

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

---

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

**“Localización de servicios de las Unidades de Protección Civil para  
optimización de rutas para servicios prehospitalarios en el noreste del  
Distrito Federal”**

TRABAJO RECEPCIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

PRESENTA:

**José Castro Ramírez**

Director del trabajo recepcional

**M. en I. Raúl Soto Peredo**

Ciudad de México, Mazo 2016

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

## Agradecimientos

- A mis padres y hermanos por todo su apoyo durante esta etapa tan importante en mi vida, sin su apoyo, comprensión, motivación y cariño hubiera sido imposible culminar mi formación académica como ingeniero.
- A mi tutor M. en I. Raúl Soto Peredo así como a los sinodales, por su colaboración, orientación, enseñanzas y tiempo dedicado para la revisión de la presente tesis. De igual manera a todos los profesores que fueron parte de formación académica y profesional, sin sus enseñanzas y consejos no sería la persona que ahora soy, no menciono algún nombre de ellos por recelo a omitir alguno, siempre estaré agradecido por sus enseñanzas y consejos brindados durante mi estancia en la UACM.
- Al ing. Aarón García por su asistencia técnica en la instalación del software utilizado en el presente trabajo de tesis
- A Mirna Sánchez Gutiérrez por acompañarme y motivarme durante todo el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- A las autoridades de las Unidades de Protección Civil Delegacional (UPCD) por sus facilidades otorgadas para el acceso a los registros de servicios de atención médica prehospitalaria:
  - UPCD Tláhuac: JUD de capacitación y enlace interinstitucional, C. Diana Paola Méndez Figueroa. Al jefe operativo en atención médica prehospitalaria, TUM-Enfermero Jesús Alfonso Ramos Aguilar
  - UPCD Venustiano Carranza: JUD de operaciones, TUM José Luis Melón Pérez
  - UPCD Azcapotzalco: JUD de operaciones, C. Sergio Loyola Barrera
- A la UACM - Asamblea Legislativa del Distrito federal por otorgarme una beca para el desarrollo de la presente tesis
- A la UACM por concederme la beca para la impresión y empastado de esta tesis, además brindarme la oportunidad de obtener mi formación académica.
- A todos mis amigos académicos por su amistad, compañerismo y por volver inolvidable esta etapa de mi vida.

## **Agradecimientos**

- A mis padres y hermanos por todo su apoyo durante esta etapa tan importante en mi vida, sin su apoyo, comprensión, motivación y cariño hubiera sido imposible culminar mi formación académica como ingeniero.
- A mi tutor M. en I. Raúl Soto Peredo así como a los sinodales, por su colaboración, orientación, enseñanzas y tiempo dedicado para la revisión de la presente tesis. De igual manera a todos los profesores que fueron parte de formación académica y profesional, sin sus enseñanzas y consejos no sería la persona que ahora soy, no menciono algún nombre de ellos por recelo a omitir alguno, siempre estaré agradecido por sus enseñanzas y consejos brindados durante mi estancia en la UACM.
- Al ing. Aarón García por su asistencia técnica en la instalación del software utilizado en el presente trabajo de tesis
- A Mirna Sánchez Gutiérrez por acompañarme y motivarme durante todo el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- A las autoridades de las Unidades de Protección Civil Delegacional (UPCD) por sus facilidades otorgadas para el acceso a los registros de servicios de atención médica prehospitalaria:
  - UPCD Tláhuac: JUD de capacitación y enlace interinstitucional, C. Diana Paola Méndez Figueroa. Al jefe operativo en atención médica prehospitalaria, TUM-Enfermero Jesús Alfonso Ramos Aguilar
  - UPCD Venustiano Carranza: JUD de operaciones, TUM José Luis Melón Pérez
  - UPCD Azcapotzalco: JUD de operaciones, C. Sergio Loyola Barrera
- A la UACM - Asamblea Legislativa del Distrito federal por otorgarme una beca para el desarrollo de la presente tesis
- A todos mis amigos académicos por su amistad, compañerismo y por volver inolvidable esta etapa de mi vida.

## **Dedicatorias**

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, sin ustedes no podría haber concluido esta etapa de mi vida. Si olvidar a mis pequeños sobrinos, que me recuerdan lo frágil, alegre y hermosa que es la vida. Con mención especial para mi hermano Andrés, que fue el motivo principal para la elección y desarrollo del tema de tesis.

A Mirna, por estar conmigo durante todo el tiempo invertido en la elaboración de este proyecto de tesis.

A todos mis profesores, amigos y personas que me otorgaron su apoyo y sugerencias para el desarrollo del presente trabajo, así mismo a todas las personas que brindan los servicios de AMP con responsabilidad, ética y profesionalismo, ya que sin estos servicios no podríamos tener con vida a nuestras personas queridas.

Abreviaturas y Siglas utilizadas en el presente trabajo de investigación:

- AMP; Atención Médica Prehospitalaria
- CAPUFE; Caminos y Puentes Federales
- CCH; Colegio de Ciencias y Humanidades
- CRM; Cruz Roja Mexicana
- CRUM; Centro Regulador de Urgencias Médicas
- GIS; Sistema de Información Geográfica
- IMSS; Instituto Mexicano del Seguro Social
- INAI; Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales
- IPN; Instituto Politécnico Nacional
- ISSSTE; Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores de Estado
- LSPCDF; Ley del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal
- OIP; Oficina de Información Pública
- PEMEX; Petróleos Mexicanos
- SEDENA; Secretaría de la Defensa Nacional
- SEDESA; Secretaría de Salud del Distrito Federal
- SEMAR; Secretaría de Marina
- SSPDF; Secretaria de Seguridad Pública del Distrito Federal
- TUM's; Técnico en Urgencias Médicas
- UNAM; Universidad Nacional Autónoma de México
- UPCD; Unidades de Protección Civil Delegacional

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>v</b>
<b>CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Particulares.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Antecedentes.....	3
<b>CAPÍTULO II. PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Identificación del Problema. ....	8
2.2 Justificación del Problema.....	11
2.3 Delimitación de la zona de estudio. ....	13
<b>CAPÍTULO III. CONTEXTO</b> .....	<b>17</b>
3.1 Localización de servicios de ambulancias. ....	17
3.1.1 Caso Fayetteville (Carolina del Norte), Estados Unidos .....	17
3.1.2 Caso Barcelona, España.....	19
3.1.3 Caso Surakarta, Indonesia.....	20
3.1.4 Caso UNAM, Distrito Federal .....	21
3.2 Atención Médica Prehospitalaria en el Distrito Federal .....	23
3.2.1 Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas .....	23
3.2.2 Cruz Roja Mexicana, CRM. ....	28
3.2.3 Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal.....	30
3.2.4 Centro Regulador de Urgencias Médicas, CRUM.....	32
<b>CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.</b> .....	<b>36</b>
4.1 Conceptos básicos de red.....	36
4.1.1 Modelo de la ruta más corta .....	36
4.1.2 Matriz Origen - Destino (MOD).....	37
4.1.3 Áreas de servicio. ....	38
4.2 Modelos de localización de instalaciones .....	38
4.3 Taxonomía de modelos de localización. ....	39
4.4 Métodos para el análisis de localización de instalaciones .....	41
4.4.1 Algoritmo P-Mediana.....	42
4.4.2 Algoritmo Centro de Gravedad.....	44
4.4.3 Método GIS para localizar múltiples instalaciones.....	44
4.5 Propuesta de modelo de localización. ....	45
4.6 Metodología .....	47
4.6.1 Tratamiento inicial de datos .....	48
4.6.2 Paso 1. Representación espacial de datos .....	50
4.6.3 Paso 2. Aplicación del algoritmo P-Mediana.....	50
4.6.4 Paso 3. Cálculo de tiempos de viaje. ....	51

4.6.5 Paso 4. Asignación de servicios hacia los centroides.....	52
4.6.6 Paso 5. Obtención de nuevos centroides.....	53
4.6.7 Paso 6. Proceso iterativo.....	54
<b>CAPÍTULO V. CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>56</b>
5.1 UPCD Tláhuac.....	59
5.1.1 Servicios Realizados.....	60
5.1.2 Servicios que requirieron traslados.....	62
5.1.3 Coberturas de servicio.....	64
5.2 UPCD Iztapalapa.....	66
5.2.1 Servicios Realizados.....	66
5.2.2 Servicios que requirieron traslados.....	68
5.2.3 Coberturas de servicio.....	70
5.3 UPCD Venustiano Carranza.....	71
5.3.1 Servicios Realizados.....	72
5.3.2 Servicios que requirieron traslados.....	74
5.3.3 Coberturas de servicio.....	75
5.4 UPCD Azcapotzalco.....	76
5.4.1 Servicios Realizados.....	77
5.4.2 Servicios que requirieron traslados.....	79
5.4.3 Coberturas de servicio.....	81
5.5 UPCD Consolidadas.....	82
5.5.1 Servicios Realizados.....	82
5.5.2 Coberturas de servicio.....	83
<b>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>85</b>
6.1 Resultados.....	85
6.1.1 UPCD Tláhuac.....	85
6.1.2 UPCD Iztapalapa.....	88
6.1.3 UPCD Venustiano Carranza.....	92
6.1.4 UPCD Azcapotzalco.....	96
6.1.5 UPCD Consolidadas.....	99
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
7.1 Conclusiones.....	103
7.1.1 UPCD Tláhuac.....	104
7.1.2 UPCD Iztapalapa.....	106
7.1.3 UPCD Venustiano Carranza.....	108
7.1.4 UPCD Azcapotzalco.....	110
7.1.5 UPCD Consolidadas.....	112
7.2 Recomendaciones.....	116
<b>Anexo digital.....</b>	<b>119</b>
Número A. UPCD Venustiano Carranza.....	119
<b>Bibliografía.....</b>	<b>121</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

2.1.1 Registro histórico de parque vehicular promedio en operación.....	9
2.1.2 Parque vehicular en operación de las UPCD Azcapotzalco y Milpa Alta.....	9
2.2.1 Registro histórico de AMP realizados en el DF.....	12
2.3.1 Solicitudes de acceso de información realizadas al INAI.....	13
2.3.2 Servicios cubiertos por las UPCD.....	16
3.1.2.1 Horarios y número de ambulancias requeridas para cubrir la demanda de servicios de ambulancias en Barcelona.....	19
3.2.1.1 Registro histórico total de servicios realizados por el ERUM.....	25
3.2.1.2 Resumen de principales indicadores de servicios realizados por el ERUM.....	26
3.2.2.1 Registro histórico de servicios realizados por la CRM del Distrito Federal.....	30
3.2.3.1 Registro total anual delegacional de servicios realizados por las UPCD.....	31
3.2.3.2 Resumen de indicadores de servicios prehospitalarios realizados por las UPCD...	32
3.2.4.1 Regulaciones realizadas por el CRUM. ....	33
3.2.4.2 Resumen de principales indicadores de servicios prehospitalarios realizados por el CRUM. ....	34
3.2.4.3 Instituciones médicas que integran la red hospitalaria del SIUM.....	35
3.2.4.4. Tiempo promedio de traslado registradas por los vehículos del CRUM.....	35
4.1.1.1 Encabezado propuesto para desarrollar iteraciones del algoritmo de Dijkstra.....	37
4.5.1 Tabulado para obtener el centroide más cercano respecto al servicio realizado.....	46
4.6.5.1 Tabulado para obtener la asignación de servicios hacia los centroides más cercanos.....	53
5.1.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Tláhuac.....	61
5.1.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Tláhuac.....	62
5.1.2.1 Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.....	63
5.1.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Tláhuac en el año 2014.....	64
5.2.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Iztapalapa.....	67
5.2.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014 .....	69
5.2.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Iztapalapa para el año 2014. ....	70
5.3.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Venustiano Carranza.....	73
5.3.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Venustiano Carranza.....	73
5.3.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia de los traslados realizados en el año 2014..	74
5.3.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Venustiano Carranza para el año 2014.....	75
5.4.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Azcapotzalco.....	77
5.4.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Azcapotzalco.....	79
5.4.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.....	80

5.4.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Azcapotzalco para el año 2014.....	81
5.5.2.1. Coberturas de servicio para las UPCD Consolidadas durante para el año 2014.....	83
6.1.1.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Tláhuac.....	85
6.1.1.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Tláhuac.....	87
6.1.2.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Iztapalapa.....	89
6.1.2.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Iztapalapa.....	90
6.1.3.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Venustiano Carranza.....	93
6.1.3.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Venustiano Carranza.....	94
6.1.4.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Azcapotzalco.....	96
6.1.4.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Azcapotzalco.....	98
6.1.5.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de las UPCD Consolidadas.....	100
6.1.5.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de las UPCD Consolidadas.....	101
7.1.1.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Tláhuac durante el año 2014.....	104
7.1.2.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Iztapalapa durante el año 2014.....	107
7.1.3.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.....	109
7.1.4.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.....	111
7.1.5.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para las UPCD Consolidadas durante el año 2014.....	113
A.1 Descripción del anexo digital correspondiente a la UPCD Venustiano Carranza.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Diagramas de flujo

3.2.1.1.1. Protocolo de atención para unidades vehiculares del ERUM.....	27
3.2.1.1.2. Protocolo de atención para unidades vehiculares del ERUM.....	28
4.5.1. Método GIS Mejorado.....	46
4.6.1. Metodología de estudio.....	48

### Esquemas

4.3.1. Clasificación de los problemas de localización propuesta por (Aceves, 2007).....	40
4.3.2. Clasificación de los problemas de localización propuesta por (Daskin, 2013).....	41

### Figuras

4.1.1. Ejemplo de red.....	36
----------------------------	----

### Gráficos

2.2.1. Registro histórico de AMP realizados en el DF.....	12
3.2.1.1 Registro histórico total de servicios realizados por el ERUM. ....	25
3.2.3.1. Resumen de indicadores de Servicios prehospitalarios realizados por las UPCD...	32

### Imágenes

4.6.1.1. Ejemplo de obtención de coordenadas de los servicios realizados por las UPCD..	49
4.6.3.1. Código fuente en MatLab R2014a para la ejecución del algoritmo P-Mediana.....	51
5.1. Tabulados resumen de servicios realizados por las diferentes UPCD de la zona de estudio durante el año 2014.....	59

### Mapas

2.1.1. Bases de vehículos de AMP de las instituciones CRUM CRM, ERUM y UPCD.....	10
2.3.1. Servicios de AMP realizados por las UPCD correspondientes a cada delegación política.....	14
2.3.2. Zona de estudio. ....	15
4.6.1.2. Comparación de redes viales del INEGI y dicha red vial editada para el estudio.....	50
4.6.4.1. Matriz OD para centroides obtenidos con algoritmo P-Mediana.....	52
5.1.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por la UPCD Tláhuac. ....	60
5.1.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.....	64
5.1.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.....	65
5.2.1.1. Ubicación de ambulancias y servicios realizados por la UPCD Iztapalapa.....	67
5.2.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014.....	70
5.2.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014....	71
5.3.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por la UPCD Venustiano C.....	72
5.3.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.....	75
5.3.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.....	76
5.4.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por la UPCD Azcapotzalco.....	77
5.4.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014. ....	80
5.4.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.....	81

5.5.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por las UPCD Consolidadas durante el año 2014..	82
5.5.2.1. Áreas de influencia de los vehículos de las UPCD Consolidadas durante el año 2014.....	84
6.1.1.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Tláhuac.....	86
6.1.1.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Tláhuac.....	87
6.1.1.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Tláhuac bajo los escenarios analizado.....	88
6.1.2.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Iztapalapa.....	89
6.1.2.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Iztapalapa.....	91
6.1.2.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Iztapalapa bajo los escenarios analizados.....	92
6.1.3.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Venustiano Carranza.....	93
6.1.3.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Venustiano Carranza .....	95
6.1.3.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Venustiano Carranza bajo los escenarios analizados.....	95
6.1.4.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Azcapotzalco.....	97
6.1.4.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Azcapotzalco.....	98
6.1.4.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Azcapotzalco bajo los escenarios analizados.....	99
6.1.5.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para las UPCD Consolidadas...	100
6.1.5.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para las UPCD Consolidadas.....	102
7.1.1.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Tláhuac.....	105
7.1.1.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Tláhuac.....	106
7.1.2.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Iztapalapa.....	107
7.1.2.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Iztapalapa.....	108
7.1.3.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza.....	109
7.1.3.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza..	110
7.1.4.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Azcapotzalco.....	111
7.1.4.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Azcapotzalco.....	112
7.1.5.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de las UPCD Consolidadas.....	114
7.1.5.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de las UPCD Consolidadas.....	115

# CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN

## 1.1 Introducción

El presente trabajo muestra el estudio de los aspectos teóricos y operacionales de los servicios de Atención Médica Prehospitalaria (AMP), para proponer la localización de los sitios (“bases propuestas”) para las ambulancias de las Unidades de Protección Civil Delegacional (UPCD) de la zona norte y este del Distrito Federal, con la finalidad de optimizar el tiempo de respuesta para la atención de emergencias de estos servicios.

Para ello, en el Capítulo I, se inducirá al lector a los objetivos de la presente investigación, así como las hipótesis de estudio, la metodología empleada, los antecedentes de los servicios de ambulancias dentro del Distrito Federal así como las principales instituciones gubernamentales que brindan el servicio médico en vehículos tipo ambulancias dentro del Distrito Federal.

