14	2.67		3.14	0	
l					2.67														0

Matriz de adyacencia de la gráfica 2.

IV.1.3. Propuesta de Gráfica 3

La gráfica 3 resulta ser la más elaborada en diseño, por su forma de crecimiento con el incremento de su población. Se tuvo que conjuntar varios nodos en otros para tener una mejor organización y una práctica representación.

Aquí se muestran la gráficas **B** y **A** junto con sus matrices de adyacencia correspondiente y una distancia de $x_1=1\text{km}$. Ver gráficas B y A

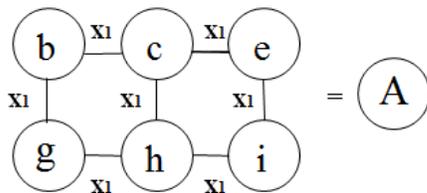


Gráfica B.
Propuesta de gráfica B.
Fuente: Elaboración propia.

From \ To	d	f	j	k
d	0		1	1
f		0	1	1
j	1	1	0	
k	1	1		0

Matriz de adyacencia de la gráfica B.

Para la gráfica A se tiene:



From \ To	b	c	e	g	h	i
b	0	1	1			
c	1	0	1		1	
e		1	0			1
g	1			0	1	
h		1	1	0	1	
i			1	1	1	0

Gráfica A.

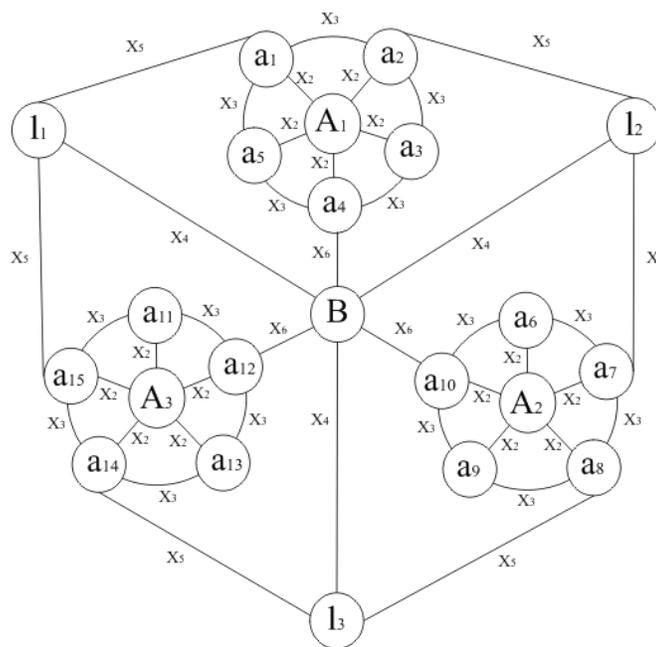
Propuesta de gráfica A.
Fuente: Elaboración propia.

Matriz de adyacencia de la gráfica A.

Para los nodos B y A, es fácil ver que la distancia más grande de recorrido por todo el nodo B es $2x_1$, y para A es $3x_1$. Pero para la zona de habitación se utilizan otras diferentes distancias para unir los elementos de cada zona habitacional.

Las distancias son: $x_1=1\text{km}$, $x_2=5.64\text{km}$, $x_3=3.54\text{km}$, $x_4=12\text{km}$, $x_5=8.46\text{km}$, $x_6=1.2\text{km}$. y $x_7=10\text{km}$. A continuación, se muestra la gráfica 3 y su crecimiento con sus matrices de adyacencia.

Ver gráfica 3.



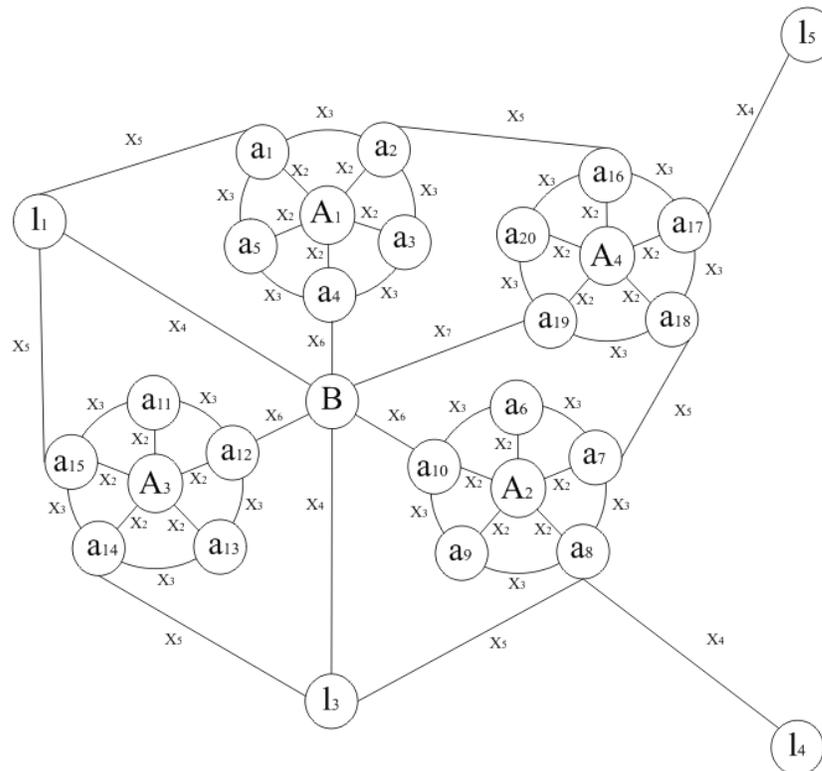
Gráfica 3.

Propuesta de ciudad 3 con base en las ciudades jardín.

From \ To	B	A1	A2	A3	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	I1	I2	I3
B	0							1.2						1.2	1.2					12	12	12
A1		0			5.64	5.64	5.64	5.64	5.64													
A2			0							5.64	5.64	5.64	5.64	5.64								
A3				0											5.64	5.64	5.64	5.64	5.64			
a1		5.64			0	3.54				3.54										8.46		
a2		5.64				3.54	0	3.54													8.46	
a3		5.64					3.54	0	3.54													
a4		1.2	5.64					3.54	0	3.54												
a5		5.64				3.54			3.54	0												
a6			5.64							0	3.54			3.54								
a7			5.64							3.54	0	3.54									8.46	
a8			5.64							3.54	0	3.54										8.46
a9			5.64								3.54	0	3.54									
a10		1.2	5.64						3.54		3.54	0										
a11				5.64										0	3.54			3.54				
a12		1.2		5.64										3.54	0	3.54						
a13				5.64											3.54	0	3.54					
a14				5.64												3.54	0	3.54			8.46	
a15				5.64											3.54		3.54	0	8.46			
I1	12				8.46														8.46	0		
I2	12					8.46				8.46											0	
I3	12										8.46							8.46				0

Matriz de adyacencia de la gráfica 3.

La gráfica 4 es el crecimiento de la gráfica 3 con sus nuevos nodos.

