



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Localización de ambulancias en Ciudad  
Universitaria empleando modelos de  
localización**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Industrial**

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

Sebastián Alejandro Horta Poó

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Esther Segura Pérez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida, bendecirme y guiarme para poder terminar a esta etapa de mi vida.

A mis padres por educarme y brindarme de las herramientas que me han sido de utilidad para poder estar en este punto de mi vida.

A la universidad por todo el apoyo y el conocimiento adquirido, por las experiencias y las relaciones que en ella encontré.

A la Dra. Esther por el apoyo, la paciencia y la guía para poder culminar con este trabajo, por el interés hacia conmigo que mostró.

A Yanine por haber estado conmigo desde el principio hasta el final de todo este proceso, por apoyarme física, mental y económicamente, por tenerme la paciencia y siempre impulsarme a seguir adelante, por cada palabra de aliento cuando lo necesitaba.

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo encontrar ubicaciones óptimas para las ambulancias de la Dirección General de Atención a la Salud (DGAS) en Ciudad Universitaria comparando diferentes modelos de localización que permitan atender la demanda que presenta y reducir el tiempo de respuesta a las emergencias médicas que se presentan.

En el **capítulo 1** se presenta una introducción al sistema de atención pre hospitalaria en México y cómo se lleva a cabo en Ciudad Universitaria.

A lo largo del **capítulo 2** se clasifican y explican los modelos de localización que se han desarrollado para el tema de localización de ambulancias.

Durante el **capítulo 3** explica la metodología que se emplea junto con la descripción del software de solución LINGO y se muestra el desarrollo de la metodología aplicada para identificar las ubicaciones óptimas de las ambulancias dentro de Ciudad Universitaria.

Finalmente en el **capítulo 4** se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto.

## Índice general

Agradecimientos.....	i
Resumen.....	ii
Introducción.....	1
1. El problema.....	6
1.1. Planteamiento del problema .....	6
1.2. Estadísticas del Servicio de Atención Pre hospitalaria .....	7
1.3. Formulación del problema.....	12
1.4. Objetivos de la investigación.....	13
1.4.1. Objetivos generales .....	13
1.4.2. Objetivos específicos .....	13
1.5. Justificación del estudio .....	13
1.6. Limitaciones de la investigación.....	13
2. Marco Teórico.....	14
2.1. Antecedentes del estudio.....	14
2.2. Modelos Analíticos.....	14
2.3. Location Set Covering Model.....	15
3.4. Maximum Covering Location Problem .....	16
2.5. P-center .....	17
2.6. P-dispersion.....	18
3.7. P-Median.....	19
3.8. Tandem equipment allocation model .....	20
3.9. BACOP1 y BACOP2 .....	22
3.10. Double Standard Model.....	23
3.11. Maximum Expected Covering Location Problem .....	25
3.12. MALP I y MALP II.....	27
3.13. Rel-P .....	29
3.14. Two-tiered model .....	30
3.15. Dynamic Double Standard Model .....	31
3.16. Otros modelos.....	33
3. Marco Metodológico .....	35

3.1. Hipótesis .....	35
3.1.1. Hipótesis general .....	35
3.1.2. Hipótesis específica .....	35
3.2. Nivel de investigación .....	35
3.3. Diseño de la investigación .....	36
3.4. Software LINGO.....	36
4. Desarrollo del problema.....	40
4.1. Población y muestra .....	40
4.2. Planteamiento del problema de máxima cobertura.....	42
4.2.1. Uso del Software LINGO.....	48
4.3. Modelo de máxima cobertura con las conexiones entre los 38 nodos.....	50
4.4. Planteamiento del problema a partir del modelo de P-mediana.....	52
5. Resultados y conclusiones .....	56
5.1. Modelo de máxima cobertura utilizando la red elaborada.....	56
5.2. Modelo de máxima cobertura utilizando todas las conexiones posibles..	71
5.3. Comparación de resultados .....	88
5.4. Modelo de P-mediana.....	89
5.5. Conclusiones .....	91
Bibliografía .....	93
Anexo .....	95

## Índice de tablas

Tabla 1. Hospitales a donde se trasladaron a los pacientes. ....	11
Tabla 2. Clasificación y porcentaje de los pacientes atendidos en CU. (Fuente: Elaboración propia). ....	40
Tabla 3. Nodos de demanda. (Fuente: Elaboración propia). ....	41
Tabla 4. Código de colores para radios de cobertura (Fuente: Elaboración propia) .....	43
Tabla 5. Distancias entre nodos de demanda empleando el código de colores de la Tabla 3. (Fuente: Elaboración propia Excel, 2013). ....	45
Tabla 6. Distancias entre los 38 nodos de demanda. Obtenida a través de Google Maps... 52	
Tabla 7. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	56
Tabla 8. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	60
Tabla 9. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	64
Tabla 10. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	67
Tabla 11. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	71
Tabla 12. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	75
Tabla 13. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	79
Tabla 14. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	83
Tabla 15. Nodos de ubicación, nodos de demanda asignados y promedio de distancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	90
Tabla 16. Nodos y ubicaciones propuestas como solución y la frecuencia con la que fueron solución. ....	91

## Índice de gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de hombres y mujeres que solicitaron el servicio .....	8
Gráfica 2. Cantidad de pacientes que se encontraban en estado estable o crítico.....	9
Gráfica 3. Número y porcentaje de pacientes que estudian en bachillerato, licenciatura o no son estudiantes.....	10
Gráfica 4. Cantidad de servicios solicitados en los diferentes turnos que tiene la DGAS ..	10
Gráfica 5. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	57
Gráfica 6 . Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	61
Gráfica 7. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	64
Gráfica 8. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	68
Gráfica 9. Gráfica comparativa de porcentaje cubierto contra el número de ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	71
Gráfica 10. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	72
Gráfica 11. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	76
Gráfica 12. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	80
Gráfica 13. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	84
Gráfica 14. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	88
Gráfica 15. Promedio de distancia por nodo de ubicación y promedio total de distancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).....	91

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del CMU .....	4
Figura 2. Diagrama de proceso del servicio de atención Pre hospitalaria que ofrece la DGAS. (Elaboración propia) .....	7
Figura 3. Ventana de estado del programa LINGO .....	38
Figura 4. Mapa con las ubicaciones a donde se dirigieron las ambulancias. (Imagen obtenida de <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ). .....	40
Figura 5. Mapa de ubicaciones del 80% de la demanda acumulada. (Imagen obtenida de <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ). .....	42
Figura 6. Ejemplo de como se muestra la distancia en Google Maps. (Fuente: <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ). .....	43
Figura 7. Red de conexiones entre puntos de demanda. (Fuente: Elaboración propia Power Point, 2013). .....	44
Figura 8. Función objetivo expresada en LINGO, 2019 .....	48
Figura 9. Ecuaciones de restricción expresadas en LINGO, 2019. ....	48
Figura 10. Resultados de la ventana de reporte de solución de LINGO, 2019. ....	49
Figura 11. Ventana “Solver Status” de LINGO, 2019. ....	49
Figura 12. Ventanas Solver Status y reporte de solución de LINGO, 2019 para el problema de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones de los 38 nodos. ....	51
Figura 13. Parte 2 de la ventana del reporte de solución de LINGO, 2019 para el problema de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones de los 38 nodos. ....	52
Figura 14. Reporte de solución del modelo P-Mediana. ....	55
Figura 15. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	57
Figura 16. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	58
Figura 17. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	58
Figura 18. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	59
Figura 19. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	59
Figura 20. Representación del radio de cobertura de 1000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). ....	61

Figura 21. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	62
Figura 22. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	62
Figura 23. Representación del radio de cobertura de 1000m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	63
Figura 24. Representación del radio de cobertura de 1000m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	63
Figura 25. Representación del radio de cobertura de 1500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	65
Figura 26. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	65
Figura 27. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	66
Figura 28. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	66
Figura 29. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	67
Figura 30. Representación del radio de cobertura de 2000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	68
Figura 31. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	69
Figura 32. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	69
Figura 33. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).	70

Figure 34. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	70
Figura 35. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	73
Figura 36. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .	73
Figure 37. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 74	74
Figure 38. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 74	74
Figure 39. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	75
Figura 40. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	77
Figura 41. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .	77
Figura 42. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 78	78
Figura 43. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 78	78
Figura 44. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	79
Figura 45. Representación del radio de cobertura de 1500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	81
Figura 46. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .	81
Figura 47. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 82	82
Figura 48. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 82	82
Figure 49. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	83
Figura 50. Representación del radio de cobertura de 2000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019). .....	85

Figura 51. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019). . 85

Figure 52. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 86

Figure 53. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019). 86

Figure 54. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).  
..... 87

## Introducción

En la actualidad toda persona está expuesta a sufrir un accidente en cualquier lugar o enfermedad súbita que ponga en riesgo su vida o que amenace su salud, es por ello que se le ha dado tanta importancia al Servicio de Atención Pre-Hospitalaria (SAPH) que brindan los Sistemas Médicos de Emergencia (SME) de los cuales, el principal objetivo es coordinar la llegada para poder brindar una atención adecuada, de primeros auxilios, los cuales son usados para preservación de la vida, en el menor tiempo de respuesta posible. Los puntos más importantes para buen tratamiento de una herida son: a) la detección temprana del incidente, la cual se da por cualquier persona que detecte el incidente, b) la reacción inmediata para solicitar ayuda, c) la respuesta inmediata por parte de los servicios de emergencia para llegar al lugar del incidente, d) un buen tratamiento, e) una correcta atención pre-Hospitalaria en lo que se traslada al paciente al hospital y f) la transferencia al lugar de cuidado definitivo, donde el paciente será cuidado por un médico (Aringhieri et al, 2007).

El objetivo de la medicina moderna está enfocada en reducir el número de decesos vinculados a enfermedades graves de aparición súbita o a accidentes que causan lesiones graves, lo que causa que dichas investigaciones se realicen fuera de los establecimientos médicos, por lo que la atención de urgencias debe comenzar desde el primer contacto que se tenga con el paciente, ya sea en el hogar, vía pública o ámbito laboral y continúa durante el traslado con una serie de actividades médicas de reanimación y soporte, lo que mejora la condición de ingreso al hospital del paciente, su sobrevivencia frente al accidente, y su posterior traslado a la unidad médica especializada para dar el tratamiento correspondiente a la patología. La filosofía de la atención pre hospitalaria se resume en: “Llevar al paciente adecuado al lugar adecuado en el tiempo adecuado”.

Uno de los aspectos más importantes dentro del proceso es la pronta respuesta del servicio de emergencia, para hacer llegar una ambulancia al lugar del incidente. Existen diversos parámetros que deben ser considerados para tratar este tema, como la localización y relocalización de ambulancia, la ruta que deberá seguir, la coordinación de ambulancias para atender cada llamada.

El sistema de atención pre hospitalaria se entiende como el servicio que se le ofrece a una persona desde el primer contacto que se tiene con ella hasta su llegada al hospital, donde la condición clínica de dicha persona se considera que pone en peligro la vida, un órgano o su función, con el fin de disminuir su agravamiento y estabilizar la zona afectada (STCONAPRA, 2016).

Aunque los SME operan de manera diferente en todo el mundo, existen dos operaciones básicas: 1) una central de operaciones que recibe las llamadas de emergencia y que coordina la respuesta a cada llamada y 2) las operaciones externas que permiten desempeñar un adecuado servicio pre-hospitalario (Aboueljinane, 2013).

En México, las enfermedades cardiovasculares representan la primera causa de muerte entre la población general, seguida de complicaciones de la diabetes, y en tercer lugar lesiones ocasionadas en accidentes de tráfico, violencia, caídas, ahogamientos y quemaduras. Adicionalmente, es importante destacar que en las edades, preescolar, escolar y en las etapas productivas de la vida, las lesiones llegan a ser la primera causa de muerte y discapacidad.

El comienzo de la aplicación de los servicios de atención pre hospitalaria en México se encuentra sumamente relacionada con surgimiento de la Cruz Roja por la parte civil y el cuerpo formal de ambulantes (Sanidad Militar) en el servicio médico del ejército mexicano a finales del siglo XIX e inicio del siglo XX.

Al Modelo de Atención Pre hospitalaria de Urgencias Médicas se le han implementado regulaciones, por el Secretario Técnico del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes, como el caso de la NOM 034-SSA3-2013 que establece los elementos regulatorios para que la prestación de servicios en ambulancias, se realice con niveles homogéneos de calidad en beneficio de la población en general.

En esta norma se introduce la figura del Centro Regulador de Urgencias Médicas (CRUM), el cual apoya el manejo y coordinación de los servicios de atención pre hospitalaria (unidades tipo ambulancia), estableciendo una conexión entre ellos y los establecimientos de atención médica y de ésta forma disminuir los tiempos de traslado y estandarizar los procedimientos en la atención pre hospitalaria (STCONAPRA, 2017).

### **Sistema de atención pre hospitalaria en Ciudad Universitaria**

La UNAM cuenta con la Dirección General de Atención a la Salud la cual se encarga de coordinar las actividades relacionadas con la atención a emergencias médicas y fomento de la salud entre otros. En la página de internet de la DGAS ([www.dgas.unam.mx](http://www.dgas.unam.mx)) se encuentra la siguiente información respecto a ésta.

La misión de la DGAS es:

Contribuir a la formación integral de la comunidad estudiantil universitaria, mediante un Modelo de Atención Integral de la Salud con óptima calidad, orientado al fomento de la salud, a la identificación y prevención de riesgos, tanto del individuo como del

entorno, al saneamiento del ambiente, y la atención inicial de enfermedades de alta prevalencia, con enfoque hacia la promoción de la cultura del autocuidado de la salud.

Y su visión:

Constituir un modelo de atención integral que propicie el desarrollo de la cultura para el autocuidado de la salud para la comunidad universitaria.

A la DGAS le corresponde coordinar las acciones de salud para la población estudiantil que se desarrollen en la UNAM, a través de:

- Identificar necesidades en materia de salud de las diferentes comunidades estudiantiles.
- Proporcionar atención primaria a los alumnos y de urgencias a quien llegara a requerirla.
- Desarrollar programas preventivos, de promoción y de educación para la salud, con la finalidad de fomentar la cultura de autocuidado de la salud.
- Realizar estudios sobre la salud de los alumnos.
- Establecer alianzas con instituciones públicas y no gubernamentales especializadas en aspectos de la salud de adolescentes y adultos jóvenes.
- Ejecutar programas de salud ambiental.

Los alumnos vigentes de la UNAM pueden recibir atención en el Centro Médico Universitario (CMU), así como en los consultorios de los planteles ubicados en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Los servicios de atención primaria a la salud que otorga la DGAS, están destinados a restablecer o mejorar la salud de los alumnos cuando por alguna causa ésta se ha visto afectada. En el CMU se prestan los siguientes servicios:

- Medicina general
- Ginecología
- Medicina Interna
- Gastroenterología
- Traumatología y ortopedia
- Fisioterapia
- Dermatología
- Otorrinolaringología
- Oftalmología
- Optometría

- Odontología General
- Odontología especializada
- Laboratorio Clínico
- Gabinete de estudios de imagenología

## Centro Médico Universitario

El CMU se encuentra localizado en Ciudad Universitaria, sobre el circuito escolar, frente a la Facultad de Arquitectura, al costado poniente de la alberca olímpica como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Mapa de ubicación del CMU

El horario de servicio del CMU es de lunes a viernes de 6:00 a 23:00 hrs. y sábados, domingos, días festivos y vacaciones de 6:00 a 21:00 hrs.

### Atención de emergencias médicas

Dentro de las actividades que lleva a cabo está el coordinar el servicio de atención de urgencias médicas o también conocido como servicio de atención pre hospitalaria ya que cuenta con los protocolos para poder atenderlas con la mayor oportunidad.

Cuando alguna persona requiere de atención médica, puede solicitar el apoyo de las siguientes maneras:

Cuando el paciente puede desplazarse:

- Acudir directamente al Centro Médico Universitario (CMU)
- Solicitar la atención en el módulo de enfermería del Servicio de Urgencias

Cuando el paciente no puede desplazarse:

- Solicitar el servicio a través de alguno de los teléfonos de emergencia UNAM
- O llamar al 5622 0202 o al 5622 0140

La DGAS recomienda en su página que nunca se deje sola a la persona que requiere la atención médica, ni siquiera para pedir ayuda ya que durante una emergencia ya que unos segundos pueden significar la diferencia entre la vida y la muerte por lo que aconsejan que una tercer persona vaya a pedir auxilio.

### **Llamada de emergencia**

Durante la llamada de emergencia es muy importante que la persona que la está realizando no cuelgue el teléfono hasta que la persona que le está asistiendo se lo indique.

Información que se debe proporcionar durante la llamada de emergencia:

- Ubicación exacta para localizar al afectado.
- Descripción del problema que está experimentando el afectado, por ejemplo: quemaduras, hemorragias, fractura de huesos, etc.
- Descripción de lo sucedido, número de personas lesionadas o el tipo de ayuda que se está solicitando,
- Nombre y número telefónico de la persona que está realizando la llamada para poder contactarla.

Por último se solicita que no se finalice la llamada hasta que la persona que la está atendiendo lo indique ya que podría necesitar hacerle alguna pregunta o proporcionar información sobre qué hacer mientras llega la ayuda a la persona que está realizando la llamada.

## 1. El problema

### 1.1. Planteamiento del problema

Para atender las emergencias que se presentan dentro de Ciudad Universitaria y sus alrededores, la UNAM posee el servicio de atención pre-hospitalario, del cual se encarga la Dirección General de Atención a la Salud (DGAS), llevando a cabo todo el procedimiento para atender las emergencias, lo cual conlleva la recepción de la llamada de emergencia, administrar los recursos que tiene como los paramédicos en turno, ambulancias, equipo, medicamento y también de coordinar el hospital hacia donde se dirigirá el paciente en caso de ser necesario. Este servicio no se le brinda no solo a estudiantes de la universidad, sino a profesores, trabajadores, y visitantes de diversas edades que visitan las instalaciones abiertas a todo público o que van a practicar alguna actividad física dentro de las instalaciones.

El servicio de atención pre-hospitalaria también abarca el registro de la información de los eventos de emergencia tales como fecha, padecimiento (clínico o trauma), ubicación, género, agente causal, lesión, entre otros.

El área primordial de servicio que brinda la DGAS en Ciudad Universitaria está delimitada por las siguientes calles: al norte Av. San Jerónimo y Av. Universidad, al este Av. Dalias y Av. Delfín Madrigal, al sur Av. De la IMAN y al oeste Av. Insurgentes. Aunque el servicio de APH que presta la DGAS está enfocado para cubrir esta área, también prestan el servicio fuera de los límites antes mencionados.

El servicio de urgencia cuenta con 5 ambulancias, 1 con equipo básico para atender incidentes menores, y cuatro con equipo avanzado para atender emergencias mayores. Para atender a los pacientes cuenta con 11 Técnicos en Urgencias Médicas (TUM's), 4 de ellos cuentan con un nivel de certificación avanzado (nivel III), 4 con un nivel intermedio (nivel II) y tres más con un nivel de certificación básico (nivel I) los cuales se distribuyen en 3 turnos, el turno matutino que comprende de las 6:00 am a 4:00 pm, el turno vespertino que va de 1:00 pm a 11:00 pm y el turno especial que abarca de 8:00 am a 7:00 pm de los días feriados y fines de semana.

La población en CU en el ciclo escolar 2017-2018 fue de 166,726 personas (Dirección General de Planeación) dentro de los cuales se tomaron en cuenta alumnos, profesores de carrera, investigadores de carrera y docentes. Cabe mencionar que cada año la población aumenta y con esto también aumenta la demanda del SAPH como se muestra en los estadísticos de la Dirección General de Planeación.

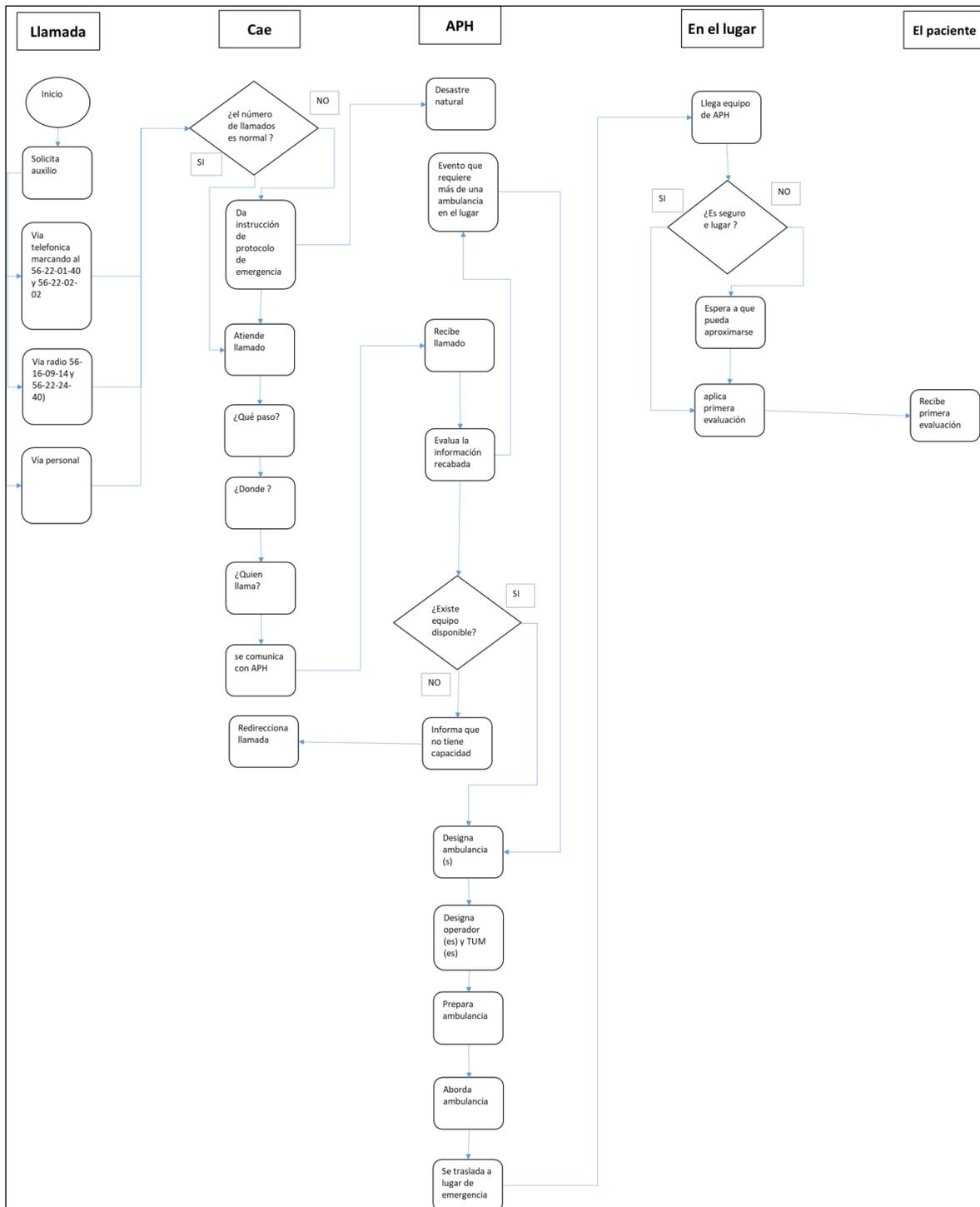


Figura 2. Diagrama de proceso del servicio de atención Pre hospitalaria que ofrece la DGAS. (Elaboración propia)

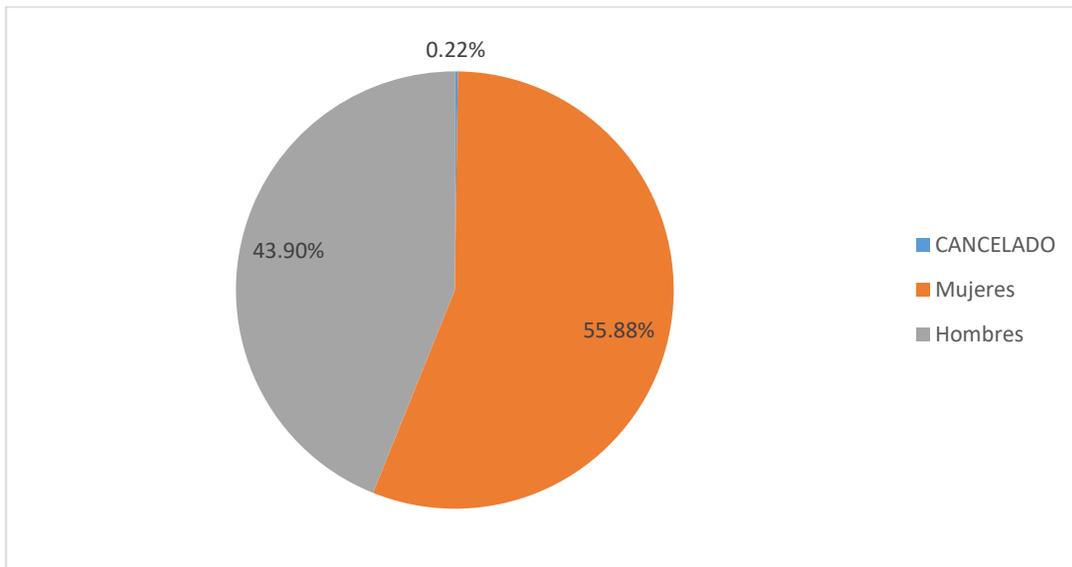
## 1.2. Estadísticas del Servicio de Atención Pre hospitalaria

La información proporcionada por la DGAS contiene 1394 registros de donde podemos obtener los estadísticos que se presentan a continuación. En cada uno de

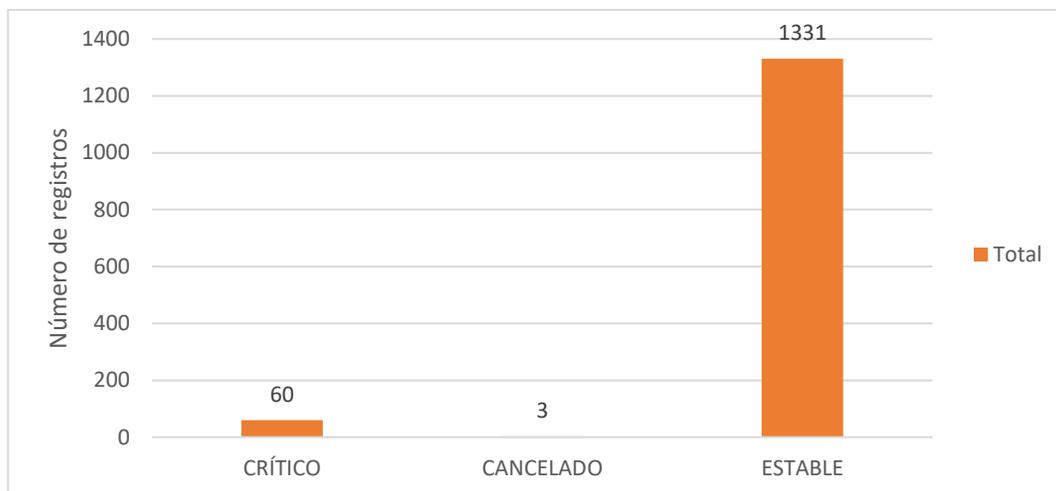
los análisis presentados se muestran los 3 registros donde se canceló el servicio por lo que solo se muestra cancelado y resulta útil ver el comportamiento de los accidentes donde se solicita el servicio de emergencias médicas de la UNAM.

En la gráfica 1 podemos ver que el que la mayoría de las emergencias atendidas fueron solicitadas para atender hombres representando el 55.88% de todas las llamadas, mientras que las mujeres representan el 43.9% de toda la demanda.

En la gráfica 2 vemos que la mayoría de las personas que fueron atendidas se encontraban estables y que sólo 60 se encontraban en un estado crítico. Esta información resulta de utilidad a la hora de revisar el inventario ya que las personas que se encuentran estables no requieren el equipo y medicamento que requieren las personas que se encuentran en un estado crítico.



Gráfica 1. Porcentaje de hombres y mujeres que solicitaron el servicio

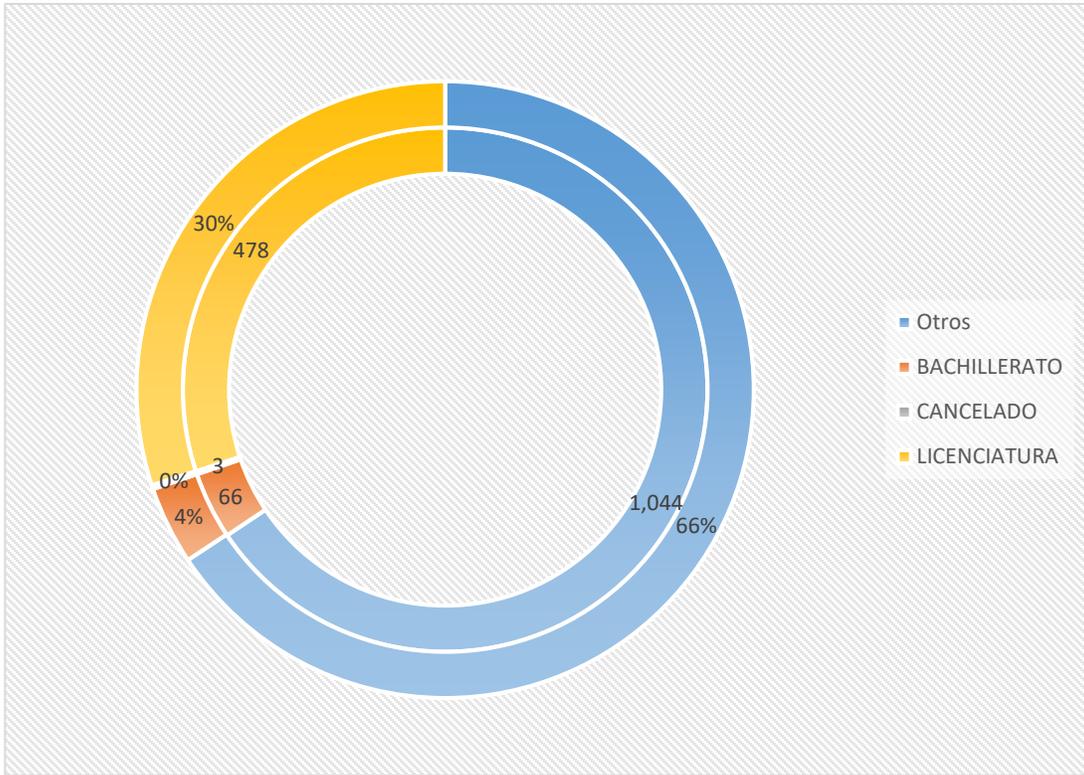


Gráfica 2. Cantidad de pacientes que se encontraban en estado estable o crítico

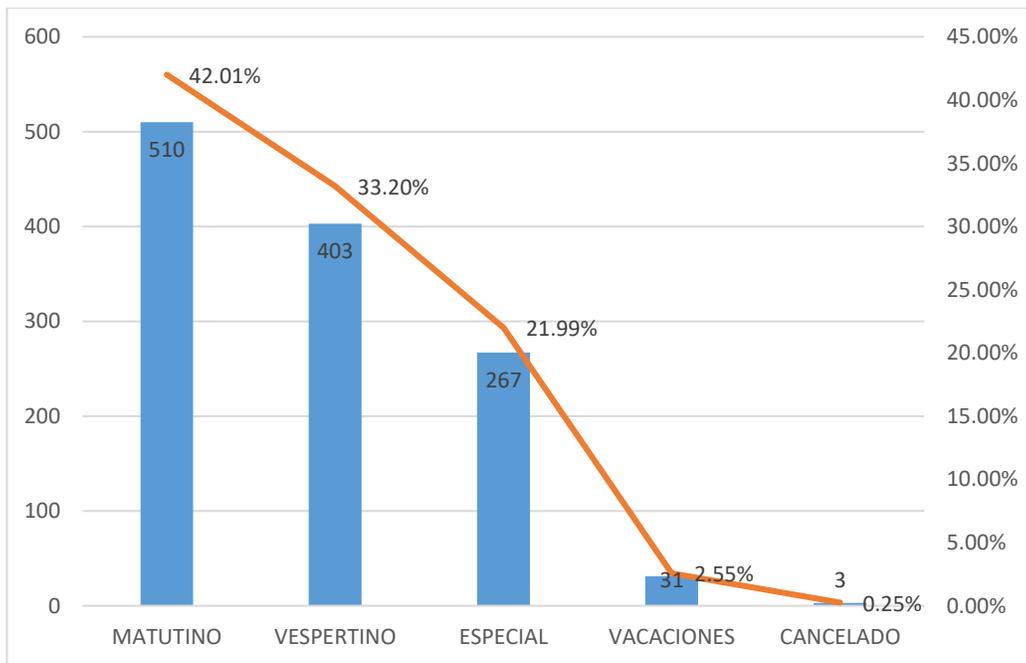
En la gráfica 3 vemos la cantidad de estudiantes que se atienden, en esta gráfica la clasificación se enfoca a los estudiantes, ya que en la clasificación Otros se encuentran todos los académicos, trabajadores de la UNAM y personas ajenas a la UNAM que solicitaron el servicio, el porcentaje que representan los estudiantes es del 34.17% compuesto por estudiantes universitarios y estudiantes que están cursando el bachillerato, lo cual muestra que sólo la tercera parte de todos los casos atendidos son para estudiantes. Algunos de los planteles de la UNAM de nivel bachillerato donde se solicitó el servicio son CCH Sur, Prepa 2 y prepa 6 entre otros.

En la Gráfica 4 podemos ver que durante el turno matutino y vespertino, que son los horarios que se cubren en los días regulares, suceden el 75.21% de los accidentes, en los especiales que son fines de semana y días festivos ocurren el 21.99% y en vacaciones el 2.55%. Cabe destacar que es muy importante el servicio que se presta en fines de semana y vacaciones, ya que en estos días hay actividades deportivas dentro de Ciudad Universitaria, y aunque también hay actividades académicas, las actividades deportivas tienen mayor ocurrencia de accidentes que las académicas.

En la tabla 1 se muestran todos los hospitales a los que se trasladaron a los pacientes, podemos ver que el 39.89% no necesitó un traslado a algún hospital, el hospital con mayor demanda es el de la DGAS en Ciudad Universitaria, seguido del hospital López Mateos y Clínica 8. Cabe mencionar que el hospital de traslado depende del tipo de seguro con el que cuenta el paciente, los estudiantes de la UNAM cuentan con su seguro facultativo con el que pueden acudir a cualquier clínica del IMSS.



Gráfica 3. Número y porcentaje de pacientes que estudian en bachillerato, licenciatura o no son estudiantes.



Gráfica 4. Cantidad de servicios solicitados en los diferentes turnos que tiene la DGAS

Tabla 1. Hospitales a donde se trasladaron a los pacientes.

Instituciones de traslado	Número de registros	Porcentaje del total
NO TRASLADO	556	39.89%
DGSM	430	30.85%
LOPEZ MATEOS	84	6.03%
CLINICA 8	73	5.24%
DARIO FERNANDEZ	47	3.37%
TRAUMA DEL SUR	33	2.37%
MEDICA SUR	29	2.08%
XOCO	21	1.51%
GEA GONZALEZ	16	1.15%
ANGELES PEDREGAL	11	0.79%
CLINICA 32	9	0.65%
GINECO 4	8	0.57%
CRUZ ROJA	7	0.50%
MERLOS	6	0.43%
METROPOLITANO	5	0.36%
CEDROS	5	0.36%
INST NAL ORTOPEDIA	4	0.29%
LA VILLA	4	0.29%
RUBEN LEÑERO	3	0.22%
CANCELADO	3	0.22%
GABRIEL MANCERA	3	0.22%
MGDNA DE LAS SALINAS	3	0.22%
SIGLO XXI	2	0.14%
BALBUENA	2	0.14%
INP	2	0.14%
FDO QUIROZ	1	0.07%
H DE LA MUJER	1	0.07%
GENERAL DE MEXICO	1	0.07%
1o DE OCTUBRE	1	0.07%
CAM	1	0.07%
H MATERNO CONTRERAS	1	0.07%
20 DE NOVIEMBRE	1	0.07%
H. GENERAL	1	0.07%
CTRO. NAL. REHABILITACION	1	0.07%
DGSM/ABC	1	0.07%
H GENERAL	1	0.07%
INP	1	0.07%
CAM PEDREGAL	1	0.07%
INST NAL CARDIOLOGIA	1	0.07%
DALINDE	1	0.07%
INST NAL NEUROLOGIA	1	0.07%
MP No.22	1	0.07%
DGSM/CLINICA 8	1	0.07%
PEMEX	1	0.07%
INST NAL PEDIATRIA	1	0.07%

SAN ANGELINN	1	0.07%
ISSSTE ZARAGOZA	1	0.07%
TACUBA ISSSTE	1	0.07%
JUAREZ DE MEXICO	1	0.07%
VISA	1	0.07%
ESPAÑOL	1	0.07%
H GRAL DE MEXICO	1	0.07%
H MARIA JOSE	1	0.07%
<b>Total</b>	<b>1,394</b>	<b>100.00%</b>

### 1.3. Formulación del problema

Con base en los registros obtenidos, la demanda del servicio de atención pre hospitalaria ha ido en aumento en Ciudad Universitaria, por lo que encontrar una ubicación que permita reducir el tiempo es de gran beneficio para que, en primer lugar, se reduzca el riesgo y las afecciones que puedan causar el accidente o patología repentina y, en segundo lugar, abastecer la demanda que se presente dentro de los límites de Ciudad Universitaria.

Existen diversos métodos para encontrar la mejor ubicación, pero entre más parámetros se agregan, más difícil y tardado es encontrar la solución con esos métodos.

Se cuenta con una base de datos, que no está normalizada, lo cual dificulta el análisis ya que la descripción de las ubicaciones de los accidentes difieren aunque se refieran al mismo lugar, tampoco hay una unificación en la descripción de los agentes causales ya que en algunos casos se le menciona de diferentes formas al mismo agente causal. También se puede apreciar la inconsistencia en el criterio a la hora de registrar el padecimiento (clínico o trauma).

Atender todas las llamadas de emergencia presenta dificultades cuando la frecuencia de llamadas incrementa por grandes periodos como en los días cálidos próximos al verano o las temporadas frías cercanas al invierno.

El comportamiento del sistema de respuesta a emergencias todavía tiene una gran área de oportunidad de mejora, que al analizar el comportamiento que se tiene el sistema podrá tener parámetros sobre la toma de decisiones dentro de la organización y de esta forma se pueda proporcionar un mejor servicio reduciendo costos y mejorando la calidad.

## 1.4. Objetivos de la investigación

### 1.4.1. Objetivos generales

Aplicar diferentes modelos de localización para encontrar ubicaciones óptimas para las ambulancias con las que cuenta la DGAS, que permitan atender la demanda reducir el tiempo de respuesta ante una emergencia médica y observar los resultados que cada modelo ofrece.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar los tipos de modelos que existen junto con sus limitaciones y resultados esperados.
- Unificar y normalizar la información recopilada en una base de datos.
- Analizar la frecuencia de los accidentes por su clasificación en clínico y trauma.
- Desarrollar diferentes modelos de localización que permitan identificar las ubicaciones óptimas de las ambulancias.
- Encontrar las ubicaciones donde se concentran la mayor cantidad de accidentes.

## 1.5. Justificación del estudio

El desarrollo de la metodología permitirá tener un panorama más amplio respecto a las necesidades y áreas de mera que tiene el servicio de emergencias de la UNAM en Ciudad Universitaria ya que existen parámetros que cambian continuamente a través del tiempo y que intervienen para mejorar o empeorar el proceso del servicio tales como el crecimiento de la población ciudadana, crecimiento de la población estudiantil por el aumento de infraestructura en la universidad, entre otros.

## 1.6. Limitaciones de la investigación

Una de las principales limitaciones es el acceso a la información ya que es considerada confidencial, por lo que fue limitado por una parte, por otro lado los datos recolectados no tienen consistencia ya que al ser cualitativos y evaluados desde el punto de vista del médico que tomó el registro, el registro y clasificación del padecimiento es muy variante respecto a cada año de registro y el análisis no es preciso.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes del estudio

El modelado es una manera en la que podemos resolver los problemas del mundo real, para situaciones que requieren mucho tiempo como el efecto de una nueva empresa en la sociedad que quizá nos podría tomar años o para modelos costosos y grandes como la construcción de algún edificio. El proceso es abstracto y subjetivo ya que colocamos los parámetros que creemos que son importantes y descartamos los que consideramos que no lo son, además se descartan aquellos parámetros que por limitante de nuestro modelo no se pueden incluir ya que no hay manera de representarlo o por que el modelo sería muy complejo de resolver.

Para poder realizar el modelo, debemos entender y comprender como funciona u opera el sistema y se pueden comparar diferentes escenarios para enfocarnos en el mejor resultado obtenido.

El diseño para la planeación de ubicación de las ambulancias ha sido objeto de estudio por diversos investigadores y gobiernos por diversas razones, una de ellas es el costo que tiene poder ofrecer el servicio de emergencia, ya que las emergencias médicas se presentan alrededor de todo el mundo de manera constante y ya sean los gobiernos o alguna empresa médica, se ha tenido el interés de buscar una localización para reducir los costos de traslado, manejo de equipo e inventario para atender dichas emergencias. Otra razón que podríamos mencionar como la más importante y como el objetivo del servicio de emergencias es la preservación de la vida, como se ha mencionado en el capítulo anterior, y por lo cual las investigaciones y estudios que se han realizado se han enfocado en cubrir la mayor demanda posible, si no es que toda, que tienen algunos países, ciudades, las metodologías buscan disminuir el tiempo de respuesta tomando en cuenta distancias o también tipos de ambulancias.

Existe una vasta cantidad de literatura sobre diversas metodologías para tratar el tema de localización de vehículos que se ha desarrollado desde la década de los 70's.

En las tesis de Sangermán (2014) y Flores (2013) y el artículo de Brotcorne et al. (2003) podemos encontrar como han ido evolucionando los modelos de localización:

### 2.2. Modelos Analíticos

Borshchev (2003) menciona que en los modelos analíticos se utilizan fórmulas donde se sustituyen los datos y se obtienen los resultados, una de las herramientas

más comunes para el uso de estos modelos es Excel aunque existen bastantes programas como Mathematica, Matlab, R Studio etc., para el manejo de fórmulas.

Problemas que resuelven dichos modelos:

- Comportamientos no lineales
- Memoria
- Influencias no intuitivas entre variables
- Tiempo y dependencias causales
- Todo lo anterior combinado con inciertos y gran número de parámetros

En la mayoría de los casos es imposible obtener las fórmulas correctas por el comportamiento del sistema. Normalmente las fórmulas que son buenas expresando dependencias estáticas , no son buenas describiendo sistemas con comportamiento dinámico.

Dentro de los modelos de localización, los analíticos son los más sencillos, en la mayoría de los casos, estos modelos asumen que la demanda tiene un comportamiento determinado (Ej. Uniforme) a través de un área determinada donde las ambulancias o puntos de demanda se encuentran dentro de dicha área. Éstos modelos mantienen la descripción de los modelos analíticos mencionada arriba, por lo que las técnicas y cálculos son simples (Flores, 2013).

### 2.3. Location Set Covering Model

En este tipo de problemas se busca el número mínimo de ambulancias para cubrir la demanda en su totalidad con la garantía de que cada nodo en particular sea cubierto por al menos una ambulancia (Toregas et al., 1971). Su modelo matemático es el siguiente:

Minimizar:

$$\sum_j f_j X_j \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (3)$$

Dónde:

$f_i$  es el costo que tiene localizar una ambulancia en el sitio  $j$

$X_i$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$N_i$  es el subconjunto de lugares candidatos para localizar las ambulancias.

La función objetivo (1) minimiza el número de ambulancias requeridas para cubrir todos los puntos de demanda que a su vez están ponderadas con el costo asociado a cada una de ellas. La restricción (2) establece que cada punto de demanda  $i$  debe ser cubierto por al menos una ambulancia  $j$  por lo que no puede ser menor a 1. La restricción (3) declara que la variable es binaria, por lo que solo puede tomar los valores de 0 y 1. En los problemas de localización  $N_i$  se define como  $N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$  donde  $d_{ij}$  es la distancia de la ambulancia  $j$  al nodo de demanda  $i$  y que no puede exceder el radio de cobertura  $S$ .

Este modelo puede ser usado como una herramienta de planeación para determinar el número correcto de vehículos para cubrir la demanda. Es importante destacar que este modelo ignora varios aspectos de lo que ocurre en un problema en la vida real, el más importante podría ser el hecho de que una vez que la ambulancia está en servicio, algunos puntos de demanda quedan descubiertos.

#### 2.4. Maximum Covering Location Problem

El Modelo de Localización de Máxima cobertura (MCLP) fue propuesto originalmente por Church y ReVelle (1974), donde existe un límite para el número de ambulancias que pueden ser localizadas, el cual no puede ser excedido, y se proponen las posibles ubicaciones y también maximiza el número de nodos de demanda cubiertos. El modelo se formula de la siguiente manera:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i Z_i \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in N} X_j = P \quad (5)$$

$$Z_i - \sum_{j \in N_i} X_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (7)$$

$$Z_i = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (8)$$

Dónde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar

$Z_i$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la demanda del nodo  $i$  se cubre y 0 si no es cubierta la demanda.

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

La función (4) maximiza el número de puntos de demanda cubiertos, los cuales están ponderados con su demanda respectivamente, la restricción (5) declara que se deben localizar las  $P$  ambulancias, la restricción (6) que también se puede expresar como  $Z_i \leq \sum_{j \in N_i} X_j$ , establece que para que la demanda del nodo  $i$  sea cubierta deberá ser atendida por una o más ambulancias, por último las restricciones (7) y (8) declaran las variables  $Z_i$  y  $X_j$  como binarias por lo que solo pueden tomar los valores 0 y 1.