A continuación, dentro del Capítulo II, se presenta la problemática por la cual se decidió estudiar la operación de los vehículos destinados a los servicios de AMP, de igual manera se exhiben las limitaciones y problemáticas que se tuvieron para el acceso a la información relacionada a la operación de las UPCD dentro de la zona de estudio.

Dado el contexto de la problemática en el desarrollo del Capítulo III se exponen las generalidades acerca de localización de servicios o relocalización de vehículos tipo ambulancia en diferentes partes del mundo; así mismo se da un corolario de las metodologías que se utilizaron en algunos países para la optimización de los servicios de ambulancias en diferentes partes del mundo, además se detalla la operación histórica y actual de las instituciones que brindan servicios de AMP gratuita dentro del Distrito Federal.

Posteriormente, en el Capítulo IV, se exponen los conceptos básicos referentes al uso de redes de transporte, así como las definiciones y convenciones utilizadas, de igual manera se detallan algunos modelos matemáticos que son utilizados en la localización de instalaciones, derivado del análisis de los modelos matemáticos analizados se realiza la propuesta de un algoritmo que se utilizará para la solución de la problemática de estudio.

Para solucionar la problemática planteada se requieren de antecedentes históricos, para ello se presentan las condiciones de operación prevalecientes durante el año 2014 de las UPCD de la zona de estudio, aquí con apoyo en mapas temáticos elaborados por el autor se muestran detalladamente los servicios realizados por las ambulancias así como los principales hospitales a los que se realizaron traslados en caso de que las personas atendidas requieran una atención médica especializada.

En la penúltima sección, Capítulo V del presente trabajo, se muestran los resultados de la aplicación de las metodologías: P-Mediana y GIS Mejorado para la localización múltiples de instalaciones en la zona de estudio.

Finalmente se presentan en el Capítulo VI las conclusiones y recomendaciones acerca de las “bases propuestas” para la reubicación de los vehículos administrados por las UPCD dentro de la zona de estudio.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General.**

Proponer la ubicación de ambulancias administradas por las Unidades de Protección Civil Delegacional de las Delegaciones Tláhuac, Iztapalapa, Venustiano Carranza y Azcapotzalco para disminuir el tiempo de atención y mejorar la cobertura geográfica en casos de Atención Médica Prehospitalaria.

### **1.2.2 Objetivos Particulares.**

- I. Conocer la forma de operación y los indicadores de servicios de desempeño en la Atención Médica Prehospitalaria, que se cubrieron durante el año 2014 por las Unidades de Protección Civil Delegacional de la zona noreste del Distrito Federal.
- II. Realizar dos propuestas para la ubicación de las ambulancias administradas por las Unidades de Protección Civil Delegacional:
  - La primer propuesta utilizando el algoritmo P-Mediana, dicho algoritmo es utilizado para la localización de instalaciones.
  - La segunda propuesta de ubicación utiliza una metodología híbrida entre los algoritmos: P-Mediana, Centro de Gravedad, GIS para la localización múltiple de instalaciones y de ruta más corta (Dijkstra).
- III. Demostrar que mediante la administración centralizada de los servicios de Atención Médica Prehospitalaria a cargo de las Unidades de Protección Civil Delegacional se lograría una cobertura geográfica más eficiente, asimismo se lograría alcanzar una disminución en el tiempo de atención para la mayoría de los servicios cubiertos a partir de la información del año 2014.

## **1.3 Hipótesis**

- I. La ubicación de las bases de las ambulancias administradas por las UPCD no es óptima.
  - I.1. Si bien los servicios tienen una componente aleatoria que dificulta la localización de un servicio de emergencia, una mejor localización considerando los antecedentes históricos permitirá reducir el tiempo de atención de los servicios de AMP.
  - I.2 Una reubicación de las ambulancias para la AMP ampliará la cobertura de servicios y reducirá el tiempo de respuesta. Bajo una única figura administrativa para la centralización de los servicios de AMP ofrecidos por las diferentes UPCD, se obtiene una mejora en las coberturas de servicio

para los vehículos de ambulancia, con lo que se reducen los tiempos (con respecto a la operación actual) de llegada a los sitios en donde se soliciten los servicios de AMP.

- II. Bajo una única figura administrativa para la centralización de los servicios de AMP ofrecidos por las diferentes UPCD, se obtiene una mejora en las coberturas de servicio para los vehículos de ambulancia, con lo que se reducen los tiempos (con respecto a la operación actual) de llegada a los sitios en donde se soliciten los servicios de AMP.

#### 1.4 Antecedentes

El concepto de ambulancia clásicamente se define como un vehículo destinado al traslado de enfermos y heridos (Martinez, 2006). El nombre es de origen francés (1800-1810) y éste a su vez proviene del latín “ambulans” que se puede interpretar como caminar hacia el hospital. La historia de la ambulancia inicia con la utilización de hamacas, carros con hamacas y caballos con literas, los heridos también eran trasladados atados a caballos, mulas o camellos; hasta entonces, las llamadas ambulancias cumplían únicamente con el propósito original de trasladar los enfermos al hospital.

Actualmente, de forma oficial para México, la ambulancia se define como (Diario Oficial de la Federación, 2014): “unidad móvil, aérea, marítima o terrestre, destinada para la atención médica prehospitolaria, diseñada y construída para proveer comodidad y seguridad en la atención médica, la cual consta de una cabina para el operador de la ambulancia o piloto, copiloto y un compartimento destinado para la atención del paciente, personal, equipo médico e insumos necesarios”.

A su vez, la AMP es definida como (Diario Oficial de la Federación, 2014): “la atención otorgada al paciente cuya condición clínica se considera que pone en peligro la vida, un órgano o su función, con el fin de lograr la limitación del daño y su estabilización orgánico-funcional, desde los primeros auxilios hasta la llegada y entrega a un establecimiento para la atención médica con servicio de urgencias, así como durante el traslado entre diferentes establecimientos a bordo de una ambulancia”.

El uso del transporte terrestre, para el servicio de ambulancia y el traslado del paciente hacia alguna institución de salud, tiene las siguientes ventajas con respecto a los servicios marítimos y aéreos:

- Es más económico.
- Se puede proporcionar el servicio de puerta a puerta.
- El paciente puede ingresar directamente al sitio de recepción.
- No requiere de un área especial para estacionarse como ocurre con los vehículos aéreos y tampoco transferir al paciente a otro vehículo.

- En casos de emergencia se puede detener la ambulancia para efectuar maniobras de resucitación.
- La unidad puede llevar al paciente al hospital más cercano si se agrava su enfermedad.
- El entrenamiento del personal es más fácil.
- Las ambulancias terrestres a diferencia de las aéreas raras veces tienen las limitaciones por el estado del tiempo (lluvia, niebla, nieve o hielo); puede haber retraso en el arribo y/o en el traslado, pero cuando se cuenta con el equipo necesario y se procede con precaución, se puede efectuar el servicio con seguridad para el paciente.

Algunas desventajas (Martínez E. C., 2001) que se pueden presentar durante la prestación del servicio terrestre de ambulancias son las siguientes:

- La llamada enfermedad “de movimiento” que afecta al personal de la ambulancia y que se debe a múltiples factores tales como estar confinado en un espacio reducido, viajar por caminos en mal estado, estilo de manejo del operador, dificultad para encontrar la dirección asignada, así como el ruido de las sirenas, el parpadeo de las luces de emergencia y las vibraciones, dificultades de maniobra del vehículo en sitios estrechos.
- El paciente y/o sus familiares rehúsan el traslado aún cuando éste sea necesario.
- Negativa del paciente y/o sus familiares al tratamiento propuesto por el equipo de traslado.
- Estrés del paciente y/o sus familiares que dificulta la comunicación.
- Falta de empatía entre la tripulación y el paciente y/o sus familiares.
- Pacientes y/o familiares agresivos.
- Negativa para pagar el costo del servicio.
- Bloqueos y manifestaciones en vialidades de circulación vehicular.
- Negativa del hospital para aceptar al paciente.
- Falla del equipo electromecánico.
- Accidentes del vehículo.
- Dificultad para encontrar una dirección en donde es solicitado el servicio (principalmente calles locales).
- Agravamiento del paciente durante el traslado.
- Muerte del paciente a bordo de la ambulancia.

Algunos acontecimientos históricos del uso de los servicios de ambulancias son los siguientes (Martínez E. C., 2001):

- En 1797 el doctor Jean Dominique Larrey, miembro de los ejércitos napoleónicos cambió el concepto de ambulancia, al convertirla en un vehículo que trasladaba a los médicos con su instrumental al campo de batalla; él la denominó “ambulancia aérea” debido a que los equipos médicos trabajaban cerca de la “artillería aérea” (Ministerio de Educación y Ciencia, 2007).
- Los primeros servicios de ambulancia para la atención de la población civil se iniciaron en 1865 en Cincinnati y en 1869 en Nueva York en vehículos tirados por caballos prácticamente se limitaban al traslado de pacientes al hospital.
- Los primeros traslados por aire de lesionados se realizaron a través de globos aerostáticos en 1870.
- La primera ambulancia motorizada dio servicio por primera vez en 1899 en la ciudad de Chicago (Estados Unidos), se trataba de un vehículo muy pesado que avanzaba a la velocidad de unos 20 km por hora.
- En 1920 en la antigua Unión Soviética se diseñó un servicio de atención prehospitalaria a domicilio.
- En 1928, los australianos diseñaron una ambulancia aérea que contaba con una tripulación conformada por un piloto, un médico y una enfermera, el vehículo tenía espacio para colocar un enfermo en camilla.
- En 1933 el primer traslado por medios aéreos para un civil (un paciente con peritonitis) se realizó en el Reino Unido.
- En la Unión Soviética, Moiseiev publicó un artículo sobre un sistema de atención prehospitalaria para pacientes con shock y/o falla cardíaca en 1962.
- En 1966. Pantridge diseñó el primer sistema para la atención prehospitalaria de la cardiopatía isquémica.
- En 1968, en los Estados Unidos de América surgió la primera unidad móvil de terapia intensiva prehospitalaria dirigida a la atención de todo tipo de pacientes en estado crítico, con personal paramédico entrenado para esta clase de eventos.
- En México la atención prehospitalaria especializada del paciente en estado crítico se inició el 28 de marzo de 1982. El primer servicio se realizó el 5 de abril de este mismo año; se efectuó el traslado interhospitalario de un paciente con infarto agudo de miocardio.

Después de 1982, también en México, han surgido algunas empresas de la iniciativa privada y del estado para brindar el servicio de traslado de pacientes en vehículos especializados tipo ambulancia. Las instituciones prestadoras de servicio de atención médica del sector público y social reconocidas por la Secretaría de Salud del DF son las siguientes:

- El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS): es la institución con mayor presencia en la atención a la salud y en la protección social de los mexicanos

desde su fundación en 1943, el servicio de ambulancias para el traslado de derechohabientes inició en el año 1985 (Barrios, 2000).

- El Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores de Estado (ISSSTE): brinda el servicio de ambulancias para servicios de traslados programados de sus derechohabientes desde el año 1997 (Barrios, 2000).
- La Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA): El servicio de ambulancias para la atención de emergencias se inició en el año de 1997, dicho servicio está destinado para el uso de esta institución y en casos de contingencias por desastres naturales mediante el Plan DN-III-E, el cual consiste en el Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastre, en dicho instrumento operativo militar se establecen los lineamientos generales que deberán realizar en las actividades de auxilio a la población civil afectada por cualquier tipo de desastre. Los protocolos para brindar el servicio de ambulancias pertenecientes a la SEDENA se divide en dos casos:
  - ✓ A solicitud de derechohabientes y militares.
  - ✓ Cuando es requerido por instancias superiores (Plan DN-III-E).
- La Secretaría de Marina (SEMAR): El servicio de ambulancias para la atención de emergencias se inició en el año de 2001 en la Clínica Naval Sur, en las instalaciones de la SEMAR ubicadas en Cuernavaca el servicio se inició durante el año 2003, en el Hospital Naval de Especialistas dio inicio el servicio de ambulancias en el año 2009. El servicio de ambulancias es prestado a militares, derechohabientes y a la población en general, siendo estos últimos en coordinación con las autoridades navales correspondientes en situación de emergencia como apoyo a la población civil mediante el "Plan Marina", el cual es empleado para auxiliar a la población civil en casos y zonas de emergencia o desastre, con el fin de evitar o minimizar el efecto de agentes destructivos o calamidades naturales que se presenten en contra de la población y su entorno.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX): La actividad de ambulancias pertenecientes a PEMEX inicia su funcionamiento desde la apertura de los servicios médicos de la institución en el año 1967 en el Hospital Central Norte y en el año 1984 en el Hospital Central Sur. El servicio de ambulancias para la atención de emergencias está destinado a traslados terrestres para derechohabientes de PEMEX.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): se otorga con unidades de soporte vital avanzado y TUM's (Técnico en Urgencias Médicas) certificados, distribuidos en 3 turnos para cubrir las 24 horas del día. El servicio de ambulancia se proporciona ante la activación hecha por la Central de Atención de Emergencias de la Dirección General de Servicios Generales de la UNAM, ubicada en Ciudad Universitaria, por medio de radiocomunicación o

telefónicamente desde el sitio del incidente. El servicio que se presta es únicamente dentro del campus de Ciudad Universitaria, incluye las instalaciones del Plantel Sur del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). El Servicio de Ambulancias se proporciona a toda persona (alumnos, empleados y visitantes) que lo requiera dentro de los límites geográficos ya mencionados.

- Instituto Politécnico Nacional (IPN): El servicio de ambulancias para la atención de emergencias se inició en el año de 2005, a la fecha este servicio es “exclusivamente de traslado”, el servicio se circunscribe dentro de las instalaciones de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos (UPALM) y de sus Unidades Académicas, por lo cual el servicio está dirigido a la comunidad politécnica, lo que no excluye prestar la atención a cualquier persona “en caso de urgencia” que pudiera presentarse en áreas comunes, instalaciones deportivas, eventos culturales en auditorios de la UPALM y de las Unidades Académicas del IPN.
- Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal, ERUM-SSP.
- Secretaría de Salud del Distrito Federal, SEDESA.
- Cruz Roja Mexicana, CRM.
- Unidad de Protección Civil Delegacional (UPCD).
- Beneficencia Pública.

El caso de ERUM, la SEDESA mediante el Centro Regulador de Urgencias Médicas (CRUM), la CRM y la UPCD se profundizan a mayor detalle en el Capítulo III, sección 3.2 del presente trabajo.

La iniciativa privada prestadora de servicios de atención médica con ambulancias dentro del Distrito Federal es diversa, algunas instituciones son las siguientes:

- Grupo Ángeles.
- Médica Sur.
- Grupo Star Médica.
- Centro Médico ABC.
- Hospital Español.
- Centro Médico Dalinde.
- Hospitales San Ángel Inn.

## CAPÍTULO II. PROBLEMÁTICA

### 2.1 Identificación del Problema.

Los servicios médicos destinados a la AMP se enfrentan a diversos problemas al atender la demanda de servicios solicitados, en el presente trabajo se han detectado algunos problemas como son los siguientes:

- En la Ciudad de México no existe un sistema general encargado de regular todas las solicitudes de servicios de AMP, en la actualidad existen varios números de atención telefónica para solicitar estos servicios:
  - El número “065” es el destinado para la atención de llamadas de emergencias de AMP por parte de la Cruz Roja Mexicana (CRM).
  - El número “066”, es para acceder al sistema de Seguridad Pública del Distrito Federal, dichas solicitudes son canalizadas para su atención al Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas (ERUM).
  - Existen varios números ordinarios de diversas instituciones (Protección Civil delegacional, Bomberos, etcétera) y organismos de la iniciativa privada que brindan el servicio de atención prehospitalaria.
- Debido a la inexistencia de un número telefónico único de servicios de emergencias se han llegado a presentar la duplicidad de servicios, es decir, han llegado más de una ambulancia de diversas instituciones para atender una misma solicitud de servicios de AMP.
- Antigüedad del parque vehicular destinado a la AMP. Este problema es más evidente en las UPCD, esto debido a que su financiamiento para la adquisición de vehículos, equipos y material para curaciones, ya que está en función del presupuesto delegacional correspondiente a cada delegación política. En el caso del ERUM, CRUM y la CRM el parque vehicular es más reciente; los vehículos de la CRM son los de menor antigüedad con respecto a los vehículos del ERUM y las UPCD. Otra consecuencia de la antigüedad del parque vehicular (en el caso de las UPCD, ERUM y CRM) son las fallas mecánicas que presentan los vehículos debido al desgaste que han sufrido por el tiempo de uso, lo cual provoca una limitación en la disposición del total de ambulancias correspondientes a cada UPCD y la capacidad en la cobertura de la demanda solicitada para la AMP se ve disminuida.

<b>Parque vehicular en operación</b>			
<b>AÑO</b>	<b>C.R.U.M. (1)</b>	<b>E.R.U.M. (2)</b>	<b>U.P.C.D. (3)</b>
2007	ND	ND	ND
2008	3	ND	25
2009	3	ND	33
2010	13	27	37
2011	12	27	37
2012	11	27	43
2013	24	26	43
2014	24	45	47

<sup>1</sup> Información obtenida mediante la OIP (Oficina de Información Pública) de la de la SEDESA

<sup>2</sup> Información obtenida mediante la OIP de la SSPDF

<sup>3</sup> Información obtenida mediante la OIP de cada delegación política del DF.