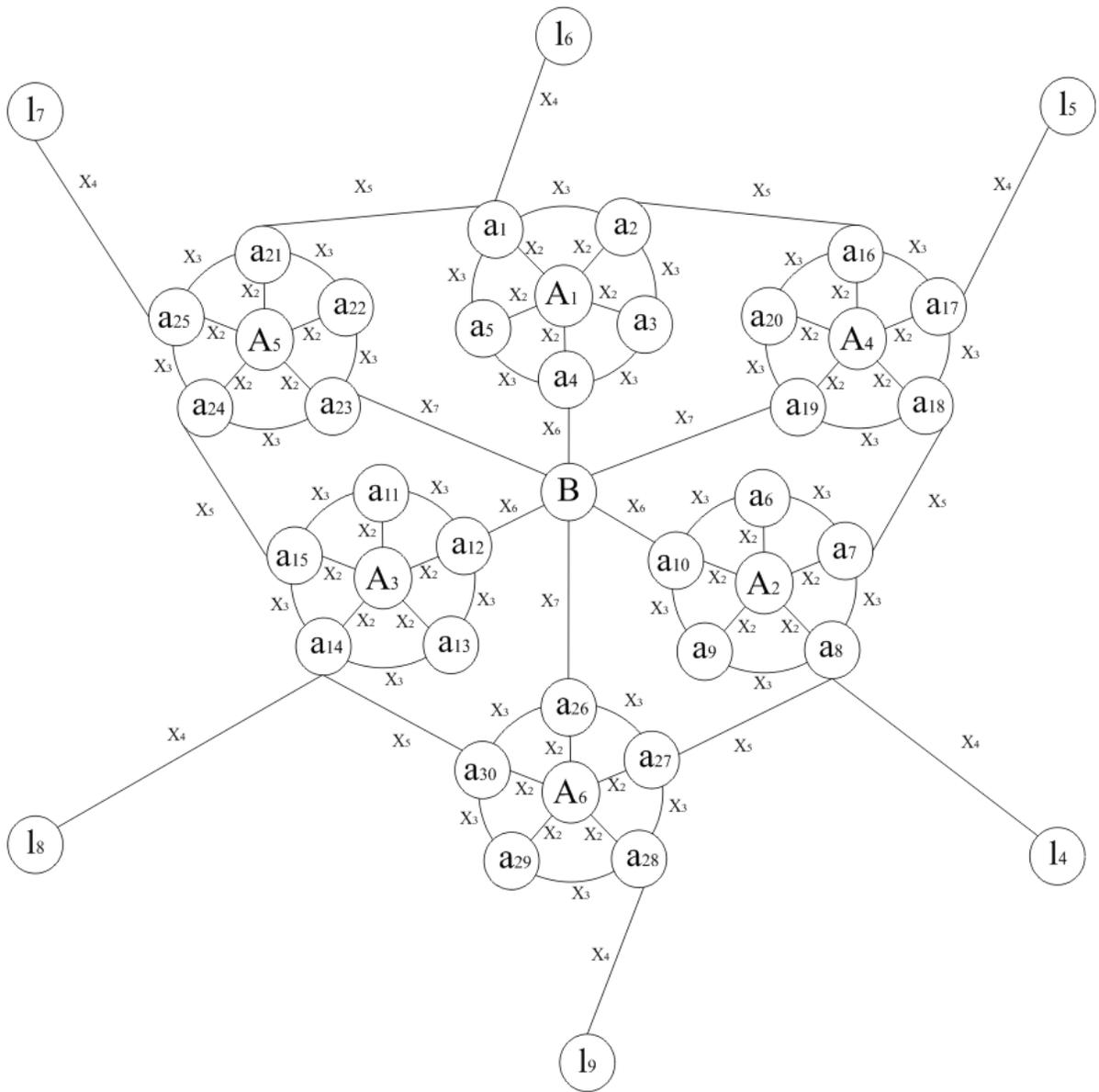


Gráfica 4.
Propuesta de ciudad 3.1 con base en las ciudades jardín.

From	B	A1	A2	A3	A4	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	I1	I3	I4	I5
B	0								1.2						1.2	1.2								10	12	12			
A1		0				5.64	5.64	5.64	5.64	5.64																			
A2			0								5.64	5.64	5.64	5.64	5.64														
A3				0											5.64	5.64	5.64	5.64	5.64										
A4					0															5.64	5.64	5.64	5.64	5.64					
a1		5.64				0	3.54			3.54															8.46				
a2		5.64				3.54	0	3.54													8.46								
a3		5.64				3.54	0	3.54																					
a4	1.2	5.64				3.54	0	3.54																					
a5		5.64				3.54		3.54	0																				
a6			5.64							0	3.54				3.54														
a7			5.64							3.54	0	3.54												8.46					
a8			5.64							3.54	0	3.54														8.46	12		
a9			5.64							3.54	0	3.54																	
a10	1.2	5.64								3.54			3.54	0															
a11				5.64											0	3.54			3.54										
a12	1.2			5.64											3.54	0	3.54												
a13				5.64											3.54	0	3.54												
a14				5.64											3.54	0	3.54										8.46		
a15				5.64											3.54	0	3.54								8.46				
a16					5.64	8.46														0	3.54			3.54					
a17					5.64															3.54	0	3.54						12	
a18					5.64						8.46										3.54	0	3.54						
a19	10				5.64																3.54	0	3.54						
a20					5.64																3.54	0	3.54						
I1	12					8.46															8.46					0			
I3	12												8.46														0		
I4													12															0	
I5																							12						0

Matriz de adyacencia de la gráfica 3.1.

En la siguiente página se muestra la gráfica 5 es el crecimiento final de la gráfica 3.



Gráfica 5.
Propuesta de ciudad 3.3 con base en las ciudades jardín.
(La gráfica 3.2 es la segunda generación de la gráfica 3 y se omitió por espacio).

From	B	A1	A2	A3	A4	A5	A6	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28	a29	a30	I4	I5	I6	I7	I8	I9							
A2			0										5.64	5.64	5.64	5.64	5.64																																	
A3				0														5.64	5.64	5.64	5.64	5.64																												
A4					0																		5.64	5.64	5.64	5.64	5.64																							
A5						0																					5.64	5.64	5.64	5.64	5.64																			
A6							0																																											
a1		5.64						0	3.54			3.54															8.46																							
a2		5.64						3.54	0	3.54														8.46																										
a3		5.64							3.54	0	3.54													8.46																										
a4		1.2	5.64							3.54	0	3.54																																						
a5		5.64						3.54			3.54	0																																						
a6		5.64										0	3.54				3.54																																	
a7		5.64											3.54	0	3.54									8.46																										
a8		5.64												3.54	0	3.54																																		
a9		5.64													3.54	0	3.54																																	
a10		1.2	5.64										3.54			3.54	0																																	
a11			5.64															0	3.54			3.54																												
a12		1.2	5.64																3.54	0	3.54																													
a13			5.64																	3.54	0	3.54																												
a14			5.64																		3.54	0	3.54																											
a15			5.64																			3.54	0																											
a16				5.64																					0	3.54		3.54																						
a17					5.64																			3.54	0	3.54																								
a18						5.64																			3.54	0	3.54																							
a19		10																								3.54	0	3.54																						
a20																									3.54	0																								
a21							5.64	8.46																				0	3.54		3.54																			
a22																													3.54	0	3.54																			
a23																														3.54	0	3.54																		
a24																																																		
a25																																																		
a26		10						5.64																																										
a27																																																		
a28																																																		
a29																																																		
a30																																																		
I4																																																		
I5																																																		
I6								12																																										
I7																																																		
I8																																																		
I9																																																		

Matriz de adyacencia de la gráfica 3.3.

IV.2.Asignación de empleos

Para la escolaridad de primaria y sexo indistinto se encontraron **742** vacantes con distintos intervalos de edad. *Ver tabla 1.*

Tabla 1.

PROPUESTAS	VACANTES	INTERVALOS DE EDAD PRIMARIA SEXO INDISTINTO
2	10	18-25
1	15	18-27
2	4	18-30
3	7	18-35
2	30	18-38
7	17	18-40
1	5	18-42
13	152	18-45
4	23	18-50
4	92	18-55
18	127	18-65
1	1	19-25
2	5	19-35
1	1	20-40
6	20	20-45
4	24	20-50
2	6	20-55
1	1	21-30
1	1	22-35
1	5	22-40
2	35	22-45
1	3	23-45
2	6	24-45
3	7	25-35
2	6	25-40
5	107	25-45
2	7	25-50
3	18	25-55
1	4	28-40
1	1	30-40
2	2	30-50
TOTAL	100	742

La primera matriz calculada es la de personas de **18** años con escolaridad primaria, con un tamaño de **482x482**. En esta hay sólo **6** personas de **18** años con instrucción máxima de primaria. Al resolverla, estas **6** personas se les asigna un trabajo para salir del sistema junto con esas **6** vacantes.

Muchas propuestas tienen más de una vacante, es por eso que el empleo se repite según el número de vacantes.

La siguiente matriz contiene las personas de **18** años con **482** propuestas, en el programa WinQSB en la parte de Network Modeling, Assignment Problem.

En el capítulo II, en la sección 3.1 se habló de minimizar la función objetivo del problema de asignación, pero de esa forma, sólo resultaría si los salarios fueran propuestos por los trabajadores, así la empresa que los quiera contratar buscaría el salario más barato, sin embargo, los salarios los proponen las empresas, y los trabajadores, en este caso, son los que buscan un empleo, en otras palabras el problema no es de minimización, se debe encontrar el salario máximo para el trabajador. Para cambiar la función objetivo y no cambiar la forma de trabajar del método Húngaro, sólo se debe de multiplicar los salarios por **-1**, así el salario que era más alto pasa a ser el mínimo pues ahora es negativo, con esto el algoritmo trabaja de la misma forma pero ahora los salarios más altos son los mínimos, ya llegando a este resultado sólo hay que pasarlo a positivo y así tener el máximo buscado por los trabajadores.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo en WinQSB, de cómo se colocan los salarios en la matriz.