### 2.5.P-center

El modelo fue desarrollado por Hakimi (1964,1965). El objetivo es minimizar la distancia entre una ambulancia y el punto de demanda más lejano que se le ha asignado, pero al igual que en el de máxima cobertura, el número de ambulancias es fijo. El modelo es el siguiente:

Minimizar:

$$W \quad (9)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (10)$$

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (11)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (12)$$

$$W - \sum_{j \in J} h_i d_{ij} Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (13)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (14)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (15)$$

Dónde:

$W$  es la distancia máxima entre el nodo de demanda y el sitio donde se ubica la ambulancia a la que está asignada.

$d_{ij}$  es la distancia desde el punto de demanda del nodo  $i$  al sitio candidato para localizar la ambulancia  $j$ .

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar.

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$Y_{ij}$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la demanda del nodo  $i$  se cubre y 0 si no es cubierta la demanda.

$h_i$  es la intensidad de la demanda en el nodo  $i$ .

La función objetivo (9) minimiza la máxima distancia ponderada con la demanda entre cada nodo de demanda y la ambulancia más cercana. La restricción (10) establece las  $P$  ambulancias que serán localizadas. La restricción (11) declara que cada punto de demanda requiere estar asignado a una ambulancia. La restricción (12) limita las asignaciones de los nodos de demanda únicamente a las ambulancias que han sido ubicadas. La restricción (13) define el límite inferior en la máxima distancia ponderada con la demanda, la cual va a ser minimizada. La restricción (14) declara que la variable  $X_j$  es binaria. La restricción (15) establece que cada nodo de demanda sea asignado solamente a una ambulancia. La restricción (15) puede ser sustituida por  $Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J$  ya que la restricción (12) garantiza que  $Y_{ij} \leq 1$ .

## 2.6. P-dispersion

El problema de p-dispersion fue elaborado por Kuby (1987) y pretende ubicar un número determinado de ambulancias en una lista determinada de posibles

ubicaciones con el fin de maximizar la distancia mínima entre los pares de puntos seleccionados. El modelo matemático es el siguiente:

Maximizar:

$$D \quad (16)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (17)$$

$$D + (M - d_{ij})X_i + (M - d_{ij})X_j \leq 2M - d_{ij} \quad \forall i, j \in J, i < j \quad (18)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (19)$$

Donde:

$M$  es una una constante con un gran valor (Ej.  $\max_{i \in I, j \in J} \{d_{ij}\}$ )

$D$  es la distancia mínima de separación entre cualquier par de ambulancias.

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar.

$d_{ij}$  es la distancia desde el punto de demanda del nodo  $i$  al sitio candidato para localizar la ambulancia  $j$ .

La función objetivo (16) maximiza la distancia entre las dos ambulancias más cercanas. La restricción (17) establece que las  $P$  ambulancias requieren se localizadas. La restricción (19) es una restricción de integralidad estándar que establece que la variable  $X_j$  es binaria. La restricción (18) define la separación mínima entre cualquier par de ambulancias localizadas. Es importante destacar que si  $X_i$  o  $X_j$  son iguales a 1, la restricción será igual a  $D \leq d_{ij}$ . Además, maximizar  $D$  tiene el efecto de obligar a la menor distancia entre las ambulancias a ser tan larga como sea posible.

## 2.7.P-Median

El objetivo del modelo es encontrar la ubicación de las ambulancias con el propósito de minimizar el costo del servicio, el cual está asociado a las distancias entre los puntos de demanda y las ambulancias. En este modelo se asume que a cada nodo de demanda se le asignará la ambulancia más cercana.

Su modelo matemático es el siguiente:

Minimizar:

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (20)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (21)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (22)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (23)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (24)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (25)$$

Dónde:

$h_i$  es la intensidad de la demanda en el nodo  $i$ .

$d_{ij}$  es la distancia desde el punto de demanda del nodo  $i$  al sitio candidato para localizar la ambulancia  $j$ .

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar.

$Y_{ij}$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la demanda del nodo  $i$  se cubre y 0 si no es cubierta la demanda.

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

La función objetivo (20) minimiza la distancia promedio ponderada entre los puntos de demanda y la ambulancia más cercana, la restricción (21) establece que cada punto de demanda debe ser cubierto, la restricción (22) conocida como "Balinski" permite que el punto de demanda  $i$  sea asignado a un punto  $j$  sólo si hay una ambulancia en esa ubicación, la restricción (23) establece las  $P$  ambulancias que serán localizadas, por último las restricciones (24) y (25) declaran que las variables  $X_j$  y  $Y_{ij}$  son binarias pudiendo adquirir los valores de 0 y 1 únicamente.

## 2.8. Tandem equipment allocation model

Modelo de asignación de equipos en tándem (Tandem equipment allocation model TEAM). El modelo TEAM ha sido desarrollado para manejar situaciones donde hay

más de un tipo de vehículo que puede ser enviado al lugar a donde se hace el llamado de emergencia desarrollado por Schilling et al. (1979). Este modelo se usa con mayor frecuencia por parte del servicio de bomberos (camión de bomba y camión de escala), pero también es importante para la ubicación de ambulancias donde hay equipos básicos y equipos avanzados. El modelo TEAM puede ser escrito como se muestra a continuación:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i Z_i \quad (26)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J_i^A} X_j^A \geq Z_i \quad \forall i \in I \quad (27)$$

$$\sum_{j \in J_i^B} X_j^B \geq Z_i \quad \forall i \in I \quad (28)$$

$$\sum_{j \in J} X_j^A \geq p^A \quad (29)$$

$$\sum_{j \in J} X_j^B \geq p^B \quad (30)$$

$$X_j^A \leq X_j^B \quad \forall j \in J \quad (31)$$

$$X_j^A, X_j^B = 0,1 \quad (32)$$

$$Z_i = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (33)$$

Donde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$

$Z_i$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si y solo si la demanda del nodo  $i$  es cubierta por los dos tipos de vehículos y 0 si no es así.

$X_j^A$  y  $X_j^B$  son las variables de decisión binarias que toman el valor de 1 si el vehículo tipo A(B) se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$p^A$  y  $p^B$  es el número de vehículos del tipo avanzado (A) y básico (B)

La función objetivo maximiza la demanda cubierta. Las restricciones (27) y (28) expresan que al menos una ambulancia del tipo A(B) debe estar ubicada en el sitio candidato  $j$  para que la demanda en el nodo  $i$  sea cubierta. Las restricciones (29) y (30) establecen que el número de sitios asignados  $j$  debes ser igual al número de vehículos con los que se cuenta. La restricción (31) declara una jerarquía entre los dos tipos de vehículos; esta restricción puede ser removida si las circunstancias así lo requieren. Existe un modelo más elaborado para la aplicación en ambulancias, que pertenece a la misma familia, el cual fue desarrollado más tarde por Marinov y ReVelle (1992). Dicho modelo puede ser utilizado para ubicar estaciones de bomberos capacitadas con dos tipos de equipo, sujeto a restricciones que aseguran que cada punto de demanda es cubierto adecuadamente con el número correcto de camiones bomba y escaleras de rescate.

## 2.9. BACOP1 y BACOP2

Hogan y ReVelle (1986) también presentaron dos formulaciones de modelos de cobertura con respaldo, los cuales son llamados BACOP1 y BACOP2. Las formulaciones se muestran a continuación.

BACOP1

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i U_i \quad (34)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J_i} X_j - U_i \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (3520)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \geq P \quad (36)$$

$$0 \leq U_i \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (37)$$

$$X_j \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (38)$$

y

BACOP2

Maximizar:

$$\theta \sum_{i \in I} h_i Z_i + (1 - \theta) \sum_{i \in I} h_i U_i \quad (39)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J_i} X_j - Z_i - U_i \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (40)$$

$$U_i - Z_i \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (41)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \geq P \quad (42)$$

$$0 \leq U_i \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (43)$$

$$0 \leq Z_i \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (44)$$

$$X_j \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (45)$$

Donde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$

$Z_i$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si y solo si la demanda del nodo  $i$  es cubierta dentro del radio de cobertura  $r$  y 0 si no es así.

$U_i$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si y solo si la demanda del nodo  $i$  es cubierta dos veces dentro del radio de cobertura  $r$  y 0 si no es así.

$X_j$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar

$\theta$  es un parámetro que toma los valores de 0 y 1.

### 2.10. Double Standard Model

Modelo estático estándar doble (Double Standard Model DSM): Los modelos anteriormente expuestos no consideran si la ambulancia se encuentra ocupada durante el día lo cual ocasiona que la demanda no pueda ser cubierta en ese lapso de tiempo por lo que se han desarrollado diversos enfoques para poder manejar este inconveniente (Schmid, 2010). Una de las propuestas incluye la cobertura múltiple (multiple coverage) la cual pretende que los puntos de cobertura sean cubiertos por más de un vehículo. Los DSM fueron introducidos por Gendreau (1997). Éstos maximizan la demanda cubierta por al menos dos vehículos como

mencionamos anteriormente con los modelos de múltiple cobertura, con la ventaja de que toman en cuenta el hecho de que los vehículos podrían no estar disponibles, mientras se encargan de cubrir algún requerimiento adicional. El DSM funciona con dos radios de cobertura  $r_1$  y  $r_2$  donde  $r_1 < r_2$ , como está especificado por el Acta de Servicios médicos de Emergencia de los Estados Unidos de 1973. En específico se trata de asegurar que cierto porcentaje de la población ( $\alpha\%$ ) estará dentro de  $r_1$  mientras que toda la demanda estará cubierta en  $r_2$ . Ésta formulación considera únicamente un periodo de tiempo y considera el tiempo de los viajes como estático. En el DSM el objetivo es maximizar la demanda cubierta 2 veces dentro de  $r_1$  usando  $P$  ambulancias, con un máximo de  $P_i$ , las cuales serán ubicadas en  $j \in N$ , sujeto a las restricciones de doble cobertura. El modelo se formula de la siguiente manera:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i Z_i^2 \quad (46)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in N_i^2} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (47)$$

$$\sum_{i \in I} h_i Z_i^1 \geq \alpha \sum_{i \in I} h_i \quad (48)$$

$$\sum_{j \in N_i^1} X_j \geq Z_i^1 + Z_i^2 \quad \forall i \in I \quad (49)$$

$$Z_i^1 \geq Z_i^2 \quad \forall i \in I \quad (50)$$

$$\sum_{j \in N} X_j = P \quad (51)$$

$$X_j = P_j \quad \forall j \in J \quad (52)$$

$$Z_i^1 = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (53)$$

$$Z_i^2 = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (54)$$

$$X_j \geq 0 \text{ y entero} \quad \forall j \in J \quad (55)$$

Dónde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$ .

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar.

$Z_i^k$  es la variable binaria que toma el valor de 1 si y solo si la demanda del nodo  $i \in I$  es cubierta  $k$  veces ( $k = 1$  o  $2$ ) dentro de  $r_1$ .

$N_i^1 = \{j \in N: t_{ij} \leq r_1\}$  es el subconjunto de todos los candidatos  $j$  para una localización potencial de las ambulancias, con  $t_{ij}$  = a la distancia más corta de la desde la ubicación potencial de la ambulancia  $j$  al nodo de demanda  $i$  y  $r_1$  = distancia para la cobertura.

$$N_i^2 = \{j \in N: t_{ij} \leq r_2\}$$

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$\alpha$  es el porcentaje de demanda que será cubierto por  $r_1$ .

La función (46) maximiza la demanda cubierta dos veces que se encuentra dentro del radio  $r_1$ . La restricción (47) establece que toda la demanda requiere estar cubierta dentro de  $r_2$ . La parte del lado izquierdo de la restricción (49) representa el número de ambulancias que cubren el nodo  $i$  dentro del radio  $r_1$ , mientras que del lado derecho es igual es igual a 1 si el nodo  $i$  es cubierto una vez dentro del radio  $r_1$ , e igual a 2 si es cubierto por lo menos dos veces dentro del radio  $r_1$ . La combinación de las restricciones (48) y (49) asegura que el porcentaje  $\alpha$  de la demanda es cubierta dentro de  $r_1$ . La restricción (50) establece que el nodo  $i$  no puede ser cubierto 2 veces si no es cubierto al menos una vez.

### 2.11. Maximum Expected Covering Location Problem

Uno de los primeros modelos probabilísticos para localización de ambulancias es la formulación del problema de localización de máxima cobertura esperada (Maximum Expected Covering Location Problem MEXCLP) desarrollado por Daskin (1983). En este modelo se asume que cada ambulancia tiene la misma probabilidad  $q$ , llamada la *fracción ocupada (busy fraction)*, de no estar disponible para atender una llamada, y todas las ambulancias son independientes. La fracción ocupada puede ser estimada dividiendo la duración total estimada de las llamadas para todos los puntos de demanda entre el número total de ambulancias disponibles. De esta forma, si el nodo  $i \in I$  es cubierto por  $k$  ambulancias, la cobertura de demanda esperada correspondiente es  $E_k = h_i(1 - q^k)$ , y la contribución marginal de la  $k$ -ésima ambulancia para este valor esperado es  $E_k - E_{k-1} = h_i(1 - q)q^{k-1}$ . En el MEXCLP, se pueden ubicar hasta  $P$  ambulancias en total, pero se puede ubicar más de un vehículo en el mismo nodo. El modelo se formula de la siguiente forma:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} \sum_{k=1}^P h_i (1-q) q^{k-1} Z_{ik} \quad (56)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J_i} X_j \geq \sum_{k=1}^P Z_{ik} \quad \forall i \in I \quad (57)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \leq P \quad (58)$$

$$X_j \text{ entero} \quad \forall j \in J \quad (59)$$

$$Z_{ik} = 0,1 \quad \forall i \in I, k = 1, \dots, P \quad (60)$$

Donde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$

$Z_{ik}$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si y solo si la demanda del nodo  $i$  es cubierta por al menos  $k$  ambulancias y 0 si no es así.

$X_j$  es la variable de decisión binaria que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar

$q$  es la probabilidad que se tiene de no estar disponible

La validez de este modelo se deriva del hecho de que la función objetivo es cóncava en  $k$ , lo que significa que busca el valor óptimo. Por lo tanto, si  $Z_{ik} = 1$ , entonces  $Z_{ih} = 1$  para  $h \leq k$ . Ya que el objetivo es ser maximizada, tanto la restricción (#) como la (#) deben ser satisfechas como igualdades. De ello se deriva que los dos lados de la restricción (#) sean iguales al número de ambulancias que cubren el nodo  $i \in I$ .

Resulta interesante ver la aplicación del MEXCLP en la ciudad de Bangkok el cual es descrito por Fujiwara (1987). Los autores resolvieron el MEXCLP de forma heurística con las siguientes condiciones:  $I = 59, J = 46$  y  $10 \leq P \leq 30$ . Una de las conclusiones de su estudio fue que reduciendo el número de ambulancias de 21,

con las condiciones vigentes, a 15, una cobertura esperada y promedio de tiempo de respuestas similares pudieron ser obtenidos.

Existe una extensión del MEXCLP, llamado TIMEXCLP, el cual fue desarrollado por Repede y Bernardo (1994) y fue aplicado a la ciudad de Louisville, Kentucky. En el TIMEXCLP, son consideradas las variaciones en la velocidad de los viajes a través del día de manera explícita. Los autores han combinado este modelo con un módulo de simulación para proporcionar un análisis de las posibles soluciones. El resultado principal fue un incremento en la proporción de las llamadas cubiertas en un periodo de 10 minutos o menos del 84% al 95%. Además, el tiempo de respuesta descendió un 36%. Por último Goldber (1990b) desarrolló otra variante del MEXCLP en donde el número estocástico de viajes es considerado. El objetivo es maximizar la cobertura del número de llamadas esperadas dentro del periodo de 8 minutos. Los autores clasifican los sitios de localización potenciales en orden de preferencia. Ellos calculan la probabilidad de arribar a un punto de demanda dentro de este tiempo estándar, pasados en las siguientes tres probabilidades: (1) la probabilidad de que una ambulancia en el  $k$ -ésimo sitio preferido designado a un punto de demanda pueda arribar el punto en un periodo de 8 minutos; (2) la probabilidad de que esta ambulancia esté disponible; (3) la probabilidad de que las ambulancias ubicadas en el  $k - 1$  sitio menos preferido no esté disponible. En la información de la ciudad de Tucson, Arizona, ellos mostraron que un mejor plan de localización puede rendir un incremento del uno por ciento en la cobertura del número de llamadas esperadas dentro del periodo de 8 minutos y que el peor radio de tiempo de cobertura de la zona puede ser aumentado del 24% al 53.1%.

## 2.12. MALP I y MALP II

Otros dos modelos probabilísticos fueron propuestos por ReVelle y Hogan (1989) para maximizar la demanda cubierta con una probabilidad  $\alpha$  dada. Estos autores formularon el problema de localización de máxima disponibilidad (the Maximum Availability Location Problem MALP I y MALP II) como un posible programa estocástico limitado (Charnes and Cooper, 1959). En MALP I, se asume que la fracción ocupada  $q$  sea la misma para todos los sitios de ubicación potenciales. El número mínimo de ambulancias requerido para satisfacer cada punto de demanda  $i$  con un nivel de confiabilidad de  $\alpha$  es determinado por las restricciones:

$$1 - q^{\sum_{j \in J_i} X_j} \geq \alpha \quad \forall i \in I \quad (61)$$

La cual puede ser linealizada como

$$\sum_{j \in J_i} X_j \geq [\log(1 - \alpha) / \log q] = b \quad \forall i \in I \quad (62)$$

El modelo MALP I se formula como se muestra a continuación:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i Z_{ib} \quad (63)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^b Z_{ik} \leq \sum_{j \in J_i} X_j \quad \forall i \in I \quad (64)$$

$$Z_{ik} \leq Z_{i,k-1} \quad \forall i \in I, k = 2, \dots, b \quad (65)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \geq P \quad (66)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (67)$$

$$Z_{ik} = 0,1 \quad \forall i \in I, k = 1, \dots, P \quad (68)$$

Aquí, la restricción (65) es requerida ya que la propiedad de concavidad observada en MEXCLP no permanece.

En el MALP II, la suposición de que la fracción ocupada es idéntica en todos los sitios se relaja. En lugar de ello, ReVelle y Hogan calculan un estimado de la fracción ocupada  $q_i$  asociada a cada nodo  $i \in I$ , como el radio de la duración total de las llamadas asociadas con  $i$  a la disponibilidad total de todas las ambulancias en  $J_i$ . Este valor es un límite inferior ya que algunas ambulancias en  $J_i$  sean quizás enviadas a llamadas ajenas a  $i$ , pero un modelo valido aunque conservativo puede ser construido a lo largo de las líneas de MALP I. En el En MALP II, en lugar de  $b$ , un valor  $b_i$  es calculado para cada  $i \in I$ . ReVelle y Hogan (1989) señalan acertadamente la dificultad de trabajar con una fracción ocupada  $q_j$  específica para cada  $j \in J$  ya que estos valores son un producto del modelo y no pueden ser conocidos *a priori*. Teniendo un plan de localización de ambulancias y niveles de demanda, las probabilidades pueden ser estimadas utilizando herramientas analíticas como el modelo de hipercubo (the hypercube model) (Larson, 1974, 1975; Burwell, 1992), un algoritmo de optimización iterativo (Jarvis, 1975; Fitzsimmons y Srikar, 1982), o simulación (Davis, 1981; Goldberg, 1990).

Múltiples artículos han sido dedicados a la estimación de la fracción ocupada asociada con un sistema entero o con un nodo específico  $j \in J$ . Así, Batta (1989) ha desarrollado el modelo MEXCLP ajustado (AMEXCLP) en donde cada término de la función objetivo (de MEXCLP) es multiplicado por un factor de corrección que justifica el hecho de que las ambulancias no operan independientemente, pero pueden ser manejadas como servidores en un sistema de colas donde el modelo de hipercubo (Larson, 1974) puede ser aplicado para calcular fracciones ocupadas. Mientras Batta asume la misma fracción ocupada para el sistema entero, Marianov y ReVelle (1994) proponen un problema de cobertura del conjunto de ubicaciones probabilísticas de colas (queueing probabilistic location set covering problem QPLSCP) en donde las fracciones ocupadas están específicamente situadas. Estos autores calculan el número mínimo  $b_1$  de ambulancias necesarias para cubrir la demanda en el nodo  $i \in I$  de un modo en que la probabilidad de que todas ellas estén ocupadas simultáneamente no exceda el límite dado. Este número será usado entonces como una entrada al MALP II.

### 2.13. Rel-P

Ball y Lin (1993) desarrollaron una extensión del LSCM, llamado Rel-P, que incorpora la restricción lineal en el número de vehículos requeridos para alcanzar el nivel de confiabilidad. El modelo es el siguiente:

Minimizar:

$$\sum_{j \in J} \sum_{1 \leq k \leq P_j} c_{jk} X_{jk} \quad (69)$$

Sujeto a:

$$\sum_{1 \leq k \leq P_j} X_{jk} \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (70)$$

$$\sum_{j \in J_i} \sum_{1 \leq k \leq P_j} a_{jk} X_{jk} \geq b_i \quad \forall i \in I \quad (71)$$

$$X_{jk} = 0,1 \quad \forall j \in J, 1 \leq k \leq P_j \quad (72)$$

En la restricción (71), las constantes  $a_{jk}$  y  $b_i$  son calculadas para asegurar que el número de ambulancias dado cubre la demanda del nodo  $i$ , la probabilidad de ser incapaz de responder una llamada no excede un valor determinado. El cálculo de los coeficientes  $a_{jk}$  y  $b_i$  se llevan a cabo usando un límite superior en esa probabilidad.

## 2.14. Two-tiered model

Finalmente, Mandell (1998) describe un sistema (two-tiered model TTM) doblemente escalonado en donde las unidades del tipo avanzado y básico de ambulancias deben ser ubicadas. El sistema es inclusivo en el sentido que las unidades del tipo avanzado pueden proveer los servicios de las unidades del tipo básico. La probabilidad de que una llamada originada en el nodo  $i \in I$  sea atendida adecuadamente depende en el número  $m$  de las unidades de tipo avanzado dentro de un tiempo de viaje  $r^A$  de  $i$ , el número  $k$  de las unidades de tipo avanzado dentro de  $r^B$  de  $i$ , y el número  $l$  de las unidades de tipo básico dentro de  $r^B$  de  $i$ , donde  $r^A \geq r^B$ . Usando un modelo de colas, Mandel calcula la probabilidad asociada  $\theta_{imkl}$ . El problema es localizar las  $p^A$  unidades del tipo avanzado y las  $p^B$  unidades del tipo básico en  $J$ . El TTM propuesto por Mandel tiene por objetivo maximizar la cobertura de la demanda esperada. La formulación es la siguiente:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} \sum_{m=1}^{m_i} \sum_{k=0}^{k_i} \sum_{l=0}^{l_i} h_i \theta_{imkl} Z_{imkl} \quad (73)$$

Sujeto a:

$$\sum_{m=1}^{m_i} m \sum_{k=0}^{k_i} \sum_{l=0}^{l_i} Z_{imkl} \leq \sum_{j \in J_i^A} X_j^A \quad \forall i \in I \quad (74)$$

$$\sum_{k=1}^{k_i} k \sum_{m=k}^{m_i} \sum_{l=l_0}^{l_i} Z_{imkl} \leq \sum_{j \in J_i^B} X_j^B \quad \forall i \in I \quad (75)$$

$$\sum_{l=1}^{l_i} l \sum_{m=1}^{m_i} \sum_{k=0}^{k_i} Z_{imkl} \leq \sum_{j \in J_B^i} X_j^B \quad \forall i \in I \quad (76)$$

$$\sum_{m=1}^{m_i} \sum_{k=0}^{k_i} \sum_{l=l_0}^{l_i} Z_{imkl} \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (77)$$

$$\sum_{j \in J} X_j^A \leq p^A \quad (78)$$

$$\sum_{j \in J} X_j^B \leq p^B \quad (79)$$

$$Z_{imkl} = 0,1 \quad \forall i \in I, 0 \leq m \leq m_i, 0 \leq k \leq k_i, 0 \leq l \leq l_i \quad (80)$$

$$X_j^A, X_j^B = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (81)$$

Donde:

$X_j^A(X_j^B)$  es el número de ambulancias del tipo avanzado (básico) ubicadas en el sitio  $j \in J$ .

$Z_{imkl}$  es la variable binaria que toma el valor de 1 si y solo si  $m$  unidades del tipo avanzado son ubicadas dentro de  $r^A$  de  $i$ ,  $k$  unidades del tipo avanzado son ubicadas dentro de  $r^B$  de  $i$ , y  $l$  unidades del tipo básico son ubicadas dentro de  $r^B$  de  $i$ .

$l_0 = 1$  si  $k = 0$  y  $l_0 = 0$  si  $k > 0$ .

$$J_i^A = \{j \in J: t_{ij} \leq r^A\}$$

$$J_i^B = \{j \in J: t_{ij} \leq r^B\}$$

El rango de  $Z_{imkl}$  va de 0 a  $m_i = \min\{p^A, |J_i^A|\}$  para  $m$ , de 0 a  $k_i = \min\{m, p^A, |J_i^B|\}$  para  $k$ , y de 0 a  $l_i = \min\{p^B, |J_i^B|\}$  para  $l$ .

Las ecuaciones de restricción (74)-(76) aseguran que los valores tomados por las variables de cobertura  $Z_{imkl}$  son consistentes con el número de unidades del tipo avanzado y básico. La restricción (77) establece que como máximo una combinación de  $h, k$  y  $l$  unidades de diferentes tipos es usada por cualquier punto de demanda  $i$ .

### 2.15. Dynamic Double Standard Model

Cuando se ubican vehículos de emergencia, se deben hacer decisiones de relocalización periódicamente para no dejar áreas desprotegidas. Esto fue detectado por Kolesar y Walker (1974) quienes asignaron un sistema de relocalización a las compañías de bomberos. El problema de relocalización de ambulancias es más difícil de abordar ya que requiere ser resuelto con mayor frecuencia con muy poca antelación. En este caso, son consultadas metodologías de solución más poderosas. Con el desarrollo de tecnologías computacionales heurísticas más veloces y avanzadas, actualmente es posible resolver rápidamente el problema de localización de ambulancias en tiempo real. Lo que esto significa es que una nueva estrategia de distribución de ambulancias puede ser recalculada en cualquier tiempo  $t$ , usando la información disponible. Para esto, existe un modelo que existe en el área de localización de ambulancias. Dicho modelo fue desarrollado

por Gendreau et al. (2001) y hace uso del DSM presentado por los mismos autores en 1997.

El Modelo dinámico estándar doble (Dynamic Double Standard Model DDSM) puede ser usado para redistribuir las ambulancias en tiempo real donde sea que la llamada es hecha. En adición a las restricciones del DSM, el DDSM incluye los siguientes requerimientos: 1) los vehículos que se mueven en redistribuciones consecutivas no pueden ser siempre los mismos; 2) los viajes de ida y vuelta repetidos entre los dos mismos lugares de localización deben ser evitados; 3) los viajes largos entre los sitios de localización inicial y final deben ser evitados.

La faceta dinámica del modelo de redistribución es abarcada por las constantes que dependen del tiempo  $M_{jl}^t$  igual al costo de reposicionamiento, en el tiempo  $t$ , de la ambulancia  $l$  que es movida de su actual posición al sitio  $j \in J$ . Esto incluye el caso donde el sitio  $j$  coincide con la actual localización de la ambulancia, como es el caso donde  $M_{jl}^t = 0$ . La constante  $M_{jl}^t$  toma en cuenta algo del historial de la ambulancia  $l$ . Si ésta ha sido movida frecuentemente con anterioridad al tiempo  $t$ , entonces  $M_{jl}^t$  será grande. Si al mover la ambulancia  $l$  al sitio  $j$  se viola alguna de las restricciones antes mencionadas, entonces el movimiento es simplemente anulado. Las variables binarias  $X_{jl}$  son iguales a 1 si y solo si la ambulancia  $l$  es movida al sitio  $j$ . Las restricciones del DDSM son similares a las del DSM, con una restricción adicional donde una redistribución por ambulancia es permitida como máximo. El Modelo dinámico estándar doble en el tiempo  $t$  (DDSM<sup>t</sup>) puede ser descrito como:

Maximizar:

$$\sum_{i \in I} h_i X_i^2 - \sum_{j \in J} \sum_{l=1}^P M_{jl}^t Z_{jl} \quad (82)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J_i^2} \sum_{l=1}^P Z_{jl} \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (83)$$

$$\sum_{i \in I} h_i X_i^1 \geq \alpha \sum_{i \in I} h_i \quad (84)$$

$$\sum_{j \in J_i^1} \sum_{l=1}^P Z_{jl} \geq X_i^1 + X_i^2 \quad \forall i \in I \quad (85)$$

$$X_i^2 \leq X_i^1 \quad \forall i \in I \quad (86)$$

$$\sum_{\substack{j \in J \\ P}} Z_{jl} = 1 \quad l = 1, \dots, P \quad (87)$$

$$\sum_{l=1}^P Z_{jl} \leq P_j \quad \forall j \in J \quad (88)$$

$$X_i^1, X_i^2 = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (89)$$

$$Z_{jl} = 0,1 \quad \forall j \in J, l = 1, \dots, P \quad (90)$$

Aparte de las variables  $Z_{jl}$ , todas las variables, parámetros y restricciones de este modelo pueden ser interpretados como en el caso estático. La función objetivo es la demanda cubierta dos veces dentro del radio  $r_1$ , menos las sanciones asociadas con los traslados del vehículo en el tiempo  $t$ .

Para resolver el DDSM<sup>t</sup>, Gendreau, Laporte y Semet han desarrollado un rápido buscador tabú heurístico en procesadores paralelos. Este algoritmo se ejecuta sin parar y calcula continuamente la mejor redistribución posible asociada con la posición actual de las ambulancias, en respuesta a cada solicitud de ambulancia potencial de manera anticipada. En otras palabras, el algoritmo calcula el mejor plan de relocalización para todo  $m$ , donde  $m$  representa la siguiente ambulancia que será asignada a atender una llamada. De esta forma, se construye una tabla en donde cada línea  $m$  contiene una solución para DDSM<sup>t</sup>. Cuando  $m$  es conocida, la estrategia de redistribución asociada puede ser aplicada con facilidad. Si el lapso de tiempo entre dos solicitudes exitosas de ambulancias es lo suficientemente largo, todos los planes de redistribución posibles pueden ser calculados en tiempo para la siguiente solicitud. De lo contrario, una solución de redistribución adecuada podría no estar disponible cuando se necesite y no ocurrirá una redistribución. Diversas características secundarias asociadas a la urgencia relativa de llamadas, regenerar la ruta de la ambulancia al lugar de la llamada, etc. están integradas en el sistema.

## 2.16. Otros modelos

### Modelos de programación entera

En el artículo (Zhen et al., 2014) se menciona el desarrollo de los modelos de programación entera usados por algunos académicos para estudiar el despliegue de las ambulancias en tiempo real (Brotcorne et al., 2006; Kolesar y Walker, 1974). El objetivo de estos modelos de programación entera se formulan principalmente desde dos perspectivas, el respaldo para cubrir futuras llamadas, y el costo de relocalización de las ambulancias. La solución de estos modelos consume mucho

tiempo en la mayoría de los casos, por lo que se divide el modelo en sub-problemas y se encuentra la solución cada vez que una decisión es hecha.

### **Modelos de programación dinámica**

Algunos estudios consideran la aleatoriedad en el sistema, tanto a través de la formulación de programación dinámica como a través de aproximaciones heurísticas. En el mismo artículo (Zhen et al., 2014) encontramos una breve descripción del desarrollo de la formulación de la programación dinámica. Comenzando por (Berman, 1981 a, 1981 b, 1981 c), quien propone algunos marcos de referencia usando aproximaciones de programación dinámica para el problema de redistribución de ambulancias. Estos artículos siguen la formulación de la programación dinámica, así la formulación es manejable solo en versiones sobresimplificadas del problema con algunos vehículos en entornos pequeños de transporte.

### **Funciones de preparación**

Anderson y Vaerband (2007) investigaron la decisión de distribución de ambulancias usando una función de preparación (preparedness function) que mide esencialmente la capacidad de cierta configuración de ambulancia para cubrir las llamadas futuras. La función de preparación es similar con la función valor en un programa dinámico, el cual evalúa el impacto de una decisión actual en la evolución futura del sistema. La estructura de una función de preparación pertenece a algunos tipos de métodos heurísticos en la naturaleza.

### **Otros métodos recientes**

Existen métodos más recientes que plantean como distribuir las ambulancias. Iannoni, Morabito y Saydam (2009) estudiaron como optimizar las ubicaciones de las estaciones de ambulancia en las autopistas. Zhag, Puterman, Nelson y Atkins (2012) integraron el método de optimización de simulación con un análisis demográfico y de supervivencia.

## 3. Marco Metodológico

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis general

Identificar los métodos que nos permitan encontrar una ubicación óptima para mejorar el servicio de atención pre hospitalaria que ofrece la DGAS.

#### 3.1.2. Hipótesis específica

Aplicar diferentes métodos de localización y analizar los resultados que cada uno ofrece para cubrir la demanda y disminuir el tiempo de respuesta ante una emergencia médica.

### 3.2. Nivel de investigación

Para la elaboración de este proyecto fueron solicitados a la DGAS información que se recolecta cuando se hace un llamado de emergencia. Esta información incluye la siguiente información:

- Folio, el cual es el número de registro que tiene el servicio realizado por paciente.
- Fecha en la que ocurrió el incidente.
- Padecimiento, se divide en clínico o trauma dependiendo de la causalidad de dicho padecimiento, se clasifica en trauma aquellos que fueron originados por impacto o agresión, tales como accidentes automovilísticos, peleas, caídas, accidentes deportivos, etc.; y se clasifican en clínicos aquellos padecimientos que no han sido por impacto como vómito, alergias, ataques de asma, entre otros.
- Estado de gravedad es la condición en la que se encuentra el paciente a la llegada de la ambulancia, el cual se divide en estable o crítico.
- Ubicación del paciente a donde se direcciona la ambulancia.
- Edad del paciente.
- Género del paciente, masculino o femenino.
- El tipo de paciente clasificándose en estudiante, académico u otro, refiriéndose a otro por aquellas personas ajenas a la universidad que realizan el llamado de emergencia dentro de las instalaciones.
- En caso de ser estudiante se especifica si se encuentra cursando el bachillerato o la licenciatura.
- El agente causal el cual es el motivo de la emergencia los cuales son muy variados por ejemplo: digestivo, neurológico, metabólico, entre otros.
- La lesión o lesiones que expresa puntualmente el padecimiento del paciente.

- La institución de traslado a donde se llevó el paciente o si no fue necesario su traslado
- El módulo de traslado donde se especifica si fue llevado a la DGAS o a otro hospital;
- El turno y hora en la que se realizó el llamado, los turnos se dividen en matutino, vespertino o especial. El turno especial abarca los servicios realizados en fines de semana, días festivos o vacaciones.
- El método de activación o medio por el que se hizo el llamado de emergencia, el cual puede ser realizado por radio mediante algún elemento de vigilancia de la universidad, personalmente por teléfono o por medio de algún poste de emergencia.

En el capítulo 1 se encuentra un breve análisis estadístico de esta información. Para efectos de esta investigación se ha realizado un análisis más detallado sobre los lugares donde han ocurrido las emergencias y el número de éstas en el capítulo 3.

### 3.3. Diseño de la investigación

La metodología empleada para encontrar la localización óptima de las ambulancias fue el de encontrar la mejor ubicación mediante los modelos de localización de Máxima cobertura empleando cuatro radios de cobertura de 500, 1000, 1500 y 2000 metros, además del modelo de localización de P-mediana para contar con diferentes opciones y así corroborar los resultados empleando un modelo de simulación basada en agentes.

### 3.4. Software LINGO

Para resolver los modelos de localización se ha optado por utilizar el programa LINGO versión 17.0 con apoyo de la información proporcionada en los registros.

LINGO (LINear Generalize Optimizer) es una herramienta para desarrollada para construir y resolver modelos de optimización lineal, no lineal (convexa y no convexa/global) cuadrática, cuadrática restringida, de segundo orden, estocástica y entera de una manera más rápida, fácil y eficiente. Lingo proporciona un paquete completamente integrado que incluye un lenguaje de gran alcance para expresar los modelos de optimización, un ambiente con todas las funciones para la construcción y edición de problemas y un conjunto incorporado de rápidos solucionadores (Lindo.com, 2019).

Uno de los rasgos más poderosos de LINGO es su aplicación en el lenguaje de modelo matemático. El cual permite expresar un problema de una manera muy similar a la anotación matemática normal pudiendo también, expresar una serie

entera de restricciones en una declaración compacta. Esto lleva a modelos que son mucho más fáciles de mantener (Canizo, 2002).

### **Sintaxis de Lingo**

La sintaxis que se utiliza en este programa es muy sencilla. Para el nombre de las variables se establece que deben tener 32 caracteres como máximo, Deben comenzar con una letra seguido de letras, dígitos o. El compilador de LINGO no distingue entre mayúsculas y minúsculas.

Con respecto a las sentencias: Todas las sentencias deben terminar en un punto y coma. Para darle un nombre a la función objetivo o a las restricciones, estos se deben colocar entre corchetes. Para declarar la función objetivo debemos colocar las palabras reservadas MAX o MIN, las cuales serán resaltadas en azul por el programa, seguidas del signo =.

### **Uso de funciones de dominio de variables**

A menos que especifique lo contrario, el valor de las variables por defecto en un modelo de LINGO son no-negativo y continuas. Más específicamente, las variables pueden asumir algún valor real desde cero a infinito positivo. En muchos casos, este dominio de valor por defecto puede ser impropio. Por ejemplo, algún problema podría requerir que una variable asuma valores negativos, o que una variable sea restringida puramente a valores enteros. LINGO proporciona cuatro funciones de variables dominio que le permite sustituir el dominio predefinido de una variable. Los nombres de estas funciones y una descripción breve de su uso son:

@GIN restringe una variable para comenzar con valores enteros,

@BIN hace una variable binario (es decir, 0 o 1). Por ejemplo @BIN(X);

@FREE permite que una variable pueda asumir algún valor real, positivo o negativo

@BND limita una variable dentro de un rango finito.

### **Estados del solver (Solver Status)**

Si no hay errores de formulación durante la fase de compilación, LINGO invocará el Solver interno apropiado para comenzar a buscar la solución óptima del modelo.

La ventana de estado incluye lo siguiente:

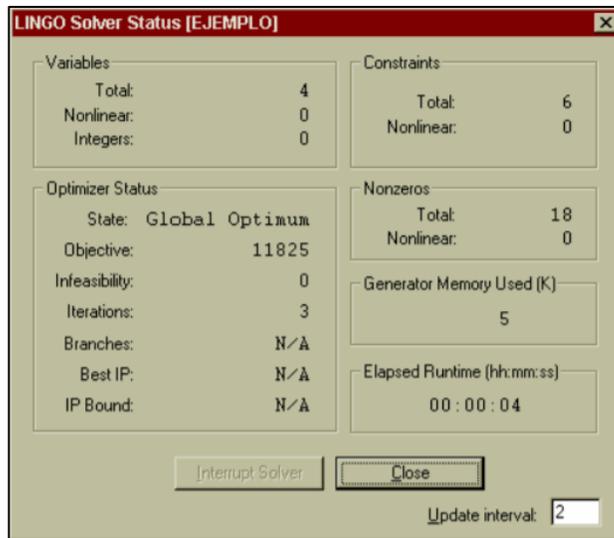


Figura 3. Ventana de estado del programa LINGO

- El box de Variables: muestra el número total de variables en el modelo, junto con el número de las variables no lineales. Una variable se considera no lineal cuando existe una relación no lineal en alguna restricción. También nos muestra el número de variables enteras en el modelo. Mientras más cantidad de variables no lineales y enteras exista en el modelo más tiempo tomará su resolución. Los modelos puramente lineales se resuelven con mayor velocidad.
- El box de restricciones (Constraints): Nos muestra el número total de restricciones y también el número de restricciones no lineales.
- El box Nonzeros: Muestra el número total de coeficientes no ceros en el modelo, como así también el número de estas que son de tipo no lineal. Generalmente en una restricción un pequeño subconjunto de las variables típicas aparece con el coeficiente implícito, en las variables que no aparecen es cero; mientras que en las variables que aparecen es distinto de cero.
- El box Optimizer Status muestra:
  - Campo Estado: Cuando LINGO comienza a resolver un modelo el estado inicial de la solución es “indeterminado” ya que todavía no se ha generado ninguna solución para el modelo. Una vez que se comienza a iterar el estado pasa a “no factible” en donde se han generado soluciones tentativas pero que no satisfacen las restricciones del modelo. Y luego se pasa a un estado “factible” cuando se encuentra una solución que satisface todas las restricciones pero todavía no se encuentra la mejor solución. Cuando el solver no encuentra una mejor solución para el modelo se llega al

estado “óptimo global” u “óptimo local”. Esto se cumple para modelos con restricciones lineales y no lineales respectivamente.

Si un modelo termina en un estado “ilimitado” significa que se pudo mejorar la función objetivo sin límites y esto en la vida real correspondería a una situación de ganancias infinitas algo imposible lo cual significa que se ha omitido algún tipo de restricción en el modelo. Finalmente el estado “interrumpido” es cuando se interrumpe prematuramente el solver antes de que encuentre la mejor solución para el modelo.

- Campo Objetivo: El campo objetivo nos da el valor objetivo de la solución actual. Si el modelo no tiene una función objetivo entonces N/A aparece en este campo.
- Campo No Factible: Muestra la cantidad por la cual todas las restricciones han sido violadas.
- Campo de Iteraciones: El Campo de las Iteraciones despliega una cuenta del número de iteraciones completada por el solver de LINGO. La operación fundamental realizado por el este se llama iteración. Una iteración involucra una variable, actualmente cero a un valor que sería atractivo introducir en la solución a un valor distinto de cero. Esta variable se introduce entonces en la solución consecutivamente con valores más grandes hasta alguna restricción. En general, cuando un modelo es considerable, exigirá a más iteraciones a resolver y cada iteración requerirá más tiempo para completar.
- Campo Branches: LINGO usa la estrategia llamada branch-and-bound para resolver modelos de programación entera
- Mejor IP campo: Este campo muestra el valor objetivo de la mejor solución en un modelo de programación entera.

La ventana de estado del solver también provee un botón de interrupción que permite interrumpir el solver en la próxima iteración.

## 4. Desarrollo del problema

### 4.1. Población y muestra

Con información proporcionada por la DGAS se pudo obtener la siguiente información estadística con respecto a los accidentes ocurridos:

Total de ubicaciones a donde se dirigieron las ambulancias: 190

Total de servicios realizados por el SME: 1394

En la tabla 2 se puede observar que del total de emergencias solicitadas, el 64.56% de la población son personas que pertenecen a la UNAM, mientras que el 35%, un poco más de la tercera parte, es comprendido por personas ajenas a la UNAM.

Tabla 2. Clasificación y porcentaje de los pacientes atendidos en CU. (Fuente: Elaboración propia).

	Académicos	Estudiantes	Otros	Cancelado
No. De pacientes	475	425	488	4
Porcentaje	34.07%	30.49%	35.01%	0.29%

Con ayuda de los registros podemos identificar los lugares en donde han ocurrido los accidentes los cuales se ubican en el mapa de la figura 5, y podemos observar que el servicio de emergencias médicas presta servicio en algunos sitios que no se encuentran en los límites de Ciudad Universitaria.

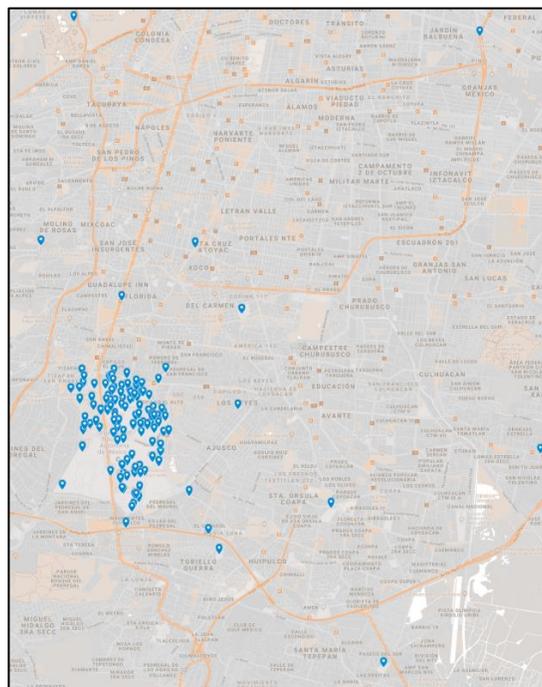


Figura 4. Mapa con las ubicaciones a donde se dirigieron las ambulancias. (Imagen obtenida de <https://www.google.com/maps>).

Tabla 3. Nodos de demanda. (Fuente: Elaboración propia).