ND: información no disponible

Tabla 2.1.1 Registro histórico de parque vehicular promedio en operación.

Fuente: Elaboración del autor, con datos obtenidos de las OIP de la SSPDF, SEDESA y las UPCD correspondientes a cada Delegación política del DF.

En el tabulado anterior no se exhibe el parque vehicular en operación de la CRM, debido a que el departamento de comunicación e imagen de la CRM no autorizó el acceso a dicha información. Como resultado de solicitudes de información pública (ver anexo digital, carpeta digital llamada “solicitudes INAI”) realizadas por el autor de la presente investigación ante el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) acerca del tipo y marca de vehículos del parque vehicular en operación de por las UPCD en el Distrito Federal, se obtuvo como respuesta que solo las UPCD Azcapotzalco y Milpa Alta detallan el modelo y la marca de sus vehículos (ambulancias) en operación, los cuales se muestran a continuación:

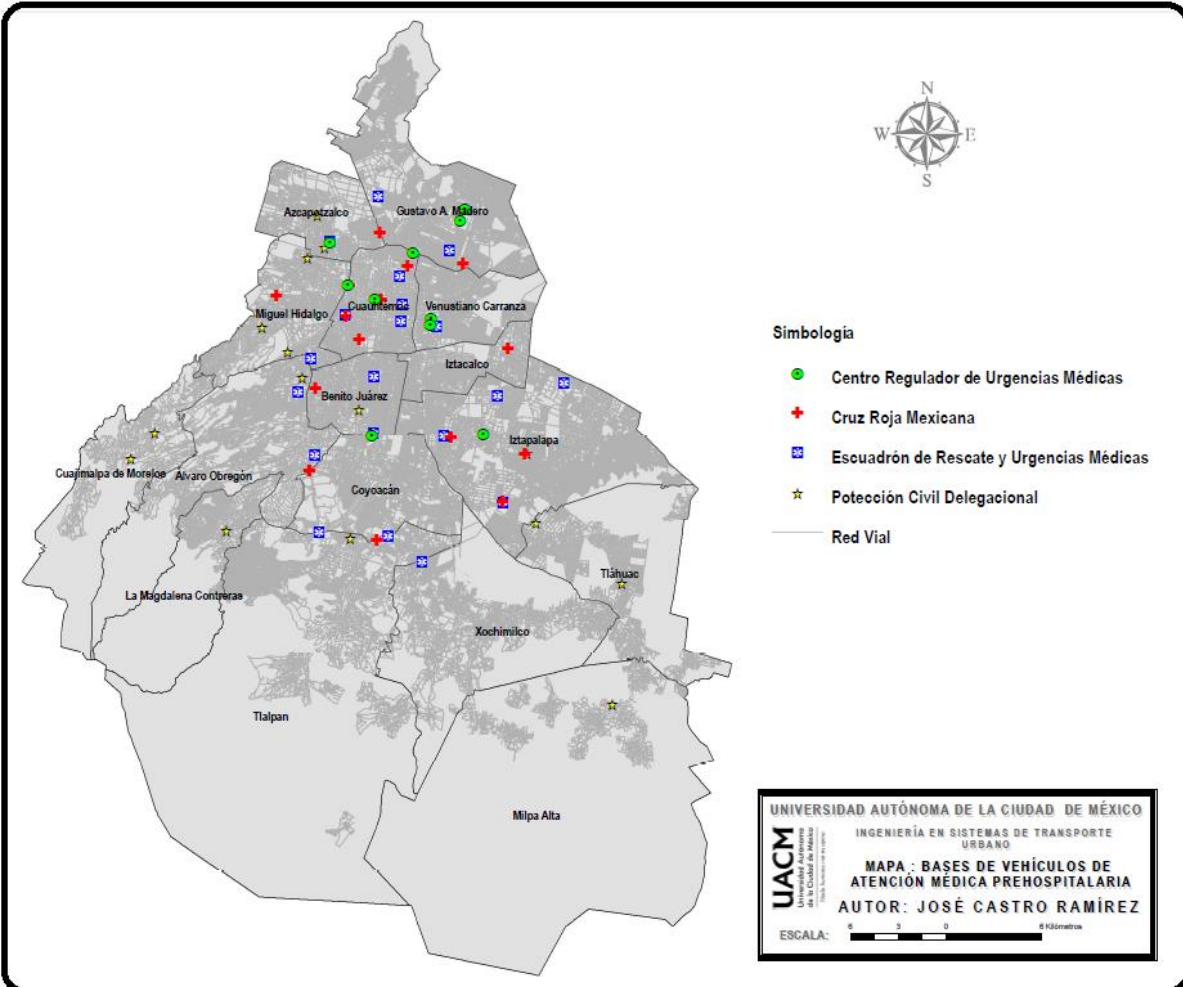
<b>Parque vehicular en operación</b>		
<b>UPCD</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
Azcapotzalco	Chevrolet	2001 y 2008
	Ford	2006
Milpa Alta	Ford van	2005
	Chevrolet	2009
	Mercedes Benz	2011

Tabla 2.1.2 Parque vehicular en operación de las UPCD Azcapotzalco y Milpa Alta.

Fuente: Elaboración del autor, con datos obtenidos del INAI.

- La distribución espacial de los vehículos de AMP durante el año 2014 por parte de las instituciones: CRUM CRM, ERUM y UPCD. El problema con la distribución desplegada por las diferentes instituciones de AMP es la concentración de los

vehículos en la zona Centro-Norte-Este del Distrito Federal, dicha localización de los vehículos genera una limitación en la zona de cobertura geográfica para el resto del DF, la distribución de las “bases actuales” de los vehículos de AMP se muestra en el mapa 2.1.1.



Mapa 2.1.1 Bases actuales de vehículos de AMP de las instituciones CRUM CRM, ERUM y UPCD.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos obtenidos de las OIP de la SSPDF, SEDESA y las UPCD correspondientes a cada Delegación política del DF, Departamento de Comunicación e Imagen de la CRM.

Considerando el último de los problemas mencionados en el listado anterior, mediante la utilización de técnicas de optimización para “los problemas de localización” se realizará una reubicación de las “bases actuales” para los vehículos de AMP. Con ello se pretende acortar tiempos de llegada a los servicios y lograr zonas de cobertura más eficientes. Esto se logra mediante la aplicación de modelos de localización de instalaciones. La literatura señala que para la localización de servicios de emergencia (ambulancias, estaciones de policía y/o bomberos), particularmente en el caso de los servicios de ambulancias

(Budiharto, 2012) (G.Y. Handler y Mirchandani P.B., 1979) un mal emplazamiento de las ambulancias provocará un incremento en el tiempo promedio de respuesta, con el incremento asociado en la probabilidad de fallecimiento de la persona a la que se brindará el servicio.

## **2.2 Justificación del Problema.**

En la AMP existen diversos protocolos de actuación para atender la solicitud del cuidado inicial o de “primer contacto” que es brindada a personas siniestradas en la vía pública o domicilios particulares. Dichos protocolos consideran como punto de partida recomendaciones que se actualizan periódicamente basadas en la evidencia científica que tiene su referente en la metodología propuesta por el protocolo PHTLS, Prehospital Trauma Life Support, (Robledo, 2012).

En particular el protocolo PHTLS y la evidencia científica, explican la existencia de un par de conceptos importantes dentro de la AMP que son: la “Hora Dorada”, la cual es el estándar de tiempo idóneo para la atención de los pacientes siniestrados (Cowley, 1976), en otras palabras, es el período de tiempo que transcurre entre el momento en que es solicitado el servicio de AMP hasta que el personal de salud tiene el primer contacto con el paciente; durante dicho intervalo de tiempo un lesionado con serios traumatismos tiene el porcentaje más alto de sobrevivencia, además de disminuir las complicaciones y secuelas. El otro concepto de importancia son los denominados “10 minutos de platino”, el cuál es el intervalo de tiempo en que una persona con lesiones graves y con compromiso vital debería permanecer en el lugar en donde ocurrió el siniestro como máximo antes de recibir la atención de primer contacto por parte de los servicios de AMP. Los términos “hora de oro” y “10 minutos de platino”, reflejan el valor de la atención inicial en casos de que las personas sufran lesiones potencialmente mortales ocasionadas por traumatismos. La distribución desplegada de los vehículos de AMP durante el año 2014 (ver mapa 1.1) favorece a la zona Centro-Norte-Este del Distrito Federal, por lo cual las ambulancias del ERUM, CRUM y CRM podrían llegar a atender dentro de los “10 minutos de platino” algún siniestro que ocurra dentro de la zona antes mencionada. Considerando los “10 minutos de platino” y las ventajas ofrecidas con la aplicación de técnicas de optimización para la “localización de instalaciones”, se pretende acortar el tiempo de llegada al lugar en donde se pueda presentar un siniestro. Para ello es necesario tener una localización de “bases” de los vehículos de AMP obtenida con la utilización de las técnicas de localización de múltiples instalaciones, así se lograría brindar un servicio más eficiente en cuestiones de cobertura geográfica; igualmente los tiempos de recorrido para la atención de los servicios

solicitados serían menores y brindar un tiempo promedio de atención dentro de los “10 minutos de platino”.

La demanda de atención de servicios médicos efectiva (servicios realizados) de AMP se ha venido incrementando de forma lineal (como se muestra en la tabla 2.2.1 y el gráfico 2.2.1), para el año 2010 se realizaron 64,392 servicios mientras que durante el año 2014 se atendieron a 124,071 personas lesionadas en la vía pública, el número de servicios se incrementó en 97% durante el periodo mencionado anteriormente. Con base a los datos del año 2014 la distribución porcentual de cada dependencia en cuanto a la realización de servicios efectivos es la siguiente: ERUM cubrió el 42% del total de servicios mientras que la CRM, el CRUM y las UPCD realizaron el 24%, 6% y 28% respectivamente.

Registro Histórico de AMP realizados en el D.F.					
Atención lesionados en vía pública	2010	2011	2012	2013	2014
Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas (ERUM) <sup>1</sup>	33,948	30,758	32,504	39,514	53,014
Cruz Roja Mexicana Distrito Federal (CRM) <sup>2</sup>	SR	SR	29,895	30,997	30,913
Centro Regulador de Urgencias Médicas (CRUM) <sup>3</sup>	3,218	5,245	5,930	6,808	8,075
Unidad de Protección Civil Delegacional (UPCD) <sup>4</sup>	27,226	26,821	26,722	28,626	32,069
<b>Total de servicios realizados</b>	<b>64,392</b>	<b>62,824</b>	<b>95,051</b>	<b>105,945</b>	<b>124,071</b>

<sup>1</sup> Información obtenida mediante la OIP de la SSPDF

<sup>2</sup> Información obtenida mediante el departamento de comunicación e imagen de la CRM Sede Nacional

<sup>3</sup> Información obtenida mediante la OIP de la SEDESA

<sup>4</sup> Información obtenida mediante la OIP de cada delegación política del DF.

SR= Sin Registro oficial

Tabla 2.2.1. Registro histórico de AMP realizados en el DF.

Fuente: Elaboración del autor, con datos obtenidos de las OIP de la SSPDF, SEDESA y las UPCD correspondientes a cada Delegación política del DF, Departamento de Comunicación e Imagen de la CRM.

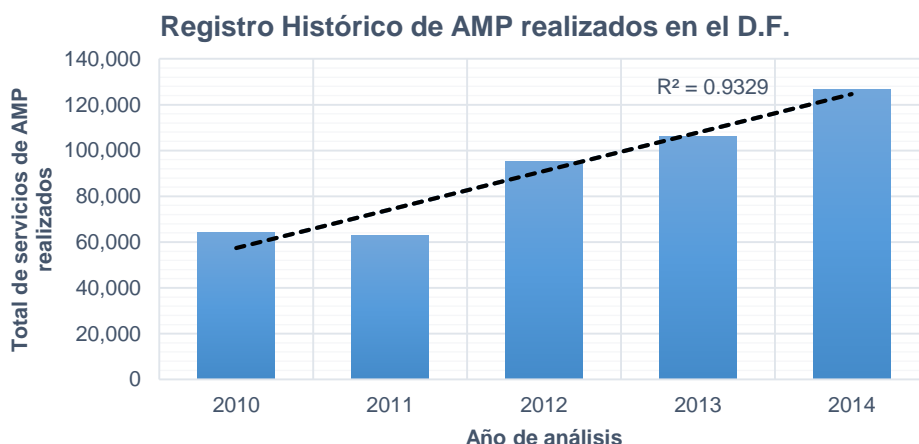


Gráfico 2.2.1. Registro histórico de AMP realizados en el DF.

Fuente: ibídem.

### 2.3 Delimitación de la zona de estudio.

El presente trabajo se enfoca en la operación de las UPCD de la zona noreste del Distrito Federal, considerando como año base los registros de servicios realizados durante el año 2014, motivo por el cual se realizaron las solicitudes de información acerca de la operación de los servicios de AMP a cada UPCD del D.F. (mostradas en la tabla 2.3.1) por medio del INAI.

<b>Solicitudes de información realizadas a las UPCD</b>	
<b>Delegación Política</b>	<b>Solicitud</b>
Álvaro Obregón	401000072715.00
Azcapotzalco	AZCA/CPMA/JUDTMP/944/2015
Benito Juárez	DGDD/DPE/CMA/UDT/1919/2015
Coyoacán*	JEF/DPC/841/15
Cuajimalpa de Morelos	DPCySE/272/2015
Cuauhtémoc*	DPC/451/2015
Gustavo A. Madero*	DGAM/DEPEPP/SOIP/0388/2015
Iztacalco*	DGJGYPC/461/2015
Iztapalapa	DPC/1348/2015
Magdalena Contreras	MAC08-00-010/0225/2015
Miguel Hidalgo	JOJD/DTST/CIP/1194/2015
Milpa Alta	JUDPAS/076/2015
Tláhuac	DPC/533/2015
Tlalpan	DT/JD/DPC/1026/JUDEA/024/2015
Venustiano Carranza	DGJG/SPC/0577/2015
Xochimilco*	XOCH13/300/396/2015

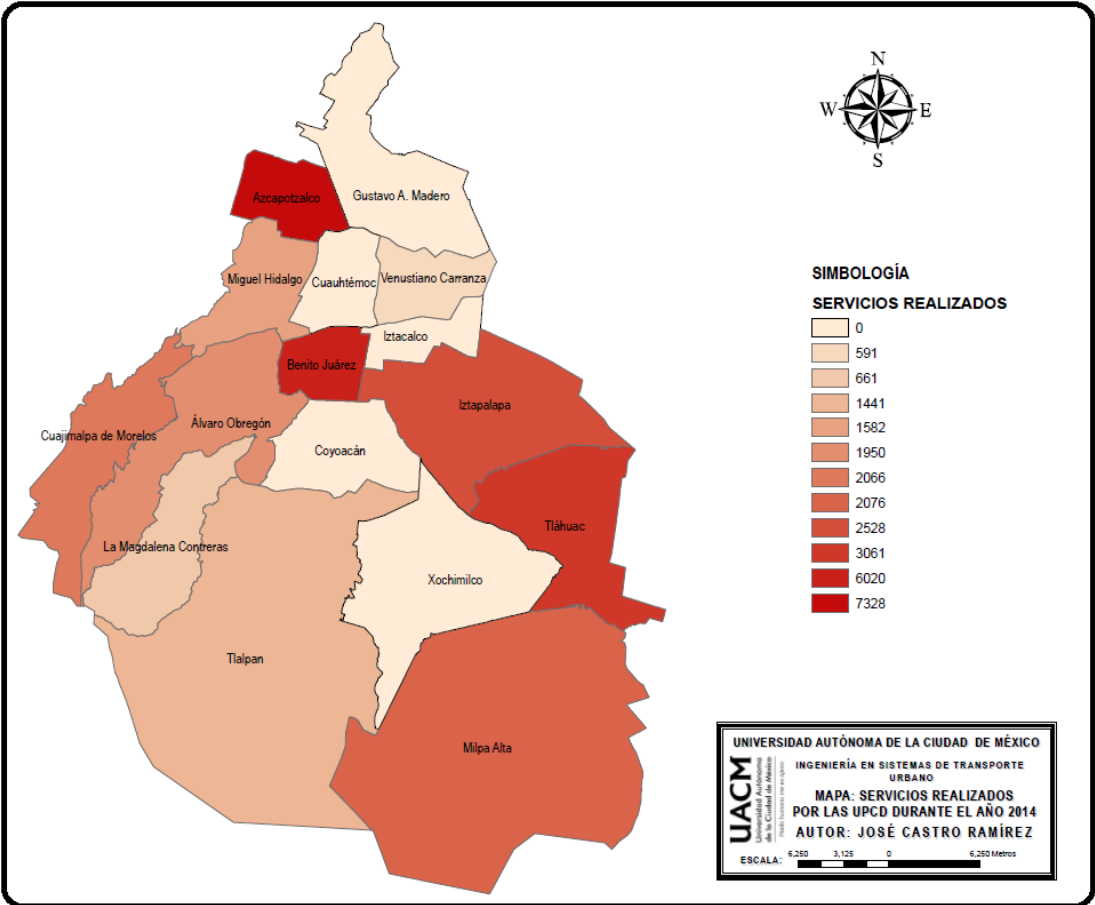
\*UPCD sin vehículos de ambulancias para los servicios de AMP

Tabla 2.3.1 Solicitudes de acceso de información realizadas al INAI

Fuente: INAI (ver anexo digital, carpeta digital llamada "solicitudes INAI")

Las UPCD comenzaron su operación bajo un esquema legalmente establecido el 27 de noviembre de 2014 con la publicación de la Ley del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal (LSPCDF), la cual tiene por objeto regular la integración, organización, coordinación y funcionamiento del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal, así como establecer la aplicación de los mecanismos y medidas de prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, sus bienes, el entorno y el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos ante la eventualidad de una emergencia, siniestro o desastre. Los artículos 17 y 18 de la LSPCDF manifiestan que la función de Protección Civil Delegacional será conducida a través de la Unidad de Protección Civil, que será la responsable de implementar las acciones de protección civil delegacional, asistiendo a la población en materia preventiva y atendiendo las emergencias y situaciones de desastre que se presenten en su demarcación.