From \ To	Assignee 1	Assignee 2											
Assignment 1	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 2	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 3	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 4	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 5	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 6	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 7	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 8	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 9	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 10	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 11	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 12	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 13	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 14	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 15	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 16	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 17	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 18	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 19	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 20	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 21	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 22	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 23	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 24	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 25	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 26	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 27	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 28	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 29	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 30	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 31	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 32	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 33	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Assignment 34	3400	3400	3400	3400	3400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400

Figura 1.
Matriz de las personas de 18 años con escolaridad primaria.

Las siguientes matrices a calcular son las personas con la siguiente edad y escolaridad primaria con sexo indistinto. *Ver tabla 2.*

Tabla 2.

19
20
21
22
23-25
26-27
28-30
31-35
36-38
39
40-42
43-45
46-50
51-55
56-65

Se ponen intervalos para agilizar el cálculo, pues en esas edades no existen cortes de edad en las propuestas. Sin olvidar que cada vez que se calcula una matriz, se van restando las personas y vacantes asignadas, y se resuelve la siguiente.

De esta forma, se calculan todas las demás con las diferentes escolaridades con diferente sexo. Con excepción del nivel de carreras técnicas, profesional, maestría y doctorado, ya que contienen áreas muy específicas de conocimientos, para este caso se separan las propuestas de las diferentes áreas y carreras, pues aunque sean de la misma área, la carrera puede tener una gran diferencia en el ámbito laboral.

Es necesario señalar que al ser muchos datos, aumenta el número de iteraciones y la complejidad del algoritmo crece, es por eso que el programa puede demorarse varios minutos al dar la solución de las asignaciones.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

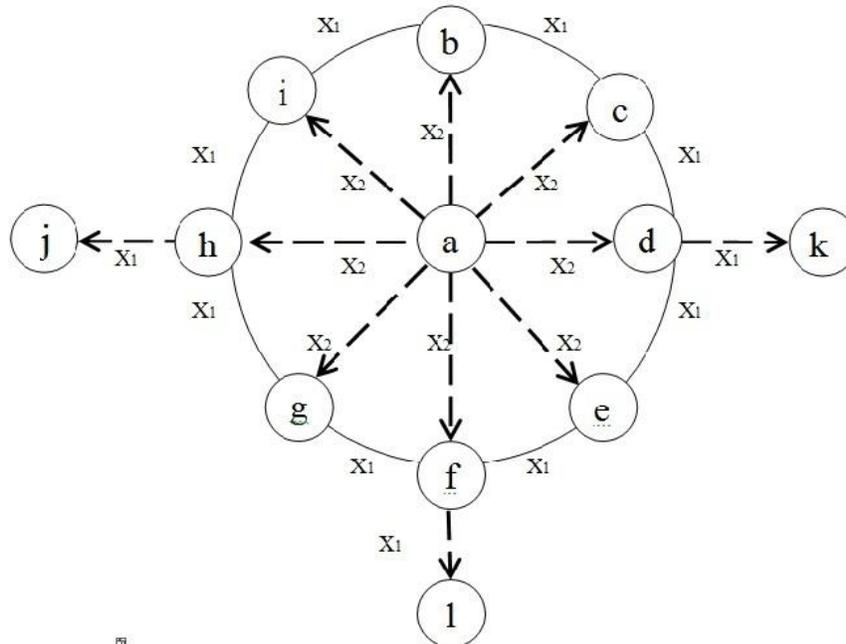
Este capítulo presenta los resultados obtenidos en este trabajo. En la primera sección, se explica la parte correspondiente a las distancias de las gráficas, esto es, la aplicación de la ruta más corta en cada una de las propuestas. En la segunda sección, los resultados para la asignación de empleos a los **5,000** habitantes de la ciudad.

V.1. Resultados de la ruta más corta

Todas las gráficas se construyeron de forma estratégica, pensando en hacer el mínimo recorrido hacia los nodos más transitados y para que sus rutas sean las más accesibles, rápidas, prácticas y eficientemente posibles. Los diseños radio céntricos de las ciudades jardín, ayudaron para que las distancias dentro de las urbes fueran las mismas, es por eso que la solución al problema de la ruta más corta entre cada nodo y la raíz, resultó muy práctica para la población que se traslada. Los resultados se enfocan en las distancias mínimas que atraviesan las propuestas de gráficas, y también, a la distancia de los nodos vivienda hacia los demás nodos, sobretodo, a los nodos de empleo y escuela por ser de mayor afluencia. Cabe mencionar que, los resultados forman una arborescencia raíz en toda la gráfica, debido a la aplicación del algoritmo de Dijkstra.

V.1.1. Propuesta de Gráfica 1

El centro de la ciudad es el nodo **a** de vivienda, que es el lugar por donde toda la gente comenzaría a trasladarse, por lo tanto, se puede llegar fácilmente a la mayoría de los nodos pasando sólo por una arista, así es más directo el recorrido por la urbe y se hace el mismo tiempo y distancia. Las zonas de Museo (nodo **j**), Espectáculo cultural y comercio (nodo **k**) y Espacios abiertos, (nodo **l**), están fuera del perímetro del círculo, esto es para no generar tráfico y no pasar por nodos con poca afluencia diaria. La propuesta radio céntrica de ciudad, hace que desde el centro se pueda hacer el mismo tiempo de traslado hacia todos los nodos de la periferia. *Ver gráfica 1.*



Gráfica 1.
Arborescencia⁴ raíz del nodo vivienda a.

Una gráfica puede tener más de una arborescencia con el mismo nodo inicial, esto es porque pueden existir rutas alternas con el mismo costo.

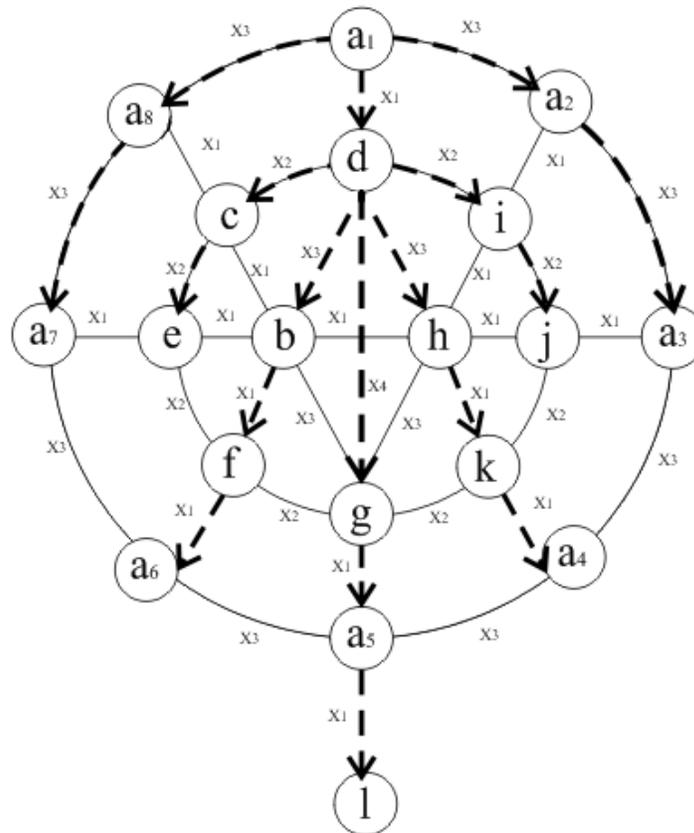
Por la forma circular de la gráfica, las rutas más cortas son en línea recta, pues para atravesar un círculo siempre es mejor la línea recta, pasando por el mínimo de nodos.

V.1.2. Propuesta de Gráfica 2

En la gráfica 2, la distancia más larga es de **16.01km.** del nodo de vivienda **a₁** al nodo **l** de espacios abiertos, un resultado muy práctico, pues atraviesa una ciudad de **140km²**. En esta gráfica, los nodos de vivienda son varios y están en la periferia de la ciudad, esto es para tener más espacio en las viviendas, ya que este modelo es para poblaciones más grandes, así se evita tener un hacinamiento de densidad en la población. Al igual que, se evitan los congestionamientos pues las personas llegan de todas las direcciones hacia su empleo y escuela. Las distancias del nodo **b** de empleos y nodo **h** de escuela, hacia los nodos **a** de vivienda, son similares por estar casi en el centro de una elipse, los resultados son en su mayoría de **5.34km** hacia los nodos **a₂, a₃, a₄, a₆, a₇, a₈** de

⁴ La arborescencia está marcada con líneas punteadas.

vivienda, una distancia muy constante y cómoda para trasladarse a los empleos y escuela, esto se debe a que los nodos de habitación se colocaron en la periferia de una elipse. Ver gráfica 2.