Nodo	Ubicación	Demanda	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Q	DGAS	160	11.48%	11.48%
AC	TIENDA UNAM	97	6.96%	18.44%
D	FILOSOFIA Y LETRAS	55	3.95%	22.38%
C	ESTADIO OLIMPICO	50	3.59%	25.97%
AL	MEDICINA	44	3.16%	29.12%
AA	CIENCIAS	41	2.94%	32.07%
Y	CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN	40	2.87%	34.94%
AF	MARIO DE LA CUEVA	39	2.80%	37.73%
N	QUIMICA	38	2.73%	40.46%
H	DERECHO	38	2.73%	43.19%
M	INGENIERIA	34	2.44%	45.62%
A	UNIVERSIDAD	31	2.22%	47.85%
V	CAMPOS SOCCER	30	2.15%	50.00%
AE	CIENCIAS POLITICAS	29	2.08%	52.08%
U	VETERINARIA	29	2.08%	54.16%
L	ARQUITECTURA	26	1.87%	56.03%
AJ	UNIVERSUM	23	1.65%	57.68%
AH	C.C.H. SUR	23	1.65%	59.33%
F	BIBLIOTECA CENTRAL	21	1.51%	60.83%
W	FRONTON CERRADO	21	1.51%	62.34%
G	ODONTOLOGIA	21	1.51%	63.85%
B	PSICOLOGIA	20	1.43%	65.28%
AD	ZONA CULTURAL	20	1.43%	66.71%
I	RECTORIA	20	1.43%	68.15%
R	ALBERCA	18	1.29%	69.44%
AG	TV UNAM	17	1.22%	70.66%
K	TORRE 2 HUMANIDADES	16	1.15%	71.81%
AB	PARADERO METRO CU	15	1.08%	72.88%
X	TRABAJO SOCIAL	15	1.08%	73.96%
AI	DGIRE	15	1.08%	75.04%
Z	DGSCA	13	0.93%	75.97%
E	ECONOMIA	12	0.86%	76.83%
O	SALUD MENTAL	10	0.72%	77.55%
S	PISTA DE CALENTAMIENTO	8	0.57%	78.12%
T	CAMPOS DE AMERICANO	7	0.50%	78.62%
J	ISLAS	7	0.50%	79.12%
P	CANTERA	7	0.50%	79.63%
AK	DGSG	7	0.50%	80.13%
	Otros	277	19.87%	100.00%

Para poder construir la red y desarrollar las ecuaciones para construir los modelos matemáticos para encontrar la ubicación óptima de las ambulancias, se optó por realizar un análisis Pareto e identificar los lugares donde ocurren el 80% de los accidentes, de esta manera se priorizan los sitios de mayor demanda. En la tabla 3 se muestra el resultado de los lugares que ocupan el 80% junto con el nombre del nodo que se le asignó, la demanda, el porcentaje que representa del total de los accidentes y se muestra el porcentaje acumulado.

Como parte del análisis podemos observar que se cumple la regla de Pareto ya que el 80% de los accidentes ocurre en 38 de los 190 lugares registrados, que representa el siguiente porcentaje:

$$\frac{38}{190} \times 100 = 20\%$$

Estos lugares se encuentran ubicados en el mapa de la figura 6, y como se puede observar la gran mayoría de los lugares se encuentran dentro de los límites de Ciudad Universitaria. La suma de la demanda de estos lugares da un total de 1117.

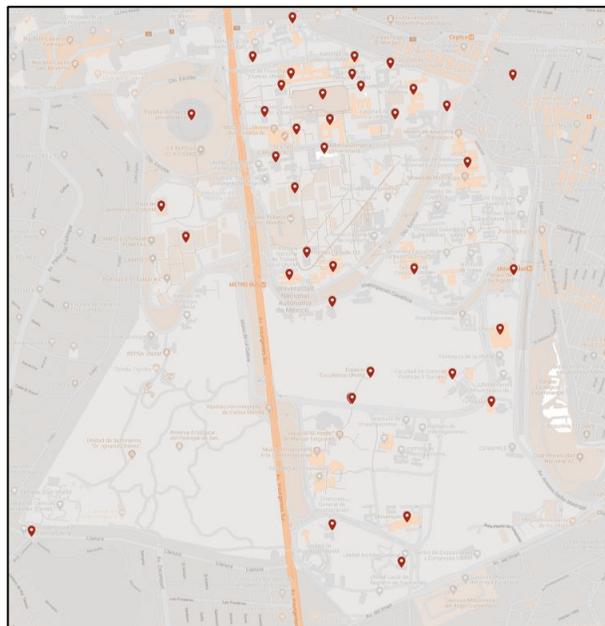


Figura 5. Mapa de ubicaciones del 80% de la demanda acumulada. (Imagen obtenida de <https://www.google.com/maps>).

#### 4.2. Planteamiento del problema de máxima cobertura

Para realizar el planteamiento del modelo de máxima cobertura se elaboró una red colocando conexiones donde se halló un camino viable entre nodos. La red queda como se muestra en la figura donde se pueden ver las conexiones entre nodos,

estas conexiones fueron establecidas considerando las vías de autos que hay entre ellas.

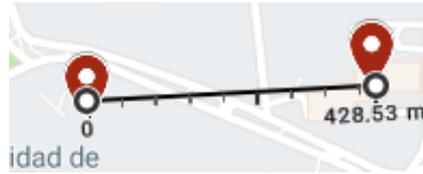


Figura 6. Ejemplo de como se muestra la distancia en Google Maps. (Fuente: <https://www.google.com/maps>).

Después de establecer la red de conexiones entre los nodos de demanda, se buscaron las distancias con ayuda de Google maps, como se muestra en la figura 7, herramienta que nos da la facilidad de tomar la distancia lineal medida en metros, como se muestra en la figura 8 y se llenó la tabla con las distancias entre los nodos conectados en la red. Dentro de la tabla se utilizó un formato condicional para identificar los radios de cobertura como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Código de colores para radios de cobertura (Fuente: Elaboración propia)

Radio de cobertura
Entre 0 y 500
Entre 500 y 1000
Entre 1000 y 1500
Entre 1500 y 2000

En la tabla 5 se muestra el concentrado de las distancias que hay en la red de conexiones de la figura 6, la cual será de utilidad para elaborar los modelos con los diferentes radios de cobertura propuestos.

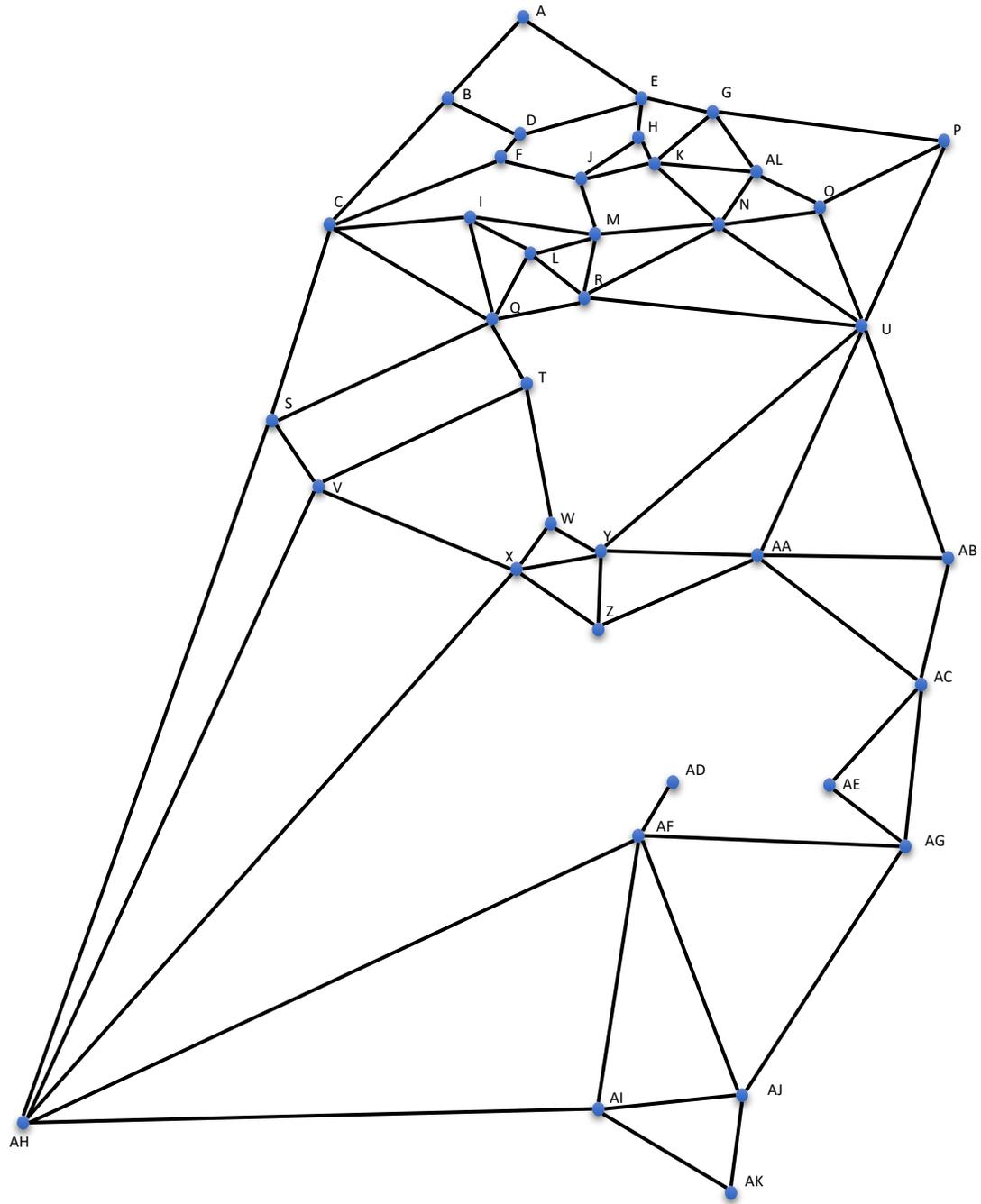


Figura 7. Red de conexiones entre puntos de demanda. (Fuente: Elaboración propia Power Point, 2013).



$$Z_i = 0,1 \quad \forall i \in I \quad (5)$$

Dónde:

$h_i$  es la demanda en el nodo  $i$

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar

$Z_i$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la demanda del nodo  $i$  se cubre y 0 si no es cubierta la demanda.

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

La función (1) maximiza el número de nodo de demanda cubiertos, en este caso están representados por el coeficiente  $Z$  asignados a cada nodo de demanda de la tabla, multiplicados por su respectiva demanda.

Maximizar:

$$31 * ZA + 20 * ZB + 850 * ZC + 55 * ZD + 12 * ZE + 21 * ZF + 21 * ZG + 38 * ZH + 20 * ZI + 7 * ZJ + 16 * ZK + 26 * ZL + 34 * ZM + 38 * ZN + 44 * ZNN + 10 * ZO + 7 * ZP + 160 * ZQ + 18 * ZR + 8 * ZS + 7 * ZT + 29 * ZU + 30 * ZV + 21 * ZW + 15 * ZX + 40 * ZY + 13 * ZZ + 41 * ZAA + 15 * ZAB + 97 * ZAC + 20 * ZAD + 29 * ZAE + 39 * ZAF + 17 * ZAG + 23 * ZAH + 15 * ZAI + 23 * ZAJ + 7 * ZAK$$

Las restricciones están dadas en función de los radios de cobertura entre los nodos de demanda, dicho de otra forma, el número de variables de localización junto con su demanda varían dependiendo en si la distancia entre nodos se encuentra dentro del radio de cobertura preestablecido. En este primer modelo se toma el radio de cobertura de 500 metros, por lo que si la distancia entre los nodos de demanda es mayor a la distancia del radio de 500 metros no se tomarán en cuenta. Dicho lo anterior, las siguientes ecuaciones de restricción establece la conexión entre nodos, descartando aquellos pares que superen el radio de cobertura como el caso del nodo AH.

$$\begin{aligned} XA + XB + XE &> ZA; \\ XA + XB + XC + XD &> ZB; \\ XB + XC + XI &> ZC; \\ XB + XD + XE + XF &> ZD; \\ XA + XD + XE + XH + XG &> ZE; \\ XD + XF + XJ &> ZF; \\ XE + XG + XK + XAL + XP &> ZG; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& XE + XH + XJ + XK > ZH; \\
& XB + XI + XM + XQ > ZI; \\
& XF + XH + XJ + XK + XM > ZJ; \\
& XG + XH + XJ + XK + XN + XAL > ZK; \\
& XI + XL + XM + XQ + XR > ZL; \\
& XI + XJ + XL + XM + XN + XR > ZM; \\
& XK + XM + XN + XAL + XO + XR + XU > ZN; \\
& XG + XK + XN + XAL + XO > ZAL; \\
& XG + XO + XU > ZO; \\
& XG + XO + XP > ZP; \\
& XC + XI + XL + XQ + XR + XT > ZQ; \\
& XL + XM + XN + XQ + XR > ZR; \\
& XS + XV > ZS; \\
& XQ + XT + XW > ZT; \\
& XN + XO + XU > ZU; \\
& XS + XV > ZV; \\
& XT + XW + XX + XY > ZW; \\
& XW + XX + XY + XZ > ZX; \\
& XW + XX + XY + XZ + XAA > ZY; \\
& XX + XY + XZ + XAA > ZZ; \\
& XY + XZ + XAA > ZAA; \\
& XAB + XAC > ZAB; \\
& XAB + XAC + XAE + XAG > ZAC; \\
& XAD + XAF > ZAD; \\
& XAC + XAE + XAG > ZAE; \\
& XAD + XAF > ZAF; \\
& XAC + XAE + XAG > ZAG; \\
& ZAH = 0; \\
& XAH = 0; \\
& XAI + XAJ + XAK > ZAI; \\
& XAI + XAJ + XAK > ZAJ; \\
& XAI + XAJ + XAK > ZAK;
\end{aligned}$$

La restricción siguiente establece que no se pueden ubicar más de  $P$  ambulancias:

$$\begin{aligned}
& XA + XB + XC + XD + XE + XF + XG + XH + XI + XJ + XK + XL + XM + XN + \\
& XNN + XO + XP + XQ + XR + XS + XT + XU + XV + XW + XX + XY + XZ + XAA + \\
& XAB + XAC + XAD + XAE + XAF + XAG + XAH + XAI + XAJ + XAK \leq 4;
\end{aligned}$$

Las restricciones 4 y 5 establecen que las variables  $X_i$  y  $Z_i$  solo pueden tomar los valores de 0 y 1 haciendo de este modelo un problema de programación lineal entera:

$$\begin{aligned}
& XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XNN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, \\
& XU, XV, XW, XX, XY, XZ, XAA, XAB, XAC, XAD, XAE, XAF, XAG, XAH, XAI, XAJ, XAK \\
& = 0, 1
\end{aligned}$$

ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZNN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ, ZAA, ZAB, ZAC, ZAD, ZAE, ZAF, ZAG, ZAH, ZAI, ZAJ, ZAK = 0,1

También se declaran los nodos que no son factibles por que la distancia sobrepasa el radio de cobertura:

$$XAH = 0$$

$$XAH = 0$$

#### 4.2.1. Uso del Software LINGO

Tal y como se explica el uso y funcionamiento del programa lingo en el apartado 3.2.1 se inserta la función objetivo en el programa:



Figura 8. Función objetivo expresada en LINGO, 2019

De la misma manera se expresan las restricciones que relacionan las variables de localización y de cobertura, la restricción del número de ambulancias y las restricciones de integralidad como se muestra en la figura 10, así como las variables que no se van a tomar en cuenta por superar la distancia entre nodos del radio de cobertura.

```

XB+XE>ZA;
XA+XC+XD>ZB;
XB+XI>ZC;
XB+XE+XF>ZD;
XA+XD+XH+XG>ZE;
XD+XJ>ZF;
XE+XK+XNN+XP>ZG;
XE+XJ+XK>ZH;
XB+XM+XQ>ZI;
XF+XH+XK+XM>ZJ;
XG+XH+XJ+XN+XNN>ZK;
XI+XM+XQ+XR>ZL;
XI+XJ+XL+XN+XR>ZM;
XK+XM+XNN+XO+XR+XU>ZN;
XG+XK+XN+XO>ZNN;
XG+XO+XU>ZO;
XG+XO>ZF;
XC+XI+XL+XR+XT>ZQ;
XL+XM+XN+XQ>ZR;
XV>ZS;
XQ+XW>ZT;
XN+XO>ZU;
XS>ZV;
XT+XX+XY>ZW;
XW+XY+XZ>ZX;
XW+XX+XZ+XAA>ZY;
XX+XY+XAA>ZZ;
XY+XZ>ZAA;
XAC>ZAB;
XAB+XAE+XAG>ZAC;
XAF>ZAD;
XAC+XAG>ZAE;
XAD>ZAF;
XAC+XAE>ZAG;
ZAH=0;
XAH=0;
XAJ+XAK>ZAI;
XAI+XAK>ZAJ;
XAI+XAJ>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XNN+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI+XAJ+XAK=4;
@BIN(XA); @BIN(XB); @BIN(XC); @BIN(XD); @BIN(XE); @BIN(XF); @BIN(XG); @BIN(XH); @BIN(XI); @BIN(XJ); @BIN(XK); @BIN(XL); @BIN(XM); @BIN(XN); @BIN(XNN); @BIN(XO); @BIN(XP);
@BIN(XQ); @BIN(XR); @BIN(XS); @BIN(XT); @BIN(XU); @BIN(XV); @BIN(XW); @BIN(XX); @BIN(XY); @BIN(XZ); @BIN(XAA); @BIN(XAB); @BIN(XAC); @BIN(XAD); @BIN(XAE); @BIN(XAF); @BIN(XAG); @BIN(XAH); @BIN(XAI); @BIN(XAJ); @BIN(XAK);

```

Figura 9. Ecuaciones de restricción expresadas en LINGO, 2019.



De igual forma, cuando una variable  $X_i$  toma el valor de 1, significa que en ese nodo se encuentra la ubicación óptima para ubicar una ambulancia para cubrir la demanda de los nodos  $Z_i$ .

Como resultado podemos ver que las variables ZA, ZC, ZD, ZG, ZH, ZL, ZM, ZN, ZNN, ZO, ZP, ZQ, ZU, ZAC y ZAE, han tomado el valor de 1, lo que quiere decir que ha sido cubierta la demanda de esos sitios. Así también las variables XE, XI, XO y XG tomaron el valor de 1, lo que significa que son los lugares óptimos para ubicar las 4 ambulancias para cubrir la mayor cantidad de demanda.

El modelo de máxima cobertura se repitió para la los radios de cobertura de 1000, 1500 y 2000 metros probando la cobertura de 1, 2, 3 y 4 ambulancias.

#### 4.3. Modelo de máxima cobertura con las conexiones entre los 38 nodos

El modelo de máxima cobertura también se probó utilizando todas las conexiones entre los nodos, en el caso anterior si una ambulancia se ubicaba en el nodo A, solo podía atender los nodos B, D y E que se encontraban dentro de las conexiones de la red, con el nuevo planteamiento, todos los nodos se encuentran conectados entre si y se varían los radios de cobertura con las distancias de 500, 1000, 1500 y 2000 metros como en el caso anterior, para ello se hizo uso de la información de la tabla 6 donde se encuentran las distancias entre los nodos.

El modelo del que se parte es el modelo de máxima cobertura que se mencionó anteriormente y las ecuaciones se muestran a continuación:

Maximizar:

$$31 * ZA + 20 * ZB + 850 * ZC + 55 * ZD + 12 * ZE + 21 * ZF + 21 * ZG + 38 * ZH + 20 * ZI + 7 * ZJ + 16 * ZK + 26 * ZL + 34 * ZM + 38 * ZN + 44 * ZNN + 10 * ZO + 7 * ZP + 160 * ZQ + 18 * ZR + 8 * ZS + 7 * ZT + 29 * ZU + 30 * ZV + 21 * ZW + 15 * ZX + 40 * ZY + 13 * ZZ + 41 * ZAA + 15 * ZAB + 97 * ZAC + 20 * ZAD + 29 * ZAE + 39 * ZAF + 17 * ZAG + 23 * ZAH + 15 * ZAI + 23 * ZAJ + 7 * ZAK$$

Donde el objetivo es maximizar la demanda como en el caso anterior. Las ecuaciones de restricción se plantean como la ecuación 3 donde se establece que cada punto de demanda puede ser cubierta por una o más ambulancias, y como el caso anterior se le dará el valor de 0 a la variable  $X_i$  que se encuentre fuera del radio de cobertura. Las ecuaciones se modelan como se muestra a continuación:

$$XA + XB + XC + XD + XE + XF + XG + XH + XI + XJ + XK + XL + XM + XN + XAL + XO + XP + XQ + XR + XS + XT + XU + XV + XW + XY + XZ + XAA + XAB > ZA;$$

$$XA + XB + XC + XD + XE + XF + XG + XH + XI + XJ + XK + XL + XM + XN + XAL + XO + XP + XQ + XR + XS + XT + XU + XV + XW + XX + XY + XZ + XAA + XAB + XAD > ZB;$$

⋮

$$XS + XT + XW + XX + XY + XZ + XAA + XAB + XAC + XAD + XAE + XAF + XAG + XAI + XAJ + XAK > ZAJ;$$

$$XJ + XW + XX + XY + XZ + XAA + XAB + XAC + XAD + XAF + XAG + XAI + XAJ + XAK > ZAK;$$

La restricción 2 establece que no puede haber más de 4 ambulancias:

$$XA + XB + XC + XD + XE + XF + XG + XH + XI + XJ + XK + XL + XM + XN + XAL + XO + XP + XQ + XR + XS + XT + XU + XV + XW + XX + XY + XZ + XAA + XAB + XAC + XAD + XAE + XAF + XAG + XAH + XAI + XAJ + XAK = 4;$$

Por último las restricciones 4 y 5 establecen que las variables  $X_i$  y  $Z_i$  solo pueden tomar los valores de 0 y 1 haciendo de este modelo un problema de programación lineal entera:

$$XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XNN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, XU, XV, XW, XX, XY, XZ, XAA, XAB, XAC, XAD, XAE, XAF, XAG, XAH, XAI, XAJ, XAK = 0, 1$$

$$ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZNN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ, ZAA, ZAB, ZAC, ZAD, ZAE, ZAF, ZAG, ZAH, ZAI, ZAJ, ZAK = 0, 1$$

Los resultados que nos arroja el programa se muestran en las figuras 13 y 14.

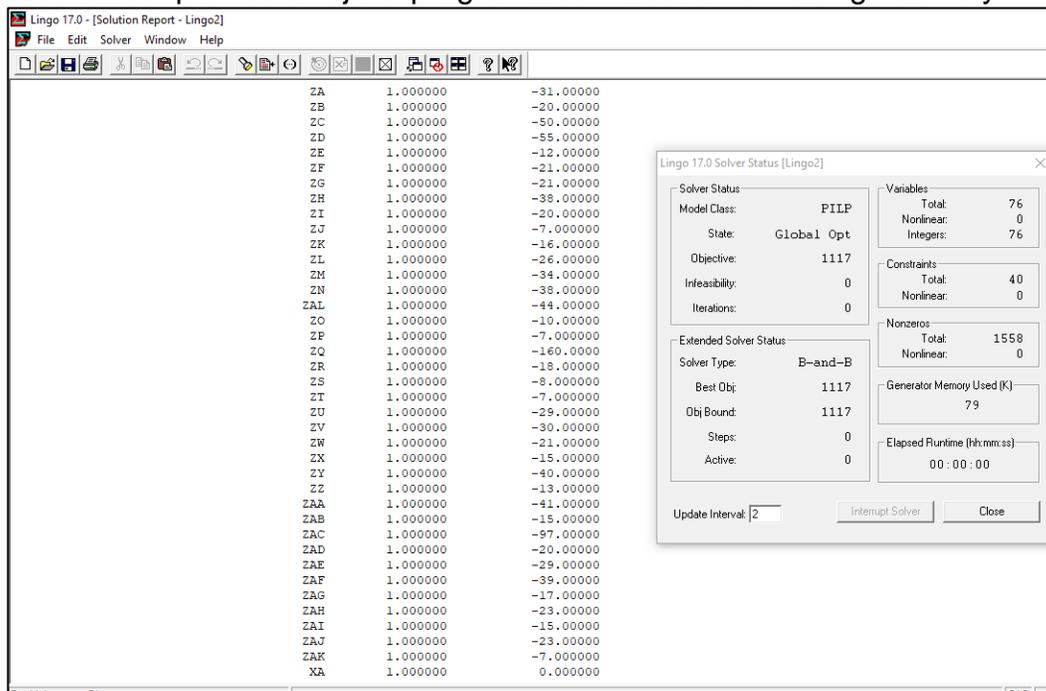


Figura 12. Ventanas Solver Status y reporte de solución de LINGO, 2019 para el problema de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones de los 38 nodos.

Node	Value	Constraint
ZAK	1.000000	-7.000000
XA	1.000000	0.000000
XB	1.000000	0.000000
XC	1.000000	0.000000
XD	0.000000	0.000000
XE	0.000000	0.000000
XF	0.000000	0.000000
XG	0.000000	0.000000
XH	0.000000	0.000000
XI	0.000000	0.000000
XJ	0.000000	0.000000
XK	0.000000	0.000000
XL	0.000000	0.000000
XM	0.000000	0.000000
XN	0.000000	0.000000
XO	0.000000	0.000000
XP	0.000000	0.000000
XQ	0.000000	0.000000
XR	0.000000	0.000000
XS	0.000000	0.000000
XT	0.000000	0.000000
XU	0.000000	0.000000
XV	0.000000	0.000000
XW	0.000000	0.000000
XX	0.000000	0.000000
XY	0.000000	0.000000
XZ	0.000000	0.000000
XAA	0.000000	0.000000
XAB	0.000000	0.000000
XAC	0.000000	0.000000
XAD	0.000000	0.000000
XAE	0.000000	0.000000
XAF	0.000000	0.000000
XAG	0.000000	0.000000
XAH	0.000000	0.000000
XAI	0.000000	0.000000
XAJ	0.000000	0.000000
XAK	1.000000	0.000000

Figura 13. Parte 2 de la ventana del reporte de solución de LINGO, 2019 para el problema de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones de los 38 nodos.

Tabla 6. Distancias entre los 38 nodos de demanda. Obtenida a través de Google Maps.

Nodos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	AL	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
A	-	313	500	323	410	391	611	462	551	470	550	633	611	800	796	1010	1290	796	761	1302	968	1287	1381	1336	4771	1429	1630	1580	1910	2120	2060	2210	2190	2450	2880	2900	2900	3140
B	313	-	470	232	573	231	782	500	318	450	634	485	564	868	926	1130	1480	581	657	991	784	1150	1090	#REF!	1250	1280	1460	1510	1910	2000	1910	2130	2020	2380	2690	2750	2750	2980
C	500	470	-	607	878	530	1160	939	415	752	782	588	785	1150	1270	1450	1830	528	776	555	721	695	685	1020	1060	1160	1320	1540	2040	2130	1780	2080	1840	2350	2480	2580	2580	2800
D	323	232	607	-	377	83	567	346	258	218	400	318	343	633	689	904	1260	464	460	1060	853	1120	1100	1020	1140	1120	1310	1310	1680	1870	1750	1040	1870	2180	2570	2600	2600	2840
E	410	573	979	377	-	441	208	100	590	279	176	523	385	401	387	599	907	722	546	1380	818	861	1400	1150	1290	1200	1400	1250	1510	1760	1800	1890	1940	2110	2680	2630	2630	2880
F	391	231	830	83	441	-	633	406	173	242	451	288	339	667	751	946	1310	414	434	962	593	1140	1020	982	1070	1070	1260	1290	1680	1860	1710	1910	1820	2160	2510	2550	2550	2790
G	611	782	1160	567	208	633	-	225	761	421	215	214	500	469	198	401	701	839	608	1530	886	710	1520	1170	1320	1190	1390	1170	1370	1630	1760	1800	1910	2000	2640	2570	2570	2830
H	462	500	939	346	100	406	225	-	536	205	85	441	289	336	361	570	915	639	447	1310	723	824	1320	1050	1190	1100	1300	1160	1440	1670	1700	1790	1840	2020	2580	2530	2530	2780
I	551	318	415	259	990	173	761	536	-	339	557	212	371	732	847	1030	1420	270	398	799	475	1180	842	838	935	966	1150	1230	1820	1820	1600	1830	1700	2090	2380	2440	2440	2660
J	470	450	752	218	279	242	421	205	339	-	216	247	140	246	513	708	1080	446	302	1110	555	903	1120	903	1040	982	1180	1120	1470	1670	1600	1750	1790	1990	2440	2440	2440	2690
K	550	634	792	400	176	451	215	85	557	216	-	438	257	247	300	503	866	744	404	1320	690	744	131	989	1140	1040	1230	1080	1350	1590	1620	1720	1770	1940	2490	2450	2450	2710
L	633	485	598	318	523	268	214	441	212	247	438	-	194	564	696	861	1260	199	188	883	342	988	879	706	824	810	1000	1040	1470	1620	1450	1650	1560	1900	2260	2290	2290	2530
M	611	564	785	343	385	339	500	289	371	140	257	194	-	368	503	670	1070	371	167	1070	441	817	1050	766	909	840	1040	978	1350	1540	1460	1600	1590	1850	2300	2300	2300	2540
N	800	868	1150	633	401	667	469	336	732	246	247	564	368	-	177	297	705	717	434	1420	704	488	1370	934	1090	936	1120	883	1110	1360	1470	1510	1630	1720	2360	2280	2280	2540
AL	796	926	1270	699	387	751	198	361	847	513	300	696	503	177	-	215	570	868	600	1570	871	514	1540	1110	1260	1100	1280	1020	1170	1450	1630	1630	1790	1830	2510	2420	2420	2680
O	1010	1130	1450	904	599	946	401	570	1030	708	503	861	670	297	215	-	417	1010	734	1710	979	335	1650	1150	1310	1120	1280	944	1000	1300	1580	1520	1700	1740	2060	2340	2340	2600
P	1290	1480	1830	1260	907	1310	701	915	1420	1080	866	1260	1070	705	570	417	-	1420	1140	2120	1390	554	2020	1680	1480	1480	1630	1230	1100	1440	1870	1720	2040	1850	1740	2570	2570	2830
Q	796	581	528	484	722	414	839	639	270	446	626	199	371	717	868	1010	1420	-	282	710	210	1090	679	568	669	700	877	1010	1490	1600	1340	1590	1430	1850	2110	2170	2170	2400
R	761	657	776	460	546	434	608	447	398	302	404	188	167	434	600	734	1140	282	-	987	287	810	933	603	741	673	872	852	1270	1430	1300	1470	1430	1720	2140	2140	2380	
S	1302	991	555	1050	1380	962	1530	1310	799	1110	1320	883	1070	1420	1570	1710	2120	710	987	-	763	1750	215	861	820	103	1110	1480	2030	2040	1510	1900	1530	2170	2050	224	224	2430
T	968	784	721	653	818	593	886	723	475	555	690	342	441	704	871	979	1390	210	287	763	-	987	678	370	486	492	676	816	1320	1410	1130	1380	1230	1640	1920	1970	1970	2200
U	1287	1360	1580	1120	881	1140	710	824	1180	903	744	988	817	488	514	335	554	1090	810	1750	987	-	1650	1040	1180	964	1100	677	667	960	1310	1210	1400	1360	2190	2030	2030	2300
V	1381	1090	695	1100	1400	1020	1520	1320	842	1120	131	879	1050	1370	1540	1650	2060	679	933	215	678	1650	-	691	623	850	911	1310	1870	1860	1300	1700	1310	1970	1830	2020	2020	2210
W	1336	1150	1020	1020	1150	962	1170	1050	838	903	989	706	786	934	1110	1150	1540	588	603	861	370	1040	691	-	155	172	316	619	1180	1180	769	1080	864	1360	1550	1600	1600	1840
X	4771	1250	1060	1140	1290	1070	1320	1190	935	1040	1140	824	909	1080	1260	1310	1690	669	741	820	486	1180	623	155	-	248	288	709	1270	1240	728	109	788	1360	1450	1530	1530	1760
Y	1429	1280	1180	1120	1200	1070	1190	1100	966	982	1040	810	840	936	1100	1120	1480	700	673	103	492	964	850	172	248	-	189	464	030	020	641	916	754	1180	1470	1480	1480	1720
Z	1630	1460	1320	1310	1400	1260	1390	1300	1150	1180	1230	1000	1040	1120	1280	1280	1630	677	672	1110	616	1100	911	316	288	189	-	493	1040	964	458	796	560	1070	1270	1300	1300	1520
AA	1580	1510	1540	1310	1250	1290	1370	1460	1230	1120	1080	1040	978	883	1020	944	1230	1010	852	1480	616	677	1310	619	709	464	493	-	566	597	643	638	815	674	1530	1410	1410	1660
AB	1910	1910	2040	1880	1510	1680	1370	1440	1670	1470	1320	1470	1360	1110	1170	1000	1100	1480	1270	2030	1320	667	1870	1180	709	1030	1040	566	-	348	897	690	1170	762	1780	1530	1530	1780
AC	2120	2000	2130	1870	1760	1860	1630	1670	1820	1670	1590	1620	1540	1360	1460	1300	1440	1600	1430	2040	1410	960	1860	1180	1240	1020	964	597	348	-	775	368	923	409	1460	1190	1190	1440
AD	2060	1910	1780	1750	1800	1710	1760	1700	1600	1620	1450	1460	1470	1630	1580	1870	1340	1300	1510	1310	1310	1300	799	728	641	458	643	997	775	-	463	174	705	889	842	842	1080	
AE	2210	2130	2090	1040	1890	1910	1800	1790	1830	1750	1720	1650	1600	1510	1630	1520	1720	1590	1470																			

Minimizar:

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (6)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (7)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (8)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (9)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \in J \quad (10)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (11)$$

Dónde:

$h_i$  es la intensidad de la demanda en el nodo  $i$ .

$d_{ij}$  es la distancia desde el punto de demanda del nodo  $i$  al sitio candidato para localizar la ambulancia  $j$ .

$P$  es el número de ambulancias que se van a localizar.

$Y_{ij}$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la demanda del nodo  $i$  se cubre y 0 si no es cubierta la demanda por el sitio candidato  $j$ .

$X_j$  es la variable de decisión que toma el valor de 1 si la ambulancia se localiza en el sitio candidato  $j$  y 0 en el caso de que no se localice en el sitio.

La función objetivo (1) minimiza la distancia promedio entre los sitios donde ocurrieron los accidentes ponderada con su demanda, es decir, la cantidad de accidentes que tuvo cada lugar y el sitio candidato para ubicar una ambulancia más cercana. Las distancias entre nodos se muestran en la tabla 6. Las ecuaciones quedan como se muestra a continuación, para ver el modelo completo se puede consultar el anexo:

Maximizar:

$$31 * 313 * YAB + 31 * 500 * YAC + \dots + 7 * 2100 * YAKAH + 7 * 435 * YAKAI + 7 * 263 * YAKAJ$$

La ecuación de restricción (2) obliga a que todos los puntos de demanda sean cubiertos por un sitio candidato, es por eso que se suman todas las variables  $Y_{ij}$  para cada nodo  $i$ .

$$YAA + YAB + YAC + \dots + YAAI + YAAJ + YAAK = 1;$$

$$YBA + YBB + YBC + \dots + YBAI + YBAJ + YBAK = 1;$$

⋮

$$YAJA + YAJB + YAJC + \dots + YAJAI + YAJAJ + YAJAK = 1;$$

$$YAKA + YAKB + YAKC + \dots + YAKAI + YAKAJ + YAKAK = 1;$$

La restricción (3) declara que la demanda solo puede ser cubierta desde un sitio candidato asignado:

$$YAA - XA \leq 0;$$

$$YAB - XB \leq 0;$$

⋮

$$YAKAJ - XAJ \leq 0;$$

$$YAKAK - XAK \leq 0;$$

La restricción (4) establece que se deben ubicar las 4 ambulancias:

$$XA + XB + XC + \dots + XAI + XAJ + XAK = 4;$$

Las ecuaciones (5) y (6) declaran que las variables  $Y_{ij}$  y  $X_j$  son binarias para indicar cuando si la demanda está cubierta y si se ha asignado una ambulancia al sitio candidato:

$$YAA, YAB, YAC, \dots, YAKAI, YAKAJ, YAKAK = 0,1;$$

$$XA, XB, XC, \dots, XAI, XAJ, XAK = 0,1$$

En el anexo E se encuentran las ecuaciones completas que se insertaron en el programa LINGO para el modelo de P-mediana.

Los puntos de demanda cubiertos son los siguientes:

*YAK, YBQ, YCQ, YDK, YEK, YFQ, YGK, YHK, YIK, YJK, YKK, YLQ, YMK, YNK, YALK, YOK, YPK, YQQ, YRQ, YSY, YTQ, YUK, YVK, YWY, YXAE, YYY, ZZY, YAAAY, YAEAE, YACAE, YADAE, YAEAE, YAFAE, YAGAE, YAHAE, YAIAE, YAJAE y YAKY.*

La cantidad de variables  $Y_{ij}$  es de 1,444 ya que son las conexiones posibles entre los 38 nodos de demanda, y se puede corroborar en la tabla 5 con el número de distancias, ya que la demanda de cada nodo puede ser atendida por 38 posibles ubicaciones.

Las ubicaciones óptimas de las ambulancias son: XK, XQ, XY y XAE como lo muestra el reporte de solución mostrado en la figura 15.

Variable	Value	Value
XA	0.000000	0.000000
XB	0.000000	0.000000
XC	0.000000	0.000000
XD	0.000000	0.000000
XE	0.000000	0.000000
XF	0.000000	0.000000
XG	0.000000	0.000000
XH	0.000000	0.000000
XI	0.000000	0.000000
XJ	0.000000	0.000000
XK	1.000000	0.000000
XL	0.000000	0.000000
XM	0.000000	0.000000
XN	0.000000	0.000000
XAL	0.000000	0.000000
XO	0.000000	0.000000
XP	0.000000	0.000000
XQ	1.000000	0.000000
XR	0.000000	0.000000
XS	0.000000	0.000000
XT	0.000000	0.000000
XU	0.000000	0.000000
XV	0.000000	0.000000
XW	0.000000	0.000000
XX	0.000000	0.000000
XY	1.000000	0.000000
XZ	0.000000	0.000000
XAA	0.000000	0.000000
XAB	0.000000	0.000000
XAC	0.000000	0.000000
XAD	0.000000	0.000000
XAE	1.000000	0.000000
XAF	0.000000	0.000000
XAG	0.000000	0.000000
XAH	0.000000	0.000000
XAI	0.000000	0.000000
XAJ	0.000000	0.000000
XAK	0.000000	0.000000

Figura 14. Reporte de solución del modelo P-Mediana

Las ecuaciones colocadas en el programa LINGO de todos los modelos se encuentran en el anexo de este trabajo.

## 5. Resultados y conclusiones

En total se realizaron 4 corridas para cada modelo variando el número de ambulancias para observar la relación entre el número de ambulancias y el porcentaje de cobertura. Se elaboró un modelo de máxima cobertura con una red propuesta, con 4 escenarios para diferentes radios de cobertura de 500, 1000, 1500 y 2000 metros, se realizó un modelo de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones entre los 38 nodos y se elaboró un modelo P-mediana con el objetivo de comparar los diferentes resultados encontrar la localización óptima de las ambulancias.

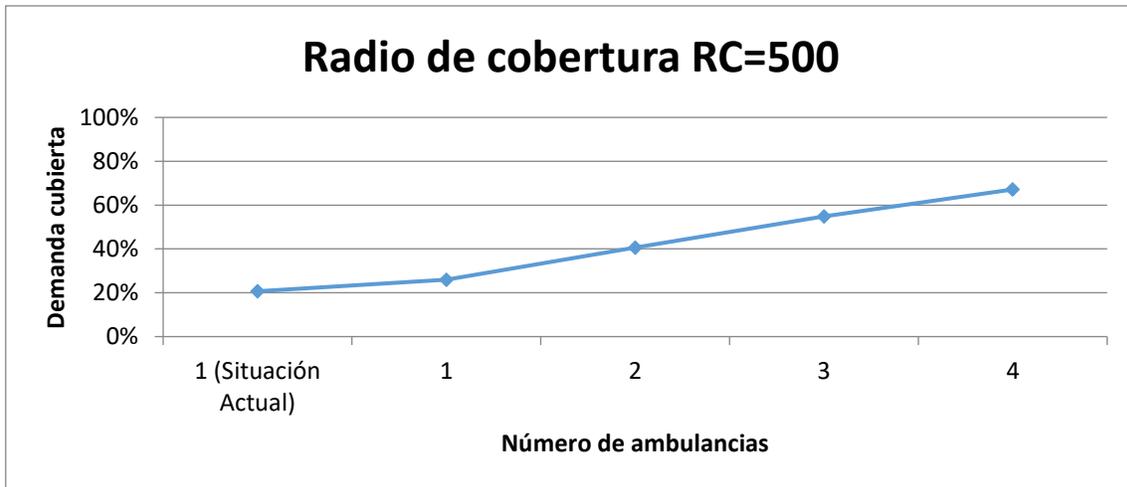
### 5.1. Modelo de máxima cobertura utilizando la red elaborada

Para el modelo de máxima cobertura con radio igual a 500 metros se observa que el máximo porcentaje de cobertura con conexión directa con los nodos de ubicación es del 64% para la ubicación de las 4 ambulancias como se muestra en la tabla 7, ubicando las ambulancias en los nodos E, I, N y AC.

Tabla 7. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 500 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	I, L, Q, R, T	231	21%
1	I	C, I, L, M, Q	290	26%
2	I, K	C, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, Q	454	41%
3	I, K, AC	C, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, Q, AB, AC, AE, AG	612	55%
4	E, I, N, AC	A, C, D, E, G, H, I, K, L, M, N, AL, Q, R, U, AB, AC, AE, AG	750	67%

En la gráfica 5 se muestra el aumento de la cobertura de la demanda con cada ambulancia que se agrega en el modelo de manera directa y cómo la posición actual no es la óptima.