La LSPCDF establece que las delegaciones políticas del DF se encargarán de brindar la asistencia a la población en materia preventiva y atendiendo las emergencias y situaciones de desastre que se presenten en su demarcación, como resultado de las solicitudes de información pública enlistadas en la tabla 2.3.1 se tuvo como respuesta a dichas solicitudes de información que las delegaciones políticas; Coyoacán, Xochimilco, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztacalco no cuentan con vehículos para los servicios de AMP a cargo de las UPCD correspondientes durante el año 2014. En el mapa 2.3.1 se hace la representación gráfica del total de servicios de AMP realizados por cada una de las UPCD dentro del DF.

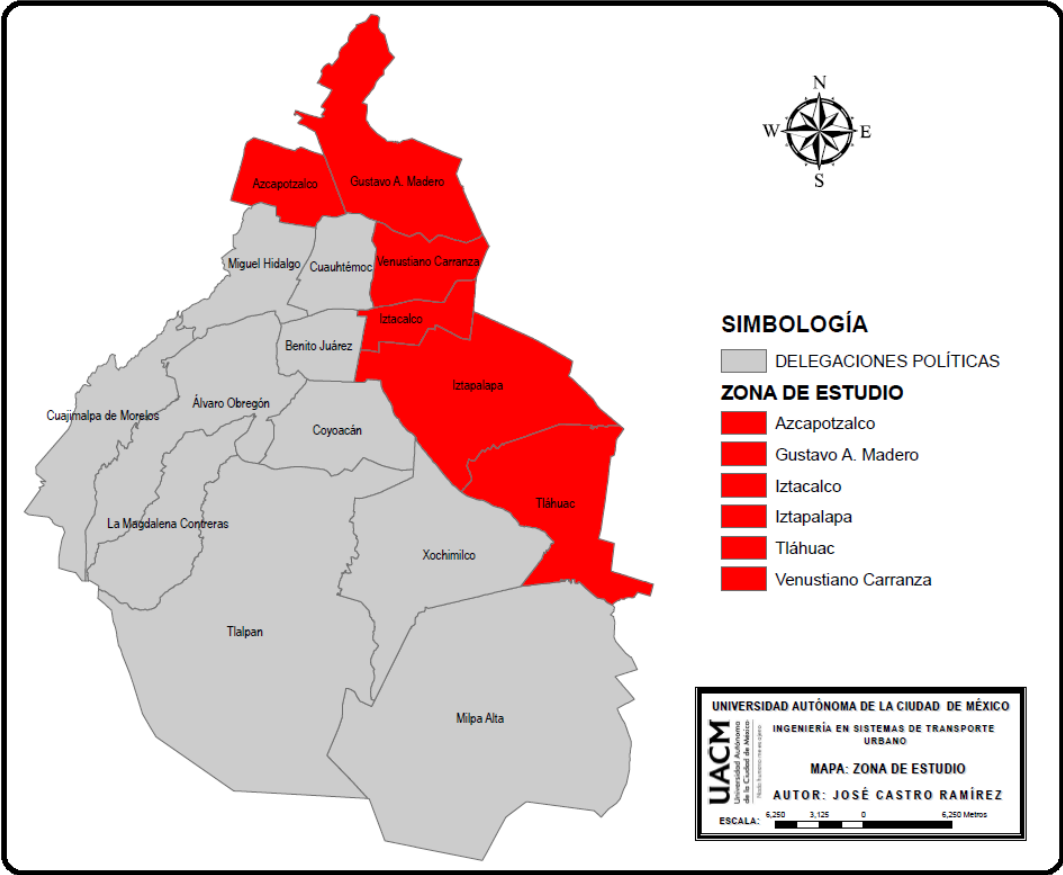


Mapa 2.3.1 Servicios de AMP realizados por las UPCD correspondientes a cada delegación política.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las OIP de las UPCD.

Con base a las respuestas emitidas por el INAI sobre las solicitudes de información pública se realizó la delimitación de la zona de estudio, la cual estará conformada por las delegaciones: Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Tiáhuac y Venustiano Carranza, esto debido a la respuesta favorable de las UPCD de las delegaciones antes mencionadas para el acceso a sus registros de servicios realizados

durante el año 2014 (a excepción de las delegaciones: Gustavo A. Madero e Iztacalco, que no cuentan con vehículos tipo ambulancia para la AMP). El resto de las delegaciones políticas que conforman el Distrito Federal no se consideraron dentro del presente trabajo ya que la respuesta a las solicitudes de información fue que la información solicitada es confidencial, bajo la justificación realizada por las UPCD que los registros de AMP contienen datos personales (identificativos; nombre, dirección de la persona atendida, motivo de salud, entre otros). Entonces la distribución geográfica de la zona de estudio se muestra en el mapa 2.3.2.



Mapa 2.3.2 Zona de estudio.  
 Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0.

Las UPCD de las delegaciones: Iztacalco y Gustavo A. Madero se encuentran dentro de la zona de estudio, pero ambas no cuentan con vehículos de ambulancias para la AMP, durante el año 2014 ambas UPCD contaban con “Unidades de primer contacto”, las cuales a grandes rasgos fungían como ambulancias, pero con limitaciones de equipamiento de dichos vehículos, motivo por el cual no era posible realizar traslados hacia hospitales en dichos vehículos, las unidades de primer contacto sólo tienen la función de estabilizar a las personas siniestradas, en caso de que la gravedad de las

lesiones requieran una atención más especializada a la atención de primer contacto o el servicio amerite traslado hacia algún hospital, las UPCD mencionadas realizan una canalización hacia otra institución de AMP que pueda cubrir el traslado hacia alguna institución de salud. Al tener que esperar que la canalización hacia otra institución de AMP sea realizada se incrementa el tiempo de atención médica especializada, lo que implica mayor probabilidad de que las funciones vitales de las personas atendidas se vean comprometidas. Para incluir ambas UPCD en la zona de estudio, se realizaron solicitudes de información de manera presencial en cada una de las oficinas del departamento de operaciones de servicios de emergencias de ambas delegaciones, pero se obtuvo una respuesta desfavorable para la facilitación del acceso a los registros de los servicios de AMP realizados por las unidades de primer contacto en ambas UPCD.

Las UPCD Iztacalco y Gustavo A. Madero se incluyeron dentro de la zona de estudio debido a su ubicación geográfica y espacial dentro del Distrito Federal, con la inclusión de ambas UPCD a las UPCD que brindaron acceso a sus registros de servicios realizados de AMP, se puede tener una superficie continua entre las UPCD con el objeto de formar un conglomerado con las UPCD mencionadas para poder comprobar la Hipótesis 2 del presente trabajo de investigación.

Durante el año 2014 las UPCD en conjunto realizaron 32,609 servicios, de las cuales dentro de la zona de estudio se atendieron un total de 13,508 servicios, lo que representa un 41.22% de la muestra total de servicios, el desglose de los servicios cubiertos por las UPCD correspondientes a cada delegación política se muestra en la tabla 2.3.2.

<b>Servicios cubiertos por las UPCD</b>	
<b>Delegación Política</b>	<b>Total de servicios cubiertos</b>
Álvaro Obregón	1,950
Azcapotzalco*	7,328
Benito Juárez	6,020
Cuajimalpa de Morelos	4,831
Iztapalapa*	2,528
Magdalena Contreras	661
Miguel Hidalgo	1,582
Milpa Alta	2,076
Tláhuac*	3,061
Tlalpan	1,441
Venustiano Carranza*	591
<b>Total de servicios</b>	<b>32,069</b>

\*UPCD dentro de la zona de estudio.

Tabla 2.3.2 Servicios cubiertos por las UPCD

Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD.

## CAPÍTULO III. CONTEXTO

Desde que el médico James Francis Pantridge (Barrios, 2000) de Irlanda del Norte demostró en 1967 la factibilidad de resolver la fibrilación ventricular fuera del hospital, utilizando unidades móviles terrestres equipadas con equipo electromecánico portátil, comenzó así la llamada “Medicina Prehospitalaria”, con este sistema se proporcionaba atención especializada, rápida y eficiente en el sitio donde sea requiera la atención médica sin esperar a ser trasladados hacia un hospital, con ello se redujo la mortalidad prehospitalaria.

### 3.1 Localización de servicios de ambulancias.

El diseño de metodologías para la ubicación de sitios estratégicos para vehículos destinados a la AMP u hospitalaria es un tema en el que la literatura y artículos de investigación cuentan con una extensa gama de estudios realizados, en el campo de aplicación de la ingeniería se han utilizado diversos métodos matemáticos para la obtención de lugares estratégicos para la ubicación de las ambulancias (algunos de ellos se describirán en el apartado correspondiente al Marco Teórico), dichas ubicaciones tienen el objetivo de representar el menor costo en función de tiempo, distancia y costos económicos, esto con la finalidad de llegar en el menor tiempo posible a los distintos lugares en lo que se presente algún siniestro y brindar la atención médica oportuna; algunos países en los que se han aplicado dichas metodologías son: Estados Unidos, España, Indonesia y México entre muchos más países, a continuación se describen algunos de los casos estudiados en los países anteriormente mencionados.

#### 3.1.1 Caso Fayetteville (Carolina del Norte), Estados Unidos

En este caso (Asad Tavakoli, 2004), se utilizó un enfoque de modelado matemático para la localización/asignación de vehículos de emergencia e instalaciones, éste modelo se aplicó al Sistema de Emergencias Médicas (SEM) de la ciudad de Fayetteville, Carolina del Norte; el estudio fue financiado por Cape Fear Valley Medical Center. La respuesta de los SEM dentro de Estados Unidos tiene un promedio de 8 minutos para la atención médica de la emergencia, durante el año de estudio (2004), sólo seis de las 13 ambulancias disponibles estaban en uso debido a un número insuficiente de personal. Las ambulancias generalmente fueron situadas en zonas de alta densidad para facilitar el objetivo de la máxima cobertura. No obstante, el tiempo medio de respuesta de los servicios de atención médica fue de 9.2 minutos. Por otra parte el número de instalaciones (hospitales) durante el 2004 era de 8. El objetivo del estudio fue identificar la ubicación/distribución óptima de los vehículos de emergencia para el sistema del

Condado de Cumberland de los SEM, para la solución del problema analizado se desarrollaron dos modelos matemáticos:

- Modelo I. Optimización del sistema actual (reubicación de los vehículos): El objetivo de este modelo es maximizar la cobertura mediante la redistribución de las seis ambulancias disponibles entre las ocho instalaciones existentes. En este modelo se tuvo la restricción inicial de que las ambulancias solo se pueden ubicar donde existen actualmente las instalaciones. Con la limitación de los nodos predefinidos que se pueden alcanzar dentro de 8 minutos, se redujo la magnitud de la demanda cubierta; los resultados indicaron que poco más del 70 por ciento de todas las llamadas se puede cubrir un radio de 8 minutos. Cuando la restricción de ubicación de los vehículos se eliminó y el modelo se habilitó para localizar vehículos en cualquiera de las ocho instalaciones, la cobertura se aumentó a 76 por ciento una ganancia de aproximadamente 5 por ciento.
- Modelo II. Optimización del sistema con 30 sitios potenciales: En este modelo se buscó maximizar la cantidad de demanda de servicio dentro de la limitación de tiempo de 8 minutos en la reubicación de las instalaciones y vehículos entre los 30 sitios recomendados por oficiales de SEM. Estos sitios se componen de ocho sitios existentes y 22 estaciones de bomberos dispersos por todo el condado. Las soluciones óptimas en función del número de instalaciones (desde 6 a 30 instalaciones) y número de vehículos (de 6 a 13 ambulancias) revelaron que bajo el escenario del modelo anterior (mismo número de instalaciones y ambulancias) se obtiene una ganancia de casi dos puntos porcentuales más que el alcanzado con el Modelo I (75.982%-77.918%). La principal diferencia con el Modelo I es que el Modelo II puede seleccionar 30 sitios de despacho en lugar de ocho sitios.

Los resultados obtenidos en este estudio ponen en evidencia que mediante el uso de modelos matemáticos se puede mejorar el tiempo de respuesta para los servicios de emergencias médicas, aún en el caso de que el número de instalaciones a reubicar se encuentre limitado a un número predefinido se puede obtener un beneficio en el porcentaje de cobertura de población con la utilización de dichos métodos. Es importante mencionar que el objetivo de la aplicación de los modelos matemáticos fue encaminado a mejorar el porcentaje de cobertura dentro de los 8 minutos que son considerados como tiempo promedio de respuesta para los servicios de emergencias en el país que se realizó el estudio.

### 3.1.2 Caso Barcelona, España

La Universidad Politécnica de Catalunya, durante el año 2002 realizó un proyecto de estudio (González, 2002) sobre la mejor ubicación de los vehículos en una empresa privada de ambulancias en la ciudad de Barcelona. Para el estudio realizado se consta de 14 ambulancias y 27 trabajadores para las ambulancias, las ambulancias se pasan todo el día en la calle, sin volver a su central de operaciones, su situación va variando a lo largo del día, de forma que deben estar constantemente localizadas para que, cuando haya una llamada de urgencia, el operador de la central de radio pueda asignar el servicio a la ambulancia más cercana, para atender a los clientes de una forma eficiente. El número de ambulancias disponibles para las diferentes franjas horarias durante las 24 horas del día es la siguiente:

Horario de Servicio [Hr]	02:00-05:00	06:00-10:00	11:00-13:00	14:00-17:00	18:00-21:00	22:00-01:00
Nº de ambulancias [Veh]	4	7	11	13	8	3

Tabla 3.1.2.1. Horarios y número de ambulancias requeridas para cubrir la demanda de servicios de ambulancias en Barcelona.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (González, 2002).

Para la solución del problema de localización de ambulancias, se realizó un primer análisis de las zonas o distritos y la frecuencia de llamadas según las franjas horarias mostradas en el tabulado anterior; el resultado de dicho análisis fue la detección de 29 zonas de las cuales 15 son hospitales y las restantes son barrios; las zonas detectadas corresponden a las que tienen una mayor proporción en el número de llamadas de solicitud de servicios de ambulancias durante las franjas horarias de estudio.

La metodología para la solución del estudio consistió primero en realizar una zonificación (29 zonas dentro del territorio de Barcelona) y en cada una de ellas se determinó su centro de gravedad (Albandoz, 1996); dicho punto representativo de la zona fue utilizado como el lugar en donde permanecerá la ambulancia en espera de atender una urgencia en la zona. El paso siguiente consistió en calcular los caminos mínimos mediante el algoritmo de Dijkstra entre el lugar en donde se solicite el servicio hacia alguna institución de salud; para ello se calcularon los costos relativos a cada viaje, los cuales se componen de 3 tipos de distancias; la primera es desde su ubicación hacia el centro de gravedad de la zona en que se realizó la llamada de emergencia, la segunda distancia fue del centro de gravedad de la zona hacia el lugar donde se solicitó la ambulancia y la tercer distancia es del domicilio en que se atendió la llamada hacia la institución de salud más cercana.

El objetivo principal de este estudio fue localizar puntos estratégicos en los cuáles deben esperar las ambulancias para que el tiempo de atención a un servicio solicitado sea el

menor posible; para el análisis se consideró como velocidad de viaje promedio de 50 km/h y una red vial representada con 2,100 nodos y más de 26,000 arcos (los conceptos: arcos y nodos, son definidos en el apartado “4.1 Conceptos básicos de red”); el análisis numérico de los datos otorgados a la empresa que elaboró el estudio se realizó con el Método Simplex, y consideraron el número de ambulancias según la franja horaria como restricción para el número máximo de instalaciones a ubicar. En la primera fase del estudio no se consideraron las condiciones de tránsito en la ciudad de Barcelona, en la segunda fase del estudio se consideraron las condiciones del tránsito a lo largo del día; si bien esto reflejaba de mejor manera las condiciones bajo las cuales operaría el servicio de ambulancias en la ciudad de Barcelona no detallaron la forma en que se obtuvieron dichas velocidades para el análisis ni tampoco los valores considerados para las velocidades de recorrido en las diferentes franjas horarias.

En los resultados mostrados de la investigación se menciona que con la fase 2 del estudio se reducen los tiempos de atención de las ambulancias, pero no es clara la forma en que comparan los resultados obtenidos en la fase 1 y 2. Es importante mencionar que durante los horarios de los cambios de turno de los operadores de la empresa que brinda los servicios de AMP (5:00-6:00,10:00-11:00,13:00-14:00,17:00-18:00.1:00-2:00), no hay ambulancias localizadas en puntos estratégicos para la atención de algún servicio de AMP, lo cual representa una afectación para población en cuestiones de rapidez en la atención de emergencias que se puedan presentar durante los horarios en que no se tiene cobertura.