Gráfica 2.
Arborescencia de la gráfica 2 del nodo vivienda a_1 .

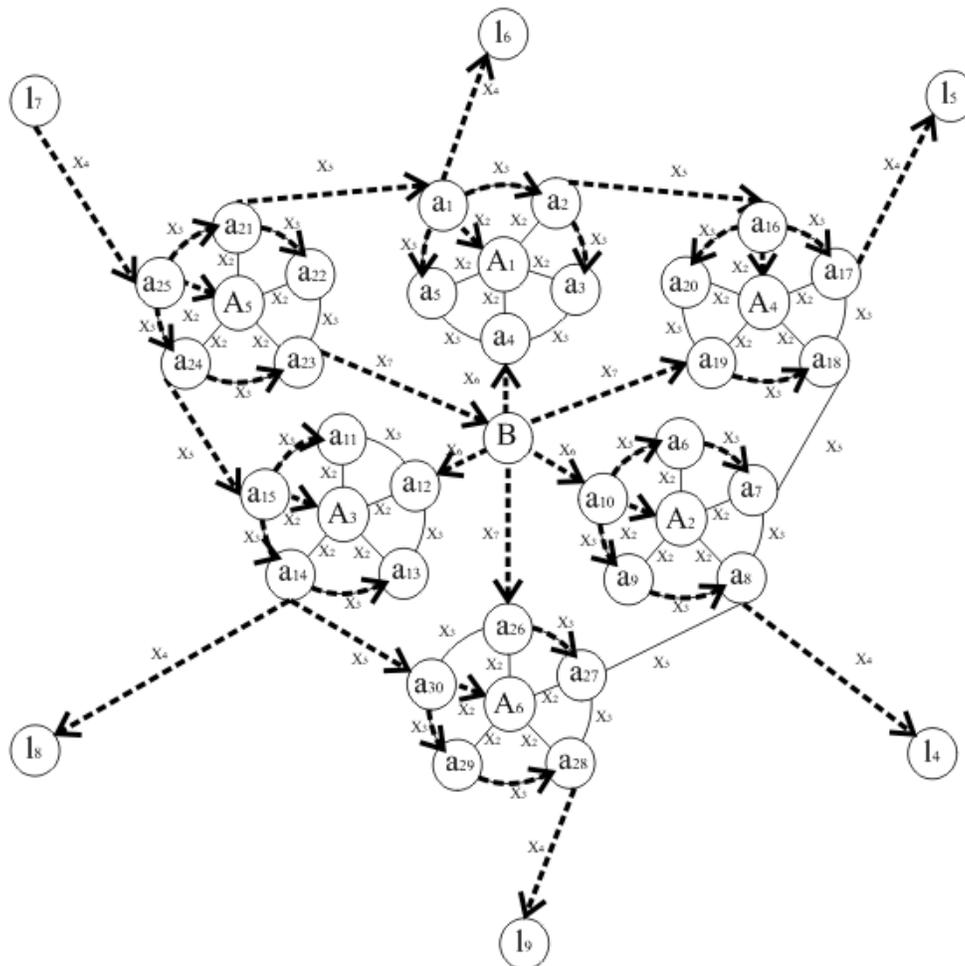
La ruta para atravesar la ciudad es una recta como en la primera gráfica, así se facilita el traslado sin tanto cambio de dirección. A pesar de que la gráfica 2, cuenta con un número mayor de nodos que la gráfica 1, el número de aristas para atravesar la ciudad fue de cuatro pero con una distancia mayor.

V.1.3. Propuesta de Gráfica 5 (gráfica 3 cuarta generación)

La solución de este tercer modelo de gráfica, se fue complicando cuando se sustituían los nodos de espacios abiertos por nodos habitación, pues este modelo de ciudad crecía cada vez que la población aumentaba, y por consiguiente, también la demanda de servicios junto con el número de nodos.

A pesar de que la gráfica es tan complicada con muchos nodos y aristas, el resultado es efectivo al encontrar una ruta más corta en una gran gráfica con nodos bien distribuidos. Las distancias de todos los nodos de vivienda hacia los nodos **A** fueron siempre las mismas, debido a la construcción de la ciudad, con una distancia de **5.64km**, recordando que en el nodo **A** se encuentran los nodos de trabajo, comercio, tiendas, asistencia médica y social, escuela y biblioteca; lugares de mayor afluencia de personas en una ciudad. La distancia más larga es de **55.08km**, del nodo de **l₇** al nodo **l₉**, ambos de espacios abiertos. Los resultados fueron mayores que en las dos primeras propuestas de ciudad, aun así, al recorrer la ruta más larga, se recorren sólo siete aristas, como lo muestra la imagen. Ver gráfica 5.

También cabe mencionar, que esta última gráfica 5 es la cuarta generación de la gráfica 3, la gráfica 5 es el crecimiento de la gráfica 3 cuando esta aumenta su población.



Gráfica 5.
Arborescencia de la gráfica 5 del nodo espacios abiertos **l₇**.

V.1.4. Análisis general

La gráfica 1 y 2 son sólo para superficies pequeñas, pues si se construyen en áreas muy grandes, la distancia hacia el nodo de vivienda se alejaría bastante y las aristas serían muy largas para recorrer. Con respecto al tamaño físico de estas ciudades, la gráfica 1 sería para una población máxima de **40,000hab.** Con una superficie de **20km²**. Y, para la segunda gráfica la población sería de **280,000hab.** y una superficie de **140km²**. En particular, estos diseños podrían ser para países de Europa, que tienen poco crecimiento de población.

Las especificaciones para la tercera gráfica y de su crecimiento son de **1,000,000** a **2,000,000** habitantes y con una superficie de **500** a **1000km²**. Por lo cual, esta última es para regiones que tienen tendencia al crecimiento rápido de población, como Sudamérica y Asia. La gráfica 5, que crece de acuerdo al número de habitantes, sería un modelo de ciudad para nuestro país, México.

En general, las especificaciones para construir una ciudad varían mucho, pues depende del lugar en que se van a construir, los materiales, tecnología, clima, mano de obra, etc. También, el tiempo estimado puede variar considerablemente, pues hay que tomar en cuenta la solidez económica y la política a favor del proyecto. Una ciudad como las propuestas aquí mostradas puede tardarse, como mínimo, de **3** a **6** años en su construcción. En el anexo 1, se muestran ejemplos de las especificaciones con costos⁵ estimados de las urbes para las gráficas 1, 2 y 3.

Como se puede ver en los resultados y el diseño de las gráficas, los recorridos que se hacen son muy uniformes para la mayoría de las rutas, es decir, se necesita un mínimo de visitas a otros nodos y con poca desviación angular, lo que se traduce en menos paradas y menos tiempo en el viaje. Además, no hay mucha variación de distancias entre la mayor parte de los nodos, esto se traduce en una marcha más constante, con mayor rendimiento de recursos para el viaje. En estas gráficas, se pueden encontrar rutas alternas con el mismo costo, una opción importante cuando ocurre algún siniestro o contingencia pues se puede escoger otra ruta con el mismo resultado.

⁵ Los costos y especificaciones de superficie y población fueron tomados con base en otras ciudades planificadas.

V.2. Resultados del método de asignación

A cada habitante con edad de trabajar, se le asignó con éxito un empleo de forma efectiva con el método Húngaro y se analizaron los datos resultantes mostrando los siguientes datos.

Las propuestas fueron capturadas en un período de **15** días en la ciudad de México, que consta de **8** millones de habitantes y se pasaron a escala de la población ficticia, sólo para dar una idea de las miles de propuestas que se emiten en una de las ciudades más grandes y pobladas del mundo.

Cabe señalar que este número de propuestas no es el total de una ciudad, sólo es un ejemplo de una página de tantas en internet para solicitar empleos, además no todas las propuestas de empleo se exponen por el internet.

Las **5,000** personas ficticias son el **0.0573%** de **8,720,916** personas en el D. F.