Gráfica 5. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

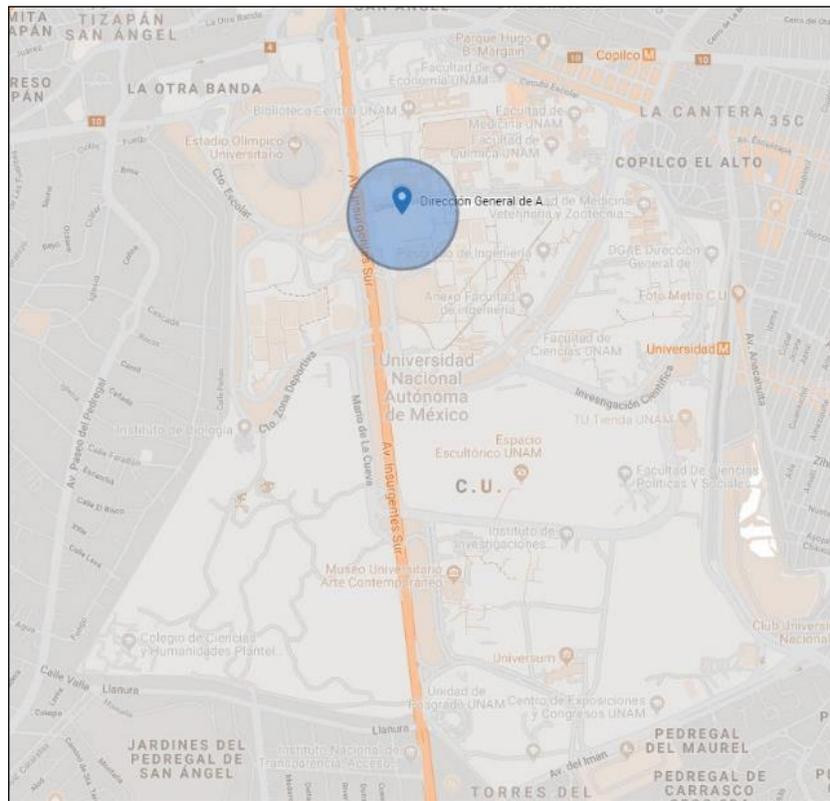


Figura 15. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

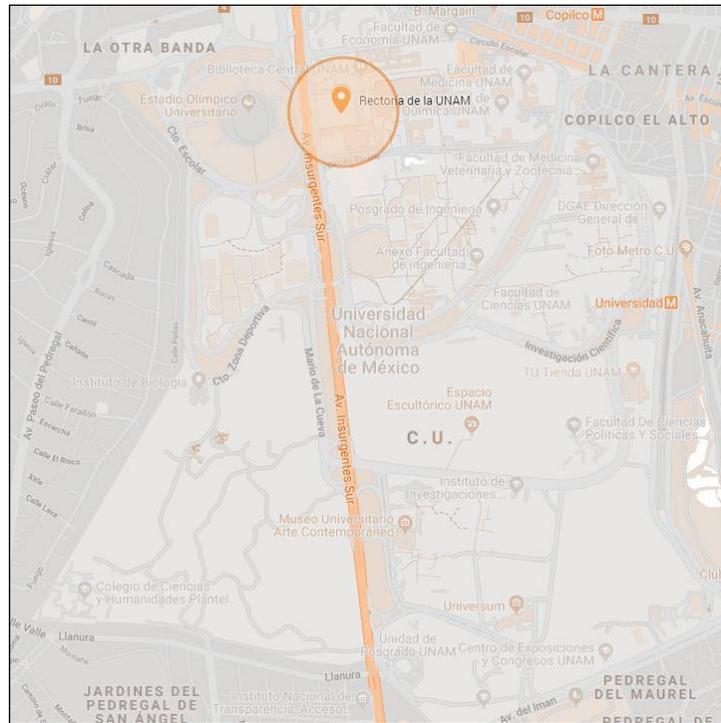


Figura 16. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

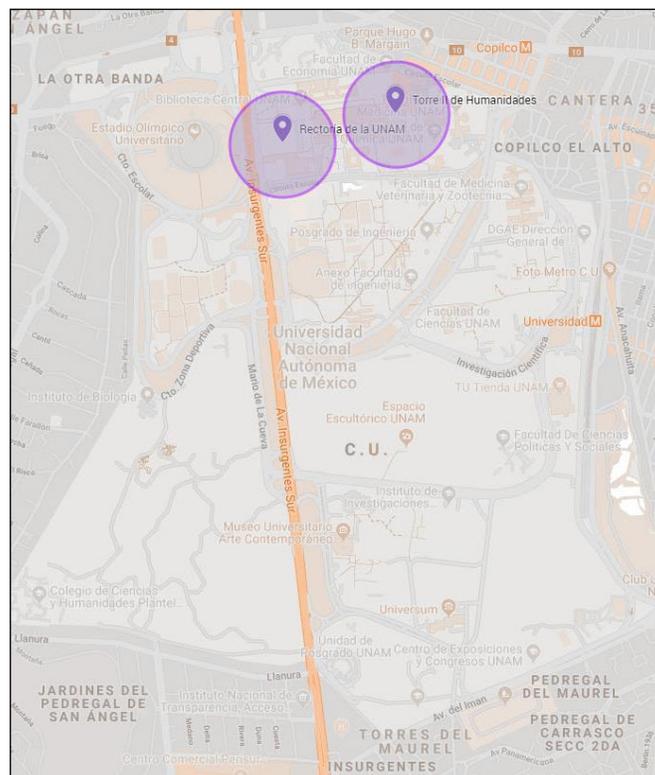


Figura 17. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

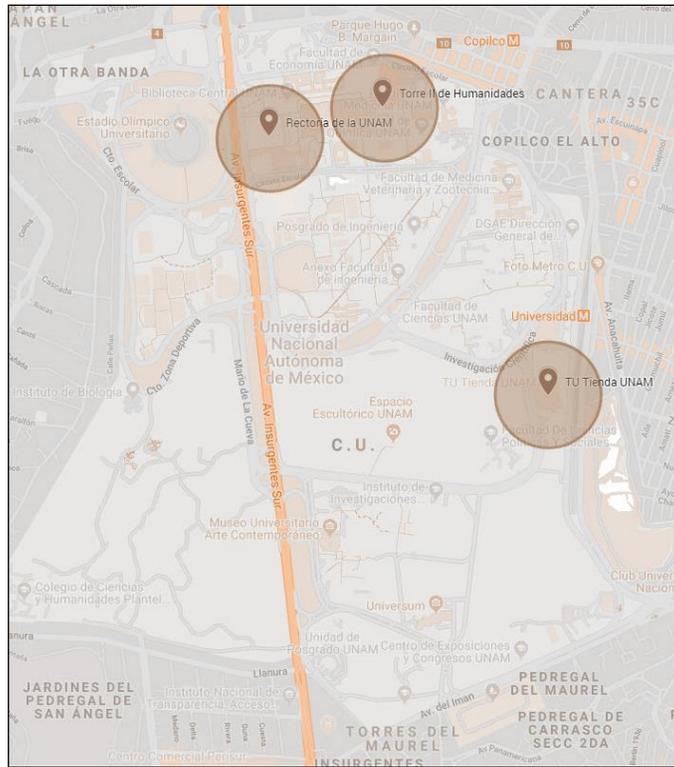


Figura 18. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



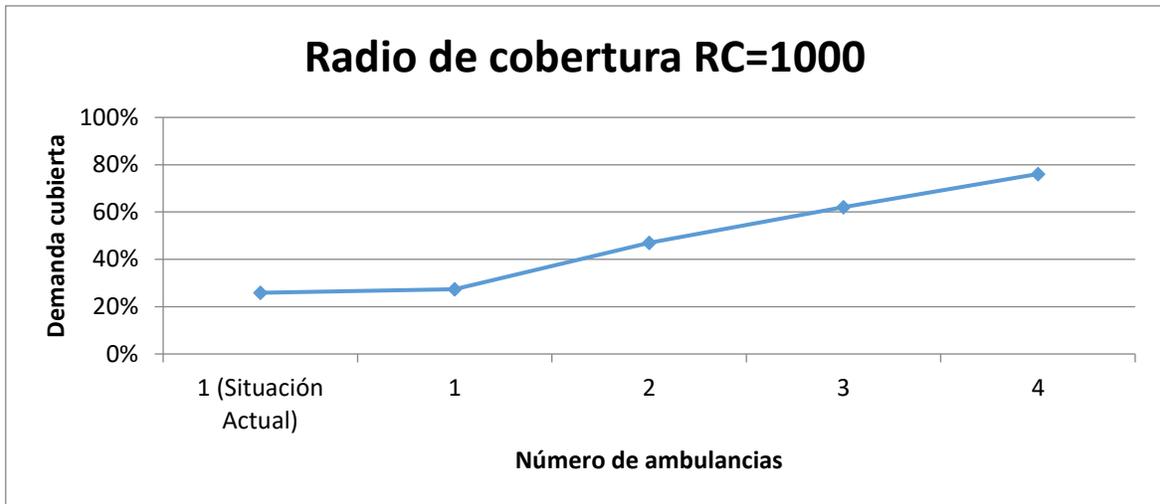
Figura 19. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Para un radio de cobertura igual a 1000 metros se muestra un incremento de cobertura en cada caso de variación de número de ambulancias. En la tabla 8 se muestra un máximo de 76% de cobertura para las 4 ambulancias disponibles en la DGAS, lo cual representa un aumento significativo ya que se cubre más de la mitad la demanda con conexión directa a los nodos de ubicación, se puede observar que el aumento de cobertura por cada ambulancia que se anexa en el modelo no es lineal, si no que va disminuyendo el porcentaje de cobertura.

Tabla 8. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 1000 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	C, I, L, Q, R, S, T	289	26%
1	R	L, M, N, Q, R, U	305	27%
2	I, AA	C, I, L, M, Q, U, Y, Z, AA, AB, AC	525	47%
3	I, U, AG	C, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ,	693	62%
4	E, I, U, AG	A, C, D, E, G, H, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ	850	76%

En la gráfica 6 se ve que la demanda cubierta entre la ubicación actual y la ubicación propuesta por el modelo con una ambulancia es muy similar, pero con el aumento de ambulancias, la demanda cubierta aumenta significativamente.



Gráfica 6 . Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

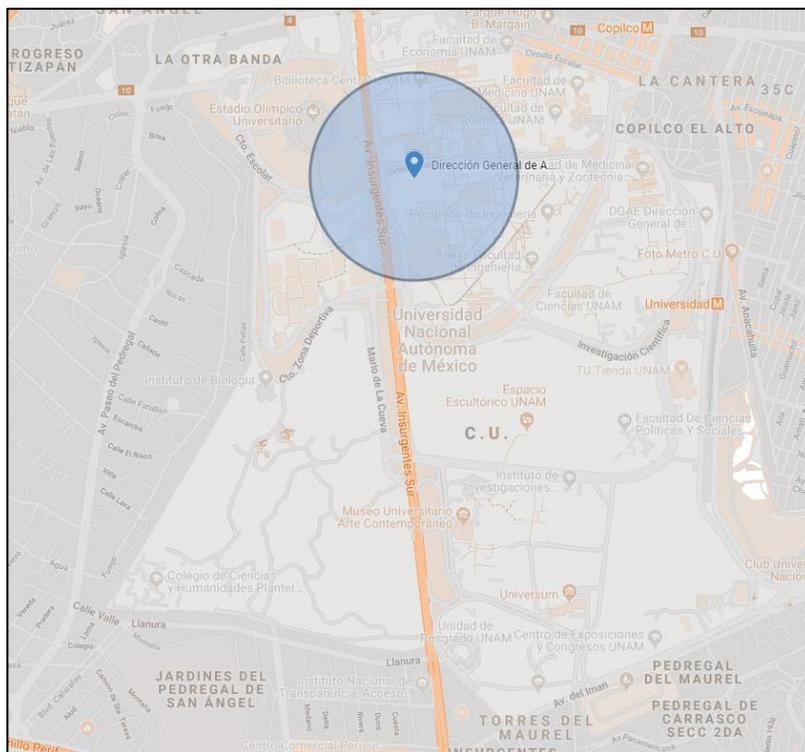


Figura 20. Representación del radio de cobertura de 1000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

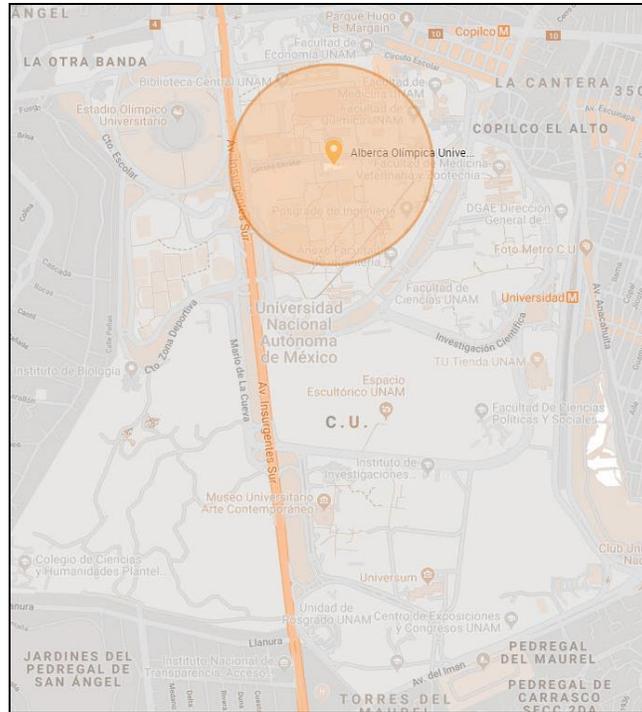


Figura 21. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

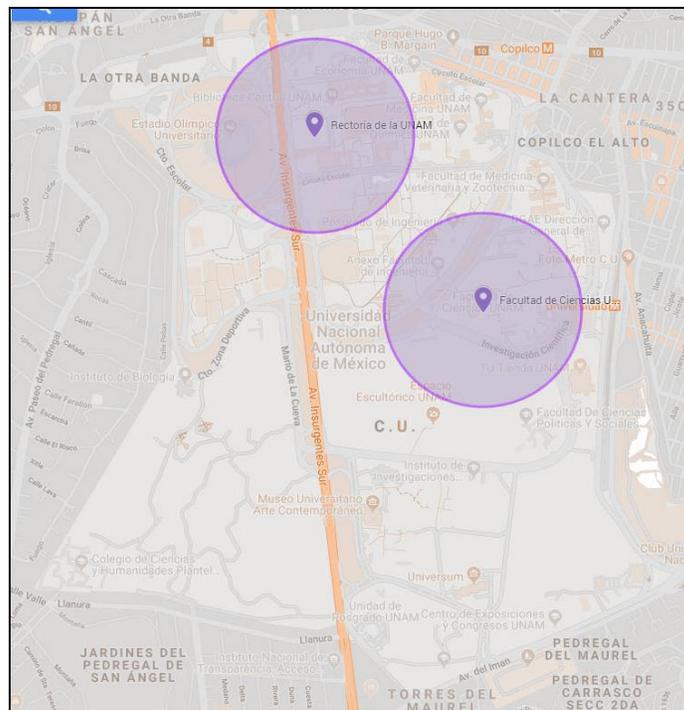


Figura 22. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



Figura 23. Representación del radio de cobertura de 1000m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

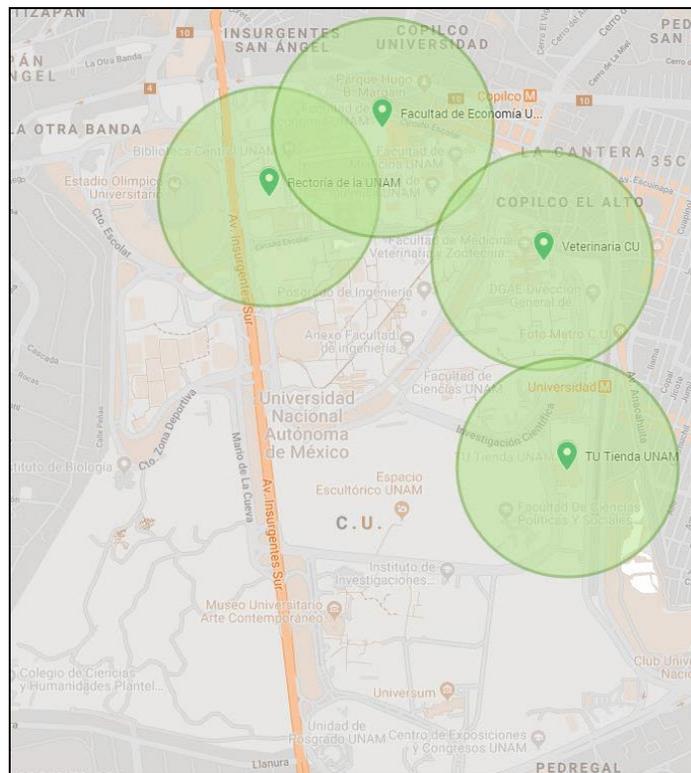
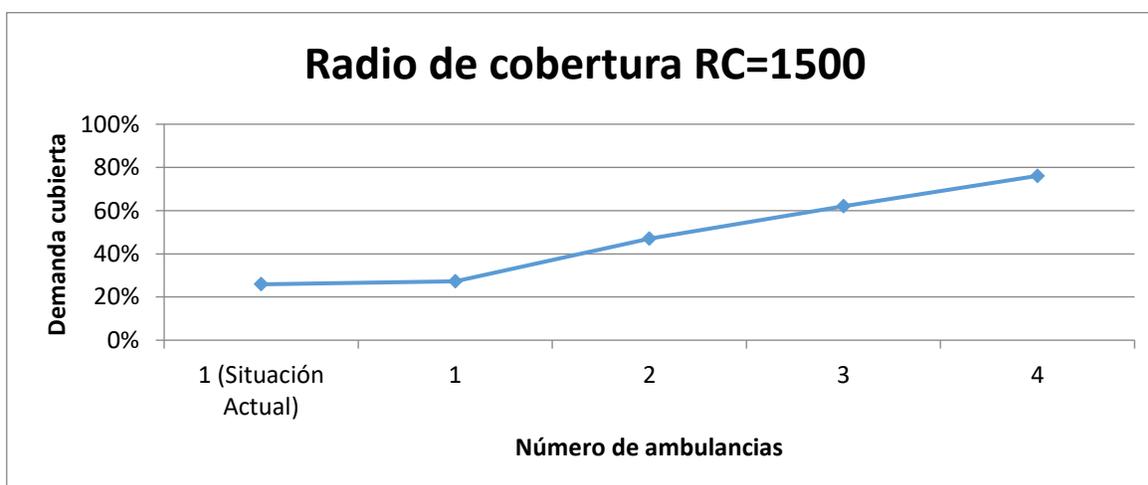


Figura 24. Representación del radio de cobertura de 1000m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Para el caso con radio de cobertura igual a 1500 metros no se muestra ninguna variación con respecto al caso con radio de cobertura igual a 1000 metros dado, ya que como vemos en la tabla 5, no hay conexiones que se encuentren en el rango entre 1000 y 1500 metros, por lo que las ecuaciones son idénticas. En la tabla 9 y gráfica 7, se muestran los resultados que al compararlos con los resultados del modelo anterior, vemos que son iguales, las ecuaciones pueden encontrarse en el Anexo.

Tabla 9. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 1500 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	C, I, L, Q, R, S, T	289	26%
1	R	L, M, N, Q, R, U	305	27%
2	I, AA	C, I, L, M, Q, U, Y, Z, AA, AB, AC	525	47%
3	I, U, AG	C, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ	693	62%
4	E, I, U, AG	A, C, D, E, G, H, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ	850	76%



Gráfica 7. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

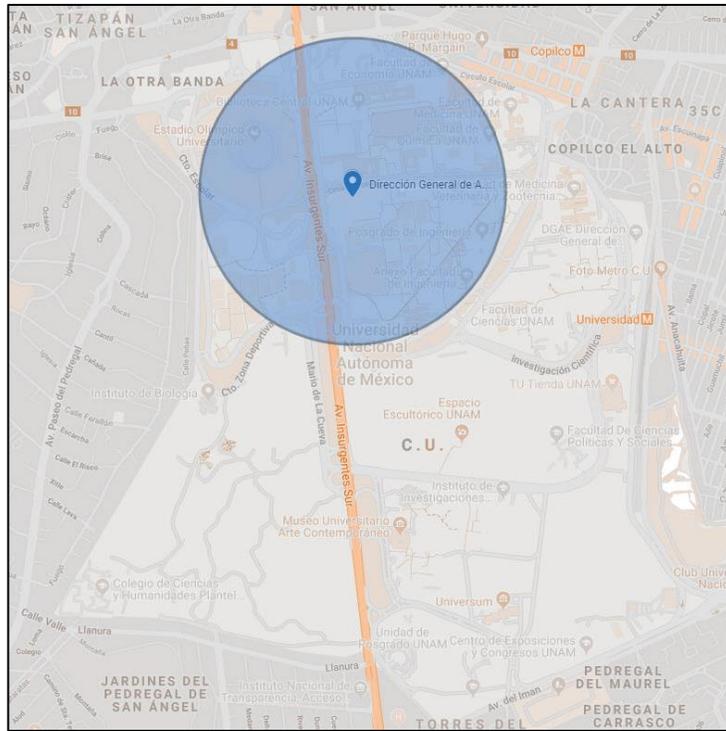


Figura 25. Representación del radio de cobertura de 1500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

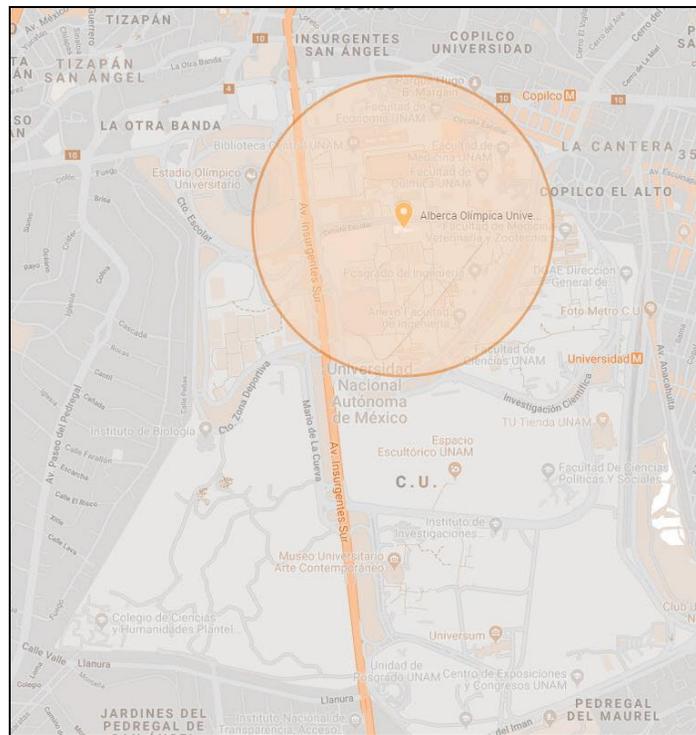


Figura 26. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

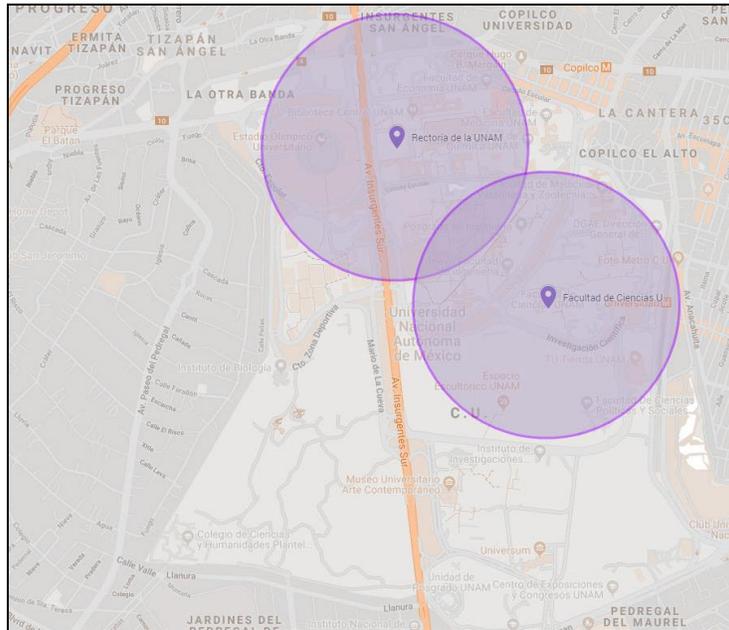


Figura 27. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



Figura 28. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

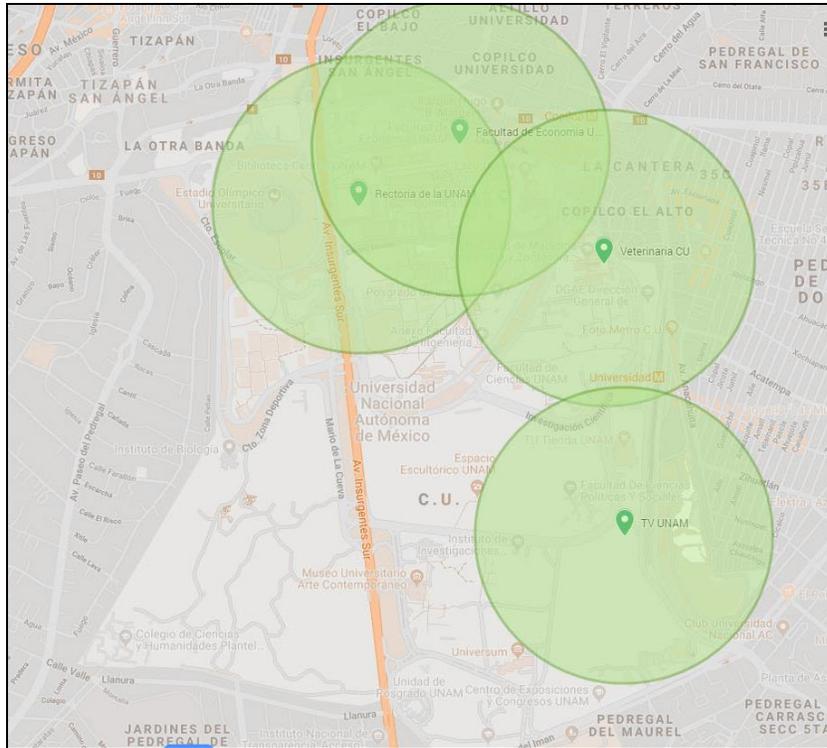


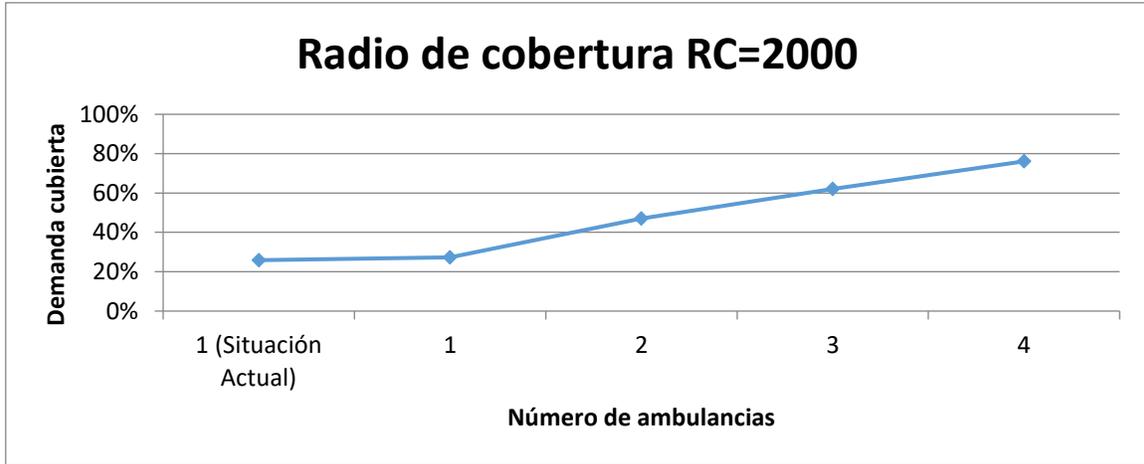
Figura 29. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

En el caso con radio de cobertura con radio igual a 2000 metros, en la tabla 10 y gráfica 8, vemos que el programa LINGO nos entregó los mismos resultados que en los modelos de 1000 y 1500 metros. En la tabla 5 podemos ver que el nodo H únicamente tiene conexiones en el rango de 1000 a 1500 metros por lo que se incluye en el modelo, pero los valores anexados no tienen impacto en los resultados obtenidos.

Tabla 10. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 2000 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	C, I, L, Q, R, S, T	289	26%
1	R	L, M, N, Q, R, U	305	27%
2	I, AA	C, I, L, M, Q, U, Y, Z, AA, AB, AC	525	47%
3	I, U, AG	C, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ	693	62%

4	E, I, U, AG	A, C, D, E, G, H, I, L, M, N, O, P, Q, R, U, Y, AA, AB, AC, AE, AF, AG, AJ	850	76%
---	-------------	--	-----	-----



Gráfica 8. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para la red elaborada y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

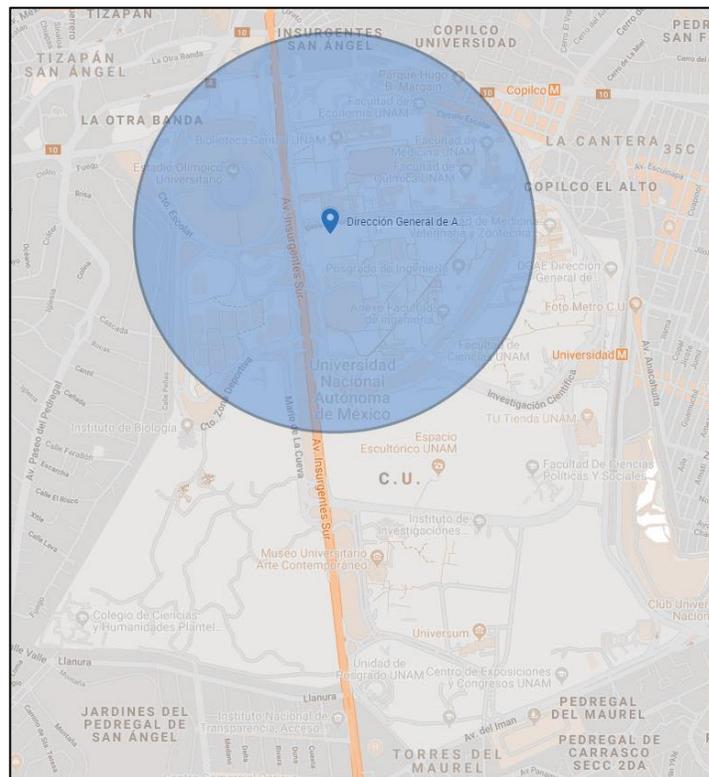


Figura 30. Representación del radio de cobertura de 2000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

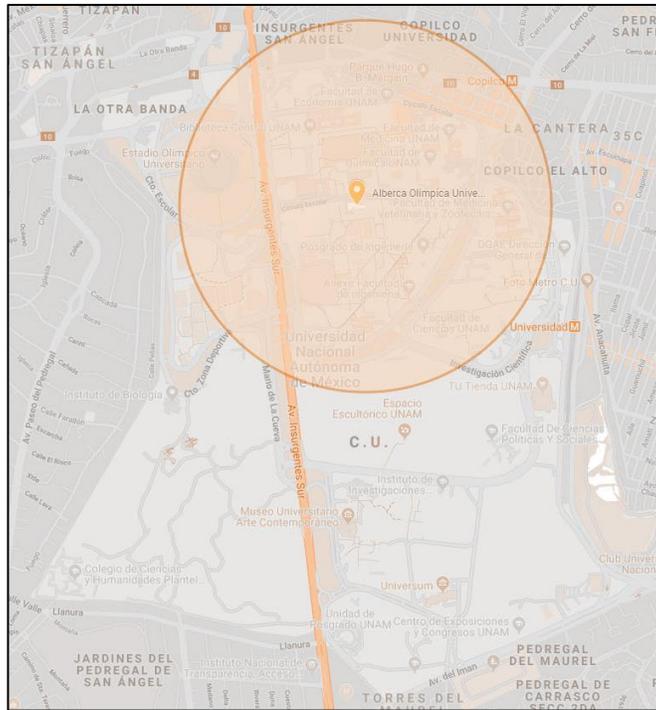


Figura 31. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

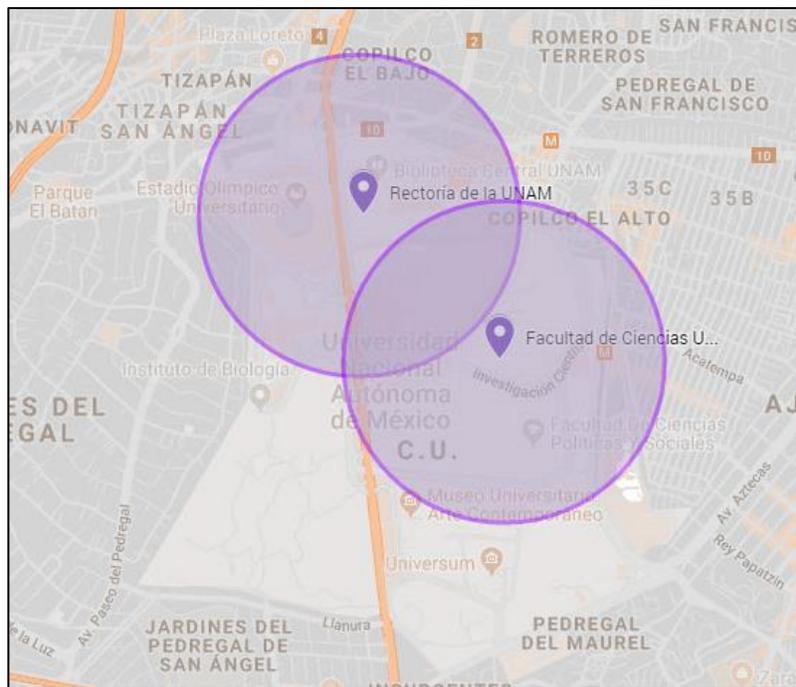


Figura 32. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

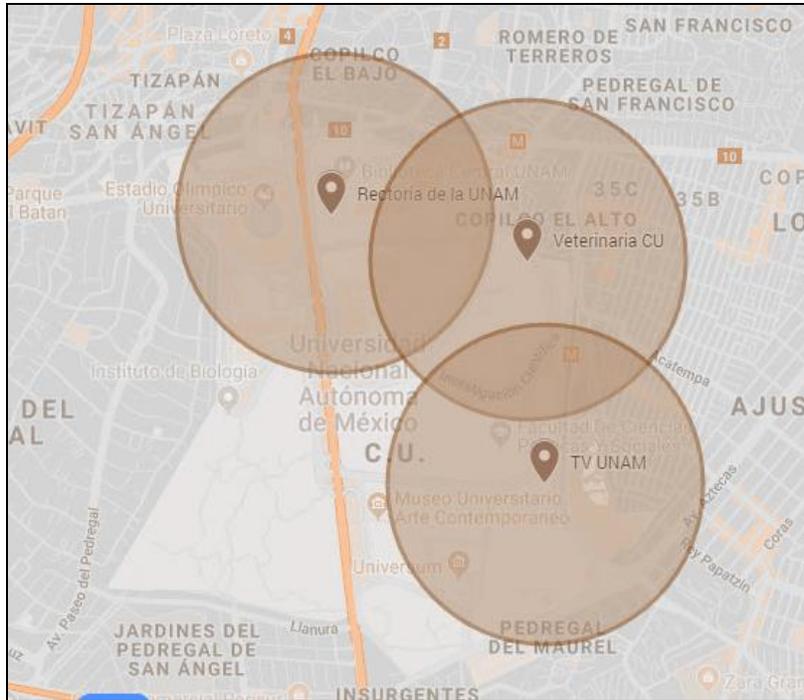


Figura 33. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

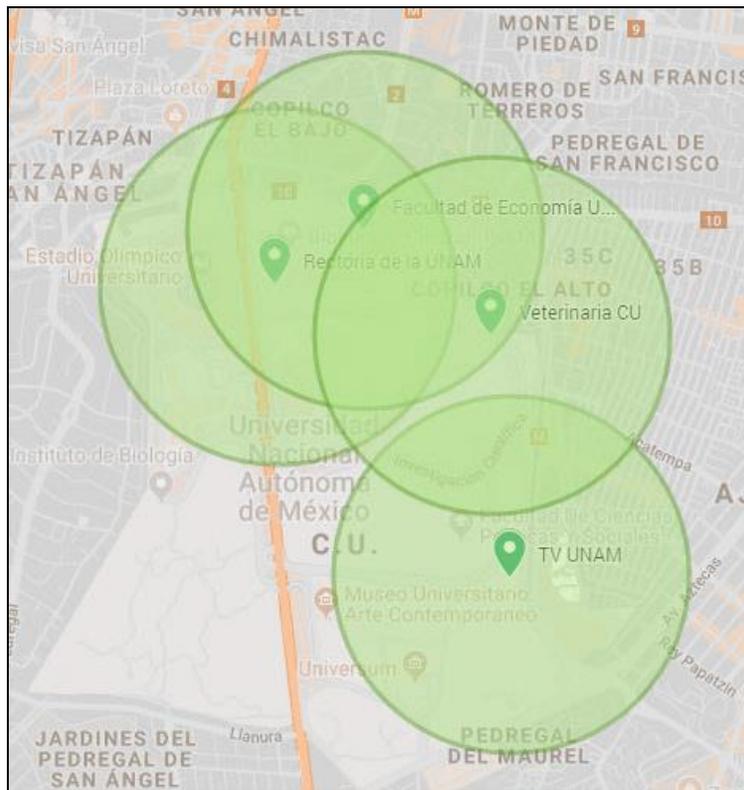
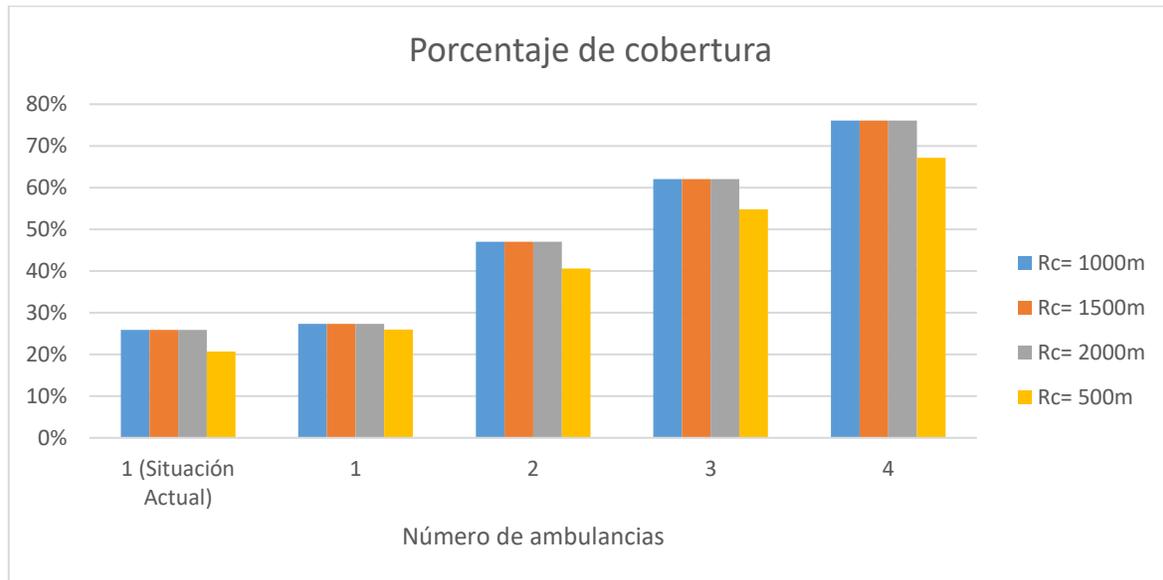


Figure 34. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura utilizando la red de conexiones para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

En la gráfica 9, podemos ver la comparación de los resultados aplicando los 4 casos para cada modelo mostrando la cobertura que se alcanza para cada caso. Como se mencionó anterior mente junto con su explicación, los modelos con 1000, 1500 y 2000 metros de cobertura tienen los mismos resultados. Vemos también que en ningún caso se logra cubrir toda la demanda aplicando el método.



Gráfica 9. Gráfica comparativa de porcentaje cubierto contra el número de ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

## 5.2. Modelo de máxima cobertura utilizando todas las conexiones posibles

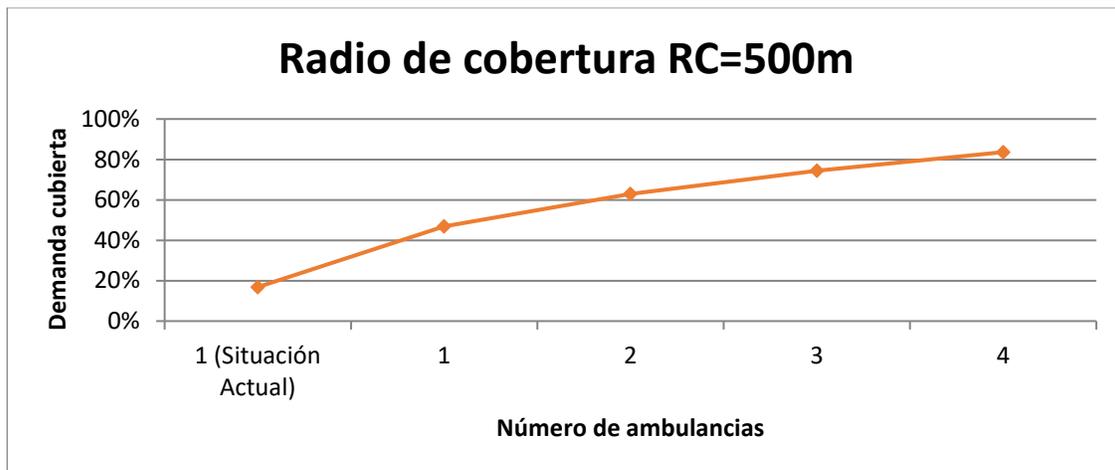
Para el modelo de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones, se observan mejores resultados que en los modelos previos donde se utilizó la red, esto es porque la red contiene menos conexiones posibles entre nodos. Para el primer modelo donde el radio de cobertura es igual a 500 metros. Podemos ver que la respuesta de cobertura obtenida por el modelo para el caso de una ambulancia es mayor al doble de la cobertura que se alcanza en el posicionamiento actual de las ambulancias.

Tabla 11. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 500 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	D, F, I, J, L, M, R, T	188	17%
1	J	A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Q, R, AK	524	47%

2	J, AE	A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Q, R, X, AC, AD, AE, AG, AK	702	63%
3	J, Z, AC	A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Q, R, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AG, AK	832	74%
4	J, N, Z, AG	B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, Q, R, T, U, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AG	934	84%

En la gráfica 10 vemos la diferencia de la demanda alcanzada en el lugar actual de las ambulancias y los resultados obtenidos con el modelo con un radio de cobertura de 500 metros, vemos una curva que se va haciendo asintótica mientras se acerca a la cobertura del 100%, lo cual indica que a cada ambulancia que se agrega al modelo le corresponde un aumento de cobertura de demanda cada vez menor.



Gráfica 10. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

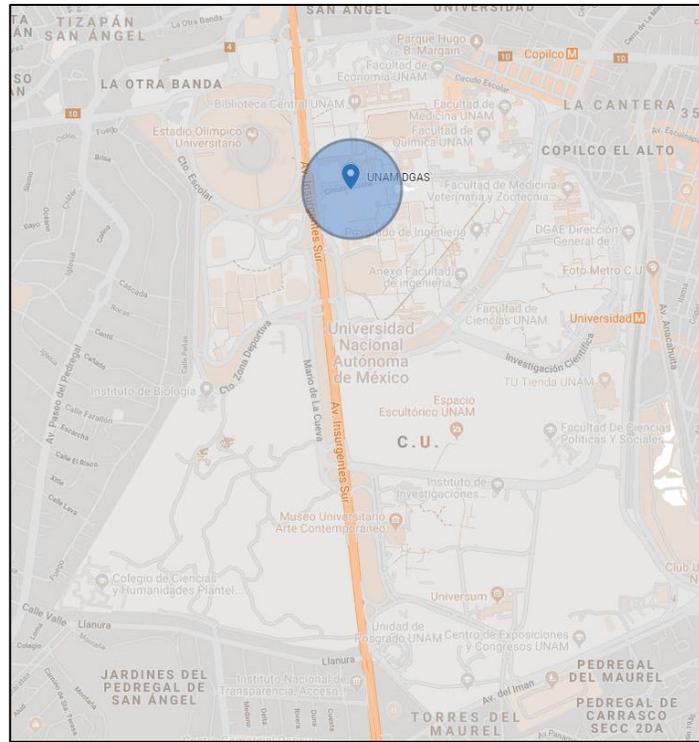


Figura 35. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

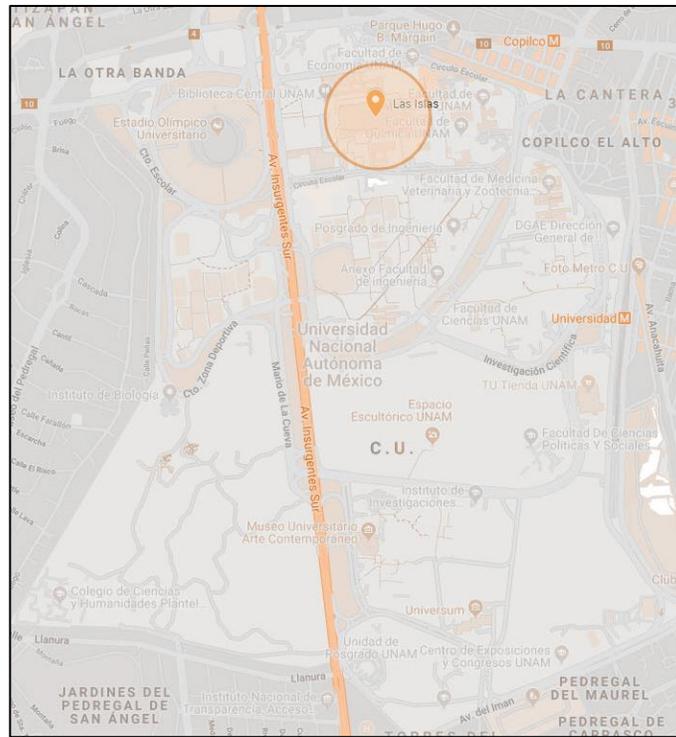


Figura 36. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

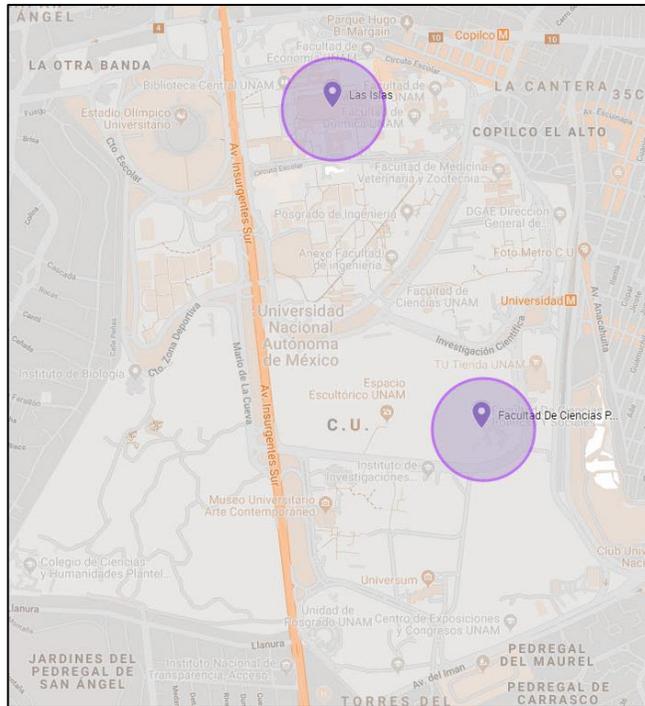


Figure 37. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

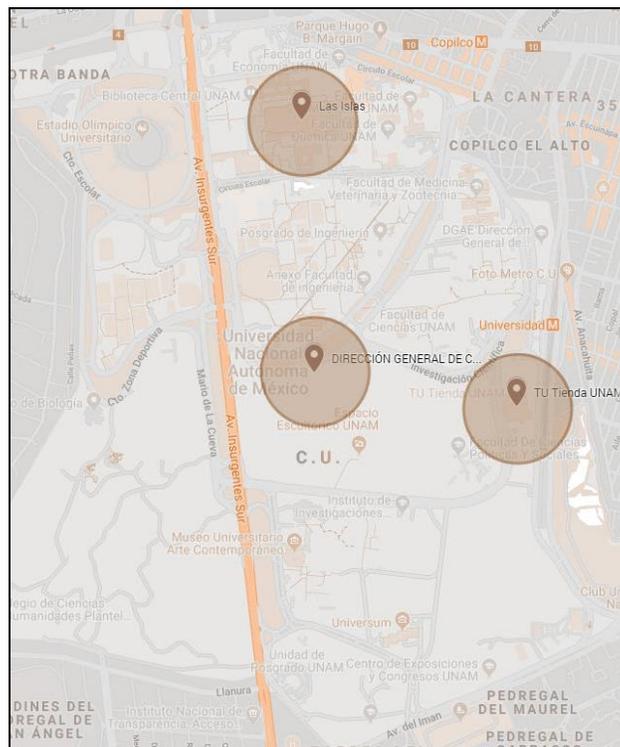


Figure 38. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



Figure 39. Representación del radio de cobertura de 500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

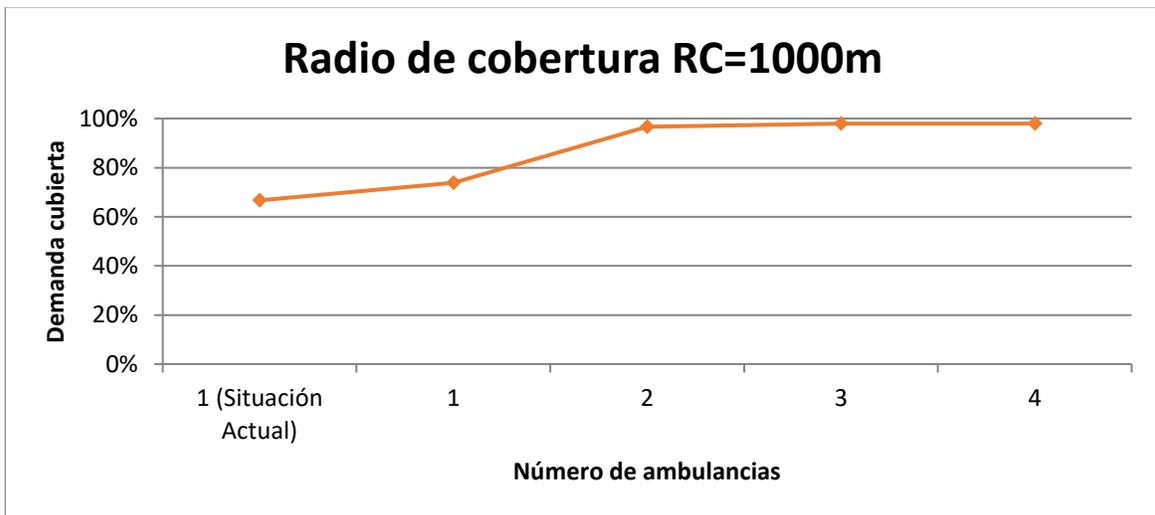
Para el modelo con radio de cobertura de 1000 metros vemos en la tabla 12 que la cobertura alcanzada por la ubicación actual es muy similar a la propuesta por el modelo, sin embargo la demanda cubierta por respuesta del modelo es mayor a la demanda cubierta por la ubicación actual.