### **3.1.3 Caso Surakarta, Indonesia**

En la ciudad de Surakarta (Budiharto, 2012), se realizó un estudio para la identificación de puntos negros (lugares en los que se tiene alta incidencia de accidentes de tráfico) y de movilización de rutas rápidas para ambulancias; este estudio exhibe que los accidentes de tráfico que se producen en la ciudad de estudio tiene tendencias a incrementar año con año; el autor establece que la atención de las víctimas de accidentes de tráfico se divide en dos fases, la fase prehospitalaria y la fase hospitalaria. En la fase prehospitalaria se brinda la atención a los pacientes antes de su llegada al hospital y posteriormente se realiza la movilización de lugar de un accidente de tráfico a un hospital. El estudio reconoce la importancia del tiempo de viaje en el proceso de movilización de los pacientes, esto debido a que el tiempo de atención es proporcional a la posibilidad de que los accidentados puedan morir, por ello era necesario encontrar una ruta que sea más rápida y minimice el tiempo de viaje, el objetivo del estudio es poder determinar las

ubicaciones de los accidentes (punto negro) utilizando como apoyo un Sistema de Información Geográfica (SIG) para realizar una representación gráfica y espacial dentro de la ciudad de estudio, para posteriormente determinar un hospital de referencia para que las personas accidentadas sean trasladadas y finalmente localizar la ruta más rápida para seguir en el proceso de movilización de los pacientes en el menor tiempo posible.

En el estudio mencionado se realiza una clasificación de la variable tiempo: normal, hora pico y hora valle; los resultados de la ruta más corta igualmente se dividen en tres categorías, en función de la distancia, ruta más rápida (tiempo) y vía eficaz (distancia, tiempo y costo). Para esta investigación se utilizó como base un Sistema de Información Geográfica (SIG), los factores utilizados fueron: tipo de regulación en la intersección (si cuenta con semáforo la intersección), el volumen de tráfico y la velocidad permitida en la vía. En el análisis se utilizó el programa ArcGIS, mediante el cual se determinó un área de influencia para los 7 hospitales de Salud que se encuentran dentro de la ciudad de estudio. El área de influencia se consideró de 5 minutos de viaje según la caracterización de la red para la llegar a la ubicación del siniestro.

La identificación de puntos negros de accidentes de tráfico y el área de servicio de los hospitales de referencia indicará qué hospital se selecciona como un hospital de referencia en caso de un accidente de tráfico ocurrido alrededor del punto negro. El análisis para determinar la ruta más rápida que deberán seguir las ambulancias se obtuvo mediante la aplicación de la herramienta Utility Network Analyst del software ArcGIS.

El resultado de la investigación fue la obtención de 15 puntos negros de accidentes de tráfico y el tiempo medio necesario para movilizar a las víctimas de accidentes de tráfico hacia alguna institución de salud fue de 4.84 minutos, además se concluye que una forma de reducir el riesgo de muerte a causa de un accidente de tráfico es encontrar rutas para ambulancias que representen el menor costo (en función de tiempo, distancia y costo de viaje).

#### **3.1.4 Caso UNAM, Distrito Federal**

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realizó un estudio en el 2012 (Segura, 2014) para la simulación y optimización del sistema de atención prehospitalaria de la UNAM utilizando el algoritmo del “Problema del Agente Viajero” (TSP, por sus siglas en inglés Travel Salesman Problem), esto con la finalidad de analizar la eficiencia del sistema de AMP ofrecido por Técnicos de Emergencias Médicas (TUMS) durante la realización de concursos para el ingreso a los niveles de estudio superior y medio superior en alguna de las 25 escuelas de la UNAM dentro del Distrito Federal, para ello la UNAM

pone a disposición cinco ambulancias equipadas y distribuidas en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) para la atención médica a través del tratamiento y traslado de pacientes. Durante el año del estudio la localización de las cinco ambulancias se realizaba de manera empírica basándose en la experiencia de los TUM's de tal manera que la distancia entre la localización actual de la ambulancia y los módulos o escuelas es lo que ellos consideran lo más corto. El estudio propone una metodología de tres pasos para optimizar la localización de las cinco ambulancias con base en el modelo de localización de cobertura de conjuntos (Location Set Covering Problem, LSCP por sus siglas en inglés) y el modelo P-Mediana.

El objetivo de ese estudio fue la minimización del tiempo de respuesta del servicio de AMP a través de la localización de las ambulancias con base en los modelos matemáticos mencionados en el párrafo anterior.

La investigación se desarrolló en tres fases. La primera consistió en la recogida, la adaptación y la clasificación de la información histórica (distancia entre escuelas, número de incidencias presentadas por escuelas y velocidades de viaje alcanzadas por las ambulancias), en la segunda fase se obtuvo una solución inicial para el modelo de la P-Mediana; como resultado se definieron cinco regiones, en cada una de ellas se ubica una ambulancia (centroide obtenido con el algoritmo P-Mediana), y se asignó el conjunto de escuelas que debe ser atendido por cada ambulancia; de manera paralela se generaron un total de 17 escenarios probables, de los cuales 16 escenarios bajo los parámetros de cobertura: velocidades de ambulancia 20, 40, 60 y 90 km/h y tiempos de atención 5, 10, 15 y 20 minutos y 1 escenario para el modelo de la P-Mediana. La tercera fase consistió en la mejora de las 17 soluciones iniciales (escenarios de la fase anterior) mediante algoritmos de búsqueda de vecindarios y aplicando un segundo algoritmo de mejora llamado algoritmo de intercambio.

El resultado de la investigación anterior exhibe que la situación actual es mejorada de manera drástica pasando de una distancia de localización de ambulancia promedio de 3.57 kilómetros a una distancia de 1.23 kilómetros; para la solución obtenida con el modelo LSCP considera una velocidad de 40 km/h y un radio de cobertura de 20 minutos. Por otro lado, el modelo P-Mediana también representa una mejora con respecto a la situación actual, logrando una distancia promedio entre la localización de la ambulancia y las escuelas asignadas de 1.45 kilómetros.

### **3.2 Atención Médica Prehospitalaria en el Distrito Federal**

Dentro de las disposiciones sanitarias, la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA3-2013 es la que contiene los elementos regulatorios mínimos necesarios que se deben cumplir en la AMP, las características principales del equipamiento e insumos de las unidades móviles tipo ambulancia y la formación académica que debe tener el personal que presta el servicio en estas, esto con la finalidad de que se lleve a cabo con niveles homogéneos de calidad y seguridad en beneficio de la población en general.

Algunas instituciones que se encargan de brindar la atención médica prehospitalaria (estabilización y traslado de cualquier persona siniestrada sin importar que dicha persona cuente con un servicio de salud de la iniciativa gubernamental o privada) son las siguientes:

- El Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas (ERUM).
- La Cruz Roja Mexicana (CRM).
- Unidades de Protección Civil Delegacionales (UPCD).
- El Centro de Regulaciones Medicas (CRUM) de la Secretaria de Salud del Distrito Federal.
- Servicio particular de ambulancias (instituciones de salud pertenecientes a la iniciativa privada ONG's).

#### **3.2.1 Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas**

El 22 de junio de 1971, fue creado por medio del personal de la Dirección de Policía y Tránsito el Escuadrón de Servicios de Emergencia y Rescate Aéreo (ESURA) por sugerencia del entonces General Gutiérrez Santos jefe de la policía del Distrito Federal hacia el jefe del Departamento del Distrito Federal el Lic. Octavio Seres Gómez. Los elementos del escuadrón estaban entrenados principalmente en rescate aéreo, para la localización de alpinistas extraviados principalmente.

No fue sino hasta el año de 1977 cuando el ESURA por iniciativa del sargento médico Dr. Emilio Hernández Eugenio se cambió el nombre a Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas (ERUM) dependiente hasta la fecha de la Secretaria de Seguridad Pública del Distrito Federal, dicho escuadrón brinda AMP, salvamento y rescate en caso de accidentes, y socorre a quienes tienen algún padecimiento médico o han sufrido algún accidente o evento violento.

Los dos principales objetivos por los que se tuvo la necesidad de creación del ERUM son:

- Hacer más efectiva la capacidad de respuesta inmediata del Gobierno a las emergencias.

- Crear una nueva cultura de protección civil que mejore la preparación de la ciudadanía para enfrentar una emergencia antes, durante y después de ésta.

Las funciones más destacadas del ERUM son las siguientes:

- Atención a lesionados en vía pública.
- Traslado de enfermos y lesionados a hospitales.
- Atención de partos.
- Rescate en colisiones de autos.
- Rescate urbano.
- Rescate espeleológico.
- Rescate acuático.
- Rescate alpino.
- Servicio a indigentes.
- Atención a Elementos.

Durante el segundo semestre del año 2011, el ERUM implantó el servicio de Unidades de Respuesta Inmediata (URI), dicho servicio se inició con un parque vehicular que contaba de 10 motocicletas las cuales eran tripuladas por 15 paramédicos (Martínez F. , 2011), el entonces director del ERUM, Pedro Estrada González, calculó que la movilización de una ambulancia cuesta aproximadamente mil pesos y con las motocicletas, en caso de que no se requiera movilizar al paciente, el costo se reduce a una tercera parte. Para el año 2013 el número de motocicletas designadas para la atención médica prehospitalaria es de 15 unidades.

En marzo del año 2013 el director del ERUM, Guido Sánchez, informó que iniciaría la operación del programa BiciERUM, que consta de la utilización de 14 bicicletas por paramédicos para apoyar en la seguridad y atención de accidente en vía pública (García J. A., 2013), cabe resaltar que dicho programa se tiene en operación solo en el perímetro A del centro histórico del DF, paseos ciclistas dominicales y en las ciclovías.

En el ERUM a partir del año 2011 se han venido incrementando el número total de servicios (atenciones y vía pública y traslados) de AMP, los registros mostrados en la tabla 3.2.1.1 reflejan que para el 2014 las delegaciones Cuauhtémoc e Iztapalapa ocupan el primer y segundo lugar, respectivamente, en cuanto al número de canalizaciones hacia alguna institución de salud (traslados) como se muestra a continuación:

Registro total anual delegacional de servicios (atenciones y vía pública y traslados) realizados por el ERUM					
Delegación / Año	2010	2011	2012	2013	2014
A. Obregón	691	797	965	907	3,098
Azcapotzalco	1,176	1,074	1,268	1,233	1,538
Benito Juárez	1,475	1,473	1,408	1,360	3,010
Coyoacán	2,044	1,517	1,314	1,272	3,873
Cuajimalpa de Morelos	211	147	197	188	114
Cuauhtémoc	10,125	9,740	10,406	10,076	15,092
Gustavo A. Madero	4,918	4,103	3,749	3,645	6,342
Iztacalco	1,944	1,620	1,884	1,826	2,703
Iztapalapa	4,368	4,264	4,884	4,691	7,985
Magdalena Contreras	317	165	333	333	391
Miguel Hidalgo	1,148	1,005	1,066	6,702	1,093
Milpa Alta	78	14	67	117	15
Tláhuac	209	209	132	474	511
Tlalpan	1,323	945	682	2,436	2,403
Venustiano Carranza	3,400	3,326	3,745	3,584	4,402
Xochimilco	425	343	404	398	435
No Informa	96	16	0	272	9
<b>TOTAL</b>	<b>33,948</b>	<b>30,758</b>	<b>32,504</b>	<b>39,514</b>	<b>53,014</b>

Tabla 3.2.1.1. Registro histórico total de servicios realizados por el ERUM.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la OIP de la SSPDF.

### Total de Servicios Médicos Prehospitalarios brindados por el ERUM

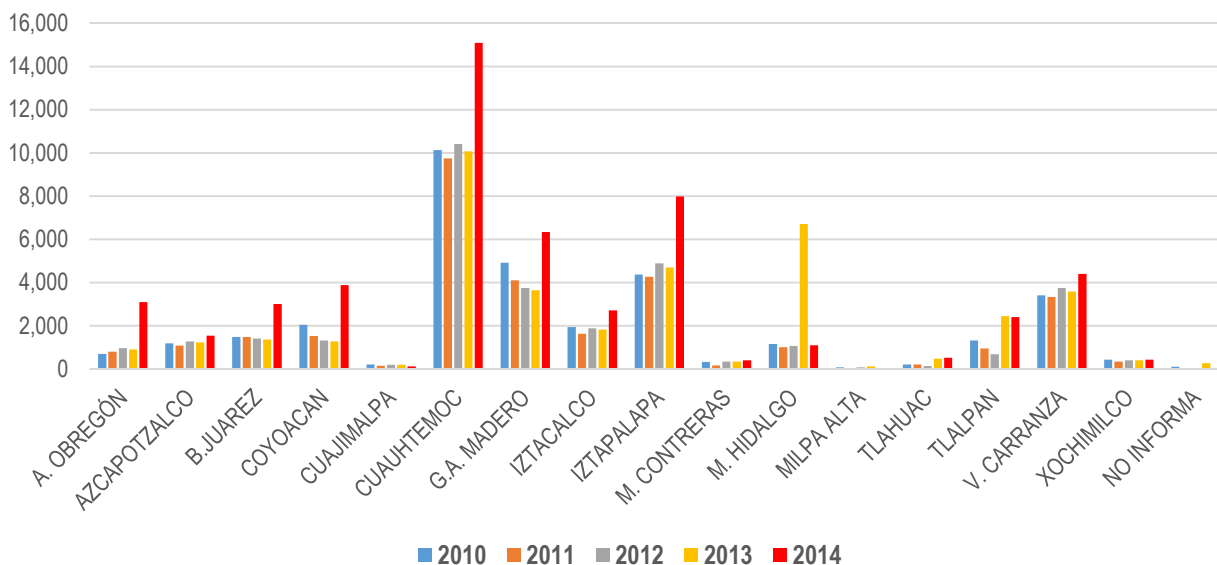


Gráfico 3.2.1.1 Registro histórico total de servicios realizados por el ERUM.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la oficina de OIP de la SSPDF.

La capacidad de atención de servicios prehospitalarios así como de traslados hacia alguna institución de salud está limitada por su parque vehicular, con el que contaba el ERUM para su operación (sólo ambulancias) era de 14 vehículos durante el año 2009, para el año 2010 se incrementó la capacidad de operación a 27 vehículos destinados al servicio de ambulancias, mientras que para el año 2014 se incrementó el parque vehicular a 45 vehículos, debido a que se inició el servicio de URI. Algunos indicadores de la operación del ERUM se muestran a continuación:

<b>Resumen de principales indicadores de servicios realizados por el ERUM</b>					
<b>Tipo de servicios</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Atención a lesionados en vía pública	18,035	17,394	18,646	26,196	35,912
Traslado a hospitales	15,913	13,364	13,858	13,318	17,102
Total de Servicios realizados anualmente	33,948	30,758	32,504	39,514	53,014
Promedio diario anual de servicios	93	84	89	108	145
Parque vehicular en operación (PVO)	27	27	27	26	45
Siniestros viales del PVO	18	43	39	46	58

Tabla 3.2.1.2. Resumen de principales indicadores de servicios realizados por el ERUM.  
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la OIP de la SSPDF.