Entonces, del total de propuestas capturadas, se multiplica por el porcentaje **0.0573%**, sólo para hacer notar la escala real entre el D. F. y una ciudad con una población controlada. La asignación que se efectuó fue de las propuestas reales, no del porcentaje al **0.0573%** pues en algunas escolaridades y edades se encontraron muy pocas propuestas, y si se aplica el porcentaje en las propuestas se tendría un número menor a un entero y no puedo asignar a una persona una parte de una propuesta. Ahora, se puede hacer un análisis de resultados de acuerdo al nivel académico y al sexo de la persona.

En esta primera tabla, se muestra que existe más oportunidad de empleo para hombres que para las mujeres. Estas propuestas a nivel primaria son en su mayoría de almacenistas y vigilantes⁶.

Tabla 1.

Primaria	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	555.20	742	0.425
hombres	228.44	92	0.053
mujeres	326.76	15	0.009
Total		849	0.487

En la siguiente tabla, se puede observar una gran diferencia entre las propuestas empleadas a nivel secundaria en hombres y mujeres; donde el número de plazas para hombres es mayor en un porcentaje del **84%** sobre el de mujeres. Lo anterior debido a que, se requiere mano de obra en

⁶ Los porcentajes se redondearon.

oficios que requieren mayor fuerza física, como por ejemplo: ayunte de carpintero, de cocinero, de albañil, etc.

Tabla 2.

Secundaria	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	749.42	1210	0.693
hombres	372.65	324	0.186
mujeres	376.77	51	0.029
Total		1585	0.908

En la tabla 3, existe mucha demanda de mujeres a nivel bachillerato en comparación con los hombres, y la mayoría de las propuestas son de secretariado, demostradoras, manejo de grupos y ventas.

Tabla 3.

Preparatoria	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	605.57	1008	0.578
hombres	327.25	62	0.036
mujeres	278.32	166	0.095
Total		1236	0.709

En la siguiente tabla, se encontraron muy pocas propuestas para el nivel de estudio técnico con secundaria y además, no existe distinción de sexo, es decir, no se necesitan personas de un sexo específico para realizar el empleo.

Tabla 4.

Carrera técnica con secundaria	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
Sexo indistinto	197.38	6	0.003
Hombres	43.64	0	0
Mujeres	153.74	0	0
Total		6	.003

Para la carrera técnica con preparatoria, se encontraron bastantes propuestas, siendo en su mayoría vacantes para mujeres en secretariado y enfermería.

Tabla 5.

Carrera técnica con preparatoria	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
Sexo indistinto	31.76	387	0.222
Hombres	10.52	36	0.021
Mujeres	21.23	106	0.061
Total		529	0.304

A nivel profesional, se observa que existen muchas vacantes sin especificación de sexo en casi todas las áreas. En la tabla 6, se puede ver que sólo se encontró una propuesta para hombres en el área de nutrición en el periodo de búsqueda. En cuanto a las propuestas para mujeres hay más demanda en el área de medicina y en el área social.

Tabla 6.

Profesional	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	706.31	1065	0.611
Hombres	366.77	1	0.001
Mujeres	339.54	87	0.050
Total		1153	0.662

En el grado de maestría, son escasas las propuestas ya que son pocas las personas que cuenta con estudios de ese grado. *Ver tabla 7.*

Tabla 7.

Maestría	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	49.72	3	0.002
Hombres	28.12	0	0
Mujeres	21.60	0	0
Total		3	0.002

Para doctorado, sólo se encontraron 2 propuestas y fueron para mujeres únicamente. *Ver tabla 8.*

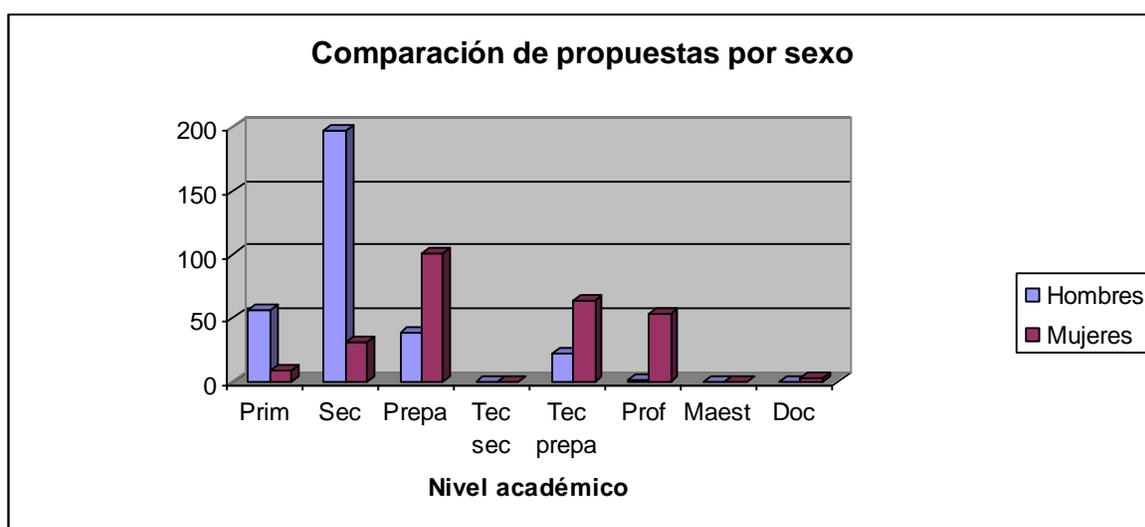
Tabla 8.

Doctorado	Población ficticia	Propuestas	Propuestas al 0.0573%
sexo indistinto	11.49	0	0
Hombres	7.04	0	0
Mujeres	4.45	2	0.001
Total		2	0.001

V.2.1. Análisis general

A continuación se muestra un análisis general de los resultados, comparando el sexo que más se solicita.

La gráfica 1, muestra la comparación de sexo en las propuestas de trabajo, se observa la tendencia de muchos empleos ofrecidos para las mujeres en los niveles de educación media y superior, en contraste con la gran demanda de hombres con nivel primaria y secundaria. Una razón importante de esta demanda en los niveles básicos es, que se requiere trabajo físico, pues se utilizan generalmente hombres para trabajos de mano de obra. Sin embargo, a nivel preparatoria y profesional se requiere más de personal femenino, por ejemplo a nivel medio superior, como son demostradoras y secretarias, por la facilidad del lenguaje hablado y corporal. A nivel profesional, las mujeres se destacan por el empleo en el área médica y social, entre los empleos más requeridos de acuerdo al período de propuestas encontrado.



Gráfica 1.

La siguiente tabla muestra el total de la población y las propuestas respectivas, de acuerdo a los distintos niveles académicos.

Tabla 9.

Nivel Académico	Total de población ficticia	Propuestas
Primaria	555.20	849
Secundaria	749.42	1585
Preparatoria	605.57	1236
Carrera técnica con secundaria	197.38	6
Carrera técnica con preparatoria	31.76	528
Profesional	706.31	1153
Maestría	49.72	3
Doctorado	11.49	2
Total	2906.85	5362

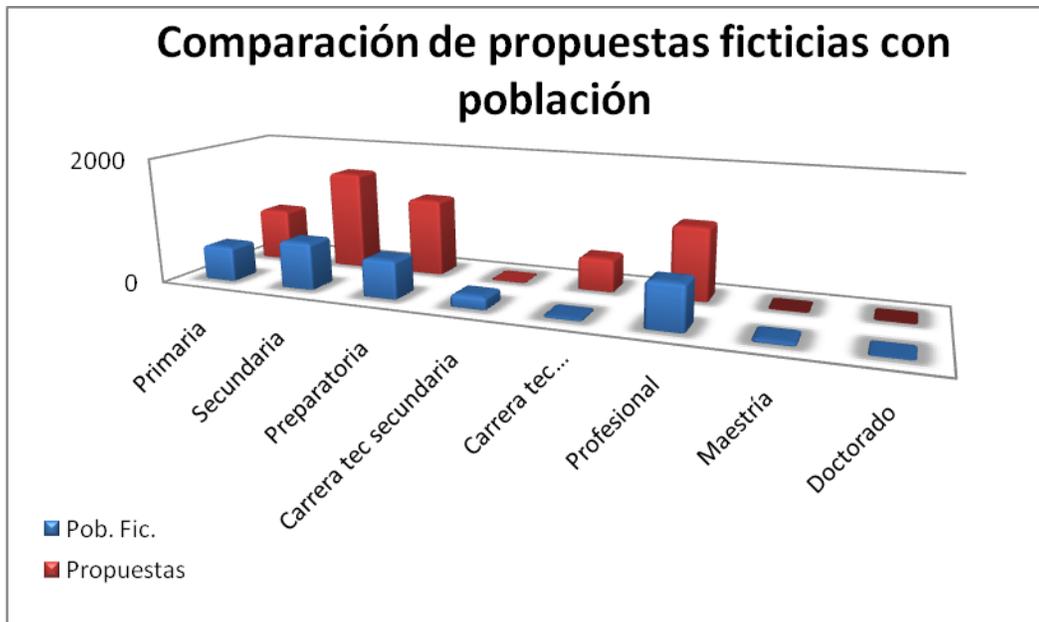
Estos son los resultados encontrados de las **5,362** propuestas capturadas. En las otras situaciones académicas tales como: Sin instrucción, Preescolar y Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada; no se encontró ninguna propuesta en el período y en estas situaciones se encuentra la población restante.