Tabla 12. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 1000 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, Q, R, S, T, V, W, X, Y, Z	745	67%
1	R	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA	825	74%
2	R, AD	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AI, AJ	1080	97%
3	R, U, AF	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z,	1094	98%

		AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AI, AJ, AK		
4	K, R, U, AF	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AI, AJ, AK	1094	98%

En la gráfica 11 vemos que con un radio de cobertura de 1000 metros y contando con 4 ambulancias, no se alcanza a cubrir toda la demanda empleando este modelo, sin embargo los resultados obtenidos se encuentran muy cerca del 100%.



Gráfica 11. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

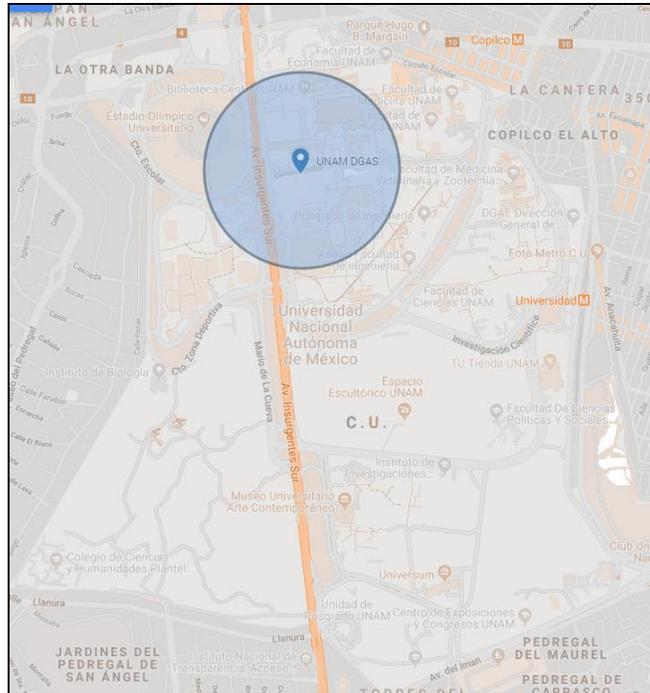


Figura 40. Representación del radio de cobertura de 500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

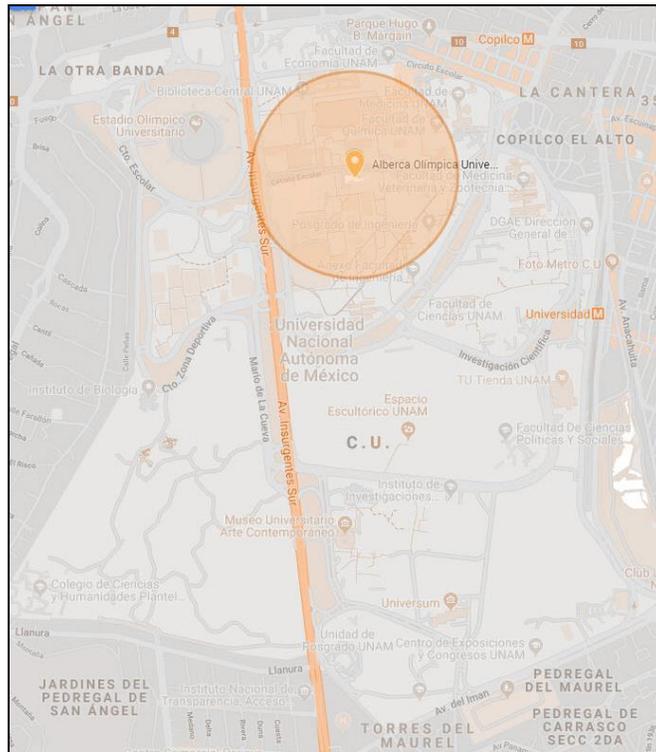


Figura 41. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

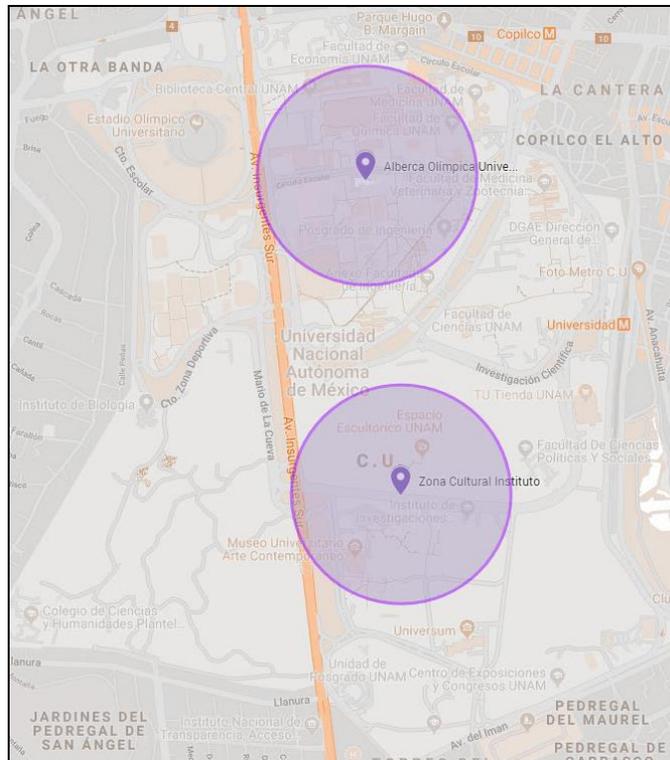


Figura 42. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



Figura 43. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

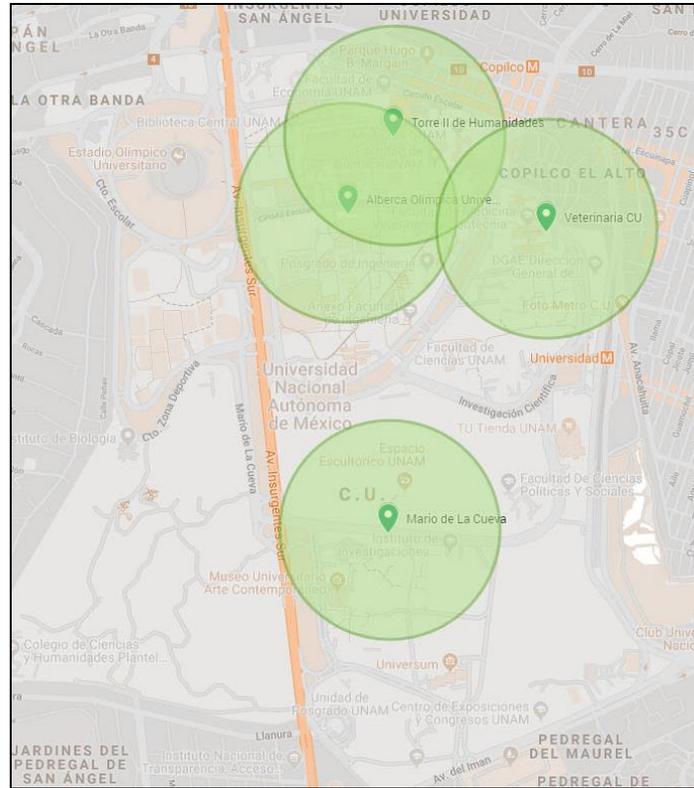


Figura 44. Representación del radio de cobertura de 1000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

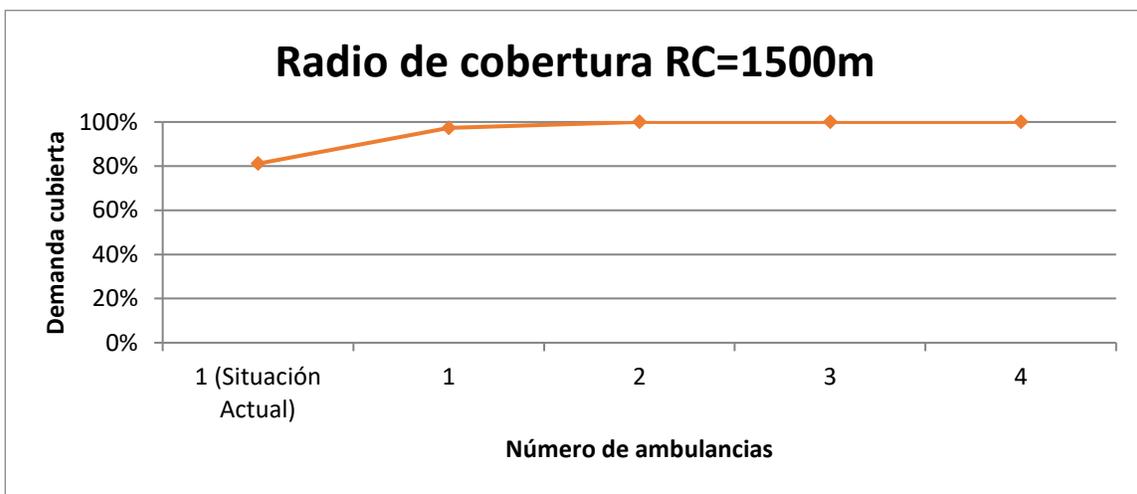
Vemos que en los resultados del modelo con radio de cobertura de 1500 metros los resultados son perfectos casi desde el primer caso con una ambulancia cubriendo un 97% de toda la demanda ubicando la ambulancia en el nodo Y que corresponde a la ubicación de la facultad de Contaduría y Administración, incluso la ubicación actual de las ambulancias presenta un buen resultado aunque es inferior al resultado entregado por el modelo. A partir de 2 ambulancias la demanda cubierta es del 100%.

Tabla 13. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 1500 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AD, AF	906	81%

1	Y	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AI, AJ	1087	97%
2	J, AE	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%
3	N, AC, AH	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%
4	AL, R, AE, AD	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%

En la gráfica 12 se observa que los valores de demanda es casi cubierta por todos los casos presentados.



Gráfica 12. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 1500 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

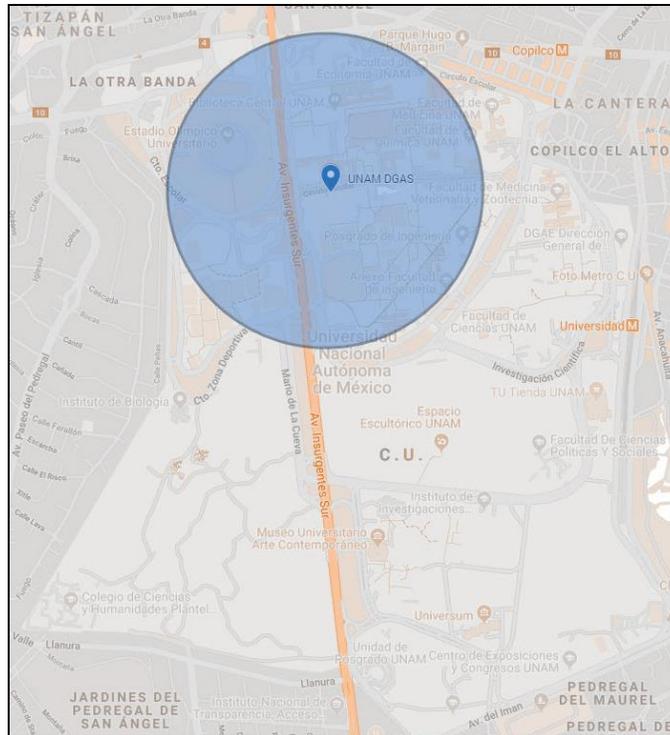


Figura 45. Representación del radio de cobertura de 1500 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

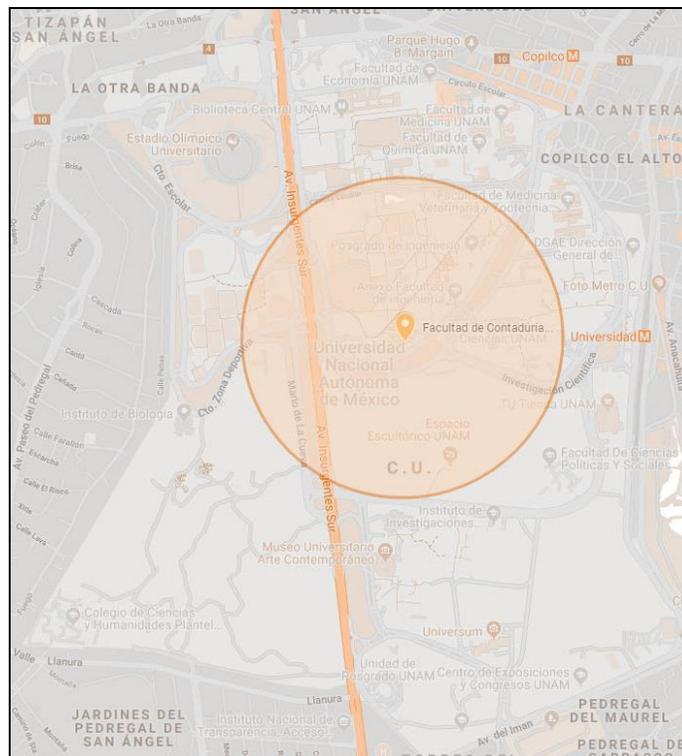


Figura 46. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

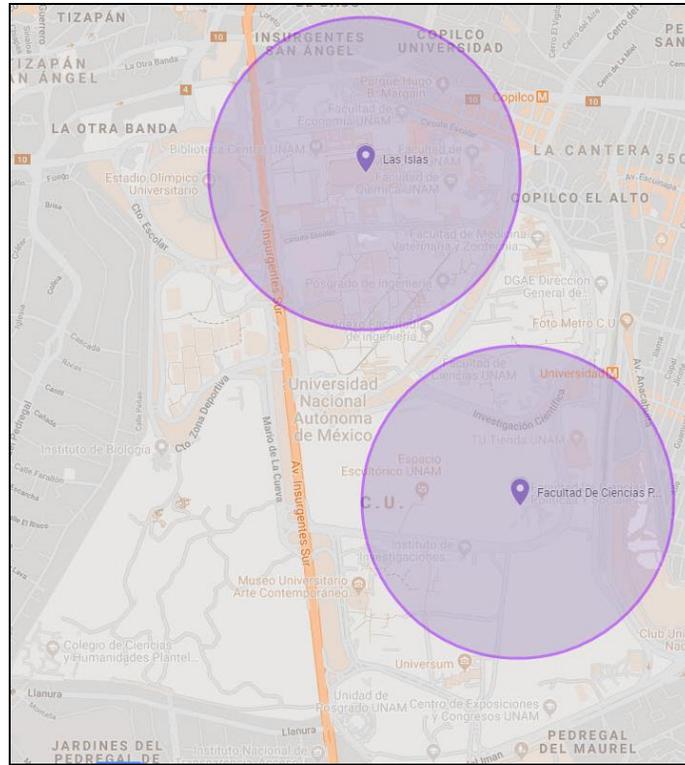


Figura 47. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

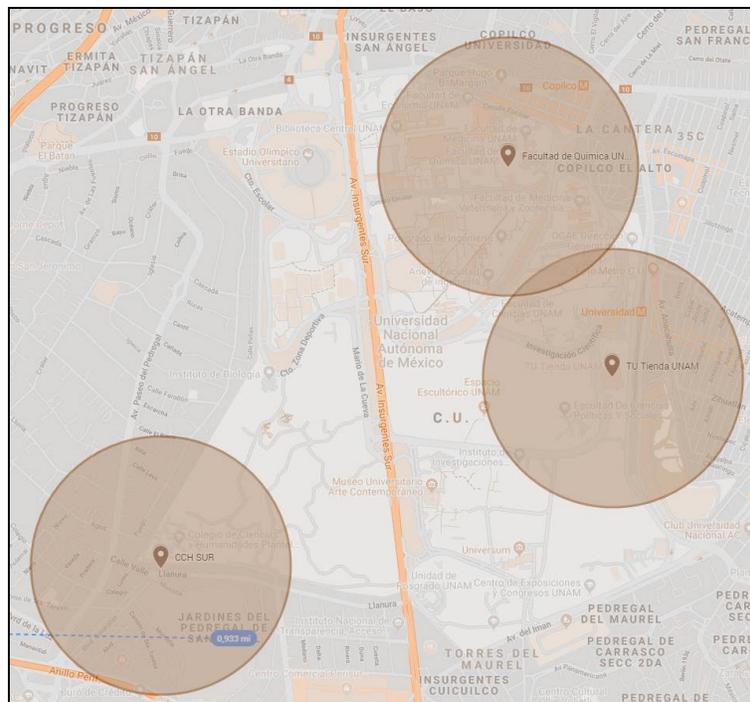


Figura 48. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).



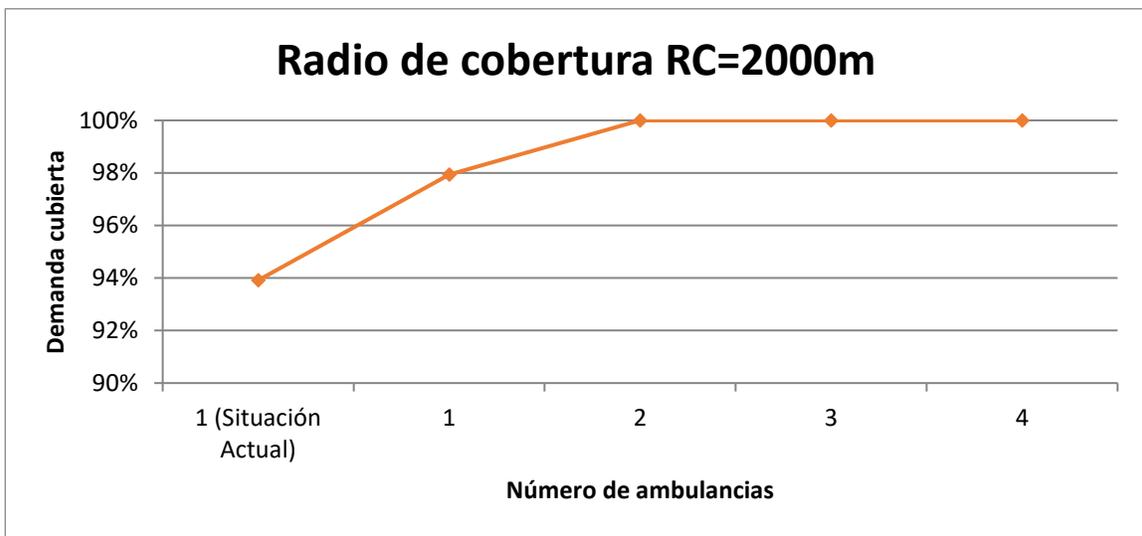
Figure 49. Representación del radio de cobertura de 1500 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

En el modelo con radio de cobertura igual a 2000 metros los resultados de demanda cubierta tienen valores muy elevados, cubriendo o estando muy cerca de cubrir el 100%, alcanzando a ser cubierta por la ubicación actual en la DGAS una demanda correspondiente al 94% del total, sin embargo el nodo Z tiene mayor cobertura de demanda. También podemos observar que a partir de 2 ambulancias, como en el modelo anterior, se cubre el 100% del total de la demanda presentada.

Tabla 14. Nodos de ubicación, nodos de demanda cubiertos, demanda cubierta y porcentaje de demanda cubierta con el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Radio de cobertura 2000 m				
No. De ambulancias	Nodos de ubicación	Nodos de demanda cubiertos	Demanda cubierta (No. De personas)	Porcentaje de demanda cubierta
1 (Ubicación actual)	Q	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG	1049	94%
1	Z	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AI, AJ, AK	1094	98%

2	A, AF	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%
3	A, T, AF	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%
4	A, P, T, AF	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	1117	100%



Gráfica 13. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

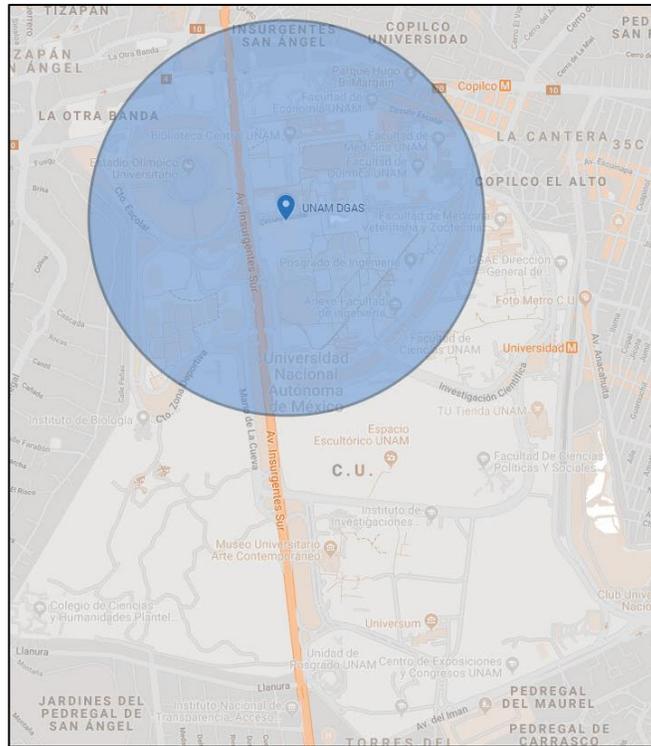


Figura 50. Representación del radio de cobertura de 2000 m para la ubicación actual de las ambulancias en la DGAS. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

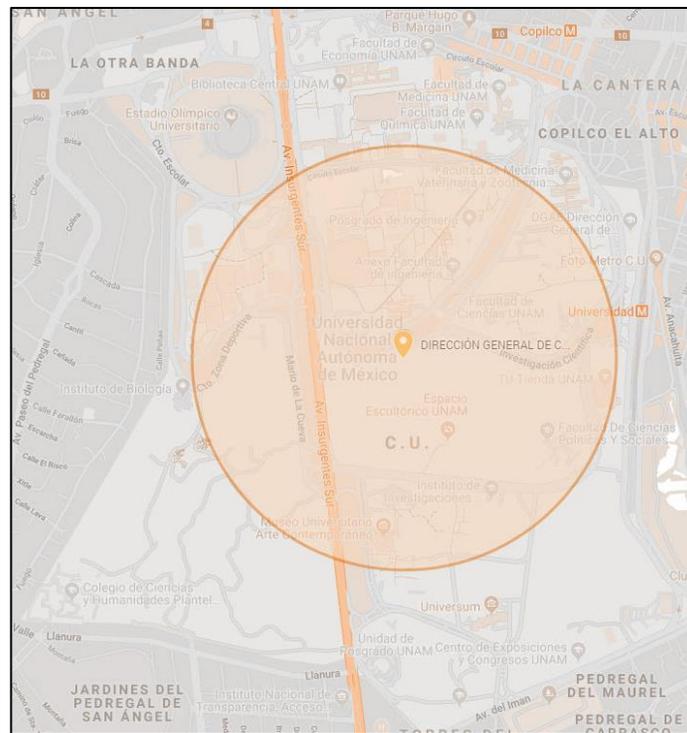


Figura 51. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para una ambulancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

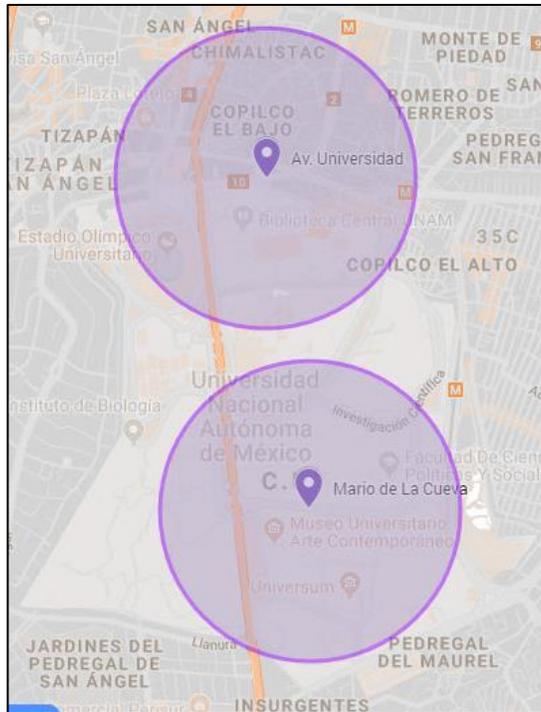


Figure 52. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para dos ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

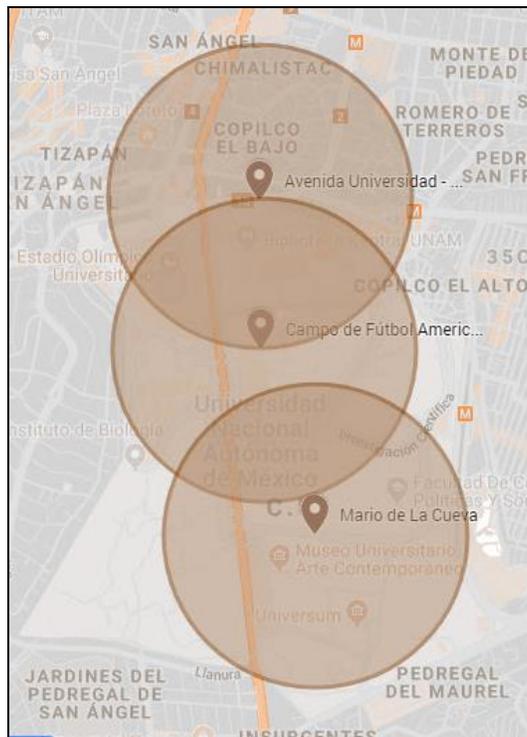


Figure 53. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para tres ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

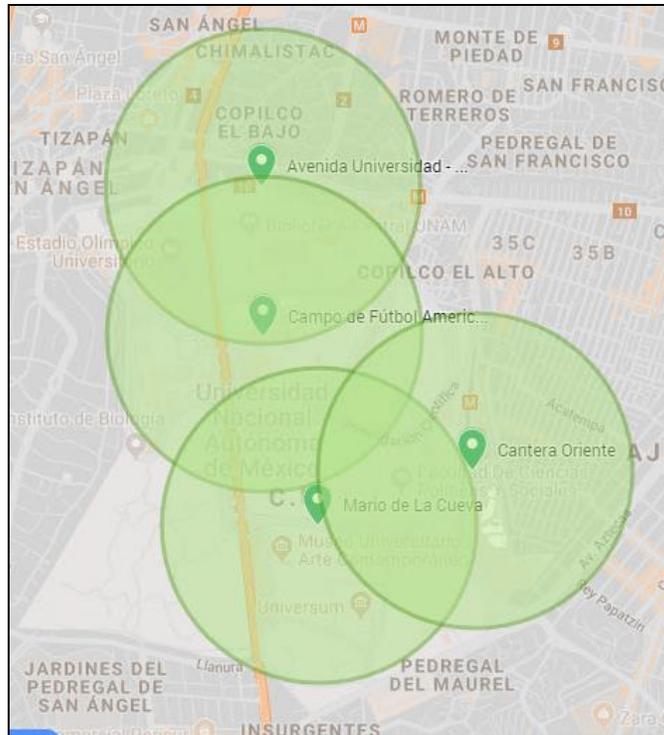
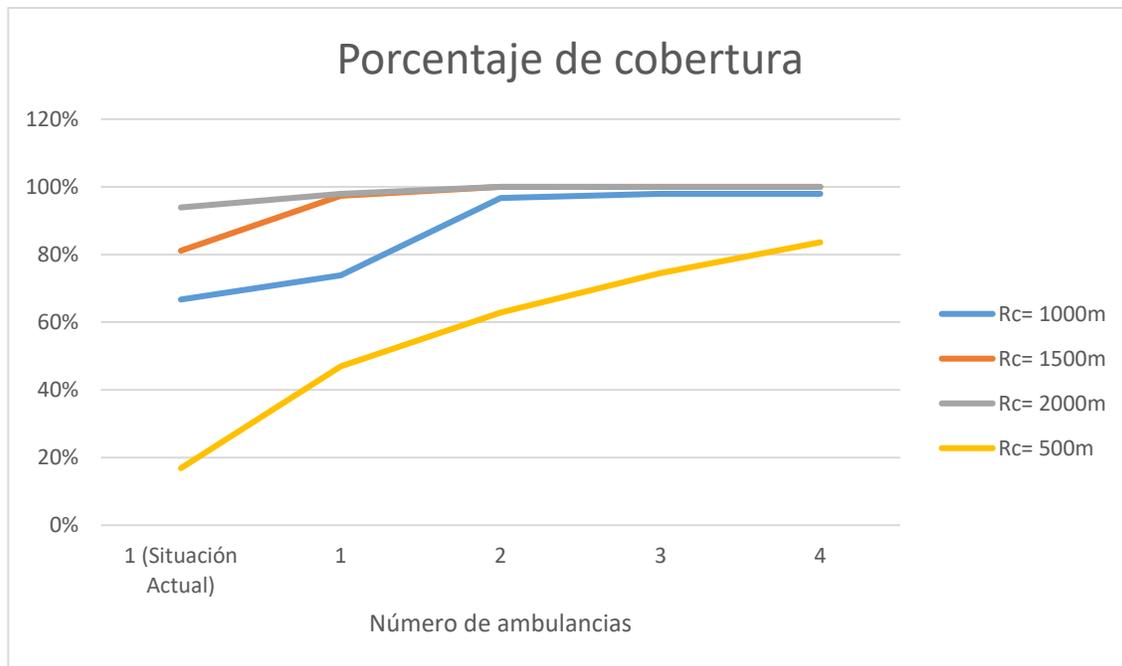


Figure 54. Representación del radio de cobertura de 2000 m para solución dada por el modelo de máxima cobertura para cuatro ambulancias. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

En la gráfica 14 podemos ver la comparación de los resultados obtenidos con cada modelo y para cada caso contra el porcentaje de cobertura para cada uno. Podemos ver cómo el radio de cobertura afecta la demanda cubierta, particularmente con la ubicación actual en el nodo Q donde se encuentra la DGAS, vemos como el incremento de cobertura va siendo cada vez menor, lo mismo ocurre con el incremento de ambulancias.



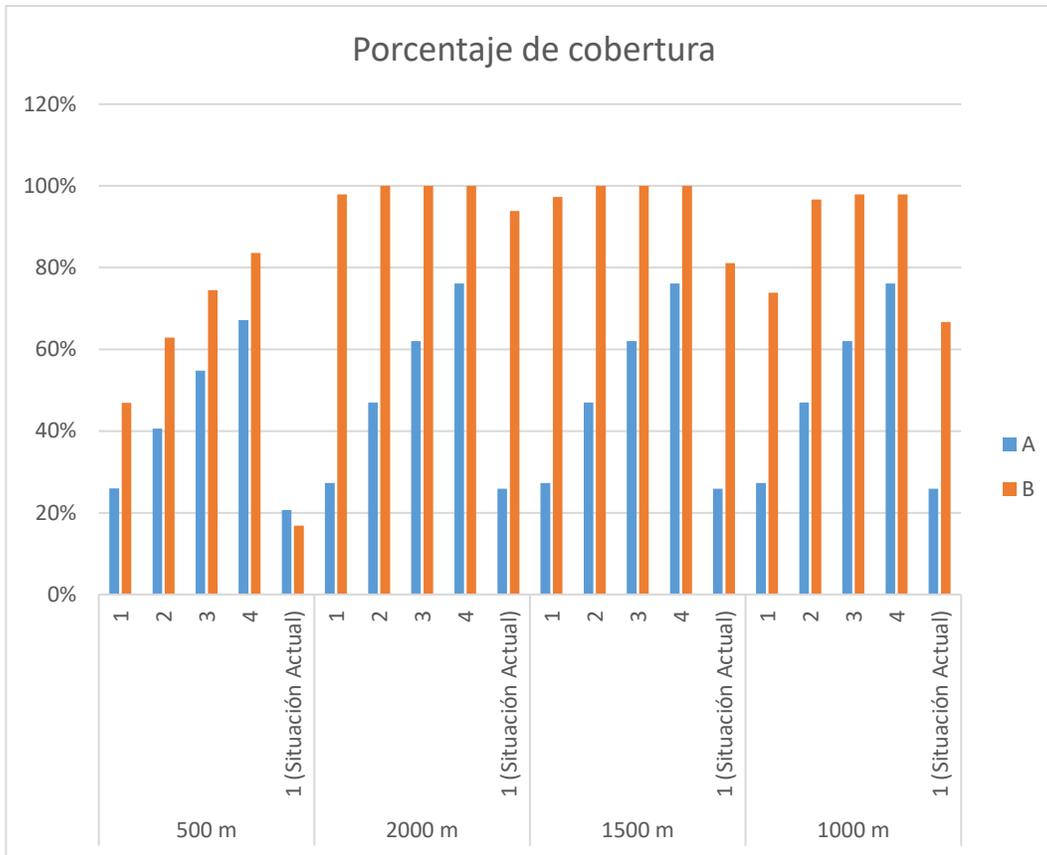
Gráfica 14. Porcentaje de demanda cubierta contra el número de ambulancias para el modelo de máxima cobertura para todas las conexiones y radio de cobertura de 2000 metros. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

### 5.3. Comparación de resultados

En la gráfica 15 se muestra los resultados obtenidos en los dos modelos previos, el modelo de máxima cobertura utilizando la red de la figura 7 y el cual llamaremos como modelo A en la gráfica para su comparación, y el modelo de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones y que será llamado modelo B en la gráfica.

Se puede observar que para cada radio de cobertura, la ubicación actual tiene la menor cobertura de demanda, incluso cuando se ubica una sola ambulancia en los modelos.

Para todos los casos en ambos modelos, se obtienen mejores resultados al distribuir las 4 ambulancias por el mapa que concentrarlas en un punto, esto también se observa en las representaciones de los resultados obtenidos en cada modelo.



Gráfica 15. Tabla de comparación de resultados. A=Modelo de máxima cobertura tomando en cuenta la red elaborada. B=Modelo de máxima cobertura tomando en cuenta todas las conexiones posibles entre nodos. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

#### 5.4. Modelo de P-mediana

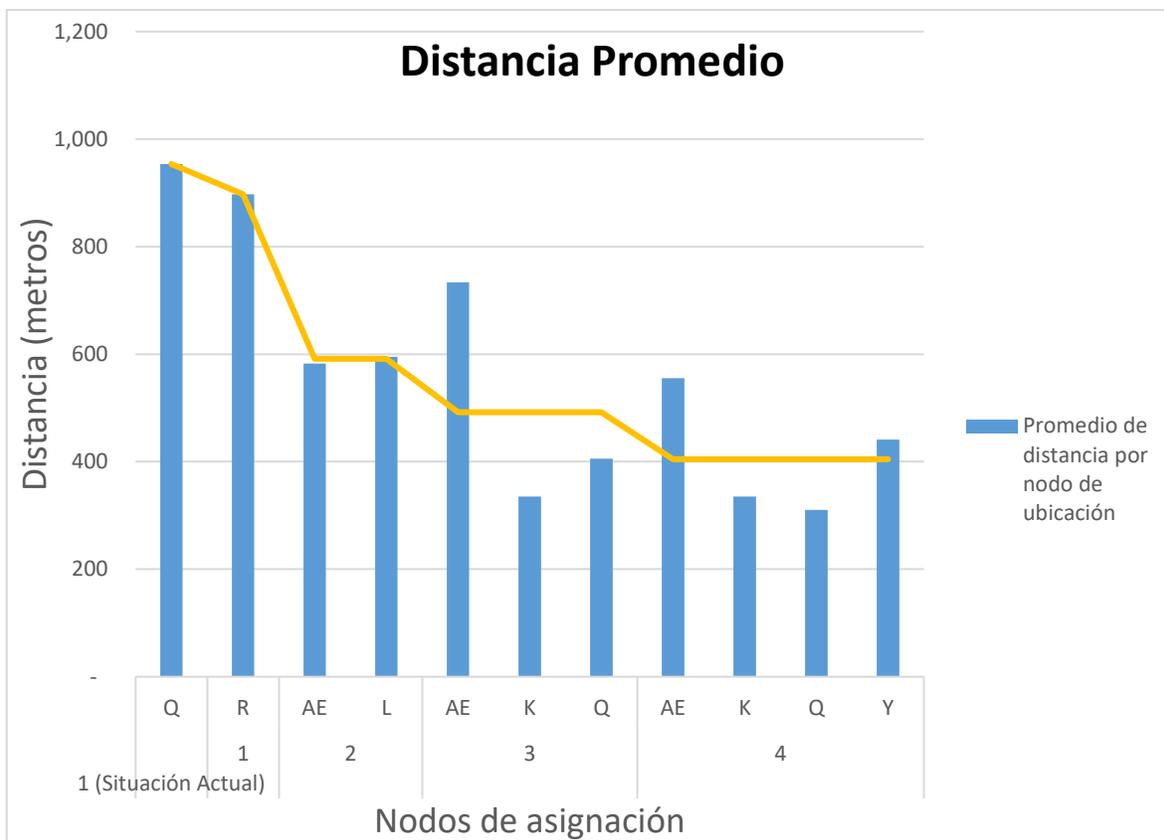
Para el modelo de P-mediana, se busca encontrar las ubicaciones donde se minimice la media de las distancias debido a que esta se encuentra relacionada con el tiempo de traslado, se busca encontrar el caso donde la media de distancias sea la menor.

En la tabla 12 observamos que el promedio de distancia mínima es de 405 metros ubicando las cuatro ambulancias en los nodos K, Q, Y y AE variando los promedios de distancias entre 335 y 555 para cada nodo de ubicación propuesto. Vemos una reducción de más de la mitad del caso con una ambulancia al caso con 4 ambulancias para el promedio total de distancias.

Tabla 15. Nodos de ubicación, nodos de demanda asignados y promedio de distancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

Ambulancias	Nodo de ubicación	Nodos de demanda asignados	Promedio de distancia por nodo de asignación	Promedio total de distancia
1 (Situación Actual)	Q	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	954	954
1	R	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	898	898
2	L	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, AL, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, Y, AK	595	591
	AE	X, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ	582	
3	K	A, D, E, G, H, J, K, M, N, AL, O, P, U, V	335	492
	Q	B, C, F, I, L, Q, R, S, T, W, Y	406	
	AE	X, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK	734	
4	K	A, D, E, G, H, J, K, M, N, AL, O, P, U, V	335	405
	Q	B, C, F, I, L, Q, R, T	311	
	Y	S, W, Y, Z, AA, AK	441	
	AE	X, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ	555	

En la gráfica 16, se puede apreciar mejor esta reducción del promedio de distancias, de cada nodo de ubicación para cada caso con diferente número de ambulancias lo cual representa una reducción en tiempo de traslado.



Gráfica 16. Promedio de distancia por nodo de ubicación y promedio total de distancia. (Fuente: Elaboración propia, 2019).

## 5.5. Conclusiones

En la tabla 16 se encuentran los nodos propuestos como solución en todos los modelos y para cada caso junto con la frecuencia con la que fueron solución, se puede observar que las primeras cuatro con mayor frecuencia de aparición son Rectoría, la DGAS, La alberca olímpica y la facultad de Veterinaria. Cabe mencionar que aunque son los sitios que tienen una mayor frecuencia de aparecer en las soluciones, los 4 en conjunto no forman una solución ya que cada uno de ellos se complementa con otros nodos para lograr una solución óptima de cobertura para cada modelo y cada caso.

Tabla 16. Nodos y ubicaciones propuestas como solución y la frecuencia con la que fueron solución.

Nodo	Ubicación	Frecuencia
I	RECTORIA	13
Q	DGAS	11
R	ALBERCA	9
U	VETERINARIA	8
AG	TV UNAM	7
AE	CIENCIAS POLITICAS	5
K	TORRE 2 HUMANIDADES	5

A	UNIVERSIDAD	5
J	ISLAS	5
AF	MARIO DE LA CUEVA	5
AC	TIENDA UNAM	4
E	ECONOMIA	4
B	PSICOLOGIA	4
N	QUIMICA	3
AA	CIENCIAS	3
C	ESTADIO OLIMPICO	3
Z	DGSCA	3
Y	CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN	2
AD	ZONA CULTURAL	2
T	CAMPOS DE AMERICANO	2
L	ARQUITECTURA	1
AK	DGSG	1
AH	C.C.H. SUR	1
AL	MEDICINA	1
P	CANTERA	1

Se cumplió el objetivo propuesto al encontrar diferentes resultados de modelos diferentes, y se puede apreciar el comportamiento de cada modelo variando el número de ambulancias con las que cuenta la DGAS.

El modelo de máxima cobertura busca acercarse a las posibilidades factibles en la realidad al elegirse las conexiones con los caminos posibles en Ciudad Universitaria.

Los nodos K y Q correspondientes a la DGAS y a la Torre 2 de humanidades pueden ser buenas elecciones ya que se encuentran como solución para los modelos de máxima cobertura empleando la red elaborada y P mediana.

En todos los resultados por los modelos elaborados se aprecia que es mejor distribuir las 4 ambulancias en el mapa que tenerlas en un solo punto, de esta manera se maximiza la demanda cubierta y se minimiza la distancia promedio lo que ayuda a disminuir el tiempo de respuesta ante una emergencia médica.

Hoy existen diferentes metodologías que ocupan la combinación softwares y modelos estáticos para la localización de ambulancias en diversas regiones (Aringheri, 2007) que emplean algoritmos de programación avanzados que vuelven dinámico el problema y consideran más variables. Estos resultados pueden utilizarse empleando alguna metodología con softwares que utilizan sistemas de información geoespacial.

## Bibliografía

- Aboueljinane L., Sahin E., Jemai Z. (Diciembre 2013). *Survey: A review on simulation models applied to emergency medical service operations. Computers and Industrial Engineering*, v.66 n.4, p.734-750, [doi>10.1016/j.cie.2013.09.017]
- Aringheri, A., Carello, G., Morale, D. (2007). *Ambulance location through optimization and simulation: the case of Milano urban area*. In *The 38th annual conference of the Italian operations research society optimization and decision sciences*.
- Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6*. Anylogic North America.
- Brotcorne L., Laporte G., Semet F. (2003). *Ambulance location and relocation models*. *European Journal of Operational Research*, vol. 147, issue 3, p.451-463.
- Charnes, A., Cooper, W., (1959), *Chance-Constrained Programming*. *Management Science*, 6, issue 1, p. 73-79.
- Church, R. ReVelle, C. (1977) *A Spatial Model for the Location Construct of Teitz*. *Papers in Regional Science*, Vol. 39, Issue 1, p. 129-135.
- Daskin, M. (1983). *A Maximum Expected Covering Location Model: Formulation, Properties and Heuristic Solution*. *Transportation Science*, 17, p. 48-70.
- Dirección General de Atención a la Salud. (Marzo 2016). Recuperado de: <http://www.dgas.unam.mx/>
- Flores, I. (2013). *Optimización de la red de distribución de leche para la máxima cobertura de demanda en chihuahua* (tesis). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Fujiwara, O., Makjamroen, T., Kumar, K. (1987). *Ambulance deployment analysis: A case study of Bangkok*. *European Journal of Operational Research*. 31, p. 9-18.
- Gendreau, M., Laporte, G., Semet, F. (2001) *A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation*. *Parallel Computing* 27:1641-1653.