Para el servicio de atención prehospitalaria el ERUM cuenta con un manual de procedimientos administrativos para el Registro y Control Prehospitalario de Pacientes y Lesionados (RCPPL) en el cual se establecen los mecanismos para el traslado de pacientes o lesionados en unidades vehiculares del ERUM, desde el lugar en donde se presentó el siniestro hasta el hospital correspondiente, la finalidad de dicho manual es brindar la atención requerida con prontitud y durante el traslado, hasta la entrega de los pacientes a las instituciones médicas correspondientes. El procedimiento indicado en dicho manual (RCPPL) consta de 16 actividades, las cuales se realizan involucrando las siguientes interacciones: Base radio–Operador de la unidad de AMP y Base radio–Personal Tripulante de la unidad vehicular de auxilio o recate. La logística para brindar el servicio prehospitalario es detallada en el siguiente par de diagramas de flujo:

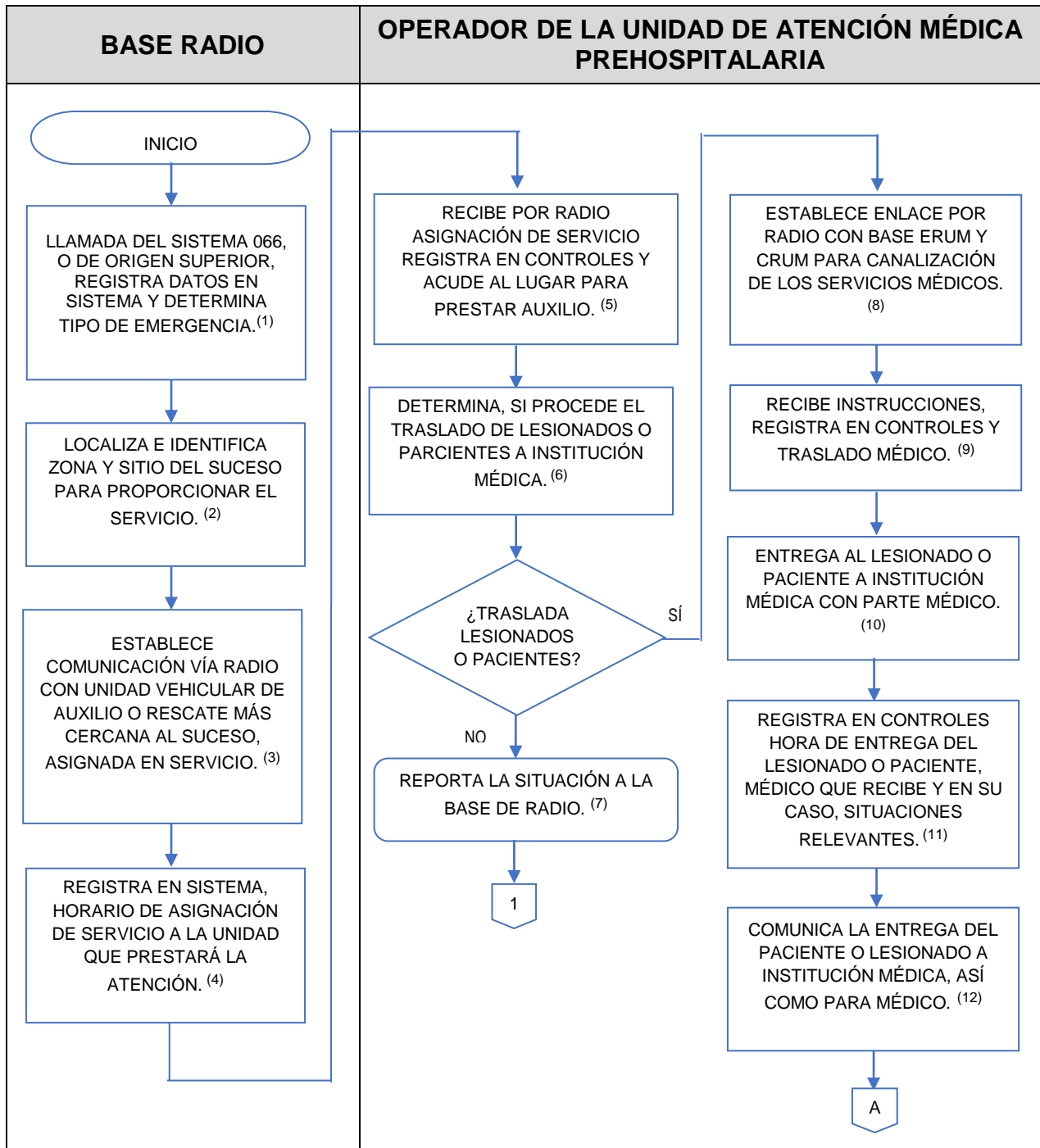


Diagrama de flujo 3.2.1.1.1. Protocolo de atención para unidades vehiculares del ERUM  
Fuente: (Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas, 2012).

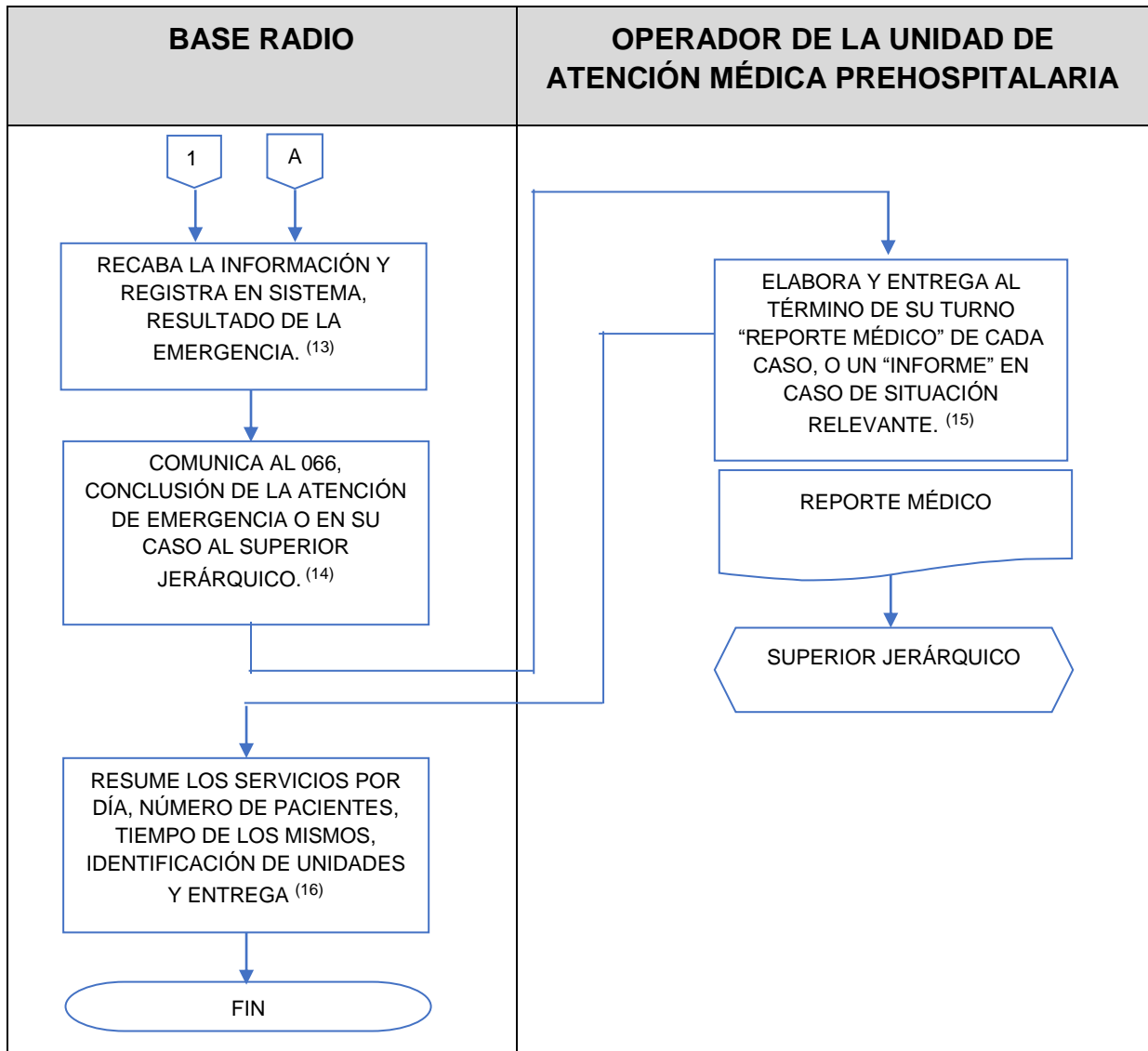


Diagrama de flujo 3.2.1.1.2. Protocolo de atención para unidades vehiculares del ERUM  
Fuente: (Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas, 2012).

### 3.2.2 Cruz Roja Mexicana, CRM.

El 12 de marzo de 1910 entró en vigor, con su publicación en el Diario Oficial de la Federación, el reconocimiento oficial a la CRM, aunque en ese entonces se le denominaba la Asociación Mexicana de la Cruz Roja, durante este mismo año la CRM comenzó a funcionar en las instalaciones ubicadas dentro de la Ciudad de México, la actual Sede Nacional se ubica en la Calle Juan Luis Vives 200 en la colonia Los Morales, dentro de la Ciudad de México.

El 16 de enero de 1968 fue inaugurado el Hospital Central de la CRM, la inauguración la realizó el Presidente de la República Mexicana Gustavo Díaz Ordaz con una inversión para su construcción en ese entonces de \$123,987,000 pesos. A lo largo de más de 45

años el hospital de la Cruz Roja del Distrito Federal ha tenido diversas ampliaciones y remodelaciones que lo han adaptado a las crecientes demandas de servicio que requiere la sociedad de la capital de la República Mexicana. La más reciente remodelación fue realizada en sus fachadas externas y diversas áreas del hospital (2005 – 2006, 2009 y 2010).

La CRM brinda diferentes servicios de atención médica, algunos de ellos son: donación de sangre, donación de órganos, servicios médicos (hospitales), la forma principal en la que la CRM percibe sus ingresos para mantener la operación de sus instalaciones es mediante donaciones voluntarias por instituciones públicas y privadas, así como la población en general; otra forma en la que reciben ayuda es mediante los “Voluntariados” que consisten en la prestación de servicios profesionales para la institución sin percibir alguna remuneración económica.

Dentro de los servicios de socorro de la CRM del Distrito Federal se cuentan con secciones de rescate especializado, las que responden a aquellas necesidades de emergencia tales como:

- Rescate Urbano.
- Rescate Acuático.
- Rescate de Montaña.
- Materiales y Servicios Especiales.

La atención médica prehospitalaria y el servicio de ambulancias son los servicios más reconocidos y emblemáticos de la CRM, se proporcionan prácticamente desde la fundación misma de la Institución. El número telefónico de emergencia 065 es un sistema de recepción de llamadas desde cualquier punto de la Ciudad de México; mediante este número se atienden los llamados de la población y tras una evaluación del tipo de emergencia (por parte de los operadores del sistema) se realiza el despacho de la ambulancia de Cruz Roja más cercana que proporcionará la atención prehospitalaria. En la actualidad la CRM despliega diariamente ambulancias en diversos puntos de la ciudad a través de bases (sitio de ubicación de las ambulancias), desde ahí los TUM's y Socorristas atienden los llamados de emergencia y proporcionan socorro a víctimas de accidentes y emergencias médicas; las ambulancias pertenecientes a la CRM cuentan con un sistema de GPS (Global Positioning Systems, sistema de posicionamiento global), con el cual se logra conocer en tiempo real la ubicación exacta de la ambulancia, además cuentan con los sistemas de comunicación (sistema de radio) y apoyo en el software especializado FLAV v3.0 (software especializado para localización de vehículos). La

utilización de las herramientas antes mencionadas sirven a los operadores del sistema de llamadas de emergencia de la CRM para decidir qué vehículo (ambulancia) es la que se encuentra más cercana al lugar en donde se solicita se servicio.

<b>Registro histórico del total de servicios realizados por la CRM del DF</b>			
<b>TIPO DE SERVICIOS</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Atención lesionados en vía pública	29,895	30,997	30,913

Tabla 3.2.2.1 Registro histórico de servicios realizados por la CRM del Distrito Federal.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la oficina de Comunicación e Imagen de la CRM.

### **3.2.3 Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal**

El 27 de noviembre de 2014 se realizó el decreto por el que se expide la Ley del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal (LSPCDF), la cual tiene por objeto: “regular la integración, organización, coordinación y funcionamiento del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal, así como establecer las obligaciones del gobierno y los derechos y obligaciones de los particulares, en la aplicación de los mecanismos y medidas de prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, sus bienes, el entorno y el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos ante la eventualidad de una emergencia, siniestro o desastre”.

Dicha ley, manifiesta en su artículo 16 fracción 11 que corresponde a las Delegaciones en materia de Protección Civil la instalación del Consejo de Protección Civil, Órgano asesor del Sistema de Protección Civil que coordina a las autoridades delegacionales, a representantes del Gobierno del Distrito Federal y de la sociedad civil para velar por la operación de protección civil y sus objetivos en el ámbito delegacional. Además, en los artículos 17 y 18 de la misma se manifiesta que la función de Protección Civil Delegacional será conducida a través de la Unidad de Protección Civil, quien será la responsable de implementar las acciones de protección civil delegacional, asistiendo a la población en materia preventiva y atendiendo las emergencias y situaciones de desastre que se presenten en su demarcación. Finalmente, el artículo 20 menciona que las UPCD en el ámbito de sus respectivas competencias entre otras tiene la siguiente atribución: establecer, derivado de los instrumentos de la Protección Civil los planes y programas básicos de atención, auxilio y apoyo al restablecimiento de la normalidad, frente a los desastres provocados por los diferentes tipos de fenómenos perturbadores.

Teniendo en consideración el marco normativo de la Secretaria de Protección Civil se realizó la solicitud de información por medio de las OIP de cada una de las UPCD acerca del número de servicios prehospitalarios en vía pública así como el número de traslados

realizados en el periodo comprendido entre los años 2008-2014. Como resultado de la solicitud se obtuvo que a pesar de que la LSPCDF establece que las delegaciones municipales deben prestar el servicio de Protección Civil para la prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, existen 5 delegaciones que no prestan el servicio de atención prehospitalaria, las cuales son; Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco y Xochimilco.

<b>Registro total anual delegacional de servicios (atenciones y vía pública y traslados) realizados por las UPCD.</b>							
<b>DELEGACIÓN / AÑO</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Álvaro Obregón	1,580	1,500	1,600	1,450	1,200	1,800	1,950
Azcapotzalco	7,608	7,456	7,688	6,593	6,277	6,766	7,328
Benito Juárez	2,891	5,066	4,445	4,226	4,024	5,569	5,361
Cuajimalpa de Morelos	SR	SR	SR	SR	510	2,560	2,772
Iztapalapa	SR	SR	SR	SR	SR	SR	2,528
Magdalena Contreras	330	343	503	623	769	495	503
Miguel Hidalgo	SR	SR	440	868	767	760	791
Milpa Alta	799	1,156	974	986	1,049	1,021	1,085
Tláhuac	3,221	3,398	3,700	3,496	3,329	3,013	2,863
Tlalpan	SR	SR	SR	SR	SR	SR	1,081
Venustiano Carranza	SR	2,796	2,970	3,157	3,225	2,269	497
<b>TOTAL</b>	<b>16,429</b>	<b>21,715</b>	<b>22,320</b>	<b>21,399</b>	<b>21,150</b>	<b>24,253</b>	<b>26,759</b>

\*SR= Sin Registro Oficial por parte de la UPCD correspondiente.

Tabla 3.2.3.1. Registro total anual delegacional de servicios realizados por las UPCD.  
Fuente. Elaboración del autor con datos proporcionados por la OIP de cada UPCD.

Es importante mencionar que las delegaciones políticas de Iztapalapa y Tlalpan comenzaron a prestar los servicios de AMP durante el año 2014, con base a los registros exhibidos en la tabla anterior, durante el periodo comprendido del año 2008 al 2014 la cobertura de servicios de AMP se incrementó en un 62.88%, siendo la delegación Azcapotzalco la que brinda el mayor número de asistencias médicas durante el periodo mencionado.

Durante el año 2008 (ver tabla 3.2.3.2), 1 de cada 6 auxilios médicos realizados por las UPCD requirieron una atención médica especializada, motivo por el cual fue necesario llevar a cabo el traslado de las personas asistidas hacia alguna institución de salud; el parque vehicular en operación de las UPCD durante el mismo año fue de 25 ambulancias. Los datos mostrados en la tabla 3.2.3.2 ponen en evidencia que durante el año 2008, uno de cada 6 auxilios médicos realizados por las UPCD requirieron una atención médica especializada, motivo por el cual fue necesario llevar a cabo el traslado de las personas asistidas hacia alguna institución de salud, el parque vehicular en operación de las UPCD

durante el mismo año fue de 25 ambulancias. Para el año 2014, una de cada 5 atenciones médicas en vía pública requirieron el traslado hacia alguna institución de salud, por otro lado, el parque vehicular en operación destinado para el servicio de ambulancias se incrementó a 47 vehículos.

<b>Resumen de principales indicadores de servicios prehospitalarios realizados por las UPCD</b>							
<b>INDICADOR / AÑO</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Atención a lesionados en vía pública (ALVP)	16,429	21,715	22,320	21,399	21,150	24,253	26,759
Traslado a hospitales (TH)	2,668	4,177	4,906	5,422	5,572	4,373	5,310
Total de servicios realizados anualmente	19,097	25,892	27,226	26,722	26,722	28,626	32,069
Promedio diario anual de servicios realizados	52	71	75	73	73	78	95
Parque vehicular en operación (PVO)	25	33	37	37	43	43	47
Siniestros viales del PVO	11	9	4	7	11	14	14

Tabla 3.2.3.2. Resumen de indicadores de servicios realizados por las UPCD.

Fuente. Elaboración del autor con datos proporcionados por OIP de cada UPCD.

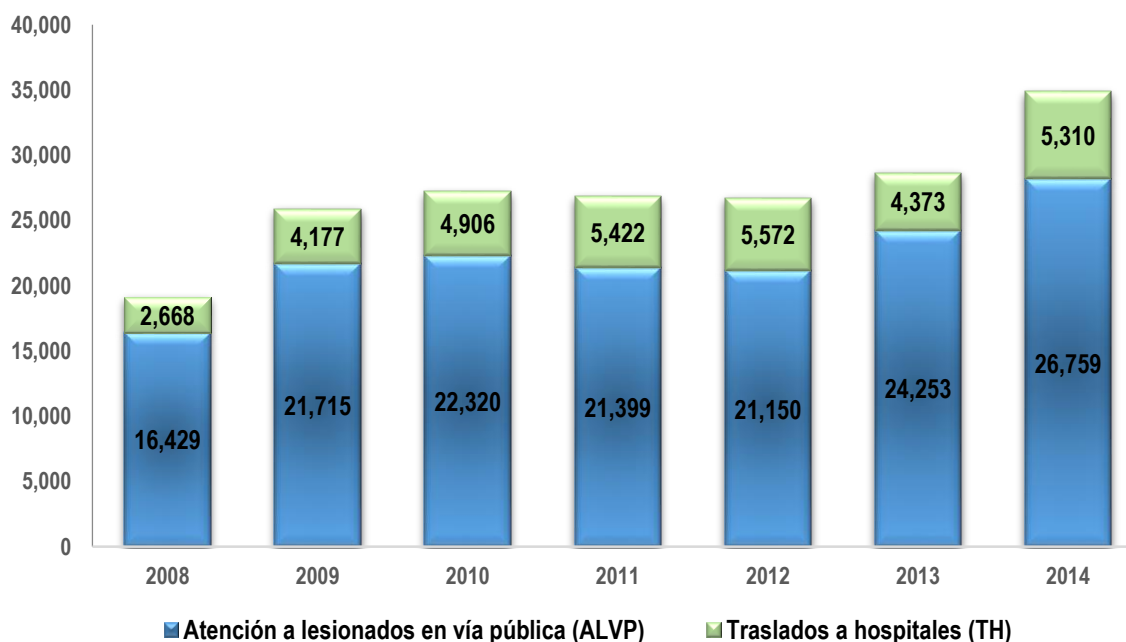


Gráfico 3.2.3.1. Resumen de indicadores de servicios realizados por las UPCD.