A continuación, se muestran la comparación de los empleos y de la población ficticia. De acuerdo al número de propuestas capturadas, la población más requerida para realizar un trabajo, es aquella con nivel secundaria, seguido de preparatoria y profesional. En los casos anteriores, existe mayor posibilidad de encontrar un empleo, en contra parte, las carreras técnicas con secundaria, junto con maestría y doctorado son las menos requeridas.

La mano de obra es muy solicitada en la ciudad de México, siguiéndole los trabajos no especializados a nivel preparatoria y después, los empleos a nivel profesional que especifican el área de conocimientos. *Ver gráfica 2.*

Los resultados muestran la necesidad de generar empleos a nivel secundaria con carrera técnica, y fomentar la escolaridad de carrera técnica con preparatoria, pues hay muchas ofertas de trabajo.

Se observa también, que son más las propuestas de trabajo que población ficticia, esto se debe a que sólo se capturó una pequeña muestra de propuestas de trabajo en una ciudad tan grande como lo es el Distrito Federal.



Gráfica 2.

La gráfica 2, hace notar la homogeneidad de las propuestas de trabajo y la población ficticia. El hecho que se encuentren de esta forma indica que la oferta y demanda, podrían llegar a un equilibrio en casi todos los grados de escolaridad, siempre y cuando las gráficas pudieran estar a una misma escala. *Ver gráfica 2.*

CONCLUSIONES

Para comenzar la creación de una nueva ciudad o la renovación de una ya constituida, es necesario contar con un capital, una administración, y una política que esté a favor de un proyecto de ciudad; así como, un estudio económico, administrativo, social, político y cultural, y por supuesto, del estudio del suelo y los recursos naturales, para el sustento a largo plazo de la urbe.

Estas son las características más relevantes para tener un proyecto de ciudad, pero para mantenerla se necesita sobretodo, de una buena administración de los recursos a largo plazo. La buena organización de una ciudad, da oportunidades que por derecho todos los individuos deben de tener, como un lugar propio para vivir, oportunidad económica, escuela y salud. Si se aumenta la calidad de vida, crece el desempeño de las personas, generando mayor productividad individual y también, en general, una ciudad más productiva.

Los Principios del Urbanismo Inteligente que se lograron exitosamente son:

- La *Socialización* se consiguió en la forma de acomodar las viviendas, pues los nodos de vivienda están adyacentes uno de otro y siempre están comunicados e interactuando entre sí.
- El principio de *eficacia* se logró al optimizar el traslado, y con los arcos de comunicación propuestos se mejoraron las vías de transporte.
- Se puede llegar a aumentar la *matriz de oportunidad*, ya que el proyecto de crear una ciudad atractiva y poblarla, genera empleos necesarios para su fundación y sostén, además de asignar esos empleos.
- Se logró la *integración*, pues la ciudad genera trabajo y sustento a sus habitantes y los habitantes trabajan para la ciudad.
- El *tránsito orientado al desarrollo*, se alcanzó al crear vías principales de comunicación que llevan a cualquier parte de la ciudad, para así evitar conglomeraciones, ruido, consumo excesivo de combustible y tiempo perdido.

Los otros principios restantes sólo se podrán comprobar al ya tener creada una ciudad con todo lo expuesto anteriormente, y al pasar de los años en el desarrollo de la ciudad.

Propuestas de ciudad

Con los diseños de gráficas propuestos, se logró mejorar la ubicación de los factores importantes de una ciudad como son: vivienda, empleo, comercio, escuela, etc. También, se optimizó el recorrido de un lugar a otro encontrando la ruta más corta y las alternativas en el diseño y crecimiento de las ciudades planificadas, al igual que la organización y adaptación de las actividades de la población (ficticia), que sobrepoblaciona una ciudad. Al encontrar rutas más rápidas, y organizar una ciudad, las personas principalmente ahorran tiempo y dinero en el traslado; se gasta menos en combustible y pasajes, se tiene tiempo para otras actividades, además, se minimiza la tensión emocional y física, y se genera menos contaminación, problemas que a la larga degradan la calidad de vida de las personas.

La implementación del método Húngaro, resulta muy práctica y significativamente eficiente para conseguir empleo, y sería aún más rápido y práctico si el método se usara en sectores más pequeños y manejables. Un ejemplo en el D. F., sería que en sus delegaciones en un período, quincenal o mensual, asignarían empleos y así se tendría una eficiencia mayor para el problema de conseguirlos, ya que se fijarían trabajos a personas que estén dentro de esas delegaciones, y con esto el tiempo de traslado al empleo asignado, sería menor que usándolo en todo el D. F.

Ventajas

Las ventajas de establecer una ciudad organizada, es la mejora del medio ambiente en el que se vive, se crea armonía y belleza al paisaje urbano y como consecuencia, da seguridad y confort a cada habitante. Otro beneficio es el turismo, las últimas ciudades creadas en el mundo, son planificadas para atraer el turismo y tener mayores ingresos al hacer un ambiente cosmopolita para sus visitantes y ocupantes. Al igual que, se atraen inversionistas que generan fuentes de empleo. Las nuevas ciudades modernas deben de ser seguras y solidarias, de esta forma los ciudadanos están más a gusto con su entorno y se hacen más sociables y humanitarios. Estos beneficios elevan notablemente el nivel de vida de los individuos, creando una evolución a nivel humano, pues se

establece mayor comodidad en la cotidianidad y mejor desenvolvimiento en las actividades diarias de los habitantes.

Aparte de tener una metrópoli diseñada inteligentemente para optimizar sus recursos y minimizar los costos a sus habitantes en su traslado, se puede asignar un empleo a las personas de una nueva ciudad o de una ya establecida. La ventaja de usar el método Húngaro, es el hecho de asignar un empleo de acuerdo al salario ofrecido, es decir, la persona puede obtener el mejor salario de entre todas las propuestas, de una forma matemáticamente lógica y muy eficaz, un habitante puede tener el empleo óptimo para sus habilidades, generando la mayor ganancia en un trabajo. Este es el hecho que más le conviene a una persona que busca laborar, buscar el mejor pagado.

En general, se puede resumir el hecho de que organizar una ciudad eficiente, zonificada, y con un diseño funcional, brinda mayores oportunidades laborales, de vivienda, de educación, de salud y de economía para sus habitantes. Lo anterior, evita los problemas de hacinamiento de viviendas en desorden y sin ninguna regularización en su construcción, los cuales generan brotes de insalubridad, deficiencia por la sobrepoblación en las escuelas, centros de salud y abastecimientos, además, generan ineficiencia en el gobierno, y por supuesto, disminuyen la calidad de vida de los individuos de la urbe.

Por otra parte, es importante mencionar que, el crecimiento de la población mundial, ha creado una necesidad de acomodar a los habitantes que más frecuentemente, exceden la capacidad de las ciudades. Es por esto, que la necesidad de crear nuevas urbes para las futuras generaciones, es primordial para la evolución continua del ser humano. Se necesita crear nuevas metrópolis que satisfagan las necesidades de sus pobladores, y también, es fundamental tener en cuenta que, alrededor del mundo, existen muchas ciudades que necesitan renovarse, para que logren una nueva zonificación de su territorio y una nueva economía, de acuerdo a su organización poblacional. Finalmente, se necesita mejorar la administración de las grandes ciudades, sobretudo las del tercer mundo, pues son las más afectadas por su situación económicamente dependiente de otras naciones, su falta de tecnología apropiada, y en especial, por la falta de planeación en el diseño, desarrollo y crecimiento y organización.