- Goldberg, D. (1990b, September). *Real-coded genetic algorithms, virtual alphabets, and blocking*. IlliGAL Report No. 90001, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- Laporte, G., Louveaux, F., Semet, F., Thirion, A. (2009). *Application of the Double Standard Model for Ambulance Location*. 10.1007/978-3-540-92944-4\_12.
- Repede, J., Bernardo, J. (1994). *Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky*. European Journal of Operational Research, 75, issue 3, p. 567-581.
- Revelle, C. & Hogan, K. Ann Oper Res (1989) 18: 155.  
<https://doi.org/10.1007/BF02097801>
- Sangermán, D. (2014). *Optimización en el Servicio de Atención Prehospitalaria. Caso Práctico UNAM* (tesis). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Secretaría de Salud/STCONAPRA. (2017). *Modelo de Atención Médica Prehospitalaria*. Recuperado de:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250824/MODELO\\_DE\\_ATENCION\\_MEDICA\\_PREHOSPITALARIA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250824/MODELO_DE_ATENCION_MEDICA_PREHOSPITALARIA.pdf)
- Secretaría de Salud/STCONAPRA. (Marzo 2017). *Modelo de atención médica prehospitalaria del STCONAPRA*. Recuperado de:  
<http://www.conapra.salud.gob.mx/Interior/ModeloAtencion.html>
- Secretaría de Salud/STCONAPRA. (Marzo 2016). *Atención prehospitalaria de urgencias médicas*. Recuperado de  
[http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Atencion\\_Prehospitalaria.html](http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Atencion_Prehospitalaria.html)
- Schilling, D., Elzinga, D., Cohon, J. Church, R., ReVelle, C. (1979). *The TEAM/Fleet Models for Simultaneous Facility and Equipment Siting*. Transportation Science, 1979, Vol. 13, issue 2, p. 163-175.
- Schmid, V., Doerner, K. (2010). *Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times*. European journal of operational research, 207, p. 1293-1303.
- Toregas, C., Swaim, R., ReVelle, C. and Bergman, L. (1971) *The Location of Emergency Service Facilities*. Operation Research, 19, p.1363-1373.

Zhen, L., Wang, K., Hongtao, H., Chang, D. (2014). *A simulation optimization framework for ambulance deployment and relocation problems*. Computers & Industrial Engineering. 72. 10.1016/j.cie.2014.03.008.

## Anexo

### Formulación del modelo de Máxima Cobertura para la red de conexiones con un radio de cobertura menor a 500 metros con la sintaxis del programa LINGO

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XE>ZA;  
XA+XB+XC+XD>ZB;  
XB+XC+XI>ZC;  
XB+XD+XE+XF>ZD;  
XA+XD+XE+XH+XG>ZE;  
XD+XF+XJ>ZF;  
XE+XG+XK+XAL+XP>ZG;  
XE+XH+XJ+XK>ZH;  
XB+XI+XM+XQ>ZI;  
XF+XH+XJ+XK+XM>ZJ;  
XG+XH+XJ+XK+XN+XAL>ZK;  
XI+XL+XM+XQ+XR>ZL;  
XI+XJ+XL+XM+XN+XR>ZM;  
XK+XM+XN+XAL+XO+XR+XU>ZN;  
XG+XK+XN+XAL+XO>ZAL;  
XG+XO+XU>ZO;  
XG+XO+XP>ZP;  
XC+XI+XL+XQ+XR+XT>ZQ;  
XL+XM+XN+XQ+XR>ZR;  
XS+XV>ZS;  
XQ+XT+XW>ZT;  
XN+XO+XU>ZU;  
XS+XV>ZV;  
XT+XW+XX+XY>ZW;  
XW+XX+XY+XZ>ZX;  
XW+XX+XY+XZ+XAA>ZY;  
XX+XY+XZ+XAA>ZZ;  
XY+XZ+XAA>ZAA;  
XAB+XAC>ZAB;  
XAB+XAC+XAE+XAG>ZAC;  
XAD+XAF>ZAD;  
XAC+XAE+XAG>ZAE;

XAD+XAF>ZAF;  
XAC+XAE+XAG>ZAG;  
ZAH=0;  
XAH=0;  
XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
XAI+XAJ+XAK>ZAJ;  
XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ +XAK<=4;  
@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU  
);@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);  
@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para la red de conexiones con un radio de cobertura menor a 1000 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XE>ZA;  
XA+XB+XC+XD>ZB;  
XB+XC+XF+XI+XQ+XS>ZC;  
XB+XD+XE+XF>ZD;  
XA+XD+XE+XH+XG>ZE;  
XC+XD+XF+XJ>ZF;  
XE+XG+XK+XAL+XP>ZG;  
XE+XH+XJ+XK>ZH;  
XB+XI+XM+XQ>ZI;  
XF+XH+XJ+XK+XM>ZJ;  
XG+XH+XJ+XK+XN+XAL>ZK;  
XI+XL+XM+XQ+XR>ZL;  
XI+XJ+XL+XM+XN+XR>ZM;  
XK+XM+XN+XAL+XO+XR+XU>ZN;  
XG+XK+XN+XAL+XO>ZAL;  
XG+XO+XU>ZO;  
XG+XO+XP+XU>ZP;  
XC+XI+XL+XQ+XR+XT+XS>ZQ;  
XL+XM+XN+XQ+XR+XU>ZR;  
XC+XQ+XS+XV>ZS;  
XQ+XT+XV+XW>ZT;  
XN+XO+XP+XR+XU+XY+XAA+XAB>ZU;  
XS+XT+XV+XX>ZV;  
XT+XW+XX+XY>ZW;  
XV+XW+XX+XY+XZ>ZX;  
XU+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZY;  
XX+XY+XZ+XAA>ZZ;  
XU+XY+XZ+XAA+XAB+XAC>ZAA;  
XU+XAA+XAB+XAC>ZAB;  
XAA+XAB+XAC+XAE+XAG>ZAC;  
XAD+XAF>ZAD;  
XAC+XAE+XAG>ZAE;  
XAD+XAF+XAG+XAI+XAJ>ZAF;  
XAC+XAE+XAF+XAG+XAJ>ZAG;  
ZAH=0;  
XAH=0;  
XAF+XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAJ;

XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ +XAK<=4;

@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ);@BIN(XAK);

@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para la red de conexiones con un radio de cobertura menor a 1500 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XE>ZA;  
XA+XB+XC+XD>ZB;  
XB+XC+XF+XI+XQ+XS>ZC;  
XB+XD+XE+XF>ZD;  
XA+XD+XE+XH+XG>ZE;  
XD+XC+XF+XJ>ZF;  
XE+XG+XK+XAL+XP>ZG;  
XE+XJ+XH+XK>ZH;  
XB+XI+XM+XQ>ZI;  
XF+XH+XJ+XK+XM>ZJ;  
XG+XH+XJ+XK+XN+XAL>ZK;  
XI+XL+XM+XQ+XR>ZL;  
XI+XJ+XL+XM+XN+XR>ZM;  
XK+XM+XN+XAL+XO+XR+XU>ZN;  
XG+XK+XN+XAL+XO>ZAL;  
XG+XO+XU>ZO;  
XG+XO+XP+XU>ZP;  
XC+XI+XL+XQ+XR+XT+XS>ZQ;  
XL+XM+XN+XQ+XR+XU>ZR;  
XC+XQ+XS+XV>ZS;  
XQ+XT+XV+XW>ZT;  
XN+XO+XP+XR+XU+XY+XAA+XAB>ZU;  
XS+XT+XV+XX>ZV;  
XT+XW+XX+XY>ZW;  
XV+XW+XX+XY+XZ>ZX;  
XU+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZY;  
XX+XY+XZ+XAA>ZZ;  
XU+XY+XZ+XAA+XAB+XAC>ZAA;  
XU+XAA+XAB+XAC>ZAB;  
XAA+XAB+XAC+XAE+XAG>ZAC;  
XAD+XAF>ZAD;  
XAC+XAE+XAG>ZAE;  
XAD+XAF+XAG+XAI+XAJ>ZAF;  
XAC+XAE+XAF+XAG+XAJ>ZAG;  
ZAH=0;  
XAH=0;  
XAF+XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAJ;

XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ+XAK<=4;

@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);

@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para la red de conexiones con un radio de cobertura menor a 2000 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XE>ZA;  
XA+XB+XC+XD>ZB;  
XB+XC+XF+XI+XQ+XS>ZC;  
XB+XD+XE+XF>ZD;  
XA+XD+XE+XH+XG>ZE;  
XD+XC+XF+XJ>ZF;  
XE+XG+XK+XAL+XP>ZG;  
XE+XH+XJ+XK>ZH;  
XB+XI+XM+XQ>ZI;  
XF+XH+XJ+XK+XM>ZJ;  
XG+XH+XJ+XK+XN+XAL>ZK;  
XI+XL+XM+XQ+XR>ZL;  
XI+XJ+XL+XM+XN+XR>ZM;  
XK+XM+XN+XAL+XO+XR+XU>ZN;  
XG+XK+XN+XAL+XO>ZAL;  
XN+XAL+XO+XP+XU>ZO;  
XG+XO+XP+XU>ZP;  
XC+XI+XL+XQ+XR+XT+XS>ZQ;  
XL+XM+XN+XQ+XR+XU>ZR;  
XC+XQ+XS+XAH+XV>ZS;  
XQ+XT+XV+XW>ZT;  
XN+XO+XP+XR+XU+XY+XAA+XAB>ZU;  
XS+XT+XV+XX+XAH>ZV;  
XT+XW+XX+XY>ZW;  
XV+XW+XX+XY+XZ>ZX;  
XU+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZY;  
XX+XY+XZ+XAA>ZZ;  
XU+XY+XZ+XAA+XAB+XAC>ZAA;  
XU+XAA+XAB+XAC>ZAB;  
XAA+XAB+XAC+XAE+XAG>ZAC;  
XAD+XAF>ZAD;  
XAC+XAE+XAG>ZAE;  
XAD+XAF+XAG+XAH+XAI+XAJ>ZAF;  
XAC+XAE+XAF+XAG+XAJ>ZAG;  
XS+XV+XAF+XAH+XAI>ZAH;  
XAF+XAH+XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAJ;  
XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ+XAK<=4;  
@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);  
@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para todas las conexiones entre nodos de demanda con un radio de cobertura menor a 500 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XD+XE+XF+XH+XJ>ZA;  
 XA+XB+XC+XD+XF+XI+XJ+XL>ZB;  
 XB+XC+XI>ZC;  
 XA+XB+XD+XE+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XQ+XR>ZD;  
 XA+XD+XE+XF+XG+XH+XJ+XK+XM+XN+XAL>ZE;  
 XA+XB+XD+XE+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XQ+XR>ZF;  
 XE+XG+XH+XJ+XK+XL+XN+XAL+XO>ZG;  
 XA+XD+XE+XF+XG+XH+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XR>ZH;  
 XB+XC+XD+XF+XI+XJ+XL+XM+XQ+XR+XT>ZI;  
 XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XAK>ZJ;  
 XD+XE+XF+XG+XH+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XR+XV>ZK;  
 XB+XD+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XQ+XR+XT>ZL;  
 XD+XE+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XT>ZM;  
 XE+XG+XH+XJ+XK+XM+XN+XAL+XO+XR+XU>ZN;  
 XE+XG+XH+XK+XN+XAL+XO>ZAL;  
 XG+XN+XAL+XO+XP+XU>ZO;  
 XO+XP>ZP;  
 XD+XF+XI+XJ+XL+XM+XQ+XR+XT>ZQ;  
 XD+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XT>ZR;  
 XS+XV+XY+XAJ>ZS;  
 XI+XL+XM+XQ+XR+XT+XW+XX+XY>ZT;  
 XN+XO+XU>ZU;  
 XK+XS+XV>ZV;  
 XT+XW+XX+XY+XZ>ZW;  
 XT+XW+XX+XY+XZ+XAE>ZX;  
 XS+XT+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZY;  
 XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD>ZZ;  
 XY+XZ+XAA>ZAA;  
 XAB+XAC>ZAB;  
 XAB+XAC+XAE+XAG>ZAC;  
 XZ+XAD+XAE+XAF>ZAD;  
 XX+XAC+XAD+XAE+XAG>ZAE;  
 XAD+XAF>ZAF;  
 XAC+XAE+XAG>ZAG;  
 ZAH=0;  
 XAH=0;  
 XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
 XS+XAI+XAJ+XAK>ZAJ;

XJ+XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ+XAK<=4;

@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);

@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para todas las conexiones entre nodos de demanda con un radio de cobertura menor a 1000 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XQ+XR+XT>ZA;  
XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XQ+XR+XS+XT  
>ZB;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XQ+XR+XS+XT+XV>ZC;  
XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XT  
>ZD;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XT+XU>ZE;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
+XT+XW>ZF;

XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT  
+XU>ZG;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XT+XU>ZH;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XQ+XR+XS+XT  
+XV+XW+XX+XY>ZI;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XT  
+XU+XW+XY+XAK>ZJ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XT+XU+XV+XW>ZK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
+XT+XU+XV+XW+XX+XY>ZL;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XT  
+XU+XW+XX+XY+XAA>ZM;

XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT  
+XU+XW+XY+XAA>ZN;

XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT  
+XU>ZAL;

XD+XE+XF+XG+XH+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XR+XT+XU+XAA>ZO;  
XE+XG+XH+XK+XN+XAL+XO+XP+XU>ZP;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XQ+XR+XS+XT  
+XV+XW+XX+XY+XZ>ZQ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZR;

XB+XC+XF+XI+XL+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+XX+XY+XAJ>ZS;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZT;

XE+XG+XH+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XR+XT+XU+XY+XAA+XAB+XAC  
 C>ZU;  
 XC+XI+XK+XL+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+XX+XY+XZ>ZV;  
 XF+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD+X  
 AF>ZW;  
 XI+XL+XM+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD+XAE+XAF>ZX;  
 XI+XJ+XL+XM+XN+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD+XAE+  
 XAF>ZY;  
 XQ+XR+XT+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAC+XAD+XAE+XAF>ZZ;  
 XM+XN+XO+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XA  
 G>ZAA;  
 XU+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAG>ZAB;  
 XU+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZAC;  
 XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ>ZAD;  
 XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI>ZAE;  
 XW+XX+XY+XZ+XAA+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAF;  
 XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAJ>ZAG;  
 ZAH=0;  
 XAH=0;  
 XAD+XAE+XAF+XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
 XS+XAD+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAJ;  
 XJ+XAF+XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
 +XAI+XAJ+XAK<=4;  
 @BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
 IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
 AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
 ;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
 @BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
 (XAI);@BIN(XAJ);@BIN(XAK);  
 @BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
 N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
 L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
 BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
 IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
 );@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para todas las conexiones entre nodos de demanda con un radio de cobertura menor a 1500 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XY>ZA;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ>ZB;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+XX+XY+XZ>ZC;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAE>ZD;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZE;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZF;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB>ZG;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB>ZH;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA>ZI;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAK>ZJ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB>ZK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAD>ZL;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAD>ZM;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD>ZN;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC>ZAL;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC>ZO;

XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XY+XAA+XAB+XAC>ZP;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAD+XAF>ZQ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZR;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+  
 XX+XY+XZ+XAA+XAJ>ZS;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZT;  
 XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT  
 +XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZU;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XQ+XR+XS+XT+XV+XW+  
 XX+XY+XZ+XAA+XAD+XAF>ZV;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
 +XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZW;  
 XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS+XT  
 +XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI>ZX;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ >ZY;  
 XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS+XT  
 +XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ>ZZ;  
 XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU  
 +XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAJ>ZAA;  
 XG+XH+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+X  
 AA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZAB;  
 XN+XAL+XO+XP+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XA  
 F+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAC;  
 XL+XM+XN+XQ+XR+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+  
 XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAD;  
 XD+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+  
 XAI+XAJ >ZAE;  
 XQ+XR+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+X  
 AI+XAJ +XAK>ZAF;  
 XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZA  
 G;  
 XAE+XAH>ZAH;  
 XX+XY+XZ+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAI;  
 XS+XY+XZ+XAA+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XJ+XAK>ZAJ;  
 XJ+XAC+XAD+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
 +XAI+XAJ+XAK<=4;  
 @BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
 IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
 AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU)  
 ;@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
 @BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
 (XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);  
 @BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
 N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA

L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

**Formulación del modelo de Máxima Cobertura para todas las conexiones entre nodos de demanda con un radio de cobertura menor a 2000 metros con la sintaxis del programa LINGO**

Max=31\*ZA+20\*ZB+50\*ZC+55\*ZD+12\*ZE+21\*ZF+21\*ZG+38\*ZH+20\*ZI+7\*ZJ+16\*ZK+26\*ZL+34\*ZM+38\*ZN+44\*ZAL+10\*ZO+7\*ZP+160\*ZQ+18\*ZR+8\*ZS+7\*ZT+29\*ZU+30\*ZV+21\*ZW+15\*ZX+40\*ZY+13\*ZZ+41\*ZAA+15\*ZAB+97\*ZAC+20\*ZAD+29\*ZAE+39\*ZAF+17\*ZAG+23\*ZAH+15\*ZAI+23\*ZAJ+7\*ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XY+XZ+XAA+XAB>ZA;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAD>ZB;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD+XAF>ZC;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZD;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZE;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZF;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZG;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZH;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF>ZI;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAK>ZJ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZL;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZM;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZN;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZAL;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZO;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAG+XAI>ZP;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZQ;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZR;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
 +XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAD+XAE+XAF+XAH+XAJ>ZS;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ >ZT;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG>ZU;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS  
 +XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI  
 >ZV;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ +XAK>ZW;  
 XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS  
 +XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ  
 +XAK>ZX;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ +XAK>ZY;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ +XAK>ZZ;  
 XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
 +XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+  
 XAJ+XAK>ZAA;  
 XA+XB+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT  
 +XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XA  
 K>ZAB;  
 XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XV  
 +XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ +XAK>ZAC;  
 XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS  
 +XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ  
 +XAK>ZAD;  
 XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU  
 +XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI+XAJ>Z  
 AE;  
 XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XQ+XR+XS+XT+XU  
 +XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI+XAJ+X  
 AK>ZAF;  
 XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+  
 XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAG;  
 XS+XV+XAE+XAF+XH+XAI>ZAH;  
 XP+XT+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI+  
 XAJ+XAK>ZAI;

XS+XT+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK  
>ZAJ;  
XJ+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAF+XAG+XAI+XAJ+XAK>ZAK;

XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR  
+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH  
+XAI+XAJ+XAK<=4;  
@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@B  
IN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(X  
AL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU  
);@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);  
@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN  
(XAI);@BIN(XAJ );@BIN(XAK);  
@BIN(ZA);@BIN(ZB);@BIN(ZC);@BIN(ZD);@BIN(ZE);@BIN(ZF);@BIN(ZG);@BI  
N(ZH);@BIN(ZI);@BIN(ZJ);@BIN(ZK);@BIN(ZL);@BIN(ZM);@BIN(ZN);@BIN(ZA  
L);@BIN(ZO);@BIN(ZP);@BIN(ZQ);@BIN(ZR);@BIN(ZS);@BIN(ZT);@BIN(ZU);@  
BIN(ZV);@BIN(ZW);@BIN(ZX);@BIN(ZY);@BIN(ZZ);@BIN(ZAA);@BIN(ZAB);@B  
IN(ZAC);@BIN(ZAD);@BIN(ZAE);@BIN(ZAF);@BIN(ZAG);@BIN(ZAH);@BIN(ZAI  
);@BIN(ZAJ);@BIN(ZAK);

## Formulación del modelo de P mediana para todas las conexiones con la sintaxis del programa LINGO

31\*0\*YAA+31\*313\*YAB+31\*500\*YAC+31\*323\*YAD+31\*410\*YAE+31\*391\*YAF+31\*611\*YAG+31\*462\*YAH+31\*551\*YAI+31\*470\*YAJ+31\*550\*YAK+31\*633\*YAL+31\*611\*YAM+31\*800\*YAN+31\*796\*YAAL+31\*1010\*YAO+31\*1290\*YAP+31\*798\*Y AQ+31\*761\*YAR+31\*1302\*YAS+31\*968\*YAT+31\*1287\*YAU+31\*1381\*YAV+31\*1336\*YAW+31\*4771\*YAX+31\*1429\*YAY+31\*1630\*YAZ+31\*1580\*YAAA+31\*1910\*YAAB+31\*2120\*YAAC+31\*2060\*YAAD+31\*2210\*YAAE+31\*2190\*YAAF+31\*2450\*YAAG+31\*3260\*YAAH+31\*2880\*YAAI+31\*2900\*YAAJ+31\*3140\*YAAK+20\*313\*YBA+20\*0\*YBB+20\*470\*YBC+20\*232\*YBD+20\*573\*YBE+20\*231\*YBF+20\*782\*YBG+20\*500\*YBH+20\*318\*YBI+20\*450\*YBJ+20\*634\*YBK+20\*485\*YBL+20\*564\*YBM+20\*868\*YBN+20\*926\*YBAL+20\*1130\*YBO+20\*1480\*YBP+20\*581\*YBQ+20\*657\*YBR+20\*991\*YBS+20\*784\*YBT+20\*1360\*YBU+20\*1090\*YBV+20\*1150\*YBW+20\*1250\*YBX+20\*1280\*YBY+20\*1460\*YBZ+20\*1510\*YBAA+20\*1910\*YBAB+20\*2000\*YBAC+20\*1910\*YBAD+20\*2130\*YBAE+20\*2020\*YBAF+20\*2380\*YBAG+20\*2970\*YBAH+20\*2690\*YBAI+20\*2750\*YBAJ+20\*2990\*YBAK+50\*500\*YCA+50\*470\*YCB+50\*0\*YCC+50\*607\*YCD+50\*979\*YCE+50\*530\*YCF+50\*1160\*YCG+50\*939\*YCH+50\*415\*YCI+50\*752\*Y CJ+50\*792\*YCK+50\*598\*YCL+50\*785\*YCM+50\*1150\*YCN+50\*1270\*YCAL+50\*1450\*YCO+50\*1830\*YCP+50\*528\*YCQ+50\*776\*YCR+50\*555\*YCS+50\*721\*YCT+50\*1580\*YCU+50\*695\*YCV+50\*1020\*YCW+50\*1060\*YCX+50\*1180\*YCY+50\*1320\*Y CZ+50\*1540\*YCAA+50\*2040\*Y CAB+50\*2130\*YCAC+50\*1780\*YCAD+50\*2090\*YCAE+50\*1840\*YCAF+50\*2350\*Y CAG+50\*2530\*YCAH+50\*2460\*YCAI+50\*2590\*YCAJ+50\*2800\*YCAK+55\*323\*YDA+55\*232\*YDB+55\*607\*YDC+55\*0\*YDD+55\*377\*YDE+55\*83\*YDF+55\*567\*YDG+55\*346\*YDH+55\*258\*YDI+55\*218\*YDJ+55\*400\*YDK+55\*318\*YDL+55\*343\*YDM+55\*633\*YDN+55\*699\*YDAL+55\*904\*YDO+55\*1260\*YDP+55\*484\*YDQ+55\*460\*YDR+55\*1050\*YDS+55\*653\*YDT+55\*1120\*YDU+55\*1100\*YDV+55\*1020\*YDW+55\*1140\*YDX+55\*1120\*YDY+55\*1310\*YDZ+55\*1310\*YDAA+55\*1680\*YDAB+55\*1870\*YDAC+55\*1750\*YDAD+55\*1040\*YDAE+55\*1870\*YDAF+55\*2180\*YDAG+55\*2980\*YDAH+55\*2570\*YDAI+55\*2600\*YDAJ+55\*2840\*YDAK+12\*410\*YEA+12\*573\*YEB+12\*979\*YEC+12\*377\*YED+12\*0\*YEE+12\*441\*YEF+12\*208\*YEG+12\*100\*YEH+12\*590\*YEI+12\*279\*YEJ+12\*176\*YEK+12\*523\*YEL+12\*385\*YEM+12\*401\*YEN+12\*387\*YEAL+12\*599\*YEO+12\*907\*YEP+12\*722\*YEQ+12\*546\*YER+12\*1380\*YES+12\*818\*YET+12\*881\*YEU+12\*1400\*YEV+12\*1150\*YEW+12\*1290\*YEX+12\*1200\*YEY+12\*1400\*YEZ+12\*1250\*YEAA+12\*1510\*YEAB+12\*1760\*YEAC+12\*1800\*YEAD+12\*1890\*YEAE+12\*1940\*YEAF+12\*2110\*YEAG+12\*3260\*YEAH+12\*2660\*YEAI+12\*2630\*YEAJ+12\*2880\*YEA K+21\*391\*YFA+21\*231\*YFB+21\*530\*YFC+21\*83\*YFD+21\*441\*YFE+21\*0\*YFF+21\*633\*YFG+21\*406\*YFH+21\*173\*YFI+21\*242\*YFJ+21\*451\*YFK+21\*268\*YFL+21\*339\*YFM+21\*667\*YFN+21\*751\*YFAL+21\*946\*YFO+21\*1310\*YFP+21\*414\*YFQ+21\*434\*YFR+21\*962\*YFS+21\*593\*YFT+21\*1140\*YFU+21\*1020\*YFV+21\*962\*YFW+21\*1070\*YFX+21\*1070\*YFY+21\*1260\*YFZ+21\*1290\*YFAA+21\*1680\*YFAB+21\*1860\*YFAC+21\*1710\*YFAD+21\*1910\*YFAE+21\*1820\*YFAF+21\*2160\*YFAG+21\*2900\*YFAH+21\*2510\*YFAI+21\*2550\*YFAJ+21\*2790\*YFAK+21\*611\*YGA+21\*782\*YGB+21\*1160\*YGC+21\*567\*YGD+21\*208\*YGE+21\*633\*YGF+21\*0\*YGG+21\*225\*YGH+21\*761\*YGI+21\*421\*YGJ+21\*215\*YGK+21\*214\*YGL+21\*500\*YGM+21\*469\*YGN+21\*198\*Y GAL+21\*401\*YGO+21\*701\*YGP+21\*839\*YGQ+21\*608\*YGR+21\*1530\*YGS+21\*886\*YGT+21\*710\*Y

GU+21\*1520\*YGV+21\*1170\*YGW+21\*1320\*YGX+21\*1190\*YGY+21\*1390\*YGZ+  
21\*1170\*YGAA+21\*1370\*YGAB+21\*1630\*YGAC+21\*1760\*YGAD+21\*1800\*YGA  
E+21\*1910\*YGAF+21\*2000\*YGAG+21\*3340\*YGAH+21\*2640\*YGAI+21\*2570\*YG  
AJ+21\*2830\*YGAK+38\*462\*YHA+38\*500\*YHB+38\*939\*YHC+38\*346\*YHD+38\*10  
0\*YHE+38\*406\*YHF+38\*225\*YHG+38\*0\*YHH+38\*536\*YHI+38\*205\*YHJ+38\*85\*Y  
HK+38\*441\*YHL+38\*289\*YHM+38\*336\*YHN+38\*361\*YHAL+38\*570\*YHO+38\*91  
5\*YHP+38\*639\*YHQ+38\*447\*YHR+38\*1310\*YHS+38\*723\*YHT+38\*824\*YHU+38  
\*1320\*YHV+38\*1050\*YHW+38\*1190\*YHX+38\*1100\*YHY+38\*1300\*YHZ+38\*1160  
\*YHAA+38\*1440\*YHAB+38\*1670\*YHAC+38\*1700\*YHAD+38\*1790\*YHAE+38\*184  
0\*YHAF+38\*2020\*YHAG+38\*3170\*YHAH+38\*2560\*YHAI+38\*2530\*YHAJ+38\*278  
0\*YHAK+20\*551\*YIA+20\*318\*YIB+20\*415\*YIC+20\*258\*YID+20\*590\*YIE+20\*173\*  
YIF+20\*761\*YIG+20\*536\*YIH+20\*0\*YII+20\*339\*YIJ+20\*557\*YIK+20\*212\*YIL+20\*  
371\*YIM+20\*732\*YIN+20\*847\*YIAL+20\*1030\*YIO+20\*1420\*YIP+20\*270\*YIQ+20\*  
398\*YIR+20\*799\*YIS+20\*475\*YIT+20\*1180\*YIU+20\*842\*YIV+20\*838\*YIW+20\*93  
5\*YIX+20\*966\*YIY+20\*1150\*YIZ+20\*1230\*YIAA+20\*1670\*YIAB+20\*1820\*YIAC+2  
0\*1600\*YIAD+20\*1830\*YIAE+20\*1700\*YIAF+20\*2090\*YIAG+20\*2720\*YIAH+20\*2  
380\*YIAI+20\*2440\*YIAJ+20\*2670\*YIAK+7\*470\*YJA+7\*450\*YJB+7\*752\*YJC+7\*21  
8\*YJD+7\*279\*YJE+7\*242\*YJF+7\*421\*YJG+7\*205\*YJH+7\*339\*YJI+7\*0\*YJJ+7\*21  
6\*YJK+7\*247\*YJL+7\*140\*YJM+7\*246\*YJN+7\*513\*YJAL+7\*708\*YJO+7\*1080\*YJP  
+7\*446\*YJQ+7\*302\*YJR+7\*1110\*YJS+7\*555\*YJT+7\*903\*YJU+7\*1120\*YJV+7\*90  
3\*YJW+7\*1040\*YJX+7\*982\*YJY+7\*1180\*YJZ+7\*1120\*YJAA+7\*1470\*YJAB+7\*16  
70\*YJAC+7\*1600\*YJAD+7\*1750\*YJAE+7\*1730\*YJAF+7\*1990\*YJAG+7\*2970\*YJA  
H+7\*2440\*YJAI+7\*2440\*YJAJ+7\*269\*YJAK+16\*550\*YKA+16\*634\*YKB+16\*792\*Y  
KC+16\*400\*YKD+16\*176\*YKE+16\*451\*YKF+16\*215\*YKG+16\*85\*YKH+16\*557\*Y  
KI+16\*216\*YKJ+16\*0\*YKK+16\*438\*YKL+16\*257\*YKM+16\*247\*YKN+16\*300\*YKA  
L+16\*503\*YKO+16\*866\*YKP+16\*626\*YKQ+16\*404\*YKR+16\*1320\*YKS+16\*690\*  
YKT+16\*744\*YKU+16\*131\*YKV+16\*989\*YKW+16\*1140\*YKX+16\*1040\*YKY+16\*1  
230\*YKZ+16\*1080\*YKAA+16\*1350\*YKAB+16\*1590\*YKAC+16\*1620\*YKAD+16\*17  
20\*YKAE+16\*1770\*YKAF+16\*1940\*YKAG+16\*3130\*YKAH+16\*2490\*YKAI+16\*24  
50\*YKAJ+16\*2710\*YKAK+26\*633\*YLA+26\*485\*YLB+26\*598\*YLC+26\*318\*YLD+2  
6\*523\*YLE+26\*268\*YLF+26\*214\*YLG+26\*441\*YLH+26\*212\*YLI+26\*247\*YLJ+26\*  
438\*YLK+26\*0\*YLL+26\*194\*YLM+26\*564\*YLN+26\*696\*YLL+26\*861\*YLO+26\*1  
260\*YLP+26\*199\*YLQ+26\*188\*YLR+26\*883\*YLS+26\*342\*YLT+26\*988\*YLU+26\*  
879\*YLV+26\*706\*YLW+26\*824\*YLX+26\*810\*YLY+26\*1000\*YLZ+26\*1040\*YLAA+  
26\*1470\*YLAB+26\*1620\*YLAC+26\*1450\*YLAD+26\*1650\*YLAE+26\*1560\*YLAF+  
26\*1900\*YLAG+26\*2730\*YLAH+26\*2260\*YLAI+26\*2290\*YLAJ+26\*2530\*YLAK+3  
4\*611\*YMA+34\*564\*YMB+34\*785\*YMC+34\*343\*YMD+34\*385\*YME+34\*339\*YMF  
+34\*500\*YMG+34\*289\*YMH+34\*371\*YMI+34\*140\*YMJ+34\*257\*YMK+34\*194\*Y  
ML+34\*0\*YMM+34\*368\*YMN+34\*503\*YMAL+34\*670\*YMO+34\*1070\*YMP+34\*37  
1\*YMQ+34\*167\*YMR+34\*1070\*YMS+34\*441\*YMT+34\*817\*YMU+34\*1050\*YMV+  
34\*766\*YMW+34\*909\*YMX+34\*840\*YMY+34\*1040\*YMZ+34\*978\*YMAA+34\*1350  
\*YMAB+34\*1540\*YMAC+34\*1460\*YMAD+34\*1600\*YMAE+34\*1590\*YMAF+34\*18  
50\*YMAG+34\*2880\*YMAH+34\*2300\*YMAI+34\*2300\*YMAJ+34\*2540\*YMAK+38\*8  
00\*YNA+38\*868\*YNB+38\*1150\*YNC+38\*633\*YND+38\*401\*YNE+38\*667\*YNF+3  
8\*469\*YNG+38\*336\*YNH+38\*732\*YNI+38\*246\*YNJ+38\*247\*YNK+38\*564\*YNL+3  
8\*368\*YNM+38\*0\*YNN+38\*177\*YNAL+38\*297\*YNO+38\*705\*YNP+38\*717\*YNQ+  
38\*434\*YNR+38\*1420\*YNS+38\*704\*YNT+38\*488\*YNU+38\*1370\*YNV+38\*934\*Y

NW+38\*1090\*YNX+38\*936\*YNY+38\*1120\*YNZ+38\*883\*YNAA+38\*1110\*YNAB+38\*1360\*YNAC+38\*1470\*YNAD+38\*1510\*YNAE+38\*1630\*YNAF+38\*1720\*YNAG+38\*3140\*YNAH+38\*2360\*YNAI+38\*2280\*YNAJ+38\*2540\*YNAK+44\*796\*YALA+44\*926\*YALB+44\*1270\*YALC+44\*699\*YALD+44\*387\*YALE+44\*751\*YALF+44\*198\*YALG+44\*361\*YALH+44\*847\*YALI+44\*513\*YALJ+44\*300\*YALK+44\*696\*YALL+44\*503\*YALM+44\*177\*YALN+44\*0\*YALAL+44\*215\*YALO+44\*570\*YALP+44\*868\*YALQ+44\*600\*YALR+44\*1570\*YALS+44\*871\*YALT+44\*514\*YALU+44\*1540\*YALV+44\*1110\*YALW+44\*1260\*YALX+44\*1100\*YALY+44\*1280\*YALZ+44\*1020\*YALAA+44\*1170\*YALAB+44\*1450\*YALAC+44\*1630\*YALAD+44\*1630\*YALAE+44\*1790\*YALAF+44\*1830\*YALAG+44\*3310\*YALAH+44\*2510\*YALAI+44\*2420\*YALAJ+44\*2680\*YALAK+10\*1010\*YOA+10\*1130\*YOB+10\*1450\*YOC+10\*904\*YOD+10\*599\*YOE+10\*946\*YOF+10\*401\*YOG+10\*570\*YOH+10\*1030\*YOI+10\*708\*YOJ+10\*503\*YOK+10\*861\*YOL+10\*670\*YOM+10\*297\*YON+10\*215\*YOAL+10\*0\*YOO+10\*417\*YOP+10\*1010\*YOQ+10\*734\*YOR+10\*1710\*YOS+10\*979\*YOT+10\*335\*YOU+10\*1650\*YOV+10\*1150\*YOW+10\*1310\*YOX+10\*1120\*YOY+10\*1280\*YOZ+10\*944\*YOAA+10\*1000\*YOAB+10\*1300\*YOAC+10\*1580\*YOAD+10\*1520\*YOAE+10\*1740\*YOAF+10\*1700\*YOAG+10\*3370\*YOAH+10\*2460\*YOAI+10\*2340\*YOAJ+10\*2600\*YOAK+7\*1290\*YPA+7\*1480\*YPB+7\*1830\*YPC+7\*1260\*YPD+7\*907\*YPE+7\*1310\*YPF+7\*701\*YPG+7\*915\*YPH+7\*1420\*YPI+7\*1080\*YPJ+7\*866\*YPK+7\*1260\*YPL+7\*1070\*YPM+7\*705\*YPN+7\*570\*YPAL+7\*417\*YPO+7\*0\*YPP+7\*1420\*Y PQ+7\*1140\*YPR+7\*2120\*YPS+7\*1390\*YPT+7\*554\*YPU+7\*2060\*YPV+7\*1540\*Y PW+7\*1690\*Y PX+7\*1480\*Y PY+7\*1630\*Y PZ+7\*1230\*Y PAA+7\*1100\*Y PAB+7\*1440\*Y PAC+7\*1870\*Y PAD+7\*1720\*Y PAE+7\*2040\*Y PAF+7\*1850\*Y PAG+7\*3750\*Y PAH+7\*1740\*Y PAI+7\*2570\*Y PAJ+7\*2830\*Y PAK+160\*798\*Y QA+160\*581\*Y QB+160\*528\*Y QC+160\*484\*Y QD+160\*722\*Y QE+160\*414\*Y QF+160\*839\*Y QG+160\*639\*Y QH+160\*270\*Y QI+160\*446\*Y QJ+160\*626\*Y QK+160\*199\*Y QL+160\*371\*Y QM+160\*717\*Y QN+160\*868\*Y QAL+160\*1010\*Y QO+160\*1420\*Y QP+160\*0\*Y QQ+160\*282\*Y QR+160\*710\*Y QS+160\*210\*Y QT+160\*1090\*Y QU+160\*679\*Y QV+160\*568\*Y QW+160\*669\*Y QX+160\*700\*Y QY+160\*877\*Y QZ+160\*1010\*Y QAA+160\*1490\*Y QAB+160\*1600\*Y QAC+160\*1340\*Y QAD+160\*1590\*Y QAE+160\*1430\*Y QAF+160\*1850\*Y QAG+160\*2530\*Y QAH+160\*2110\*Y QAI+160\*2170\*Y QAJ+160\*2400\*Y QAK+18\*761\*Y RA+18\*657\*Y RB+18\*776\*Y RC+18\*460\*Y RD+18\*546\*Y RE+18\*434\*Y RF+18\*608\*Y RG+18\*447\*Y RH+18\*398\*Y RI+18\*302\*Y RJ+18\*404\*Y RK+18\*188\*Y RL+18\*167\*Y RM+18\*434\*Y RN+18\*600\*Y RAL+18\*734\*Y RO+18\*1140\*Y RP+18\*282\*Y RQ+18\*0\*Y RR+18\*987\*Y RS+18\*287\*Y RT+18\*810\*Y RU+18\*933\*Y RV+18\*603\*Y RW+18\*741\*Y RX+18\*673\*Y RY+18\*872\*Y RZ+18\*852\*Y RAA+18\*1270\*Y RAB+18\*1430\*Y RAC+18\*1300\*Y RAD+18\*1470\*Y RAE+18\*1430\*Y RAF+18\*1720\*Y RAG+18\*2730\*Y RAH+18\*2140\*Y RAI+18\*2140\*Y RAJ+18\*2380\*Y RAK+8\*1302\*Y SA+8\*991\*Y SB+8\*555\*Y SC+8\*1050\*Y SD+8\*1380\*Y SE+8\*962\*Y SF+8\*1530\*Y SG+8\*1310\*Y SH+8\*799\*Y SI+8\*1110\*Y SJ+8\*1320\*Y SK+8\*883\*Y SL+8\*1070\*Y SM+8\*1420\*Y SN+8\*1570\*Y SAL+8\*1710\*Y SO+8\*2120\*Y SP+8\*710\*Y SQ+8\*987\*Y SR+8\*0\*Y SS+8\*763\*Y ST+8\*1750\*Y SU+8\*215\*Y SV+8\*861\*Y SW+8\*820\*Y SX+8\*103\*Y SY+8\*1110\*Y SZ+8\*1480\*Y SAA+8\*2030\*Y SAB+8\*2040\*Y SAC+8\*1510\*Y SAD+8\*1900\*Y SAE+8\*1530\*Y SAF+8\*2170\*Y SAG+8\*1980\*Y SAH+8\*2050\*Y SAI+8\*224\*Y SAJ+8\*2430\*Y SAK+7\*968\*Y TA+7\*784\*Y TB+7\*721\*Y TC+7\*653\*Y TD+7\*818\*Y TE+7\*593\*Y TF+7\*886\*Y TG+7\*723\*Y TH+7\*475\*Y TI+7\*555\*Y TJ+7\*690\*Y TK+7\*342\*Y TL+7\*441\*Y TM+7\*704\*Y TN+7\*871\*Y TAL+7\*979\*Y TO+7\*1390\*Y TP+7\*210

\*YTQ+7\*287\*YTR+7\*763\*YTS+7\*0\*YTT+7\*987\*YTU+7\*678\*YTV+7\*370\*YTW+7\*486\*YTX+7\*492\*YTY+7\*676\*YTZ+7\*816\*YTAA+7\*1320\*YTAB+7\*1410\*YTAC+7\*1130\*YTAD+7\*1380\*YTAE+7\*1230\*YTAf+7\*1640\*YTAG+7\*2450\*YTAH+7\*1920\*YTAI+7\*1970\*YTAJ+7\*2200\*YTAK+29\*1287\*YUA+29\*1360\*YUB+29\*1580\*YUC+29\*1120\*YUD+29\*881\*YUE+29\*1140\*YUF+29\*710\*YUG+29\*824\*YUH+29\*1180\*YUI+29\*903\*YUJ+29\*744\*YUK+29\*988\*YUL+29\*817\*YUM+29\*488\*YUN+29\*514\*YUAL+29\*335\*YUO+29\*554\*YUP+29\*1090\*YUQ+29\*810\*YUR+29\*1750\*YUS+29\*987\*YUT+29\*0\*YUU+29\*1650\*YUV+29\*1040\*YUW+29\*1180\*YUX+29\*964\*YUY+29\*1100\*YUZ+29\*677\*YUAA+29\*667\*YUAB+29\*960\*YUAC+29\*1310\*YUAD+29\*1210\*YUAE+29\*1480\*YUAF+29\*1360\*YUAG+29\*3230\*YUAH+29\*2190\*YUAI+29\*2030\*YUAJ+29\*2300\*YUAK+30\*1381\*YVA+30\*1090\*YVB+30\*695\*YVC+30\*1100\*YVD+30\*1400\*YVE+30\*1020\*YVF+30\*1520\*YVG+30\*1320\*YVH+30\*842\*YVI+30\*1120\*YVJ+30\*131\*YVK+30\*879\*YVL+30\*1050\*YVM+30\*1370\*YVN+30\*1540\*YVAL+30\*1650\*YVO+30\*2060\*YVP+30\*679\*YVQ+30\*933\*YVR+30\*215\*YVS+30\*678\*YVT+30\*1650\*YVU+30\*0\*YVV+30\*691\*YVW+30\*623\*YVX+30\*850\*YVY+30\*911\*YVZ+30\*1310\*YVAA+30\*1870\*YVAB+30\*1860\*YVAC+30\*1300\*YVAD+30\*1700\*YVAE+30\*1310\*YVAF+30\*1970\*YVAG+30\*1870\*YVAH+30\*1830\*YVAI+30\*2020\*YVAJ+30\*2210\*YVAK+21\*1336\*YWA+21\*1150\*YWB+21\*1020\*YWC+21\*1020\*YWD+21\*1150\*YWE+21\*962\*YWF+21\*1170\*YWG+21\*1050\*YWH+21\*838\*YWI+21\*903\*YWJ+21\*989\*YWK+21\*706\*YWL+21\*766\*YWM+21\*934\*YWN+21\*1110\*YWal+21\*1150\*YWO+21\*1540\*YWP+21\*568\*YWQ+21\*603\*YWR+21\*861\*YWS+21\*370\*YWT+21\*1040\*YWU+21\*691\*YWV+21\*0\*YWW+21\*155\*YWX+21\*172\*YWY+21\*316\*YWZ+21\*619\*YWAA+21\*1180\*YWAB+21\*1180\*YWAC+21\*769\*YWAD+21\*1080\*YWAE+21\*864\*YWAF+21\*1350\*YWAG+21\*2220\*YWAH+21\*1550\*YWAI+21\*1600\*YWAJ+21\*1840\*YWAK+15\*4771\*YXA+15\*1250\*YXB+15\*1060\*YXC+15\*1140\*YXD+15\*1290\*YXE+15\*1070\*YXF+15\*1320\*YXG+15\*1190\*YXH+15\*935\*YXI+15\*1040\*YXJ+15\*1140\*YXK+15\*824\*YXL+15\*909\*YXM+15\*1090\*YXN+15\*1260\*YXAL+15\*1310\*YXO+15\*1690\*YXP+15\*669\*YXQ+15\*741\*YXR+15\*820\*YXS+15\*486\*YXT+15\*1180\*YXU+15\*623\*YXV+15\*155\*YXW+15\*0\*YXX+15\*248\*YXY+15\*288\*YXZ+15\*709\*YXAA+15\*1270\*YXAB+15\*1240\*YXAC+15\*728\*YXAD+15\*109\*YXAE+15\*788\*YXAF+15\*1360\*YXAG+15\*2060\*YXAH+15\*1450\*YXAI+15\*1530\*YXAJ+15\*1760\*YXAK+40\*1429\*YYA+40\*1280\*YYB+40\*1180\*YYC+40\*1120\*YYD+40\*1200\*YYE+40\*1070\*YYF+40\*1190\*YYG+40\*1100\*YYH+40\*966\*YYI+40\*982\*YYJ+40\*1040\*YYK+40\*810\*YYL+40\*840\*YYM+40\*936\*YYN+40\*1100\*YYAL+40\*1120\*YYO+40\*1480\*YYP+40\*700\*YYQ+40\*673\*YYR+40\*103\*YYs+40\*492\*YYT+40\*964\*YYU+40\*850\*YYV+40\*172\*YYW+40\*248\*YYX+40\*0\*YYY+40\*189\*YYZ+40\*464\*YYAA+40\*1030\*YYAB+40\*1020\*YYAC+40\*641\*YYAD+40\*916\*YYAE+40\*754\*YYAF+40\*1180\*YYAG+40\*2270\*YYAH+40\*1470\*YYAI+40\*1480\*YYAJ+40\*1720\*YYAK+13\*1630\*YZA+13\*1460\*YZB+13\*1320\*YZC+13\*1310\*YZD+13\*1400\*YZE+13\*1260\*YZF+13\*1390\*YZG+13\*1300\*YZH+13\*1150\*YZI+13\*1180\*YZJ+13\*1230\*YZK+13\*1000\*YZL+13\*1040\*YZM+13\*1120\*YZN+13\*1280\*YZAL+13\*1280\*YZO+13\*1630\*YZP+13\*877\*YZQ+13\*872\*YZR+13\*1110\*YZS+13\*676\*YZT+13\*1100\*YZU+13\*911\*YZV+13\*316\*YZW+13\*288\*YZX+13\*189\*YZY+13\*0\*YZZ+13\*493\*YZAA+13\*1040\*YZAB+13\*964\*YZAC+13\*458\*YZAD+13\*796\*YZAE+13\*560\*YZAF+13\*1070\*YZAG+13\*2140\*YZAH+13\*1270\*YZAI+13\*1300\*YZAJ+13\*1520\*YZAK+41\*1580\*YAAA+41\*1510\*YAAB+41\*1540\*YAAC+41\*1310\*YAAD+41\*1250\*YAAE+41\*1290\*YAAF+41\*1170\*YAAG+41\*1160\*YAAH+41\*1230\*YAAI+4