Fuente. Elaboración del autor con datos proporcionados por la UDPC correspondiente a cada delegación política.

### 3.2.4 Centro Regulador de Urgencias Médicas, CRUM

El Centro Regulador de Urgencias Médicas (CRUM) es la unidad gerencial – operativa, dependiente de la SEDESA, responsable de concentrar la información sobre la disponibilidad de recursos de las unidades hospitalarias de la SEDESA y de los hospitales

que integran el Sistema Integral de Urgencias Médicas (SIUM), así como de mantener el enlace y coordinación con la atención prehospitalaria del Distrito Federal, a fin de hacer eficientes los recursos humanos y materiales para ofrecer la mejor opción posible a pacientes en situación de urgencia médica. El CRUM tiene la misión de procurar la mejor alternativa de atención médica de urgencias al mayor número de usuarios, en el menor tiempo posible, por medio de la distribución adecuada y técnicamente sustentada de los recursos disponibles.

El CRUM se coordina con las siguientes instancias:

- Servicios de atención prehospitalaria (ERUM, CRM, Voluntarias).
- Hospitales dependientes de la SSPDF.
- Algunos hospitales de otras dependencias (SEDESA, IMSS, ISSSTE).

El CRUM comenzó a operar desde noviembre del 2003 bajo el mando de la SEDESA, dicho centro establece las regulaciones médicas para el tratamiento del paciente lesionado (el hospital al que será trasladado el lesionado, más adecuado según condiciones de salud), por lo general las demandas de regulaciones que llegan al CRUM provienen de ambulancias que a su vez han sido despachadas desde las instalaciones del 066. Durante el periodo del año 2007 al 2013 reguló 143,322 servicios de traslados; en la siguiente tabla se muestra el desglose anual de dichas regulaciones:

Año	Total de Regulaciones
2007	16,983
2008	17,549
2009	16,023
2010	17,107
2011	21,750
2012	24,489
2013	29,421
2014	32,651

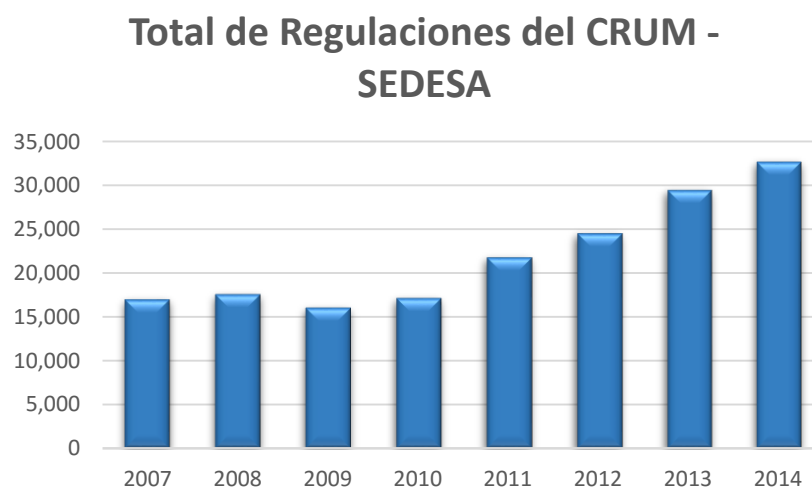


Tabla 3.2.4.1. Regulaciones realizadas por el CRUM.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la OIP de la SEDESA.

La tendencia creciente (ver tabla 3.2.4.1) en el número de regulaciones prehospitalarias a partir del año 2009 hasta el 2014 es notoria, estas incrementaron en un 83.62 % en dicho periodo, cabe mencionar que no se contemplan los servicios realizados sin una regulación previa. Los servicios de traslado de pacientes que no pasan por el filtro de regulación por

parte del CRUM son casos especiales, en los que la vida del paciente se ve potencialmente en peligro, y debido a esta situación, se realiza el traslado del paciente hacia la unidad médica más cercana para brindar el servicio de atención médica de urgencia.

El CRUM no solo brinda servicios de regulaciones médicas ya que cuenta con su propio parque vehicular para brindar los servicios de AMP. Durante el año 2008 el CRUM sólo contaba con 3 vehículos de ambulancias y se realizaron un total de 867 atenciones médicas en la vía pública durante el mismo año; para el año 2014 el panorama en cuestiones operativas del servicio de asistencia médica prehospitalaria a cargo del CRUM se ha incrementado, ya que el parque vehicular en operación, para ese año se incrementó a 24 ambulancias y se lograron atender un total de 8075 servicios de AMP. El detalle de los indicadores de servicios prehospitalarios realizados por el CRUM se muestra a continuación.

<b>Resumen de principales indicadores de servicios prehospitalarios realizados por el CRUM</b>			
<b>Año</b>	<b>Parque Vehicular, ambulación en operación (PV)</b>	<b>Atenciones en el lugar del accidente realizadas por el PV</b>	<b>Total de siniestros ocurridos en el PV</b>
2008	3	867	1
2009	3	936	0
2010	13	3,218	0
2011	12	5,245	0
2012	11	5,930	7
2013	24	6,808	9
2014	24	8,075	8

Tabla 3.2.4.2. Resumen de principales indicadores de servicios prehospitalarios realizados por el CRUM.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos mediante la OIP de la SEDESA.

Como se mencionó anteriormente el CRUM es la institución encargada de las regulaciones médicas, en caso de que las personas siniestradas ameriten una atención médica con mayor especialización a la brindada con el equipamiento de las ambulancias. El procedimiento a grandes rasgos de las regulaciones medicas consisten en que el CRUM se comunica a cada uno de los hospitales que integran la red del SIUM, para que con base al reporte brindado por los paramédicos que atendieron la emergencia, se busque la disponibilidad de atención médica en el hospital más adecuado para la recepción del paciente siniestrado.

El SIUM es un esfuerzo conjunto de la SSA, la SEDESA, el IMSS y el ISSSTE que tiene como objetivo mejorar la atención de los pacientes que requieren tratamiento médico de urgencia y mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes con saldo masivo de víctimas y desastres, el SIUM inicio sus operaciones el 15 de noviembre de 2003. Los hospitales pertenecientes al SIUM hasta el 2014 se muestran en la tabla 3.2.4.3.

<b>Hospitales que integran la red de servicios médicos del SIUM</b>			
<b>IMSS:</b>		<b>Secretaría de Salud del Distrito Federal (SEDESA):</b>	
HT "Victorio de la Fuente Narváez"	HG Regional No. 25.	HG Balbuena.	HG Villa.
HG de Zona No. 24.	HG de Zona No. 32.	HG Belisario Domínguez	HG "Dr. Enrique Cabrera"
<b>ISSSTE:</b>		HG "Dr. Gregorio Salas"	HG Xoco.
HR "General Ignacio Zaragoza"	HRI "Lic. Adolfo López Mateos"	HG Iztapalapa.	HG Ticomán.
HR "1º de Octubre".		HG Milpa Alta.	HG Tláhuac
<b>SSA:</b>		HG "Dr. Rubén Leñero"	HG Ajusco Medio
HG "Dr. Manuel Gea González".	Hospital de la Mujer.	<b>Secretaría de Salud del Distrito Federal (SEDESA):</b>	
Hospital Juárez de México.		HMI Inguarán	HMI Cuauhtémoc
Secretaría de Salud del Distrito Federal (SEDESA):		HMI Magdalena Contreras	HMI Cuajimalpa
HP Azcapotzalco	HP Tacubaya	HMI Nicolás M. Cedillo	HMI Topilejo
HP Coyoacán	HP Iztapalapa	HMI Tláhuac	HMI Xochimilco
HP Iztacalco	HP Legaríá	<b>Abreviaturas:</b> HMI= Hospital Materno Infantil HP= Hospital Pediátrico HT= Hospital de Traumatología HG=Hospital General,	
HP Peralvillo	HP Moctezuma		
HP San Juan de Aragón	HP Villa		

Tabla 3.2.4.3. Instituciones médicas que integran la red hospitalaria del SIUM.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos mediante la oficina de OIP de la SEDESA, IMSS, SSA e ISSSTE.

Los tiempos promedio de traslado registrados por los vehículos del CRUM son exhibidos en la siguiente tabla:

<b>Tiempo promedio de traslado registrados por los vehículos del CRUM</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Tiempo (en minutos)</b>
Tiempo en minutos desde que se avisa al CRUM del evento, hasta que llega la ambulancia con el paciente.	7.5
Tiempo en minutos desde que llega la ambulancia con el paciente, lo atiende y se retira del lugar	18
Tiempo en minutos desde que la ambulancia se retira del lugar y llega al hospital	15
Tiempo global de atención	40.5

Tabla 3.2.4.4. Tiempo promedio de traslados registrados por los vehículos del CRUM.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos mediante la oficina de OIP de la SEDESA.

## CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.

Debido a que los modelos y metodologías de solución dependen del observador, se presenta un conjunto de definiciones, objetivos de optimización y clasificación de métodos para homologar el lenguaje utilizado y con ello llegar a la propuesta de solución al problema planteado.

### 4.1 Conceptos básicos de red

Un grafo o red consiste en una serie de nodos enlazados con arcos (Taha, 2012). La notación para describir una red es  $(N,A)$  donde  $N$  es el conjunto de los nodos y  $A$  es el conjunto de los arcos. Por ejemplo, la red de la figura 1 se describe como sigue:

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

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

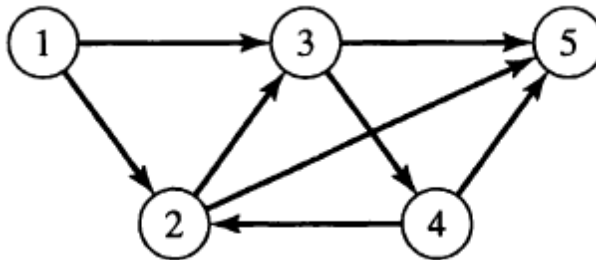


Figura 4.1.1. Ejemplo de red.  
Fuente: (Taha, 2012).

Un nodo corresponde a un vértice de un grafo. Un arco corresponde a un par ordenado de vértices que representan una posible dirección de desplazamiento a través de un grafo. Un arco es dirigido o direccionado cuando permite el flujo en una dirección (por ejemplo el arco correspondiente al nodo 1 y 3 es direccionado de 1 hacia 3), cuando un arco es no dirigido se considera que el flujo sobre el arco es bidireccional, es decir puede ir de nodo  $i$  al nodo  $j$  o del nodo  $j$  hacia el nodo  $i$ .

Una red conectada es aquella en que cada dos nodos distintos están conectados al menos por una ruta (la figura 4.1.1 es un ejemplo de este tipo de red). Una ruta o camino entre dos nodos es cualquier secuencia de arcos que los conecte.

#### 4.1.1 Modelo de la ruta más corta

El modelo de la ruta más corta se refiere a una red en la cual cada arco  $(i,j)$  tiene asociado un número  $c_{ij}$ , el cual se interpreta como la distancia (costo o tiempo de recorrido) desde el nodo  $i$  hasta el nodo  $j$ . El objetivo consiste en encontrar la ruta más corta (o de menor

costo) desde un nodo específico hasta cada uno de los demás nodos de la red (Eppen, 2000).

El algoritmo de Dijkstra (Revenga, 2008) está diseñado para encontrar las rutas que representan el menor costo (más cortas) entre un nodo y cada uno de los nodos de la red, este algoritmo pertenece a la taxonomía del tipo “greedy” debido a que en cada iteración es seleccionada la mejor opción.

El algoritmo de Dijkstra (Frederick S. Hiller, 2010) es el siguiente:

- *Objetivo de la n-ésima iteración:* encontrar el  $n$ -ésimo nodo más cercano al origen. (Este paso se repetirá para  $n = 1, 2, \dots$  hasta que el  $n$ -ésimo nodo más cercano sea el nodo destino).
- *Datos de la n-ésima iteración:*  $n - 1$  nodos más cercanos al origen que se encontraron en las iteraciones previas, incluida su ruta más corta y la distancia desde el origen. (Estos nodos y el origen se llaman *nodos resueltos*; el resto son nodos *no resueltos*).
- *Candidatos para n-ésimo nodo más cercano:* cada nodo resuelto que tiene conexión directa por un arco con uno o más nodos no resueltos proporciona un candidato, esto es, el nodo no resuelto que tiene la ligadura más *corta*. (Los empates proporcionan candidatos adicionales).
- *Cálculo del n-ésimo nodo más cercano:* para cada nodo resuelto y sus candidatos, se suma la distancia entre ellos y la distancia de la ruta más corta desde el origen a este nodo resuelto. El candidato con la distancia total más pequeña es el  $n$ -ésimo nodo más cercano, los empates proporcionan nodos resueltos adicionales, y su ruta más corta es la que genera esta distancia.

Una característica de este algoritmo es la utilización de etiquetas en cada nodo cuya función es indicar en cada iteración del algoritmo la distancia del origen a dicho nodo, el encabezado propuesto para la elaboración del tabulado para realizar las iteraciones del algoritmo de Dijkstra es:

n	Nodos resueltos conectados directamente a nodos no resueltos	Nodo no resuelto más cercano conectado	Distancia total involucrada.	n-ésimo nodo más cercano.	Distancia mínima.	Última conexión.
---	--	--	------------------------------	---------------------------	-------------------	------------------

Tabla 4.1.1.1 Encabezado propuesto para desarrollar iteraciones del algoritmo de Dijkstra.

Fuente: (Frederick S. Hiller, 2010).

#### 4.1.2 Matriz Origen - Destino (MOD).

Una matriz origen-destino (MOD) es una tabla que ordena en filas y columnas el resultado de diferentes indicadores como pueden ser: viajes generados, distancias recorridas, tiempos de viaje o costos económicos entre un sitio origen hacia un destino. Las filas

corresponden a los sitios desde donde se genera el origen, mientras que las columnas corresponden a los destinos del mismo. Para la presente investigación las MOD corresponderán a la medidas de impedancia tiempo de viaje (cuantificadas en segundos), las cuales tienen el origen de recorrido las “bases” de las ambulancias administradas por las UPCD y el destino corresponde a cada lugar en donde fue cubierto un servicio de AMP.

#### **4.1.3 Áreas de servicio.**

Las áreas de servicio en una red (ESRI, 2015) se definen como una región que abarca todas las calles accesibles (es decir, calles que están dentro de una impedancia especificada) situadas alrededor de cualquier ubicación en una red. Las áreas de servicio también ayudan a evaluar la accesibilidad. Las áreas de servicio concéntricas muestran la forma en que la accesibilidad varía con la impedancia. Una vez creadas las áreas de servicio, pueden ser utilizadas para cuantificar el número de personas, la superficie de terreno o cualquier otra variable en el interior de la vecindad o región.

#### **4.2 Modelos de localización de instalaciones**

La aplicación de modelos de localización de instalaciones ha tenido protagonismo principalmente en el sector privado; para el establecimiento de nuevos negocios. En el sector público también se han utilizado para la localización de servicios de emergencia (ambulancias, estaciones de policía y bomberos), en el caso de los servicios de ambulancias (Daskin, 2013) (G.Y. Handler y Mirchandani P.B., 1979) señalan que un mal emplazamiento de las ambulancias provocará un incremento en el tiempo promedio de respuesta, con el incremento asociado en la probabilidad de fallecimiento de la persona a la que se brindará el servicio.

Los problemas de localización (Colebrook, 2003) consisten en encontrar la ubicación más adecuada dónde establecer uno o más servicios, de forma que se optimice (minimice o maximice) algún o algunos criterios específicos. Dada la localización, estos criterios están usualmente relacionados con la distancia (considerada como medida de costo) existente entre los servicios y los puntos de demanda (clientes).

El inconveniente principal para la aplicación de los algoritmos que emanan de la teoría de localización (Sendra, 2004) es la baja disponibilidad de los numerosos datos que son necesarios analizar para llevar a cabo los cálculos numéricos que la mayoría de los algoritmos relacionados con dicha teoría requieren; esta situación ha comenzado a mejorar debido al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG son herramientas informáticas especialmente adecuadas al estudio de problemas de localización, ya que se pueden realizar diversos análisis con gran agilidad y facilitan la

realización de cálculos matemáticos necesarios para los algoritmos de la teoría de localización.