ANEXO 1

Especificaciones de las propuestas de gráficas 1, 2 y 3.

Propuesta de Gráfica	1	2	3.1	3.2	3.4 ⁷	3.3
Superficie	20km ²	140km ²	500km ²	660km ²	820km ²	1000km ²
Población	40,000hab	280,000hab	1,000,000hab	1,320,000hab	1,640,000hab	2,000,000hab
Densidad en hab/km²	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo en millones de dólares	\$400	\$2,800	\$10,000	\$13,200	\$16,400	\$20,000

⁷ La gráfica de propuesta de gráfica 3.4 se omitió por falta de espacio.

ANEXO 2

Resultados en WinQSB

Gráfica 1

La siguiente imagen muestra una tabla de resultados en WinQSB, aquí se muestran las iteraciones numeradas que hizo el programa para llegar de un nodo inicial a un nodo final, y después da los resultados de las distancias del nodo inicial a todos los nodos de la gráfica. *Ver imagen 1.*

03-02-2011	From	To	Distance/Cost	Cumulative Distance/Cost
1	a	f	2.50	2.50
2	f	l	2	4.50
	From a	To l	=	4.50
	From a	To b	=	2.50
	From a	To c	=	2.50
	From a	To d	=	2.50
	From a	To e	=	2.50
	From a	To f	=	2.50
	From a	To g	=	2.50
	From a	To h	=	2.50
	From a	To i	=	2.50
	From a	To j	=	4.50
	From a	To k	=	4.50

Imagen 1.

Resultados de la gráfica 1 del nodo inicial a (vivienda) al nodo destino l (espacios abiertos).

En la siguiente imagen se muestran los resultados mínimos más grandes de distancia/costo en la ciudad, del nodo j de museo, al nodo k de espectáculo cultural y comercio. El costo total es de **9km**; por esta ruta se atraviesa toda la ciudad pasando por cuatro nodos. *Ver imagen 2.*

03-02-2011	From	To	Distance/Cost	Cumulative Distance/Cost
1	j	h	2	2
2	h	a	2.50	4.50
3	a	d	2.50	7
4	d	k	2	9
	From j	To k	=	9
	From j	To a	=	4.50
	From j	To b	=	6
	From j	To c	=	7
	From j	To d	=	7
	From j	To e	=	7
	From j	To f	=	6
	From j	To g	=	4
	From j	To h	=	2
	From j	To i	=	4
	From j	To l	=	8

Imagen 2.

Resultados de la gráfica 1 del nodo inicial j (museo) al nodo destino k (espectáculo cultural y comercio).

Gráfica 2

En la siguiente imagen se muestran las distancias del nodo a_1 (vivienda) al nodo destino l (espacios abiertos).

03-03-2011	From	To	Distance/Cost	Cumulative Distance/Cost
1	a1	d	2.67	2.67
2	d	g	8	10.67
3	g	a5	2.67	13.34
4	a5	l	2.67	16.01
	From a1	To l	=	16.01
	From a1	To a2	=	5.24
	From a1	To a3	=	10.48
	From a1	To a4	=	13.25
	From a1	To a5	=	13.34
	From a1	To a6	=	13.25
	From a1	To a7	=	10.48
	From a1	To a8	=	5.24
	From a1	To b	=	7.91
	From a1	To c	=	5.81
	From a1	To d	=	2.67
	From a1	To e	=	8.95
	From a1	To f	=	10.58
	From a1	To g	=	10.67
	From a1	To h	=	7.91
	From a1	To i	=	5.81
	From a1	To j	=	8.95
	From a1	To k	=	10.58

Imagen 2.

Resultados de la gráfica 2 del nodo inicial a_1 (vivienda) al nodo destino l (espacios abiertos).

Gráfica 3

La siguiente imagen muestra la tabla de resultados de la gráfica 3, del nodo l_7 a l nodo l_9 , ambos de espacios abiertos. *Ver imagen 4.*

04-20-2011	From	To	Distance/Cost	Cumulative Distance/Cost
1	l7	a25	12	12
2	a25	a24	3.54	15.54
3	a24	a15	8.46	24
4	a15	a14	3.54	27.54
5	a14	a30	8.46	36
6	a30	a29	3.54	39.54
7	a29	a28	3.54	43.08
8	a28	l9	12	55.08
	From l7	To l9	=	55.08
	From l7	To B	=	29.08
	From l7	To A1	=	29.64
	From l7	To A2	=	35.92
	From l7	To A3	=	29.64
	From l7	To A4	=	41.64
	From l7	To A5	=	17.64
	From l7	To A6	=	41.64
	From l7	To a1	=	24
	From l7	To a2	=	27.54
	From l7	To a3	=	31.08
	From l7	To a4	=	30.28
	From l7	To a5	=	27.54
	From l7	To a6	=	33.82
	From l7	To a7	=	37.36
	From l7	To a8	=	37.36
	From l7	To a9	=	33.82
	From l7	To a10	=	30.28
	From l7	To a11	=	27.54
	From l7	To a12	=	30.28
	From l7	To a13	=	31.08
	From l7	To a14	=	27.54
	From l7	To a15	=	24
	From l7	To a16	=	36
	From l7	To a17	=	39.54
	From l7	To a18	=	42.62
	From l7	To a19	=	39.08
	From l7	To a20	=	39.54
	From l7	To a21	=	15.54
	From l7	To a22	=	19.08
	From l7	To a23	=	19.08
	From l7	To a24	=	15.54
	From l7	To a25	=	12
	From l7	To a26	=	39.08
	From l7	To a27	=	42.62
	From l7	To a28	=	43.08
	From l7	To a29	=	39.54
	From l7	To a30	=	36
	From l7	To l4	=	49.36
	From l7	To l5	=	51.54
	From l7	To l6	=	36
	From l7	To l8	=	39.54

Imagen 4.

Resultados de la gráfica 5 del nodo inicial l_7 (espacios abiertos) al nodo destino l_9 (espacios abiertos).

GLOSARIO

Acadios: Natural de Akkad, antiguo pueblo semítico que habitó en el sur de Mesopotamia hacia el cuarto milenio A. de C.

Algoritmo: Un algoritmo son pasos ordenados a seguir y finitos, para el proceso de la resolución de un problema.

Anfiteatros: Conjunto de asientos instalados en gradas semicirculares, en aulas y teatros. Edificio constituido por dos teatros semicirculares afrontados.

Asirios: Natural de Asiria, antiguo imperio establecido en el siglo XXV A. de C. en la cuenca del Tigris, cuya capital fue Nínive. Desde el siglo XXIII A. de C. formó parte de la monarquía babilónica pero consiguió hacerse independiente.

Ciudad: del latín *civitas*, el área donde se encuentran calles y edificios, con un gobierno y con una población densa y numerosa, donde la mayor parte de la población no se dedica a la agricultura.

Ciudad lineal: La que consta de una larga avenida central y calles transversales que van a dar al campo.

Ciudad satélite: Población situada fuera del recinto de una ciudad importante pero vinculada con ella de algún modo.

Éufrates: Uno de los dos ríos que irriga a Mesopotamia. La mayoría de las ciudades de Babilonia se construyeron a lo largo de sus muchas ramas.

Hacinamiento: Amontonar, acumular, juntar sin orden.

Hormigón: Mezcla compuesta de piedras menudas y mortero de cal y arena. El armado se cuele entre barras o varillas de hierro o acero, para resistir mejor.

Mesoamérica: Nombre con el que se designa América Central, las Antillas y México.

Mesopotamia: Palabra griega que significas entre dos ríos. Región del Asia Menor entre el río Tigris y Éufrates, hoy Irak.

Metrópolis: Ciudad principal de un Estado.

Nabucodonosor: Rey de babilonia (605-562 A. de C.); sucedió a su padre Nabopolasar, se apoderó de Damasco y los países arameos, conquistó Palestina, tomó dos veces Jerusalén de donde se llevo muchos cautivos hebreos, entre ellos al rey Joaquín; reconquisto Siria y Fenicia, doblégó a Tiro (573 A. de C.) e invadió Egipto (568 A. de C.). Uno de los más grandes reyes caldeos, embelleció a Babilonia con suntuosos templos, canales y murallas.

Proyectar: Preparar o trazar el plan de una obra u operación.

Rotonda: Templo, edificio o sala de planta circular.