1\*1120\*YAAJ+41\*1080\*YAAK+41\*1040\*YAAL+41\*978\*YAAM+41\*883\*YAAN+41\*  
1020\*YAAAL+41\*944\*YAAO+41\*1230\*YAAP+41\*1010\*YAAQ+41\*852\*YAAR+41\*  
1480\*YAAS+41\*816\*YAAT+41\*677\*YAAU+41\*1310\*YAAV+41\*619\*YAAW+41\*70  
9\*YAAZ+41\*464\*YAAZ+41\*493\*YAAZ+41\*0\*YAAAA+41\*566\*YAAAB+41\*597\*YA  
AAC+41\*643\*YAAAD+41\*638\*YAAAE+41\*815\*YAAAF+41\*874\*YAAAG+41\*2630\*  
YAAAH+41\*1530\*YAAAI+41\*1410\*YAAAJ+41\*1660\*YAAAK+15\*1910\*YABA+15\*  
1910\*YABB+15\*2040\*YABC+15\*1680\*YABD+15\*1510\*YABE+15\*1680\*YABF+15  
\*1370\*YABG+15\*1440\*YABH+15\*1670\*YABI+15\*1470\*YABJ+15\*1350\*YABK+15  
\*1470\*YABL+15\*1350\*YABM+15\*1110\*YABN+15\*1170\*YABAL+15\*1000\*YABO+  
15\*1100\*YABP+15\*1490\*YABQ+15\*1270\*YABR+15\*2030\*YABS+15\*1320\*YABT  
+15\*667\*YABU+15\*1870\*YABV+15\*1180\*YABW+15\*1270\*YABX+15\*1030\*YABY  
+15\*1040\*YABZ+15\*566\*YABAA+15\*0\*YABAB+15\*348\*YABAC+15\*997\*YABAD  
+15\*690\*YABAE+15\*1170\*YABAF+15\*762\*YABAG+15\*3110\*YABAH+15\*1780\*Y  
ABAI+15\*1530\*YABAJ+15\*1780\*YABAK+97\*2120\*YACA+97\*2000\*YACB+97\*213  
0\*YACC+97\*1870\*YACD+97\*1760\*YACE+97\*1860\*YACF+97\*1630\*YACG+97\*16  
70\*YACH+97\*1820\*YACI+97\*1670\*YACJ+97\*1590\*YACK+97\*1620\*YACL+97\*15  
40\*YACM+97\*1360\*YACN+97\*1450\*YACAL+97\*1300\*YACO+97\*1440\*YACP+97  
\*1600\*YACQ+97\*1430\*YACR+97\*2040\*YACS+97\*1410\*YACT+97\*960\*YACU+97  
\*1860\*YACV+97\*1180\*YACW+97\*1240\*YACX+97\*1020\*YACY+97\*964\*YACZ+97  
\*597\*YACAA+97\*348\*YACAB+97\*0\*YACAC+97\*775\*YACAD+97\*368\*YACAE+97  
\*923\*YACAF+97\*409\*YACAG+97\*2890\*YACAH+97\*1460\*YACAI+97\*1190\*YACA  
J+97\*1440\*YACAK+20\*2060\*YADA+20\*1910\*YADB+20\*1780\*YADC+20\*1750\*Y  
ADD+20\*1800\*YADE+20\*1710\*YADF+20\*1760\*YADG+20\*1700\*YADH+20\*1600\*  
YADI+20\*1600\*YADJ+20\*1620\*YADK+20\*1450\*YADL+20\*1460\*YADM+20\*1470\*  
YADN+20\*1630\*YADAL+20\*1580\*YADO+20\*1870\*YADP+20\*1340\*YADQ+20\*13  
00\*YADR+20\*1510\*YADS+20\*1130\*YADT+20\*1310\*YADU+20\*1300\*YADV+20\*7  
69\*YADW+20\*728\*YADX+20\*641\*YADY+20\*458\*YADZ+20\*643\*YADAA+20\*997\*  
YADAB+20\*775\*YADAC+20\*0\*YADAD+20\*463\*YADAE+20\*174\*YADAF+20\*705\*  
YADAG+20\*2110\*YADAH+20\*889\*YADAI+20\*842\*YADAJ+20\*1080\*YADAK+29\*  
2210\*YAEA+29\*2130\*YAEB+29\*2090\*YAEC+29\*1040\*YAED+29\*1890\*YAEF+29  
\*1910\*YAEF+29\*1800\*YAEG+29\*1790\*YAEH+29\*1830\*YAEI+29\*1750\*YAEJ+29\*  
1720\*YAEK+29\*1650\*YAEL+29\*1600\*YAEM+29\*1510\*YAEN+29\*1630\*YAEAL+2  
9\*1520\*YAEO+29\*1720\*YAEP+29\*1590\*YAEQ+29\*1470\*YAER+29\*1900\*YAES+  
29\*1380\*YAET+29\*1210\*YAEU+29\*1700\*YAEV+29\*1080\*YAEW+29\*109\*YAEX+  
29\*916\*YAEY+29\*796\*YAEZ+29\*638\*YAEAA+29\*690\*YAEAB+29\*368\*YAEAC+2  
9\*463\*YAEAD+29\*0\*YAEAE+29\*588\*YAEAF+29\*275\*YAEAG+29\*1100\*YAEAH+  
29\*851\*YAEAI+29\*1110\*YAEAJ+29\*2550\*YAEAK+39\*2190\*YAF+39\*2020\*YAF  
B+39\*1840\*YAF+39\*1870\*YAFD+39\*1940\*YAFE+39\*1820\*YAFF+39\*1910\*YAF  
G+39\*1840\*YAFH+39\*1700\*YAFI+39\*1730\*YAFJ+39\*1770\*YAFK+39\*1560\*YAF  
L+39\*1590\*YAFM+39\*1630\*YAFN+39\*1790\*YAFAL+39\*1740\*YAF+39\*2040\*YAF  
P+39\*1430\*YAFQ+39\*1430\*YAFR+39\*1530\*YAFS+39\*1230\*YAF+39\*1480\*YAF  
U+39\*1310\*YAFV+39\*864\*YAFW+39\*788\*YAFX+39\*754\*YAFY+39\*560\*YAFZ+3  
9\*815\*YAF+39\*1170\*YAFAB+39\*923\*YAFAC+39\*174\*YAFAD+39\*588\*YAFAE  
+39\*0\*YAFAF+39\*782\*YAFAG+39\*1970\*YAFAH+39\*729\*YAFAI+39\*742\*YAFAJ+  
39\*972\*YAFAK+17\*2450\*YAGA+17\*2380\*YAGB+17\*2350\*YAGC+17\*2180\*YAG  
D+17\*2110\*YAGE+17\*2160\*YAGF+17\*2000\*YAGG+17\*2020\*YAGH+17\*2090\*YA  
GI+17\*1990\*YAGJ+17\*1940\*YAGK+17\*1900\*YAGL+17\*1850\*YAGM+17\*1720\*Y

AGN+17\*1830\*YAGAL+17\*1700\*YAGO+17\*1850\*YAGP+17\*1850\*YAGQ+17\*1720\*YAGR+17\*2170\*YAGS+17\*1640\*YAGT+17\*1360\*YAGU+17\*1970\*YAGV+17\*1350\*YAGW+17\*1360\*YAGX+17\*1180\*YAGY+17\*1070\*YAGZ+17\*874\*YAGAA+17\*762\*YAGAB+17\*409\*YAGAC+17\*705\*YAGAD+17\*275\*YAGAE+17\*782\*YAGAF+17\*0\*YAGAG+17\*2710\*YAGAH+17\*1140\*YAGAI+17\*807\*YAGAJ+17\*1050\*YAGAK+23\*3260\*YAHA+23\*2970\*YAHB+23\*2530\*YAHC+23\*2980\*YAHD+23\*3260\*Y AHE+23\*2900\*YAHF+23\*3340\*YAHG+23\*3170\*YAHH+23\*2720\*YAHI+23\*2970\*YAHJ+23\*3130\*YAHK+23\*2730\*YAHL+23\*2880\*YAHM+23\*3140\*YAHN+23\*3310\*YAHAL+23\*3370\*YAHO+23\*3750\*YAHP+23\*2530\*YAHQ+23\*2730\*Yahr+23\*1980\*YAHS+23\*2450\*YAHT+23\*3230\*YAHU+23\*1870\*YAHV+23\*2220\*YAHW+23\*2060\*YAHX+23\*2270\*YAHY+23\*2140\*YAHZ+23\*2630\*YAHAA+23\*3110\*YAHAB+23\*2890\*YAHAC+23\*2110\*YAHAD+23\*1100\*YAHAE+23\*1970\*YAHAF+23\*2710\*YAHAG+23\*0\*YAHAH+23\*1700\*YAHAI+23\*2130\*YAHAJ+23\*2100\*YAHAK+15\*2880\*YAIA+15\*2690\*YAIB+15\*2460\*YAIC+15\*2570\*YAID+15\*2660\*YAIE+15\*2510\*Y AIF+15\*2640\*YAIG+15\*2560\*YAIH+15\*2380\*YAII+15\*2440\*YAIJ+15\*2490\*YAIK+15\*2260\*YAIL+15\*2300\*YAIM+15\*2360\*YAIN+15\*2510\*YAIAL+15\*2460\*Y AIO+15\*1740\*YAIP+15\*2110\*YAIQ+15\*2140\*YAIR+15\*2050\*YAIS+15\*1920\*YAIT+15\*2190\*YAIU+15\*1830\*Y AIV+15\*1550\*YAIW+15\*1450\*Y AIX+15\*1470\*Y AIY+15\*1270\*Y AIZ+15\*1530\*Y AIAA+15\*1780\*Y AIAB+15\*1460\*Y AIA C+15\*889\*Y AIA D+15\*851\*Y AIA E+15\*729\*Y AIA F+15\*1140\*Y AIA G+15\*1700\*Y AIA H+15\*0\*Y AIA I+15\*423\*Y AIA J+15\*435\*Y AIA K+23\*2900\*Y AJA +23\*2750\*Y AJB +23\*2590\*Y AJC +23\*2600\*Y AJD +23\*2630\*Y AJE +23\*2550\*Y AJF +23\*2570\*Y AJG +23\*2530\*Y AJH +23\*2440\*Y AJI +23\*2440\*Y AJJ +23\*2450\*Y AJK +23\*2290\*Y AJL +23\*2300\*Y AJM +23\*2280\*Y AJN +23\*2420\*Y AJAL +23\*2340\*Y AJO +23\*2570\*Y AJP +23\*2170\*Y AJQ +23\*2140\*Y AJR +23\*224\*Y AJS +23\*1970\*Y AJT +23\*2030\*Y AJU +23\*2020\*Y AJV +23\*1600\*Y AJW +23\*1530\*Y AJX +23\*1480\*Y AJY +23\*1300\*Y AJZ +23\*1410\*Y AJAA +23\*1530\*Y AJAB +23\*1190\*Y AJAC +23\*842\*Y AJAD +23\*1110\*Y AJAE +23\*742\*Y AJAF +23\*807\*Y AJAG +23\*2130\*Y AJAH +23\*423\*Y AJAI +23\*0\*Y AJAJ +23\*263\*Y AJAK +7\*3140\*Y AKA +7\*2990\*Y AKB +7\*2800\*Y AKC +7\*2840\*Y AKD +7\*2880\*Y AKE +7\*2790\*Y AKF +7\*2830\*Y AKG +7\*2780\*Y AKH +7\*2670\*Y AKI +7\*269\*Y AKJ +7\*2710\*Y AKK +7\*2530\*Y AKL +7\*2540\*Y AKM +7\*2540\*Y AKN +7\*2680\*Y AKAL +7\*2600\*Y AKO +7\*2830\*Y AKP +7\*2400\*Y AKQ +7\*2380\*Y AKR +7\*2430\*Y AKS +7\*2200\*Y AKT +7\*2300\*Y AKU +7\*2210\*Y AKV +7\*1840\*Y AKW +7\*1760\*Y AKX +7\*1720\*Y AKY +7\*1520\*Y AKZ +7\*1660\*Y AKAA +7\*1780\*Y AKAB +7\*1440\*Y AKAC +7\*1080\*Y AKAD +7\*2550\*Y AKAE +7\*972\*Y AKAF +7\*1050\*Y AKAG +7\*2100\*Y AKAH +7\*435\*Y AKAI +7\*263\*Y AKAJ +7\*0\*Y AKAK;

YAA+YAB+YAC+YAD+YAE+YAF+YAG+YAH+YAI+YAJ+YAK+YAL+YAM+YAN+Y AAL+YAO+YAP+YAQ+YAR+YAS+YAT+YAU+YAV+YAW+YAX+YAY+YAZ+YAAA+YAAB+YAAC+YAAD+YAAE+YAAF+YAAG+YAAH+YAAI+YAAJ+YAAK=1;

YBA+YBB+YBC+YBD+YBE+YBF+YBG+YBH+YBI+YBJ+YBK+YBL+YBM+YBN+Y BAL+YBO+YBP+YBQ+YBR+YBS+YBT+YBU+YBV+YBW+YBX+YBY+YBZ+YBAA+YBAB+YBAC+YBAD+YBAE+YBAF+YBAG+YBAH+YBAI+YBAJ+YBAK=1;

YCA+YCB+YCC+YCD+YCE+YCF+YCG+YCH+YCI+YCJ+YCK+YCL+YCM+YCN+Y CAL+YCO+YCP+YCQ+YCR+YCS+YCT+YCU+YCV+YCW+YCX+YCY+Y CZ+YCAA+Y CAB+YCAC+YCAD+YCAE+YCAF+YCAG+YCAH+YCAI+YCAJ+YCAK=1;

YDA+YDB+YDC+YDD+YDE+YDF+YDG+YDH+YDI+YDJ+YDK+YDL+YDM+YDN+  
YDAL+YDO+YDP+YDQ+YDR+YDS+YDT+YDU+YDV+YDW+YDX+YDY+YDZ+YD  
AA+YDAB+YDAC+YDAD+YDAE+YDAF+YDAG+YDAH+YDAI+YDAJ+YDAK=1;  
YEA+YEB+YEC+YED+YEE+YEF+YEG+YEH+YEI+YEJ+YEK+YEL+YEM+YEN+Y  
EAL+YEO+YEP+YEQ+YER+YES+YET+YEU+YEV+YEW+YEX+YEY+YEZ+YEEA  
+YEAB+YEAC+YEAD+YEAH+YEAJ+YEAJ+YEAJ+YEAJ=1;  
YFA+YFB+YFC+YFD+YFE+YFF+YFG+YFH+YFI+YFJ+YFK+YFL+YFM+YFN+YF  
AL+YFO+YFP+YFQ+YFR+YFS+YFT+YFU+YFV+YFW+YFX+YFY+YFZ+YFAA+Y  
FAB+YFAC+YFAD+YFAE+YFAF+YFAG+YFAH+YFAI+YFAJ+YFAK=1;  
YGA+YGB+YGC+YGD+YGE+YGF+YGG+YGH+YGI+YGJ+YJK+YGL+YGM+YG  
N+YGAL+YGO+YGP+YGQ+YGR+YGS+YGT+YGU+YGV+YGW+YGX+YGY+YG  
Z+YGAA+YGAB+YGAC+YGAD+YGAE+YGAF+YGAG+YGAH+YGAI+YGAJ+YGA  
K=1;  
YHA+YHB+YHC+YHD+YHE+YHF+YHG+YHH+YHI+YHJ+YHK+YHL+YHM+YHN+  
YHAL+YHO+YHP+YHQ+YHR+YHS+YHT+YHU+YHV+YHW+YHX+YHY+YHZ+YH  
AA+YHAB+YHAC+YHAD+YHAE+YHAF+YHAG+YHAH+YHAI+YHAJ+YHAK=1;  
YIA+YIB+YIC+YID+YIE+YIF+YIG+YIH+YII+YIJ+YIK+YIL+YIM+YIN+YIAL+YIO+YI  
P+YIQ+YIR+YIS+YIT+YIU+YIV+YIW+YIX+YIY+YIZ+YIAA+YIAB+YIAC+YIAD+YIA  
E+YIAF+YIAG+YIAH+YIAI+YIAJ+YIAK=1;  
YJA+YJB+YJC+YJD+YJE+YJF+YJG+YJH+YJI+YJJ+YJK+YJL+YJM+YJN+YJAL+  
YJO+YJP+YJQ+YJR+YJS+YJT+YJU+YJV+YJW+YJX+YJY+YJZ+YJAA+YJAB+Y  
JAC+YJAD+YJAE+YJAF+YJAG+YJAH+YJAI+YJAJ+YJAK=1;  
YKA+YKB+YKC+YKD+YKE+YKF+YKG+YKH+YKI+YKJ+YKK+YKL+YKM+YKN+Y  
KAL+YKO+YKP+YKQ+YKR+YKS+YKT+YKU+YKV+YKW+YKX+YKY+YKZ+YKAA  
+YKAB+YKAC+YKAD+YKAE+YKAF+YKAG+YKAH+YKAI+YKAJ+YKAK=1;  
YLA+YLB+YLC+YLD+YLE+YLF+YLG+YLH+YLI+YLJ+YLK+YLL+YLM+YLN+YLA  
L+YLO+YLP+YLQ+YLR+YLS+YLT+YLU+YLV+YLW+YLX+YLY+YLZ+YLAA+YLA  
B+YLAC+YLAD+YLAE+YLAF+YLAG+YLAH+YLAI+YLAJ+YLAK=1;  
YMA+YMB+YMC+YMD+YME+YMF+YMG+YMH+YMI+YMJ+YMK+YML+YMM+Y  
MN+YMAL+YMO+YMP+YMQ+YMR+YMS+YMT+YMU+YMV+YMW+YMX+YMY+  
YMZ+YMAA+YMAB+YMAC+YMAD+YMAE+YMAF+YMAG+YMAH+YMAI+YMAJ+  
YMAK=1;  
YNA+YNB+YNC+YND+YNE+YNF+YNG+YNH+YNI+YNJ+YNK+YNL+YNM+YNN+  
YNAL+YNO+YNP+YNQ+YNR+YNS+YNT+YNU+YNV+YNW+YNX+YNY+YNZ+YN  
AA+YNAB+YNAC+YNAD+YNAE+YNAF+YNAG+YNAH+YNAI+YNAJ+YNAK=1;  
YALA+YALB+YALC+YALD+YALE+YALF+YALG+YALH+YALI+YALJ+YALK+YALL  
+YALM+YALN+YALAL+YALO+YALP+YALQ+YALR+YALS+YALT+YALU+YALV+  
YALW+YALX+YALY+YALZ+YALAA+YALAB+YALAC+YALAD+YALAE+YALAF+Y  
ALAG+YALAH+YALAI+YALAJ+YALAK=1;  
YOA+YOB+YOC+YOD+YOE+YOF+YOG+YOH+YOI+YOJ+YOK+YOL+YOM+YO  
N+YOAL+YOO+YOP+YOQ+YOR+YOS+YOT+YOU+YOV+YOW+YOX+YOY+YO  
Z+YOAA+YOAB+YOAC+YOAD+YOAE+YOAF+YOAG+YOAH+YOAI+YOAJ+YOA  
K=1;



YADA+YADB+YADC+YADD+YADE+YADF+YADG+YADH+YADI+YADJ+YADK+Y  
 ADL+YADM+YADN+YADAL+YADO+YADP+YADQ+YADR+YADS+YADT+YADU+  
 YADV+YADW+YADX+YADY+YADZ+YADAA+YADAB+YADAC+YADAD+YADAE+  
 YADAF+YADAG+YADAH+YADAI+YADAJ+YADAK=1;  
 YAEA+YAEB+YAEC+YAED+YAEF+YAEH+YAEI+YAEJ+YAEK+YA  
 EL+YAEM+YAEN+YAEAL+YAEAO+YAEAP+YAEQ+YAER+YAES+YAET+YAEU+YA  
 EV+YAEW+YAEY+YAEZ+YAEAA+YAEAB+YAEAC+YAEAD+YAEAE+YA  
 EAF+YAEAG+YAEAH+YAEAI+YAEAJ+YAEAK=1;  
 YAFA+YAFB+YAFD+YAFE+YAFF+YAFG+YAFH+YAFI+YAFJ+YAFK+YAF  
 L+YAFM+YAFN+YAFAL+YAFAO+YAFP+YAFQ+YAFR+YAFS+YAFU+YAFV  
 +YAFW+YAFX+YAFY+YAFZ+YAFAA+YAFAB+YAFAC+YAFAD+YAFAE+YAFAF  
 +YAFAG+YAFAH+YAFAI+YAFAJ+YAFAK=1;  
 YAGA+YAGB+YAGC+YAGD+YAGE+YAGF+YAGG+YAGH+YAGI+YAGJ+YAGK+  
 YAGL+YAGM+YAGN+YAGAL+YAGO+YAGP+YAGQ+YAGR+YAGS+YAGT+YAG  
 U+YAGV+YAGW+YAGX+YAGY+YAGZ+YAGAA+YAGAB+YAGAC+YAGAD+YAG  
 AE+YAGAF+YAGAG+YAGAH+YAGAI+YAGAJ+YAGAK=1;  
 YAHA+YAHB+YAHC+YAHG+YAHH+YAHJ+YAHK+Y  
 AHL+YAHM+YAHN+YAHAL+YAHO+YAHP+YAHQ+Yahr+YAHs+YAHT+YAHU+  
 YAHV+YAHW+YAHX+YAHY+YAHZ+YAHAA+YAHAB+YAHAC+YAHAD+YAHAE+  
 YAHAF+YAHAG+YAHAH+YAHAI+YAHAJ+YAHAK=1;  
 YAIA+YAIB+YAIC+YAID+YAIE+YAIF+YAIG+YAIH+YAIJ+YAIK+YAIL+YAIM  
 +YAIN+YAIAL+YAIIO+YAIIP+YAIQ+YAIR+YAIS+YAIT+YAIU+YAIW+YAIY+  
 YAIZ+YAIAA+YAIAB+YAIAC+YAIAD+YAIAE+YAIAF+YAIAG+YAIAH+YAIAI+  
 YAIAJ+YAIK=1;  
 YAJA+YAJB+YAJC+YAJD+YAJE+YAJF+YAJG+YAJH+YAJI+YAJJ+YAJK+YAJL+  
 YAJM+YAJN+YAJAL+YAJAO+YAJP+YAJQ+YAJR+YAJs+YAJT+YAJU+YAJV+YA  
 JW+YAJX+YAJY+YAJZ+YAJAA+YAJAB+YAJAC+YAJAD+YAJAE+YAJAF+YAJA  
 G+YAJAH+YAJAI+YAJAJ+YAJAK=1;  
 YAKA+YAKB+YAKC+YAKD+YAKE+YAKF+YAKG+YAKH+YAKI+YAKJ+YAKK+YA  
 KL+YAKM+YAKN+YAKAL+YAKAO+YAKP+YAKQ+YAKR+YAKS+YAKT+YAKU+YA  
 KV+YAKW+YAKX+YAKY+YAKZ+YAKAA+YAKAB+YAKAC+YAKAD+YAKAE+YA  
 KAF+YAKAG+YAKAH+YAKAI+YAKAJ+YAKAK=1;  
 YAA-XA<=0;YAB-XB<=0;YAC-XC<=0;YAD-XD<=0;YAE-XE<=0;YAF-XF<=0;YAG-  
 XG<=0;YAH-XH<=0;YAI-XI<=0;YAJ-XJ<=0;YAK-XK<=0;YAL-XL<=0;YAM-  
 XM<=0;YAN-XN<=0;YAAL-XAL<=0;YAO-XO<=0;YAP-XP<=0;YAQ-XQ<=0;YAR-  
 XR<=0;YAS-XS<=0;YAT-XT<=0;YAU-XU<=0;YAV-XV<=0;YAW-XW<=0;YAX-  
 XX<=0;YAY-XY<=0;YAZ-XZ<=0;YAAA-XAA<=0;YAAB-XAB<=0;YAAC-  
 XAC<=0;YAAD-XAD<=0;YAAE-XAE<=0;YAAF-XAF<=0;YAAG-XAG<=0;YAAH-  
 XAH<=0;YAAI-XAI<=0;YAAJ-XAJ<=0;YAAK-XAK<=0;YBA-XA<=0;YBB-  
 XB<=0;YBC-XC<=0;YBD-XD<=0;YBE-XE<=0;YBF-XF<=0;YBG-XG<=0;YBH-  
 XH<=0;YBI-XI<=0;YBJ-XJ<=0;YBK-XK<=0;YBL-XL<=0;YBM-XM<=0;YBN-  
 XN<=0;YBAL-XAL<=0;YBO-XO<=0;YBP-XP<=0;YBQ-XQ<=0;YBR-XR<=0;YBS-  
 XS<=0;YBT-XT<=0;YBU-XU<=0;YBV-XV<=0;YBW-XW<=0;YBX-XX<=0;YBY-  
 XY<=0;YBZ-XZ<=0;YBAA-XAA<=0;YBAB-XAB<=0;YBAC-XAC<=0;YBAD-  
 XAD<=0;YBAE-XAE<=0;YBAF-XAF<=0;YBAG-XAG<=0;YBAH-XAH<=0;YBAI-  
 XAI<=0;YBAJ-XAJ<=0;YBAK-XAK<=0;YCA-XA<=0;YCB-XB<=0;YCC-  
 XC<=0;YCD-XD<=0;YCE-XE<=0;YCF-XF<=0;YCG-XG<=0;YCH-XH<=0;YCI-

XI<=0;YCJ-XJ<=0;YCK-XK<=0;YCL-XL<=0;YCM-XM<=0;YCN-XN<=0;YCAL-XAL<=0;YCO-XO<=0;YCP-XP<=0;YCQ-XQ<=0;YCR-XR<=0;YCS-XS<=0;YCT-XT<=0;YCU-XU<=0;YCV-XV<=0;YCW-XW<=0;YCX-XX<=0;YCY-XY<=0;Y CZ-XZ<=0;YCAA-XAA<=0;YCAB-XAB<=0;YCAC-XAC<=0;YCAD-XAD<=0;YCAE-XAE<=0;YCAF-XAF<=0;YCAG-XAG<=0;YCAH-XAH<=0;YCAI-XAI<=0;YCAJ-XAJ<=0;YCAK-XAK<=0;YDA-XA<=0;YDB-XB<=0;YDC-XC<=0;YDD-XD<=0;YDE-XE<=0;YDF-XF<=0;YDG-XG<=0;YDH-XH<=0;YDI-XI<=0;YDJ-XJ<=0;YDK-XK<=0;YDL-XL<=0;YDM-XM<=0;YDN-XN<=0;YDAL-XAL<=0;YDO-XO<=0;YDP-XP<=0;YDQ-XQ<=0;YDR-XR<=0;YDS-XS<=0;YDT-XT<=0;YDU-XU<=0;YDV-XV<=0;YDW-XW<=0;YDX-XX<=0;YDY-XY<=0;YDZ-XZ<=0;YDAA-XAA<=0;YDAB-XAB<=0;YDAC-XAC<=0;YDAD-XAD<=0;YDAE-XAE<=0;YDAF-XAF<=0;YDAG-XAG<=0;YDAH-XAH<=0;YDAI-XAI<=0;YDAJ-XAJ<=0;YDAK-XAK<=0;YEA-XA<=0;YEB-XB<=0;YEC-XC<=0;YED-XD<=0;YEE-XE<=0;YEF-XF<=0;YEG-XG<=0;YEH-XH<=0;YEI-XI<=0;YEJ-XJ<=0;YEK-XK<=0;YEL-XL<=0;YEM-XM<=0;YEN-XN<=0;YEAL-XAL<=0;YEO-XO<=0;YEP-XP<=0;YEQ-XQ<=0;YER-XR<=0;YES-XS<=0;YET-XT<=0;YEU-XU<=0;YEV-XV<=0;YEW-XW<=0;YEX-XX<=0;YEY-XY<=0;YEZ-XZ<=0;YEAA-XAA<=0;YEAB-XAB<=0;YEAC-XAC<=0;YEAD-XAD<=0;YEAE-XAE<=0;YEAH-XAH<=0;YEAG-XAG<=0;YEAH-XAH<=0;YEAJ-XAJ<=0;YEAK-XAK<=0;YFA-XA<=0;YFB-XB<=0;YFC-XC<=0;YFD-XD<=0;YFE-XE<=0;YFF-XF<=0;YFG-XG<=0;YFH-XH<=0;YFI-XI<=0;YFJ-XJ<=0;YFK-XK<=0;YFL-XL<=0;YFM-XM<=0;YFN-XN<=0;YFAL-XAL<=0;YFO-XO<=0;YFP-XP<=0;YFQ-XQ<=0;YFR-XR<=0;YFS-XS<=0;YFT-XT<=0;YFU-XU<=0;YFV-XV<=0;YFW-XW<=0;YFX-XX<=0;YFY-XY<=0;YFZ-XZ<=0;YFAA-XAA<=0;YFAB-XAB<=0;YFAC-XAC<=0;YFAD-XAD<=0;YFAE-XAE<=0;YFAF-XAF<=0;YFAG-XAG<=0;YFAH-XAH<=0;YFAI-XAI<=0;YFAJ-XAJ<=0;YFAK-XAK<=0;YGA-XA<=0;YGB-XB<=0;YGC-XC<=0;YGD-XD<=0;YGE-XE<=0;YGF-XF<=0;YGG-XG<=0;YGH-XH<=0;YGI-XI<=0;YGJ-XJ<=0;YGK-XK<=0;YGL-XL<=0;YGM-XM<=0;YGN-XN<=0;YGAL-XAL<=0;YGO-XO<=0;YGP-XP<=0;YGQ-XQ<=0;YGR-XR<=0;YGS-XS<=0;YGT-XT<=0;YGU-XU<=0;YGV-XV<=0;YGW-XW<=0;YGX-XX<=0;YGY-XY<=0;YGZ-XZ<=0;YGAA-XAA<=0;YGAB-XAB<=0;YGAC-XAC<=0;YGAD-XAD<=0;YGAE-XAE<=0;YGAF-XAF<=0;YGAG-XAG<=0;YGAH-XAH<=0;YGAI-XAI<=0;YGAJ-XAJ<=0;YGAK-XAK<=0;YHA-XA<=0;YHB-XB<=0;YHC-XC<=0;YHD-XD<=0;YHE-XE<=0;YHF-XF<=0;YHG-XG<=0;YHH-XH<=0;YHI-XI<=0;YHJ-XJ<=0;YHK-XK<=0;YHL-XL<=0;YHM-XM<=0;YHN-XN<=0;YHAL-XAL<=0;YHO-XO<=0;YHP-XP<=0;YHQ-XQ<=0;YHR-XR<=0;YHS-XS<=0;YHT-XT<=0;YHU-XU<=0;YHV-XV<=0;YHW-XW<=0;YHX-XX<=0;YHY-XY<=0;YHZ-XZ<=0;YHAA-XAA<=0;YHAB-XAB<=0;YHAC-XAC<=0;YHAD-XAD<=0;YHAE-XAE<=0;YHAF-XAF<=0;YHAG-XAG<=0;YHAH-XAH<=0;YHAI-XAI<=0;YHAJ-XAJ<=0;YHAK-XAK<=0;YIA-XA<=0;YIB-XB<=0;YIC-XC<=0;YID-XD<=0;YIE-XE<=0;YIF-XF<=0;YIG-XG<=0;YIH-XH<=0;YII-XI<=0;YIJ-XJ<=0;YIK-XK<=0;YIL-XL<=0;YIM-XM<=0;YIN-XN<=0;YIAL-XAL<=0;YIO-XO<=0;YIP-XP<=0;YIQ-XQ<=0;YIR-XR<=0;YIS-XS<=0;YIT-XT<=0;YIU-XU<=0;YIV-XV<=0;YIW-XW<=0;YIX-XX<=0;YIY-XY<=0;YIZ-XZ<=0;YIAA-XAA<=0;YIAB-XAB<=0;YIAC-XAC<=0;YIAD-XAD<=0;YIAE-XAE<=0;YIAF-XAF<=0;YIAG-XAG<=0;YIAH-XAH<=0;YIAI-XAI<=0;YIAJ-XAJ<=0;YIAK-XAK<=0;YJA-XA<=0;YJB-XB<=0;YJC-XC<=0;YJD-XD<=0;YJE-XE<=0;YJF-XF<=0;YJG-XG<=0;YJH-XH<=0;YJI-

XI<=0;YJJ-XJ<=0;YJK-XK<=0;YJL-XL<=0;YJM-XM<=0;YJN-XN<=0;YJAL-XAL<=0;YJO-XO<=0;YJP-XP<=0;YJQ-XQ<=0;YJR-XR<=0;YJS-XS<=0;YJT-XT<=0;YJU-XU<=0;YJV-XV<=0;YJW-XW<=0;YJX-XX<=0;YJY-XY<=0;YJZ-XZ<=0;YJAA-XAA<=0;YJAB-XAB<=0;YJAC-XAC<=0;YJAD-XAD<=0;YJAE-XAE<=0;YJAF-XAF<=0;YJAG-XAG<=0;YJAH-XAH<=0;YJAI-XAI<=0;YJAJ-XAJ<=0;YJAK-XAK<=0;YKA-XA<=0;YKB-XB<=0;YKC-XC<=0;YKD-XD<=0;YKE-XE<=0;YKF-XF<=0;YKG-XG<=0;YKH-XH<=0;YKI-XI<=0;YKJ-XJ<=0;YKK-XK<=0;YKL-XL<=0;YKM-XM<=0;YKN-XN<=0;YKAL-XAL<=0;YKO-XO<=0;YKP-XP<=0;YKQ-XQ<=0;YKR-XR<=0;YKS-XS<=0;YKT-XT<=0;YKU-XU<=0;YKV-XV<=0;YKW-XW<=0;YKX-XX<=0;YKY-XY<=0;YKZ-XZ<=0;YKAA-XAA<=0;YKAB-XAB<=0;YKAC-XAC<=0;YKAD-XAD<=0;YKAE-XAE<=0;YKAF-XAF<=0;YKAG-XAG<=0;YKAH-XAH<=0;YKAI-XAI<=0;YKAJ-XAJ<=0;YKAK-XAK<=0;YLA-XA<=0;YLB-XB<=0;YLC-XC<=0;YLD-XD<=0;YLE-XE<=0;YLF-XF<=0;YLG-XG<=0;YLI-XI<=0;YLJ-XJ<=0;YLK-XK<=0;YLL-XL<=0;YLM-XM<=0;YLN-XN<=0;YLAL-XAL<=0;YLO-XO<=0;YLP-XP<=0;YLQ-XQ<=0;YLR-XR<=0;YLS-XS<=0;YLT-XT<=0;YLU-XU<=0;YLV-XV<=0;YLW-XW<=0;YLY-XY<=0;YLZ-XZ<=0;YLAA-XAA<=0;YLAB-XAB<=0;YLAC-XAC<=0;YLAD-XAD<=0;YLAE-XAE<=0;YLAF-XAF<=0;YLAG-XAG<=0;YLAH-XAH<=0;YLAI-XAI<=0;YLAJ-XAJ<=0;YLAK-XAK<=0;YMA-XA<=0;YMB-XB<=0;YMC-XC<=0;YMD-XD<=0;YME-XE<=0;YMF-XF<=0;YMG-XG<=0;YMH-XH<=0;YMI-XI<=0;YMJ-XJ<=0;YMK-XK<=0;YML-XL<=0;YMM-XM<=0;YMN-XN<=0;YMAL-XAL<=0;YMO-XO<=0;YMP-XP<=0;YMQ-XQ<=0;YMR-XR<=0;YMS-XS<=0;YMT-XT<=0;YMU-XU<=0;YMV-XV<=0;YMW-XW<=0;YMX-XX<=0;YMY-XY<=0;YMZ-XZ<=0;YMAA-XAA<=0;YMAB-XAB<=0;YMAC-XAC<=0;YMAD-XAD<=0;YMAE-XAE<=0;YMAF-XAF<=0;YMAG-XAG<=0;YMAH-XAH<=0;YMAI-XAI<=0;YMAJ-XAJ<=0;YMAK-XAK<=0;YNA-XA<=0;YNB-XB<=0;YNC-XC<=0;YND-XD<=0;YNE-XE<=0;YNF-XF<=0;YNG-XG<=0;YNH-XH<=0;YNI-XI<=0;YNJ-XJ<=0;YNK-XK<=0;YNL-XL<=0;YNM-XM<=0;YNN-XN<=0;YNAL-XAL<=0;YNO-XO<=0;YNP-XP<=0;YNQ-XQ<=0;YNR-XR<=0;YNS-XS<=0;YNT-XT<=0;YNU-XU<=0;YNV-XV<=0;YNW-XW<=0;YNX-XX<=0;YNY-XY<=0;YNZ-XZ<=0;YNAA-XAA<=0;YNAB-XAB<=0;YNAC-XAC<=0;YNAD-XAD<=0;YNAE-XAE<=0;YNAF-XAF<=0;YNAG-XAG<=0;YNAH-XAH<=0;YNAI-XAI<=0;YNAJ-XAJ<=0;YNAK-XAK<=0;YALA-XA<=0;YALB-XB<=0;YALC-XC<=0;YALD-XD<=0;YALE-XE<=0;YALF-XF<=0;YALG-XG<=0;YALH-XH<=0;YALI-XI<=0;YALJ-XJ<=0;YALK-XK<=0;YALL-XL<=0;YALM-XM<=0;YALN-XN<=0;YALAL-XAL<=0;YALO-XO<=0;YALP-XP<=0;YALQ-XQ<=0;YALR-XR<=0;YALS-XS<=0;YALT-XT<=0;YALU-XU<=0;YALV-XV<=0;YALW-XW<=0;YALX-XX<=0;YALY-XY<=0;YALZ-XZ<=0;YALAA-XAA<=0;YALAB-XAB<=0;YALAC-XAC<=0;YALAD-XAD<=0;YALAE-XAE<=0;YALAF-XAF<=0;YALAG-XAG<=0;YALAH-XAH<=0;YALAI-XAI<=0;YALAJ-XAJ<=0;YALAK-XAK<=0;YOA-XA<=0;YOB-XB<=0;YOC-XC<=0;YOD-XD<=0;YOE-XE<=0;YOF-XF<=0;YOG-XG<=0;YOH-XH<=0;YOI-XI<=0;YOJ-XJ<=0;YOK-XK<=0;YOL-XL<=0;YOM-XM<=0;YON-XN<=0;YOAL-XAL<=0;YOO-XO<=0;YOP-XP<=0;YOQ-XQ<=0;YOR-XR<=0;YOS-XS<=0;YOT-XT<=0;YOU-XU<=0;YOV-XV<=0;YOW-XW<=0;YOX-XX<=0;YOY-XY<=0;YOZ-XZ<=0;YOAA-XAA<=0;YOAB-XAB<=0;YOAC-XAC<=0;YOAD-XAD<=0;YOAE-XAE<=0;YOAF-XAF<=0;YOAG-XAG<=0;YOAH-XAH<=0;YOAI-XAI<=0;YOAJ-XAJ<=0;YOAK-XAK<=0;YPA-XA<=0;YPB-

XB<=0;YPC-XC<=0;YPD-XD<=0;YPE-XE<=0;YPF-XF<=0;YPG-XG<=0;YPH-  
XH<=0;YPI-XI<=0;YPJ-XJ<=0;YPK-XK<=0;YPL-XL<=0;YPM-XM<=0;YPN-  
XN<=0;YPAL-XAL<=0;YPO-XO<=0;YPP-XP<=0;YPQ-XQ<=0;YPR-XR<=0;YPS-  
XS<=0;YPT-XT<=0;YPU-XU<=0;YPV-XV<=0;YPW-XW<=0;YPX-XX<=0;YPY-  
XY<=0;YPZ-XZ<=0;YPAA-XAA<=0;YPAB-XAB<=0;YPAC-XAC<=0;YPAD-  
XAD<=0;YPAE-XAE<=0;YPAF-XAF<=0;YPAG-XAG<=0;YPAH-XAH<=0;YPAI-  
XAI<=0;YPAJ-XAJ<=0;YPAK-XAK<=0;YQA-XA<=0;YQB-XB<=0;YQC-  
XC<=0;YQD-XD<=0;YQE-XE<=0;YQF-XF<=0;YQG-XG<=0;YQH-XH<=0;YQI-  
XI<=0;YQJ-XJ<=0;YQK-XK<=0;YQL-XL<=0;YQM-XM<=0;YQN-XN<=0;YQAL-  
XAL<=0;YQO-XO<=0;YQP-XP<=0;YQQ-XQ<=0;YQR-XR<=0;YQS-XS<=0;YQT-  
XT<=0;YQU-XU<=0;YQV-XV<=0;YQW-XW<=0;YQX-XX<=0;YQY-XY<=0;YQZ-  
XZ<=0;YQAA-XAA<=0;YQAB-XAB<=0;YQAC-XAC<=0;YQAD-XAD<=0;YQAE-  
XAE<=0;YQAF-XAF<=0;YQAG-XAG<=0;YQAH-XAH<=0;YQAI-XAI<=0;YQAJ-  
XAJ<=0;YQAK-XAK<=0;YRA-XA<=0;YRB-XB<=0;YRC-XC<=0;YRD-XD<=0;YRE-  
XE<=0;YRF-XF<=0;YRG-XG<=0;YRH-XH<=0;YRI-XI<=0;YRJ-XJ<=0;YRK-  
XK<=0;YRL-XL<=0;YRM-XM<=0;YRN-XN<=0;YRAL-XAL<=0;YRO-XO<=0;YRP-  
XP<=0;YRQ-XQ<=0;YRR-XR<=0;YRS-XS<=0;YRT-XT<=0;YRU-XU<=0;YRV-  
XV<=0;YRW-XW<=0;YRX-XX<=0;YRY-XY<=0;YRZ-XZ<=0;YRAA-  
XAA<=0;YRAB-XAB<=0;YRAC-XAC<=0;YRAD-XAD<=0;YRAE-XAE<=0;YRAF-  
XAF<=0;YRAG-XAG<=0;YRAH-XAH<=0;YRAI-XAI<=0;YRAJ-XAJ<=0;YRAK-  
XAK<=0;YSA-XA<=0;YSB-XB<=0;YSC-XC<=0;YSD-XD<=0;YSE-XE<=0;YSF-  
XF<=0;YSG-XG<=0;YSH-XH<=0;YSI-XI<=0;YSJ-XJ<=0;YSK-XK<=0;YSL-  
XL<=0;YSM-XM<=0;YSN-XN<=0;YSAL-XAL<=0;YSO-XO<=0;YSP-XP<=0;YSQ-  
XQ<=0;YSR-XR<=0;YSS-XS<=0;YST-XT<=0;YSU-XU<=0;YSV-XV<=0;YSW-  
XW<=0;YSX-XX<=0;YSY-XY<=0;YSZ-XZ<=0;YSAA-XAA<=0;YSAB-  
XAB<=0;YSAC-XAC<=0;YSAD-XAD<=0;YSAE-XAE<=0;YSAF-XAF<=0;YSAG-  
XAG<=0;YSAH-XAH<=0;YSAI-XAI<=0;YSAJ-XAJ<=0;YSAK-XAK<=0;YTA-  
XA<=0;YTB-XB<=0;YTC-XC<=0;YTD-XD<=0;YTE-XE<=0;YTF-XF<=0;YTG-  
XG<=0;YTH-XH<=0;YTI-XI<=0;YTJ-XJ<=0;YTK-XK<=0;YTL-XL<=0;YTM-  
XM<=0;YTN-XN<=0;YTAL-XAL<=0;YTO-XO<=0;YTP-XP<=0;YTQ-XQ<=0;YTR-  
XR<=0;YTS-XS<=0;YTT-XT<=0;YTU-XU<=0;YTV-XV<=0;YTW-XW<=0;YTX-  
XX<=0;YTY-XY<=0;YTZ-XZ<=0;YTAA-XAA<=0;YTAB-XAB<=0;YTAC-  
XAC<=0;YTAD-XAD<=0;YTAE-XAE<=0;YTAJ-XAJ<=0;YTAH-XAH<=0;YTAI-  
XAI<=0;YTAJ-XAJ<=0;YTAK-XAK<=0;YUA-XA<=0;YUB-  
XB<=0;YUC-XC<=0;YUD-XD<=0;YUE-XE<=0;YUF-XF<=0;YUG-XG<=0;YUH-  
XH<=0;YUI-XI<=0;YUJ-XJ<=0;YUK-XK<=0;YUL-XL<=0;YUM-XM<=0;YUN-  
XN<=0;YUAL-XAL<=0;YUO-XO<=0;YUP-XP<=0;YUQ-XQ<=0;YUR-XR<=0;YUS-  
XS<=0;YUT-XT<=0;YUU-XU<=0;YUV-XV<=0;YUW-XW<=0;YUX-XX<=0;YUY-  
XY<=0;YUZ-XZ<=0;YUAA-XAA<=0;YUAB-XAB<=0;YUAC-XAC<=0;YUAD-  
XAD<=0;YUAE-XAE<=0;YUAF-XAF<=0;YUAG-XAG<=0;YUAH-XAH<=0;YUAI-  
XAI<=0;YUAJ-XAJ<=0;YUAK-XAK<=0;YVA-XA<=0;YVB-XB<=0;YVC-  
XC<=0;YVD-XD<=0;YVE-XE<=0;YVF-XF<=0;YVG-XG<=0;YVH-XH<=0;YVI-  
XI<=0;YVJ-XJ<=0;YVK-XK<=0;YVL-XL<=0;YVM-XM<=0;YVN-XN<=0;YVAL-  
XAL<=0;YVO-XO<=0;YVP-XP<=0;YVQ-XQ<=0;YVR-XR<=0;YVS-XS<=0;YVT-  
XT<=0;YVU-XU<=0;YVV-XV<=0;YVW-XW<=0;YVX-XX<=0;YVY-XY<=0;YVZ-  
XZ<=0;YVAA-XAA<=0;YVAB-XAB<=0;YVAC-XAC<=0;YVAD-XAD<=0;YVAE-  
XAE<=0;YVAF-XAF<=0;YVAG-XAG<=0;YVAH-XAH<=0;YVAI-XAI<=0;YVAJ-