Sumerios: Antiguo pueblo que habitó primeramente la zona de Mesopotamia entre 4000 y 2500 A. de C.; su origen es oscuro, inventaron la escritura ideográfica y cuneiforme perfeccionistas en la metalurgia y orfebrería, regaban artificialmente sus cultivos y tenían una religión bien definida y fue adoptada más tarde por los babilonios, los sumerios fueron conquistados por el rey Sargón, con el tiempo fueron desapareciendo como nación mientras que Babilonia progresaba.

Zonificación: la determinación de las áreas que integran y delimitan un centro de población; sus aprovechamientos predominantes y las reservas, usos y destinos, así como la delimitación de las áreas de conservación, mejoramiento y crecimiento del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackoff, Russell L., 1975. *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. Limusa. México.
- Autores varios, 1989. *El Hombre, Dos millones de años de historia*. Reader's Digest. México.
- Bazaraa, Mokhtar S.; Jarvis, John J.; Sheraly, Hanif D., 1998. *Programación Lineal y Flujo de Redes*. México. Limusa.
- Bloch, Raymond, 1973. *Los Etruscos*. Juventud. Barcelona.
- Bronson, Richard, 1993. *Investigación de Operaciones*. México. McGraw-Hill.
- Camacho, M., 2007. *Diccionario de arquitectura y urbanismo*. Trillas. México.
- Christofides, Nicos, 1975. *Graph theory: an algorithmic approach*. Academic. London.
- Cichy, Bodo, 1966. *Architecture of the ancient civilizations in color: Mesopotamia, Egipto, 3 the indus valley, 3 the megaliths, 3 the Hittites, the Minoans, the Mycenaean, the Etruscans, Central & South America*. Tames and Hudson. London.
- Cotterell, A., 1984. *Historia de las civilizaciones antiguas*. Crítica. España.
- Cottrell, Leonard, 1971. *Mesopotamia*. Joaquín Mortis. México.
- Duverger, Christian, 1983. *El origen de los aztecas*. Grijalbo. México.
- Eisner, Simon, et al., 1993. *The urban pattern (6 ed.)*. Van Nostrand Reinhold. USA.
- Gallion, Arthur, B. y Eisner, Simon. 1984. *Urbanismo. Planificación y Diseño*. Continental. México.
- Domínguez, Eleonor. *Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado*, 1983. Reader's Digest. México.

Hall, Peter, 1996. *Ciudades del Mañana: Historia del urbanismo en el siglo XX*. Del Serbal. Barcelona.

Hernández, Ma. Del Carmen, 2007. *Introducción a la programación lineal*. Facultad de Ciencias. México.

Hus, Alain, 1981. *Los Etruscos*. Fondo de cultura Económica. México.

Huxley, George, et al., 1964. *The birth of western civilization: Greece and Rome*. Thames And Hudson. Londres.

Landa, H., 1976. *Terminología de urbanismo*. INDECO. México.

Latourette, Kenneth Scout, 1949. *Los Chinos: Su historia y su cultura*. Sudamérica. Argentina.

Mata, Elias, 2007. *Análisis de Redes*. [Notas]. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

McLoughlin, J., 1971. *Planificación urbana y regional: Un enfoque de sistemas*. Instituto de estudios de administración local. Madrid.

McIntosh, Jane R., 2005. *Ancient Mesopotamia*. ABC-Clío. U. S. A.

Obregón, Bibiana, 2008. *Teoría de Redes*. [Notas]. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Papadimitriou, Christos M., 1994. *Computational complexity*. Addison-Wesley. Massachusetts.

Petroni, Carlos Alberto, 1967. *Diccionario de Urbanismo*. Cesarini. Buenos Aires.

Roger, Odile, 1993. *Organización económica y social de los Aztecas y culturas que los precedieron*. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F.

Sickman, Laurence, 1960. *The art and architecture of China*. Middlesex penguin books. Harmandsworth.

Taha, Hamdy A., 2004. *Investigación de operaciones*. Pearson Educación. México.

Van Tuerenhuot. Dirk R. 2005. *The Aztecs: new perspectives*. ABC-Clio. U. S. A.

PAGINAS DE INTERNET

Barreda, J. (2007). *Menú cartográfico en Blographos, semana del 8 de abril, 2007*. Extraído el 9 de julio del 2008 desde <http://www.geographos.com/BLOGGRAPHOS/?p=195>

Barreda, J. (2007). *Ciudad de Washington DC: planos de los siglos XVIII y XIX*. Extraído el 26 de noviembre del 2009 desde <http://www.geographos.com/BLOGGRAPHOS/?p=230>

Brown, G. (2010). *Desarrollo a escala humana*. Extraído el 14 de mayo del 2010 desde <http://tsocial.ulagos.cl/apuntes/desarrolloescalahumana.pdf>

CONAPO. (2007). *Delimitación de las zonas metropolitanas en México 2005*. Extraído el 14 de mayo del 2010 desde http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/dzm2005/zm_2005.pdf

Garden Cities of To-morrow. (2009). Extraído el 14 de mayo del 2010 desde <http://www.sacred-texts.com/utopia/gcot/gcot01.htm>

Gill, N. (2009). *Map of Ancient Greece*. Extraído el 31 de octubre del 2009 desde <http://ancienthistory.about.com/od/geography/ig/Maps-of-Ancient-Greece/>

Kreiman, A. (2008). *Arquitectura y urbanismo de Chandigarh*. Extraído el 26 de enero del 2011 desde <http://sobreindia.com/2009/10/04/arquitectura-y-urbanismo-de-chandigarh/>

La Plata. (1996). Extraído el 6 de septiembre del 2009 desde <http://www.redargentina.com/MiPais/Lugares/LaPlata.asp>

La Plata ciudad para todos. (2009). Extraído el 3 de diciembre del 2009 desde <http://www.laciudad.laplata.gov.ar/turismo/caracteristicas/generalidades>

Ley General de Asentamientos Humanos. (2010). Extraído el 14 de mayo del 2010 desde <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/133.pdf>

López, J. (2007). *Sabiduría de las culturas antiguas.* Extraído el 30 de noviembre del 2009 desde http://asiahistoria.blogspot.com/2007_09_01_archive.html

Marzabotto città etrusca – Le necropoli. (2009). Extraído el 17 de febrero del 2009 desde <http://www.nadir.unibo.it/Archeologia/Marzabotto/ITA/abitato/necropoli.htm>

Paciencia, S. (2009). *Cosas de encantamiento.* Extraído el 26 de septiembre del 2009 desde <http://dialogos.pideundeseo.org/sociedad/cosas-de-encantamiento>

Planned communities, part 1: Garden cities. (2010). Extraído el 6 de septiembre del 2010 desde <http://www.lib.umd.edu/NTL/gardencities.html>

Sica, P. (2008). *Madrid 2008-09.* Extraído el 30 de noviembre del 2009 desde <http://madrid2008-09.blogspot.com/2009/03/apuntes-miercoles-4-de-marzo.html>

Rickmansworth, N. (2009). *The Effect of Sir Ebenezer Howard and the Garden City Movement.* Extraído el 6 de septiembre del 2009 desde <http://www.rickmansworthherts.freemove.co.uk/howard1.htm>

Stockdale, J. (2007). *Galería de mapas-biographos.* Extraída el 23 de julio del 2008 desde <http://www.geographos.com/mapas/?p=193>

Teotihuacan -Ciudad Prehispánica. (2008). Extraído el 9 de julio del 2008 desde <http://www.google-earth.es/foros.php?t=3513>

Traslado de la Capital, Federalismo y Descentralización. (2008). Extraído el 9 de julio del 2008 desde <http://trasladodelacapital.blogspot.com/2007/11/brasilia-2.html>

Uribe, M. (2011). *Laboratorio del Urbanismo del Sur*. Extraído el 18 de febrero del 2011 desde <http://laboratoriodeurbanismo.blogspot.com/2011/01/n.html>

Vázquez, A. (2004). *Historia del Mundo Antiguo I Próximo Oriente y Egipto*. Extraído el 6 de septiembre del 2009 desde <http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/SUMERIOS/sumerios1bis.htm>

W, I. (2009). *Arquitectura Neo-Babilónica (626-539 a. Cto.)*. Extraído el 17 de febrero del 2009 desde <http://arteinternacional.blogspot.com/2009/05/arquitectura-neo-babilonica-626-539-cto.html>

Zeballos, C. (2008). *Chandigarh y Le Corbusier. I*. Extraído el 2 de febrero del 2011 desde <http://moleskinearquitectonico.blogspot.com/2008/01/chandigarh-y-le-corbusier-i.html>