XAJ<=0;YVAK-XAK<=0;YWA-XA<=0;YWB-XB<=0;YWC-XC<=0;YWD-  
XD<=0;YWE-XE<=0;YWF-XF<=0;YWG-XG<=0;YWH-XH<=0;YWI-XI<=0;YWJ-  
XJ<=0;YWK-XK<=0;YWL-XL<=0;YWM-XM<=0;YWN-XN<=0;YWAL-  
XAL<=0;YWO-XO<=0;YWP-XP<=0;YWQ-XQ<=0;YWR-XR<=0;YWS-XS<=0;YWT-  
XT<=0;YWU-XU<=0;YWV-XV<=0;YWW-XW<=0;YWX-XX<=0;YWY-XY<=0;YWZ-  
XZ<=0;YWAA-XAA<=0;YWAB-XAB<=0;YWAC-XAC<=0;YWAD-XAD<=0;YWAE-  
XAE<=0;YWAF-XAF<=0;YWAG-XAG<=0;YWAH-XAH<=0;YWAI-XAI<=0;YWAJ-  
XAJ<=0;YWAK-XAK<=0;YXA-XA<=0;YXB-XB<=0;YXC-XC<=0;YXD-XD<=0;YXE-  
XE<=0;YXF-XF<=0;YXG-XG<=0;YXH-XH<=0;YXI-XI<=0;YXJ-XJ<=0;YXK-  
XK<=0;YXL-XL<=0;YXM-XM<=0;YXN-XN<=0;YXAL-XAL<=0;YXO-XO<=0;YXP-  
XP<=0;YXQ-XQ<=0;YXR-XR<=0;YXS-XS<=0;YXT-XT<=0;YXU-XU<=0;YXV-  
XV<=0;YXW-XW<=0;YXX-XX<=0;YXY-XY<=0;YXZ-XZ<=0;YXAA-XAA<=0;YXAB-  
XAB<=0;YXAC-XAC<=0;YXAD-XAD<=0;YXAE-XAE<=0;YXAF-XAF<=0;YXAG-  
XAG<=0;YXAH-XAH<=0;YXAI-XAI<=0;YXAJ-XAJ<=0;YXAK-XAK<=0;YYA-  
XA<=0;YYB-XB<=0;YYC-XC<=0;YYD-XD<=0;YYE-XE<=0;YYF-XF<=0;YYG-  
XG<=0;YYH-XH<=0;YYI-XI<=0;YYJ-XJ<=0;YYK-XK<=0;YYL-XL<=0;YYM-  
XM<=0;YYN-XN<=0;YYAL-XAL<=0;YYO-XO<=0;YYP-XP<=0;YYQ-XQ<=0;YYR-  
XR<=0;YYS-XS<=0;YYT-XT<=0;YYU-XU<=0;YYV-XV<=0;YYW-XW<=0;YYX-  
XX<=0;YYY-XY<=0;YYZ-XZ<=0;YYAA-XAA<=0;YYAB-XAB<=0;YYAC-  
XAC<=0;YYAD-XAD<=0;YYAE-XAE<=0;YYAF-XAF<=0;YYAG-XAG<=0;YYAH-  
XAH<=0;YYAI-XAI<=0;YYAJ-XAJ<=0;YYAK-XAK<=0;YZA-XA<=0;YZB-  
XB<=0;YZC-XC<=0;YZD-XD<=0;YZE-XE<=0;YZF-XF<=0;YZG-XG<=0;YZH-  
XH<=0;YZI-XI<=0;YZJ-XJ<=0;YZK-XK<=0;YZL-XL<=0;YZM-XM<=0;YZN-  
XN<=0;YZAL-XAL<=0;YZO-XO<=0;YZP-XP<=0;YZQ-XQ<=0;YZR-XR<=0;YZS-  
XS<=0;YZT-XT<=0;YZU-XU<=0;YZV-XV<=0;YZW-XW<=0;YZX-XX<=0;YZY-  
XY<=0;YZZ-XZ<=0;YZAA-XAA<=0;YZAB-XAB<=0;YZAC-XAC<=0;YZAD-  
XAD<=0;YZAE-XAE<=0;YZAF-XAF<=0;YZAG-XAG<=0;YZAH-XAH<=0;YZAI-  
XAI<=0;YZAJ-XAJ<=0;YZAK-XAK<=0;YAAA-XA<=0;YAAB-XB<=0;YAAC-  
XC<=0;YAAD-XD<=0;YAAE-XE<=0;YAAF-XF<=0;YAAG-XG<=0;YAAH-  
XH<=0;YAAI-XI<=0;YAAJ-XJ<=0;YAAK-XK<=0;YAAL-XL<=0;YAAM-  
XM<=0;YAAN-XN<=0;YAAAL-XAL<=0;YAAO-XO<=0;YAAP-XP<=0;YAAQ-  
XQ<=0;YAAR-XR<=0;YAAS-XS<=0;YAAT-XT<=0;YAAU-XU<=0;YAAV-  
XV<=0;YAAW-XW<=0;YAAAX-XX<=0;YAAAY-XY<=0;YAAAZ-XZ<=0;YAAAA-  
XAA<=0;YAAAB-XAB<=0;YAAAC-XAC<=0;YAAAD-XAD<=0;YAAAE-  
XAE<=0;YAAAF-XAF<=0;YAAAG-XAG<=0;YAAAH-XAH<=0;YAAAI-  
XAI<=0;YAAAJ-XAJ<=0;YAAAK-XAK<=0;YABA-XA<=0;YABB-XB<=0;YABC-  
XC<=0;YABD-XD<=0;YABE-XE<=0;YABF-XF<=0;YABG-XG<=0;YABH-  
XH<=0;YABI-XI<=0;YABJ-XJ<=0;YABK-XK<=0;YABL-XL<=0;YABM-  
XM<=0;YABN-XN<=0;YABAL-XAL<=0;YABO-XO<=0;YABP-XP<=0;YABQ-  
XQ<=0;YABR-XR<=0;YABS-XS<=0;YABT-XT<=0;YABU-XU<=0;YABV-  
XV<=0;YABW-XW<=0;YABX-XX<=0;YABY-XY<=0;YABZ-XZ<=0;YABAA-  
XAA<=0;YABAB-XAB<=0;YABAC-XAC<=0;YABAD-XAD<=0;YABAE-  
XAE<=0;YABAF-XAF<=0;YABAG-XAG<=0;YABAH-XAH<=0;YABAI-  
XAI<=0;YABAJ-XAJ<=0;YABAK-XAK<=0;YACA-XA<=0;YACB-XB<=0;YACC-  
XC<=0;YACD-XD<=0;YACE-XE<=0;YACF-XF<=0;YACG-XG<=0;YACH-  
XH<=0;YACI-XI<=0;YACJ-XJ<=0;YACK-XK<=0;YACL-XL<=0;YACM-  
XM<=0;YACN-XN<=0;YACAL-XAL<=0;YACO-XO<=0;YACP-XP<=0;YACQ-



XAL<=0;YAI0-X0<=0;YAIP-XP<=0;YAIQ-XQ<=0;YAIR-XR<=0;YAIS-XS<=0;YAIT-XT<=0;YAIU-XU<=0;YAIV-XV<=0;YAIW-XW<=0;YAIX-XX<=0;YAIY-XY<=0;YAIZ-XZ<=0;YAI00-XAA<=0;YAI0B-XAB<=0;YAI0C-XAC<=0;YAI0D-XAD<=0;YAI0E-XAE<=0;YAI0F-XAF<=0;YAI0G-XAG<=0;YAI0H-XAH<=0;YAI0I-XAI<=0;YAI0J-XAJ<=0;YAI0K-XAK<=0;YAJA-XA<=0;YAJB-XB<=0;YAJC-XC<=0;YAJD-XD<=0;YAJE-XE<=0;YAJF-XF<=0;YAJG-XG<=0;YAJH-XH<=0;YAJI-XI<=0;YAJJ-XJ<=0;YAJK-XK<=0;YAJL-XL<=0;YAJM-XM<=0;YAJN-XN<=0;YAJAL-XAL<=0;YAJ0-X0<=0;YAJP-XP<=0;YAJQ-XQ<=0;YAJR-XR<=0;YAJS-XS<=0;YAJT-XT<=0;YAJU-XU<=0;YAJV-XV<=0;YAJW-XW<=0;YAJX-XX<=0;YAJY-XY<=0;YAJZ-XZ<=0;YAJAA-XAA<=0;YAJAB-XAB<=0;YAJAC-XAC<=0;YAJAD-XAD<=0;YAJAE-XAE<=0;YAJAF-XAF<=0;YAJAG-XAG<=0;YAJAH-XAH<=0;YAJAI-XAI<=0;YAJAJ-XAJ<=0;YAJAK-XAK<=0;YAKA-XA<=0;YAKB-XB<=0;YAKC-XC<=0;YAKD-XD<=0;YAKE-XE<=0;YAKF-XF<=0;YAKG-XG<=0;YAKH-XH<=0;YAKI-XI<=0;YAKJ-XJ<=0;YAKK-XK<=0;YAKL-XL<=0;YAKM-XM<=0;YAKN-XN<=0;YAKAL-XAL<=0;YAK0-X0<=0;YAKP-XP<=0;YAKQ-XQ<=0;YAKR-XR<=0;YAKS-XS<=0;YAKT-XT<=0;YAKU-XU<=0;YAKV-XV<=0;YAKW-XW<=0;YAKX-XX<=0;YAKY-XY<=0;YAKZ-XZ<=0;YAKAA-XAA<=0;YAKAB-XAB<=0;YAKAC-XAC<=0;YAKAD-XAD<=0;YAKAE-XAE<=0;YAKAF-XAF<=0;YAKAG-XAG<=0;YAKAH-XAH<=0;YAKAI-XAI<=0;YAKAJ-XAJ<=0;YAKAK-XAK<=0;XA+XB+XC+XD+XE+XF+XG+XH+XI+XJ+XK+XL+XM+XN+XAL+XO+XP+XQ+XR+XS+XT+XU+XV+XW+XX+XY+XZ+XAA+XAB+XAC+XAD+XAE+XAF+XAG+XAH+XAI+XAJ+XAK=4;

@BIN(YAA);@BIN(YAB);@BIN(YAC);@BIN(YAD);@BIN(YAE);@BIN(YAF);@BIN(YAG);@BIN(YAH);@BIN(YAI);@BIN(YAJ);@BIN(YAK);@BIN(YAL);@BIN(YAM);@BIN(YAN);@BIN(YAAL);@BIN(YAO);@BIN(YAP);@BIN(YAQ);@BIN(YAR);@BIN(YAS);@BIN(YAT);@BIN(YAU);@BIN(YAV);@BIN(YAW);@BIN(YAX);@BIN(YAY);@BIN(YAZ);@BIN(YAAA);@BIN(YAAB);@BIN(YAAC);@BIN(YAAD);@BIN(YAAE);@BIN(YAAF);@BIN(YAAG);@BIN(YAAH);@BIN(YAAI);@BIN(YAAJ);@BIN(YAAK);@BIN(YABA);@BIN(YBB);@BIN(YBC);@BIN(YBD);@BIN(YBE);@BIN(YBF);@BIN(YBG);@BIN(YBH);@BIN(YBI);@BIN(YBJ);@BIN(YBK);@BIN(YBL);@BIN(YBM);@BIN(YBN);@BIN(YBAL);@BIN(YBO);@BIN(YBP);@BIN(YBQ);@BIN(YBR);@BIN(YBS);@BIN(YBT);@BIN(YBU);@BIN(YBV);@BIN(YBW);@BIN(YBX);@BIN(YBY);@BIN(YBZ);@BIN(YBAA);@BIN(YBAB);@BIN(YBAC);@BIN(YBAD);@BIN(YBAE);@BIN(YBAF);@BIN(YBAG);@BIN(YBAH);@BIN(YBAI);@BIN(YBAJ);@BIN(YBAK);@BIN(YCA);@BIN(YCB);@BIN(YCC);@BIN(YCD);@BIN(YCE);@BIN(YCF);@BIN(YCG);@BIN(YCH);@BIN(YCI);@BIN(YCJ);@BIN(YCK);@BIN(YCL);@BIN(YCM);@BIN(YCN);@BIN(YCAL);@BIN(YCO);@BIN(YCP);@BIN(YCQ);@BIN(YCR);@BIN(YCS);@BIN(YCT);@BIN(YCU);@BIN(YCV);@BIN(YCW);@BIN(YCX);@BIN(YCY);@BIN(YCZ);@BIN(YCAA);@BIN(YCAB);@BIN(YCAC);@BIN(YCAD);@BIN(YCAE);@BIN(YCAF);@BIN(YCAG);@BIN(YCAH);@BIN(YCAI);@BIN(YCAJ);@BIN(YCAK);@BIN(YDA);@BIN(YDB);@BIN(YDC);@BIN(YDD);@BIN(YDE);@BIN(YDF);@BIN(YDG);@BIN(YDH);@BIN(YDI);@BIN(YDJ);@BIN(YDK);@BIN(YDL);@BIN(YDM);@BIN(YDN);@BIN(YDAL);@BIN(YDO);@BIN(YDP);@BIN(YDQ);@BIN(YDR);@BIN(YDS);@BIN(YDT);@BIN(YDU);@BIN(YDV);@BIN(YDW);@BIN(YDX);@BIN(YDY);@BIN(YDZ);@BIN(YDAA);@BIN(YDAB);@BIN(YDAC);@BIN(YDAD);@BIN(YDAE);@BIN(YDAF);@BIN(YDAG);@BIN(YDAH);@BIN

(YDAI);@BIN(YDAJ);@BIN(YDAK);@BIN(YEA);@BIN(YEB);@BIN(YEC);@BIN(YED);@BIN(YEE);@BIN(YEF);@BIN(YEG);@BIN(YEH);@BIN(YEI);@BIN(YEJ);@BIN(YEK);@BIN(YEL);@BIN(YEM);@BIN(YEN);@BIN(YEAL);@BIN(YEO);@BIN(YEP);@BIN(YEQ);@BIN(YER);@BIN(YES);@BIN(YET);@BIN(YEU);@BIN(YEV);@BIN(YEW);@BIN(YEX);@BIN(YEY);@BIN(YEZ);@BIN(YEAA);@BIN(YEAB);@BIN(YEAC);@BIN(YEAD);@BIN(YEAE);@BIN(YEAF);@BIN(YEAG);@BIN(YEAH);@BIN(YEAI);@BIN(YEAJ);@BIN(YEAK);@BIN(YFA);@BIN(YFB);@BIN(YFC);@BIN(YFD);@BIN(YFE);@BIN(YFF);@BIN(YFG);@BIN(YFH);@BIN(YFI);@BIN(YFJ);@BIN(YFK);@BIN(YFL);@BIN(YFM);@BIN(YFN);@BIN(YFAL);@BIN(YFO);@BIN(YFP);@BIN(YFQ);@BIN(YFR);@BIN(YFS);@BIN(YFT);@BIN(YFU);@BIN(YFV);@BIN(YFW);@BIN(YFX);@BIN(YFY);@BIN(YFZ);@BIN(YFAA);@BIN(YFAB);@BIN(YFAC);@BIN(YFAD);@BIN(YFAE);@BIN(YFAF);@BIN(YFAG);@BIN(YFAH);@BIN(YFAI);@BIN(YFAJ);@BIN(YFAK);@BIN(YGA);@BIN(YGB);@BIN(YGC);@BIN(YGD);@BIN(YGE);@BIN(YGF);@BIN(YGG);@BIN(YGH);@BIN(YGI);@BIN(YGJ);@BIN(YGK);@BIN(YGL);@BIN(YGM);@BIN(YGN);@BIN(YGAL);@BIN(YGO);@BIN(YGP);@BIN(YGQ);@BIN(YGR);@BIN(YGS);@BIN(YGT);@BIN(YGU);@BIN(YGV);@BIN(YGW);@BIN(YGX);@BIN(YGY);@BIN(YGZ);@BIN(YGAA);@BIN(YGAB);@BIN(YGAC);@BIN(YGAD);@BIN(YGAE);@BIN(YGAF);@BIN(YGAG);@BIN(YGAH);@BIN(YGAI);@BIN(YGAJ);@BIN(YGAK);@BIN(YHA);@BIN(YHB);@BIN(YHC);@BIN(YHD);@BIN(YHE);@BIN(YHF);@BIN(YHG);@BIN(YHH);@BIN(YHI);@BIN(YHJ);@BIN(YHK);@BIN(YHL);@BIN(YHM);@BIN(YHN);@BIN(YHAL);@BIN(YHO);@BIN(YHP);@BIN(YHQ);@BIN(YHR);@BIN(YHS);@BIN(YHT);@BIN(YHU);@BIN(YHV);@BIN(YHW);@BIN(YHX);@BIN(YHY);@BIN(YHZ);@BIN(YHAA);@BIN(YHAB);@BIN(YHAC);@BIN(YHAD);@BIN(YHAE);@BIN(YHAF);@BIN(YHAG);@BIN(YHAH);@BIN(YHAI);@BIN(YHAJ);@BIN(YHAK);@BIN(YIA);@BIN(YIB);@BIN(YIC);@BIN(YID);@BIN(YIE);@BIN(YIF);@BIN(YIG);@BIN(YIH);@BIN(YII);@BIN(YIJ);@BIN(YIK);@BIN(YIL);@BIN(YIM);@BIN(YIN);@BIN(YIAL);@BIN(YIO);@BIN(YIP);@BIN(YIQ);@BIN(YIR);@BIN(YIS);@BIN(YIT);@BIN(YIU);@BIN(YIV);@BIN(YIW);@BIN(YIX);@BIN(YIY);@BIN(YIZ);@BIN(YIAA);@BIN(YIAB);@BIN(YIAC);@BIN(YIAD);@BIN(YIAE);@BIN(YIAF);@BIN(YIAG);@BIN(YIAH);@BIN(YIAI);@BIN(YIAJ);@BIN(YIAK);@BIN(YJA);@BIN(YJB);@BIN(YJC);@BIN(YJD);@BIN(YJE);@BIN(YJF);@BIN(YJG);@BIN(YJH);@BIN(YJI);@BIN(YJJ);@BIN(YJK);@BIN(YJL);@BIN(YJM);@BIN(YJN);@BIN(YJAL);@BIN(YJO);@BIN(YJP);@BIN(YJQ);@BIN(YJR);@BIN(YJS);@BIN(YJT);@BIN(YJU);@BIN(YJV);@BIN(YJW);@BIN(YJX);@BIN(YJY);@BIN(YJZ);@BIN(YJAA);@BIN(YJAB);@BIN(YJAC);@BIN(YJAD);@BIN(YJAE);@BIN(YJAF);@BIN(YJAG);@BIN(YJAH);@BIN(YJAI);@BIN(YJAJ);@BIN(YJAK);@BIN(YKA);@BIN(YKB);@BIN(YKC);@BIN(YKD);@BIN(YKE);@BIN(YKF);@BIN(YKG);@BIN(YKH);@BIN(YKI);@BIN(YKJ);@BIN(YKK);@BIN(YKL);@BIN(YKM);@BIN(YKN);@BIN(YKAL);@BIN(YKO);@BIN(YKLP);@BIN(YKQ);@BIN(YKR);@BIN(YKS);@BIN(YKT);@BIN(YKU);@BIN(YKV);@BIN(YKW);@BIN(YKX);@BIN(YKY);@BIN(YKZ);@BIN(YKAA);@BIN(YKAB);@BIN(YKAC);@BIN(YKAD);@BIN(YKAE);@BIN(YKAF);@BIN(YKAG);@BIN(YKAH);@BIN(YKAI);@BIN(YKAJ);@BIN(YKAK);@BIN(YLA);@BIN(YLB);@BIN(YLC);@BIN(YLD);@BIN(YLE);@BIN(YLF);@BIN(YLG);@BIN(YLH);@BIN(YLI);@BIN(YLJ);@BIN(YLK);@BIN(YLL);@BIN(YLM);@BIN(YLN);@BIN(YLAL);@BIN(YLO);@BIN(YLP);@BIN(YLQ);@BIN(YLR);@BIN(YLS);@BIN(YLT);@BIN(YLU);@BIN(YLV);@BIN(YLW);@BIN(YLX);@BIN(YLY);@BIN(YLZ);@BIN(YLAA);@BIN(YLAB);@B

IN(YLAC);@BIN(YLAD);@BIN(YLAE);@BIN(YLAF);@BIN(YLAG);@BIN(YLAH);@  
BIN(YLAI);@BIN(YLAJ);@BIN(YLAK);@BIN(YMA);@BIN(YMB);@BIN(YMC);@BI  
N(YMD);@BIN(YME);@BIN(YMF);@BIN(YMG);@BIN(YMH);@BIN(YMI);@BIN(Y  
MJ);@BIN(YMK);@BIN(YML);@BIN(YMM);@BIN(YMN);@BIN(YMAL);@BIN(YM  
O);@BIN(YMP);@BIN(YMQ);@BIN(YMR);@BIN(YMS);@BIN(YMT);@BIN(YMU);  
@BIN(YMV);@BIN(YMW);@BIN(YMX);@BIN(YMY);@BIN(YMZ);@BIN(YMAA);@  
BIN(YMAB);@BIN(YMAC);@BIN(YMAD);@BIN(YMAE);@BIN(YMAF);@BIN(YMA  
G);@BIN(YMAH);@BIN(YMAI);@BIN(YMAJ);@BIN(YMAK);@BIN(YNA);@BIN(Y  
NB);@BIN(YNC);@BIN(YND);@BIN(YNE);@BIN(YNF);@BIN(YNG);@BIN(YNH);  
@BIN(YNI);@BIN(YNJ);@BIN(YNK);@BIN(YNL);@BIN(YNM);@BIN(YNN);@BIN(  
YNAL);@BIN(YNO);@BIN(YNP);@BIN(YNQ);@BIN(YNR);@BIN(YNS);@BIN(YN  
T);@BIN(YNU);@BIN(YNV);@BIN(YNW);@BIN(YNX);@BIN(YNY);@BIN(YNZ);@  
BIN(YNAA);@BIN(YNAB);@BIN(YNAC);@BIN(YNAD);@BIN(YNAE);@BIN(YNAF  
);@BIN(YNAG);@BIN(YNAH);@BIN(YNAI);@BIN(YNAJ);@BIN(YNAK);@BIN(YA  
LA);@BIN(YALB);@BIN(YALC);@BIN(YALD);@BIN(YALE);@BIN(YALF);@BIN(Y  
ALG);@BIN(YALH);@BIN(YALI);@BIN(YALJ);@BIN(YALK);@BIN(YALL);@BIN(Y  
ALM);@BIN(YALN);@BIN(YALAL);@BIN(YALO);@BIN(YALP);@BIN(YALQ);@BI  
N(YALR);@BIN(YALS);@BIN(YALT);@BIN(YALU);@BIN(YALV);@BIN(YALW);@  
BIN(YALX);@BIN(YALY);@BIN(YALZ);@BIN(YALAA);@BIN(YALAB);@BIN(YALA  
C);@BIN(YALAD);@BIN(YALAE);@BIN(YALAF);@BIN(YALAG);@BIN(YALAH);@  
BIN(YALAI);@BIN(YALAJ);@BIN(YALAK);@BIN(YOA);@BIN(YOB);@BIN(YOC);  
@BIN(YOD);@BIN(YOE);@BIN(YOF);@BIN(YOG);@BIN(YOH);@BIN(YOI);@BI  
N(YOJ);@BIN(YOK);@BIN(YOL);@BIN(YOM);@BIN(YON);@BIN(YOAL);@BIN(Y  
OO);@BIN(YOP);@BIN(YOQ);@BIN(YOR);@BIN(YOS);@BIN(YOT);@BIN(YOU);  
@BIN(YOV);@BIN(YOW);@BIN(YOX);@BIN(YOY);@BIN(YOZ);@BIN(YOAA);@  
BIN(YOAB);@BIN(YOAC);@BIN(YOAD);@BIN(YOAE);@BIN(YOAF);@BIN(YOA  
G);@BIN(YOAH);@BIN(YOAI);@BIN(YOAJ);@BIN(YOAK);@BIN(YPA);@BIN(YP  
B);@BIN(YPC);@BIN(YPD);@BIN(YPE);@BIN(YPF);@BIN(YPG);@BIN(YPH);@  
BIN(YPI);@BIN(YPJ);@BIN(YPK);@BIN(YPL);@BIN(YPM);@BIN(YPN);@BIN(YP  
AL);@BIN(YPO);@BIN(YPP);@BIN(YPQ);@BIN(YPR);@BIN(YPS);@BIN(YPT);  
@BIN(YPU);@BIN(YPV);@BIN(YPW);@BIN(YPX);@BIN(YPY);@BIN(YPZ);@BIN  
(YPAA);@BIN(YPAB);@BIN(YPAC);@BIN(YPAD);@BIN(YPAE);@BIN(YPAF);@  
BIN(YPAG);@BIN(YPAH);@BIN(YPAI);@BIN(YPAJ);@BIN(YPAK);@BIN(YQA);  
@BIN(YQB);@BIN(YQC);@BIN(YQD);@BIN(YQE);@BIN(YQF);@BIN(YQG);@BI  
N(YQH);@BIN(YQI);@BIN(YQJ);@BIN(YQK);@BIN(YQL);@BIN(YQM);@BIN(YQ  
N);@BIN(YQAL);@BIN(YQO);@BIN(YQP);@BIN(YQQ);@BIN(YQR);@BIN(YQS);  
@BIN(YQT);@BIN(YQU);@BIN(YQV);@BIN(YQW);@BIN(YQX);@BIN(YQY);@BI  
N(YQZ);@BIN(YQAA);@BIN(YQAB);@BIN(YQAC);@BIN(YQAD);@BIN(YQAE);  
@BIN(YQAF);@BIN(YQAG);@BIN(YQAH);@BIN(YQAI);@BIN(YQAJ);@BIN(YQA  
K);@BIN(YRA);@BIN(YRB);@BIN(YRC);@BIN(YRD);@BIN(YRE);@BIN(YRF);@  
BIN(YRG);@BIN(YRH);@BIN(YRI);@BIN(YRJ);@BIN(YRK);@BIN(YRL);@BIN(Y  
RM);@BIN(YRN);@BIN(YRAL);@BIN(YRO);@BIN(YRP);@BIN(YRQ);@BIN(YRR  
);@BIN(YRS);@BIN(YRT);@BIN(YRU);@BIN(YRV);@BIN(YRW);@BIN(YRX);@B  
IN(YRY);@BIN(YRZ);@BIN(YRAA);@BIN(YRAB);@BIN(YRAC);@BIN(YRAD);@  
BIN(YRAE);@BIN(YRAF);@BIN(YRAG);@BIN(YRAH);@BIN(YRAI);@BIN(YRAJ);  
@BIN(YRAK);@BIN(YSA);@BIN(YSB);@BIN(YSC);@BIN(YSD);@BIN(YSE);@BI  
N(YSF);@BIN(YSG);@BIN(YSH);@BIN(YSI);@BIN(YSJ);@BIN(YSK);@BIN(YSL)

;@BIN(YSM);@BIN(YSN);@BIN(YSAL);@BIN(YSO);@BIN(YSP);@BIN(YSQ);@BIN(YSR);@BIN(YSS);@BIN(YST);@BIN(YSU);@BIN(YSV);@BIN(YSW);@BIN(YSX);@BIN(YSY);@BIN(YSZ);@BIN(YSAA);@BIN(YSAB);@BIN(YSAC);@BIN(YSAD);@BIN(YSAE);@BIN(YSAF);@BIN(YSAG);@BIN(YSAH);@BIN(YSAI);@BIN(YSAJ);@BIN(YSAK);@BIN(YTA);@BIN(YTB);@BIN(YTC);@BIN(YTD);@BIN(YTE);@BIN(YTF);@BIN(YTG);@BIN(YTH);@BIN(YTI);@BIN(YTJ);@BIN(YTK);@BIN(YTL);@BIN(YTM);@BIN(YTN);@BIN(YTAL);@BIN(YTO);@BIN(YTP);@BIN(YTQ);@BIN(YTR);@BIN(YTS);@BIN(YTT);@BIN(YTU);@BIN(YTV);@BIN(YTW);@BIN(YTX);@BIN(YTY);@BIN(YTZ);@BIN(YTAA);@BIN(YTAB);@BIN(YTAC);@BIN(YTAD);@BIN(YTAE);@BIN(YTAF);@BIN(YTAG);@BIN(YTAH);@BIN(YTAI);@BIN(YTAJ);@BIN(YTAK);@BIN(YUA);@BIN(YUB);@BIN(YUC);@BIN(YUD);@BIN(YUE);@BIN(YUF);@BIN(YUG);@BIN(YUH);@BIN(YUI);@BIN(YUJ);@BIN(YUK);@BIN(YUL);@BIN(YUM);@BIN(YUN);@BIN(YUAL);@BIN(YUO);@BIN(YUP);@BIN(YUQ);@BIN(YUR);@BIN(YUS);@BIN(YUT);@BIN(YUU);@BIN(YUV);@BIN(YUW);@BIN(YUX);@BIN(YUY);@BIN(YUZ);@BIN(YUAA);@BIN(YUAB);@BIN(YUAC);@BIN(YUAD);@BIN(YUAE);@BIN(YUAF);@BIN(YUAG);@BIN(YUAH);@BIN(YUAI);@BIN(YUAJ);@BIN(YUAK);@BIN(YVA);@BIN(YVB);@BIN(YVC);@BIN(YVD);@BIN(YVE);@BIN(YVF);@BIN(YVG);@BIN(YVH);@BIN(YVI);@BIN(YVJ);@BIN(YVK);@BIN(YVL);@BIN(YVM);@BIN(YVN);@BIN(YVAL);@BIN(YVO);@BIN(YVP);@BIN(YVQ);@BIN(YVR);@BIN(YVS);@BIN(YVT);@BIN(YVU);@BIN(YVV);@BIN(YVW);@BIN(YVX);@BIN(YVY);@BIN(YVZ);@BIN(YVAA);@BIN(YVAB);@BIN(YVAC);@BIN(YVAD);@BIN(YVAE);@BIN(YVAF);@BIN(YVAG);@BIN(YVAH);@BIN(YVAI);@BIN(YVAJ);@BIN(YVAK);@BIN(YWA);@BIN(YWB);@BIN(YWC);@BIN(YWD);@BIN(YWE);@BIN(YWF);@BIN(YWG);@BIN(YWH);@BIN(YWI);@BIN(YWJ);@BIN(YWK);@BIN(YWL);@BIN(YWM);@BIN(YWN);@BIN(YWAL);@BIN(YWO);@BIN(YWP);@BIN(YWQ);@BIN(YWR);@BIN(YWS);@BIN(YWT);@BIN(YWU);@BIN(YWV);@BIN(YWW);@BIN(YWX);@BIN(YWY);@BIN(YWZ);@BIN(YWAA);@BIN(YWAB);@BIN(YWAC);@BIN(YWAD);@BIN(YWAE);@BIN(YWAF);@BIN(YWAG);@BIN(YWAH);@BIN(YWAI);@BIN(YWAJ);@BIN(YWAK);@BIN(YXA);@BIN(YXB);@BIN(YXC);@BIN(YXD);@BIN(YXE);@BIN(YXF);@BIN(YXG);@BIN(YXH);@BIN(YXI);@BIN(YXJ);@BIN(YXK);@BIN(YXL);@BIN(YXM);@BIN(YXN);@BIN(YXAL);@BIN(YXO);@BIN(YXP);@BIN(YXQ);@BIN(YXR);@BIN(YXS);@BIN(YXT);@BIN(YXU);@BIN(YXV);@BIN(YXW);@BIN(YXX);@BIN(YXY);@BIN(YXZ);@BIN(YXAA);@BIN(YXAB);@BIN(YXAC);@BIN(YXAD);@BIN(YXAE);@BIN(YXAF);@BIN(YXAG);@BIN(YXAH);@BIN(YXAI);@BIN(YXAJ);@BIN(YXAK);@BIN(YYA);@BIN(YYB);@BIN(YYC);@BIN(YYD);@BIN(YYE);@BIN(YYF);@BIN(YYG);@BIN(YYH);@BIN(YYI);@BIN(YYJ);@BIN(YYK);@BIN(YYL);@BIN(YYM);@BIN(YYN);@BIN(YYAL);@BIN(YYO);@BIN(YYP);@BIN(YYQ);@BIN(YYR);@BIN(YYS);@BIN(YYT);@BIN(YYU);@BIN(YYV);@BIN(YYW);@BIN(YYX);@BIN(YYY);@BIN(YYZ);@BIN(YYAA);@BIN(YYAB);@BIN(YYAC);@BIN(YYAD);@BIN(YYAE);@BIN(YYAF);@BIN(YYAG);@BIN(YYAH);@BIN(YYAI);@BIN(YYAJ);@BIN(YYAK);@BIN(YZA);@BIN(YZB);@BIN(YZC);@BIN(YZD);@BIN(YZE);@BIN(YZF);@BIN(YZG);@BIN(YZH);@BIN(YZI);@BIN(YZJ);@BIN(YZK);@BIN(YZL);@BIN(YZM);@BIN(YZN);@BIN(YZAL);@BIN(YZO);@BIN(YZP);@BIN(YZQ);@BIN(YZR);@BIN(YZS);@BIN(YZT);@BIN(YZU);@BIN(YZV);@BIN(YZW);@BIN(YZX);@BIN(YZY);@BIN(YZZ);@BIN(YZAA);@BIN(YZAB);@BIN(YZAC);@BIN(YZAD);@BIN(YZAE);@BIN(YZAF);@BIN(YZAG);@BIN(YZAH);@BIN(YZAI);@BIN(YZAJ);@BIN(YZAK)

);@BIN(YAAA);@BIN(YAAB);@BIN(YAAC);@BIN(YAAD);@BIN(YAAE);@BIN(YA  
AF);@BIN(YAAG);@BIN(YAAH);@BIN(YAAI);@BIN(YAAJ);@BIN(YAAK);@BIN(Y  
AAL);@BIN(YAAM);@BIN(YAAN);@BIN(YAAAL);@BIN(YAAO);@BIN(YAAP);@B  
IN(YAAQ);@BIN(YAAR);@BIN(YAAS);@BIN(YAAT);@BIN(YAAU);@BIN(YAAV);  
@BIN(YAAW);@BIN(YAAX);@BIN(YAAY);@BIN(YAAZ);@BIN(YAAAA);@BIN(YA  
AAB);@BIN(YAAAC);@BIN(YAAAD);@BIN(YAAAE);@BIN(YAAAF);@BIN(YAAA  
G);@BIN(YAAAH);@BIN(YAAAI);@BIN(YAAAJ);@BIN(YAAAK);@BIN(YABA);@B  
IN(YABB);@BIN(YABC);@BIN(YABD);@BIN(YABE);@BIN(YABF);@BIN(YABG);  
@BIN(YABH);@BIN(YABI);@BIN(YABJ);@BIN(YABK);@BIN(YABL);@BIN(YABM  
);@BIN(YABN);@BIN(YABAL);@BIN(YABO);@BIN(YABP);@BIN(YABQ);@BIN(Y  
ABR);@BIN(YABS);@BIN(YABT);@BIN(YABU);@BIN(YABV);@BIN(YABW);@BI  
N(YABX);@BIN(YABY);@BIN(YABZ);@BIN(YABAA);@BIN(YABAB);@BIN(YABA  
C);@BIN(YABAD);@BIN(YABAE);@BIN(YABAF);@BIN(YABAG);@BIN(YABAH);  
@BIN(YABAI);@BIN(YABAJ);@BIN(YABAK);@BIN(YACA);@BIN(YACB);@BIN(Y  
ACC);@BIN(YACD);@BIN(YACE);@BIN(YACF);@BIN(YACG);@BIN(YACH);@BI  
N(YACI);@BIN(YACJ);@BIN(YACK);@BIN(YACL);@BIN(YACM);@BIN(YACN);@  
BIN(YACAL);@BIN(YACO);@BIN(YACP);@BIN(YACQ);@BIN(YACR);@BIN(YAC  
S);@BIN(YACT);@BIN(YACU);@BIN(YACV);@BIN(YACW);@BIN(YACX);@BIN(  
YACY);@BIN(YACZ);@BIN(YACAA);@BIN(YACAB);@BIN(YACAC);@BIN(YACA  
D);@BIN(YACAE);@BIN(YACAF);@BIN(YACAG);@BIN(YACAH);@BIN(YACAI);  
@BIN(YACAJ);@BIN(YACAK);@BIN(YADA);@BIN(YADB);@BIN(YADC);@BIN(Y  
ADD);@BIN(YADE);@BIN(YADF);@BIN(YADG);@BIN(YADH);@BIN(YADI);@BI  
N(YADJ);@BIN(YADK);@BIN(YADL);@BIN(YADM);@BIN(YADN);@BIN(YADAL);  
@BIN(YADO);@BIN(YADP);@BIN(YADQ);@BIN(YADR);@BIN(YADS);@BIN(YA  
DT);@BIN(YADU);@BIN(YADV);@BIN(YADW);@BIN(YADX);@BIN(YADY);@BIN  
(YADZ);@BIN(YADAA);@BIN(YADAB);@BIN(YADAC);@BIN(YADAD);@BIN(YA  
DAE);@BIN(YADAF);@BIN(YADAG);@BIN(YADAH);@BIN(YADAI);@BIN(YADAJ  
);@BIN(YADAK);@BIN(YAEA);@BIN(YAEB);@BIN(YAEC);@BIN(YAED);@BIN(Y  
AEE);@BIN(YAEF);@BIN(YAEG);@BIN(YAEH);@BIN(YAEI);@BIN(YAEJ);@BIN  
(YAEK);@BIN(YAEL);@BIN(YAEM);@BIN(YAEN);@BIN(YAEAL);@BIN(YAEO);@  
BIN(YAEP);@BIN(YAEQ);@BIN(YAER);@BIN(YAES);@BIN(YAET);@BIN(YAEU)  
;@BIN(YAEV);@BIN(YAEW);@BIN(YAEX);@BIN(YAEY);@BIN(YAEZ);@BIN(YA  
EAA);@BIN(YAEAB);@BIN(YAEAC);@BIN(YAEAD);@BIN(YAEAE);@BIN(YAEA  
F);@BIN(YAEAG);@BIN(YAEAH);@BIN(YAEAI);@BIN(YAEAJ);@BIN(YAEAK);@  
BIN(YAFA);@BIN(YAFB);@BIN(YAFC);@BIN(YAFD);@BIN(YAFE);@BIN(YAFF);  
@BIN(YAFG);@BIN(YAFH);@BIN(YAFI);@BIN(YAFJ);@BIN(YAFK);@BIN(YAFL)  
;@BIN(YAFM);@BIN(YAFN);@BIN(YAFAL);@BIN(YAFO);@BIN(YAFP);@BIN(YA  
FQ);@BIN(YAFR);@BIN(YAFS);@BIN(YAFT);@BIN(YAFU);@BIN(YAFV);@BIN(  
YAFW);@BIN(YAFX);@BIN(YAFY);@BIN(YAFZ);@BIN(YAFAA);@BIN(YAFAB);  
@BIN(YAFAC);@BIN(YAFAD);@BIN(YAFAE);@BIN(YAFAF);@BIN(YAFAG);@BI  
N(YAFAH);@BIN(YAFAI);@BIN(YAFAJ);@BIN(YAFAK);@BIN(YAGA);@BIN(YAG  
B);@BIN(YAGC);@BIN(YAGD);@BIN(YAGE);@BIN(YAGF);@BIN(YAGG);@BIN(  
YAGH);@BIN(YAGI);@BIN(YAGJ);@BIN(YAGK);@BIN(YAGL);@BIN(YAGM);@B  
IN(YAGN);@BIN(YAGAL);@BIN(YAGO);@BIN(YAGP);@BIN(YAGQ);@BIN(YAG  
R);@BIN(YAGS);@BIN(YAGT);@BIN(YAGU);@BIN(YAGV);@BIN(YAGW);@BIN(  
YAGX);@BIN(YAGY);@BIN(YAGZ);@BIN(YAGAA);@BIN(YAGAB);@BIN(YAGA  
C);@BIN(YAGAD);@BIN(YAGAE);@BIN(YAGAF);@BIN(YAGAG);@BIN(YAGAH)

;@BIN(YAGAI);@BIN(YAGAJ);@BIN(YAGAK);@BIN(YAHA);@BIN(YAHB);@BIN(YAHC);@BIN(YAHD);@BIN(YAHE);@BIN(YAHF);@BIN(YAHG);@BIN(YAHH);@BIN(YAHI);@BIN(YAHJ);@BIN(YAHK);@BIN(YAHL);@BIN(YAHM);@BIN(YAHN);@BIN(YAHAL);@BIN(YAHO);@BIN(YAHP);@BIN(YAHQ);@BIN(YAHR);@BIN(YAHS);@BIN(YAHT);@BIN(YAHU);@BIN(YAHV);@BIN(YAHW);@BIN(YAHX);@BIN(YAHY);@BIN(YAHZ);@BIN(YAHAA);@BIN(YAHAB);@BIN(YAHAC);@BIN(YAHAD);@BIN(YAHAE);@BIN(YAHAF);@BIN(YAHAG);@BIN(YAHAH);@BIN(YAHA I);@BIN(YAHAJ);@BIN(YAHAK);@BIN(YAIA);@BIN(YAIB);@BIN(YAIC);@BIN(YAID);@BIN(YAIE);@BIN(YAIF);@BIN(YAIG);@BIN(YAIH);@BIN(YAII);@BIN(YAIJ);@BIN(YAIK);@BIN(YAIL);@BIN(YAIM);@BIN(YAIN);@BIN(YAIAL);@BIN(YAIO);@BIN(YAIP);@BIN(YAIQ);@BIN(YAIR);@BIN(YAIS);@BIN(YAIT);@BIN(YAIU);@BIN(YAIV);@BIN(YAIW);@BIN(YAIX);@BIN(YAIY);@BIN(YAIZ);@BIN(YAIAA);@BIN(YAIA B);@BIN(YAIA C);@BIN(YAIA D);@BIN(YAIA E);@BIN(YAIA F);@BIN(YAIA G);@BIN(YAIA H);@BIN(YAIA I);@BIN(YAIA J);@BIN(YAIA K);@BIN(YAJA);@BIN(YAJB);@BIN(YAJC);@BIN(YAJD);@BIN(YAJE);@BIN(YAJF);@BIN(YAJG);@BIN(YAJH);@BIN(YAJI);@BIN(YAJJ);@BIN(YAJK);@BIN(YAJL);@BIN(YAJM);@BIN(YAJN);@BIN(YAJAL);@BIN(YAJO);@BIN(YAJP);@BIN(YAJQ);@BIN(YAJR);@BIN(YAJS);@BIN(YAJT);@BIN(YAJU);@BIN(YAJV);@BIN(YAJW);@BIN(YAJX);@BIN(YAJY);@BIN(YAJZ);@BIN(YAJAA);@BIN(YAJAB);@BIN(YAJAC);@BIN(YAJAD);@BIN(YAJAE);@BIN(YAJAF);@BIN(YAJAG);@BIN(YAJAH);@BIN(YAJAI);@BIN(YAJAJ);@BIN(YAJAK);@BIN(YAKA);@BIN(YAKB);@BIN(YAKC);@BIN(YAKD);@BIN(YAKE);@BIN(YAKF);@BIN(YAKG);@BIN(YAKH);@BIN(YAKI);@BIN(YAKJ);@BIN(YAKK);@BIN(YAKL);@BIN(YAKM);@BIN(YAKN);@BIN(YAKAL);@BIN(YAKO);@BIN(YAKP);@BIN(YAKQ);@BIN(YAKR);@BIN(YAKS);@BIN(YAKT);@BIN(YAKU);@BIN(YAKV);@BIN(YAKW);@BIN(YAKX);@BIN(YAKY);@BIN(YAKZ);@BIN(YAKAA);@BIN(YAKAB);@BIN(YAKAC);@BIN(YAKAD);@BIN(YAKAE);@BIN(YAKAF);@BIN(YAKAG);@BIN(YAKAH);@BIN(YAKAI);@BIN(YAKAJ);@BIN(YAKAK);@BIN(XA);@BIN(XB);@BIN(XC);@BIN(XD);@BIN(XE);@BIN(XF);@BIN(XG);@BIN(XH);@BIN(XI);@BIN(XJ);@BIN(XK);@BIN(XL);@BIN(XM);@BIN(XN);@BIN(XAL);@BIN(XO);@BIN(XP);@BIN(XQ);@BIN(XR);@BIN(XS);@BIN(XT);@BIN(XU);@BIN(XV);@BIN(XW);@BIN(XX);@BIN(XY);@BIN(XZ);@BIN(XAA);@BIN(XAB);@BIN(XAC);@BIN(XAD);@BIN(XAE);@BIN(XAF);@BIN(XAG);@BIN(XAH);@BIN(XAI);@BIN(XAJ);@BIN(XAK);