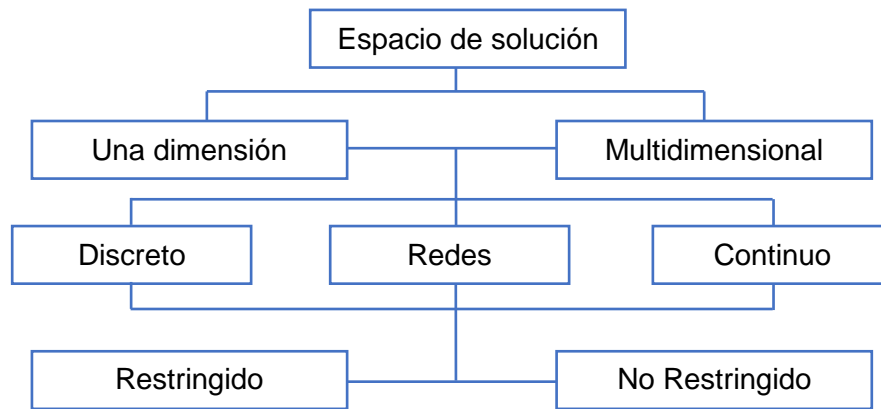
La localización de servicios de ambulancias (Daskin, 2013) mediante modelos matemáticos históricamente se ha realizado para cubrir diferentes objetivos, algunos de los cuales se enlistan a continuación:

- Minimizar el número de ambulancias necesarias para que todos los nodos de demanda estén dentro de un número dado de minutos (el estándar de servicio) de la ambulancia más cercana. El modelo matemático asociado a este objetivo se conoce como modelo de zona cubierta. Las demandas se dice que están cubiertas si la ambulancia más cercana se encuentra a no más de  $X$  minutos de distancia, donde  $X$  es el estándar de servicio utilizado en el modelo.
- Maximizar el número de demandas que pueden ser cubiertas dentro de un estándar de servicio especificado usando un número determinado de vehículos. Tal modelo se conoce como un modelo de cobertura máxima.
- Reducir al mínimo el tiempo de respuesta máximo (el tiempo entre el sitio de la demanda y la ambulancia más cercana) utilizando un número de vehículos ( $P$ ) dado. Tal modelo se conoce como el problema P-Centro.
- Minimizar el tiempo de respuesta promedio (el tiempo entre un sitio de la demanda y la ambulancia más cercana) utilizando un número de vehículos ( $P$ ) dado. Este modelo se denomina el problema P-Mediana.

#### **4.3 Taxonomía de modelos de localización.**

Existen diversas clasificaciones de los modelos de localización, esta clasificación depende de diversos autores, por ejemplo (Colebrook, 2003) y (Aceves, 2007) proponen tres áreas de investigación:

- Localización continua: se permite que las localizaciones estén en cualquier lugar dentro de un espacio " $d$ " dimensional.
- Localización discreta: se especifican a priori un número finito de posibles localizaciones en el espacio. A veces también se denomina localización-asignación.
- Localización en redes: tipo especial de problemas de localización que se plantean sobre redes, entendiendo como red a un conjunto de puntos o vértices unidos por un conjunto de aristas que representan conexiones entre esos puntos.



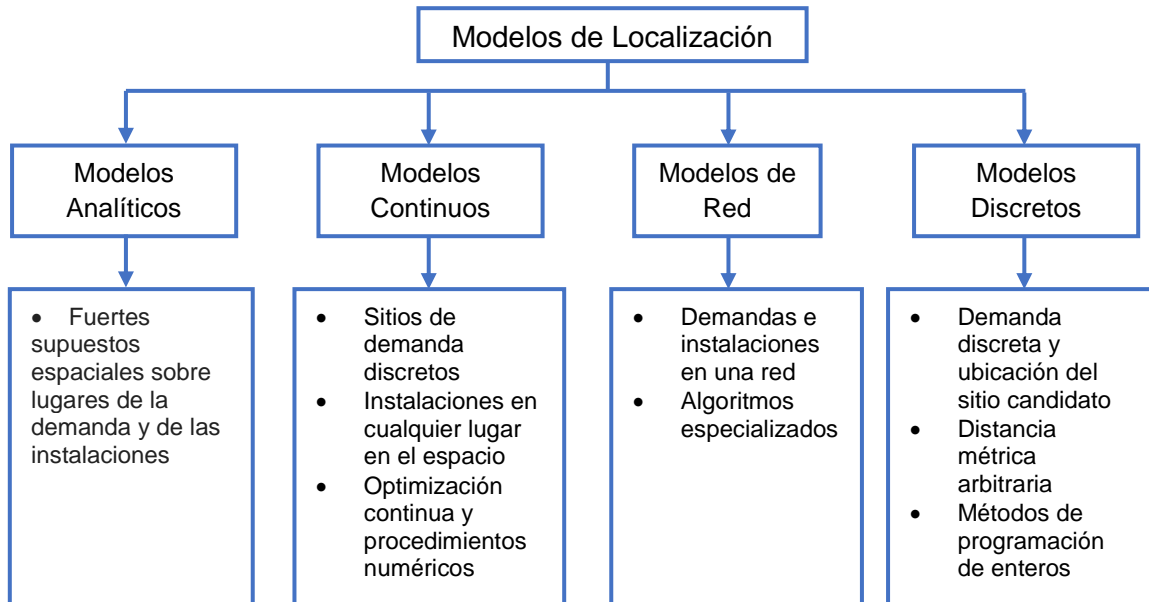
Esquema 4.3.1. Clasificación de los problemas de localización propuesta por (Aceves, 2007).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (Aceves, 2007).

Por otra parte el autor (Daskin, 2013) propone una clasificación más compleja de los métodos de localización que es la siguiente:

- Los modelos de localización analíticos asumen que las demandas se distribuyen de alguna manera en el espacio, los lugares candidatos para las instalaciones también son supuestos.
- Los modelos de localización continuos suponen que las demandas se producen en sitios discretos. El nivel de la demanda en estos sitios se conoce a priori. Las instalaciones candidatas pueden ubicarse en cualquier lugar de una región. El modelo de localización Weber es típico de los modelos de esta clase. El modelo de Weber encuentra el centro de gravedad de los puntos de demanda.
- Los modelos de ubicación de red tratan demandas que se encuentran en una red compuesta de nodos y vértices. Típicamente, las demandas se encuentran en los nodos de la red. Las instalaciones pueden estar situadas en los nodos o en los vértices de la red que cumplen con las facilidades necesarias a modo de que la demanda de un grupo de clientes sea satisfecha (el término facilidad, se refiere en su más amplio sentido, ya que puede incluir entidades como hospitales, industrias, colegios, puertos, etc.). La investigación en este campo es a menudo dirigida a la búsqueda de algoritmos muy eficientes para resolver casos especiales de problemas de ubicación de red. El algoritmo de Goldman es un ejemplo de este tipo de modelado.
- Los modelos de localización discretos hacen supuestos particulares sobre los lugares de la demanda y de las instalaciones. Simplemente como resultados arrojan las ubicaciones o coordenadas de los nodos de la demanda y los lugares

candidatos. Las "distancias" entre los lugares de demanda y candidatos no tienen que preferir una fórmula particular. Estos modelos se formulan a menudo como modelos de programación entera y resuelven usando métodos exactos o métodos heurísticos (aproximados).



Esquema 4.3.2. Clasificación de los problemas de localización propuesta por (Daskin, 2013).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (Daskin, 2013).

#### 4.4 Métodos para el análisis de localización de instalaciones

Los problemas que requieren análisis de localización (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008) son muy complejos, el problema consiste en determinar el número, tamaño, patrón de asignación y localización de las instalaciones. Es factible que haya miles de centros de demanda, cientos de posibles localizaciones para los almacenes, varias plantas (o ubicaciones de servicio) y múltiples líneas de productos. Frente a tal grado de complejidad es necesario usar una metodología de cálculo para realizar una evaluación completa. Para este propósito se han desarrollado tres tipos básicos de modelos de cálculos:

1. Heurísticos: Las reglas empíricas así como los lineamientos de solución, permiten encontrar soluciones factibles (aunque no necesariamente óptimas) para los problemas de localización de instalaciones. Entre las ventajas que ofrecen los métodos heurísticos figuran la eficiencia y la capacidad de manejar los aspectos generales de un problema. El procedimiento de búsqueda sistemática se realiza utilizando como base el algoritmo del centro de gravedad de un área objetivo.
2. De simulación: La simulación es una técnica de modelado que reproduce el comportamiento de un sistema. La simulación permite manipular las variables

implicadas en un caso de estudio, mediante la modelación se puede saber los efectos de esas manipulaciones sobre medidas de operación seleccionadas. Los modelos de simulación permiten al analista evaluar diferentes alternativas de localización por medio de prueba y error. Para cada intento, el analista indica qué instalaciones se van a abrir y, por lo general, el simulador toma las decisiones sobre asignación.

3. De optimización. La optimización implica procedimientos para encontrar la *mejor* solución. Aun cuando este enfoque podría parecer preferible, tiene una limitación: los procedimientos de optimización utilizan generalmente visiones simplificadas y menos realistas de los problemas.

En el presente trabajo se emplean los métodos heurísticos y de optimización:

- P-Mediana.
- Centro de Gravedad.
- Localización de múltiples instalaciones con GIS.

Cada una de las metodologías mencionadas en el listado anterior se describe a continuación.

#### 4.4.1 Algoritmo P-Mediana

En la literatura este modelo tiene diferentes nombres en función del autor, por ejemplo; (Kanungo, 2006) utiliza el nombre de “Algoritmo K-means Clustering”, por otra parte el mismo autor utiliza el nombre de “Algoritmo K-means” en un estudio realizado para la caracterización y localización óptima. En este trabajo se utiliza el nombre propuesto de “Algoritmo P-Mediana” que propone (Martínez R. H., 2004).

La aplicación del algoritmo P-Mediana (Algoritmo K-means Clustering) se realizó con apoyo del software MATLAB R2014a, el cual en su módulo de ayuda establece lo siguiente. K-means Clustering (MathWorks, 2015): es un algoritmo de datos iterativo que asigna “n” observaciones en exactamente uno de “k” grupos definidos por centroides. El algoritmo procede como sigue:

1. Elija “k” centros de clústers iniciales (centroides). Elija “k” observaciones al azar o utilizar el algoritmo k-medias ++ (MATLAB utiliza por defecto dicho algoritmo) para la inicialización del centro del clúster.
2. Calcular distancias de todas las observaciones a cada centroide.
3. Hay dos fases para proceder:
  - a. La primera fase utiliza actualizaciones por lotes, donde cada iteración consiste en la reasignación de las observaciones a su centroide más cercano, seguido de nuevo cálculo de centroides del clúster.

- b. La segunda fase utiliza actualizaciones en línea, donde las observaciones se vuelven a asignar de forma individual a los centroides, si al hacerlo se reduce la suma de las distancias, los centroides del clúster se vuelven a calcular. Cada iteración durante esta fase consiste en una sola pasada para todas las observaciones. Esta fase converge a un mínimo local.
4. Calcular la media de las observaciones en cada grupo para obtener “k” nuevas ubicaciones del centroide.
5. Repetir los pasos 2 a 4 hasta que las asignaciones a los grupos (clústers) no cambien, o se alcance el número máximo de iteraciones.

### Algoritmo K-medias ++

El algoritmo K-medias ++ utiliza una heurística para encontrar semillas que serán utilizadas como centroides para el algoritmo K-means clustering. K-medias ++ elige semillas de la siguiente manera, suponiendo que el número de grupos es k:

1. Seleccione una observación uniformemente al azar entre el conjunto de datos “X”. La observación elegida es el primer centro de gravedad, y se denota “c<sub>1</sub>”
2. Calcular distancias de cada observación a “c<sub>1</sub>”. Se denota la distancia entre “c<sub>j</sub>” y la observación “m” como  $d(x_m, c_j)$
3. Seleccione el siguiente centroide, “c<sub>2</sub>” al azar de X con probabilidad

$$\frac{d^2(x_m * c_1)}{\sum_{j=1}^n d^2(x_m * c_1)}$$

4. Para elegir “j” centro :
  - a. Calcule las distancias de cada observación a cada centro de gravedad, y asignar cada observación a su centroide más cercano.
  - b. Para  $m = 1, \dots, n$  y  $p = 1, \dots, j - 1$ , seleccionar centroide j al azar con probabilidad X

$$\frac{d^2(x_m * c_p)}{\sum_{\{h: x_h \in C_p\}} d^2(x_m * c_p)}$$

Donde  $C_p$  es el conjunto de todas las observaciones más cercanas a centroide  $c_p$  y  $x_m$  pertenece a  $C_p$ .

Es decir, seleccionar cada centroide posterior con una probabilidad “d” proporcional a la distancia de sí mismo al centro más cercano que ya se eligió.

5. Repita el paso 4 hasta que se eligen k centroides

La medida de distancia euclídea al cuadrado es la que utiliza por defecto MATLAB, con dicha medida se calculan las distancias entre las observaciones y cada centroide. La relación para calcular la distancia euclídea al cuadrado es:

$$d(x, c) = (x - c) * (x - c)'$$

Donde “x” es una observación (es decir, una fila de X) y “c” es un centroide (un vector fila).

#### 4.4.2 Algoritmo Centro de Gravedad

El método del Centro de Gravedad (Ballou, 2004) se resuelve de la siguiente manera:

- Calcular las coordenadas exactas del centro de gravedad:  $\bar{X} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}}$  ..... (4.4.2.1) y  $\bar{Y} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}}$  ..... (4.4.2.2)

Donde;  $V_i$ =Volumen en el punto i.

$R_i$ =Tarifa de transportación al punto i.

$d_i$ =Distancia al punto i desde la instalación que se ubicará.

$\bar{X}, \bar{Y}$ =puntos de coordenadas de la instalación.

$X_i, Y_i$ =puntos de coordenadas de los puntos de fuente y de demanda.

$D_i$ =Distancia estimada mediante:  $d_i = K\sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2}$  ..... (4.4.2.3), donde K representa un factor de escala para convertir una unidad de un punto de coordenadas a una medida de distancia más común, como millas a kilómetros.

El proceso de solución es el siguiente:

1. Determinar los puntos de coordenadas X y Y para cada punto de origen y demanda, junto con los volúmenes de punto y las tarifas de transporte lineal.
2. Aproximar la ubicación inicial a partir de las fórmulas del centro de gravedad mediante la omisión del término de distancia  $d_i$  como sigue:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \dots \dots \dots (4.4.2.4) \text{ y } \bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \dots \dots \dots (4.4.2.5)$$

3. Utilizando la solución para  $\bar{X}, \bar{Y}$  del paso 2, calcular  $d_i$ , de acuerdo a la ecuación 4.4.2.3 (El factor de escala no se quiere utilizarse en este punto).
4. Sustituya  $d_i$  en las ecuaciones 4.4.2.1 y 4.4.2.2, y resuelva las coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  (ecuaciones 4.4.2.4 y 4.4.2.5).
5. Sustituya  $d_i$  con base en las coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  revisadas.
6. Repita los pasos 4 y 5 hasta que las coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  no cambien para iteraciones sucesivas, o cambien tan poco que continuar con el cálculo no sea productivo.
7. Por último, calcular el costo total para la mejor ubicación.

#### 4.4.3 Método GIS para localizar múltiples instalaciones

Un sistema de información geográfica (GIS, por sus singlas en inglés) es un sistema de software, hardware y datos que se pueden usar para manipular, analizar y presentar información relacionada con una decisión sobre localización. Un GIS también puede integrar diferentes sistemas para crear una representación visual de las opciones de

localización de instalaciones. Entre otras cosas, se usa para: almacenar bases de datos, mostrar mapas, crear modelos que toman información de conjuntos existentes de datos. El uso de las herramientas GIS a menudo simplifica la búsqueda de la solución. Visualizar las localizaciones y datos de los servicios, así como la estructura de transporte de caminos y autopistas interestatales. Permite al analista alcanzar con rapidez a una solución razonable de los problemas de localización de múltiples instalaciones.

A continuación, se resume un método de cinco pasos que engloba el uso del GIS para localizar múltiples instalaciones (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

1. Trazar en un mapa los datos de los clientes e instalaciones existentes en el GIS.
2. Dividir visualmente toda el área de operación en la cantidad de partes o subregiones que equivalgan al número de instalaciones que se van a localizar.
3. Localizar una instalación en cada región con base en la densidad visual de la concentración de clientes u otros factores. De otra forma, determinar el centro de gravedad de cada parte o subregión identificada en el paso 2 como solución inicial de localización para la instalación en esa subregión.
4. Buscar otros sitios alrededor del centro de gravedad para elegir una localización factible que satisfaga los criterios de la gerencia de la empresa, como la proximidad a áreas metropolitanas o autopistas importantes.
5. Calcule las puntuaciones totales de carga-distancia y realice verificaciones de la capacidad antes de finalizar las localizaciones en cada región.

#### **4.5 Propuesta de modelo de localización.**

Como se mencionó al inicio del presente capítulo existen diversos objetivos que se pretenden cubrir con la localización de servicios de ambulancias, considerando los “10 minutos de platino”. En el presente estudio se utilizan los modelos discretos de localización en redes, dichos modelos se pueden clasificar de acuerdo con la distancia. El objetivo principal de este estudio es proponer una reubicación de los servicios de ambulancias para minimizar el tiempo promedio de respuesta y maximizar la cobertura geográfica de los vehículos de ambulancias motivo por el cual se aplicará un algoritmo híbrido el cual conjunta los algoritmos: P-Mediana, Centro de Gravedad Múltiple y GIS para localizar múltiples instalaciones, al que se le denominará en adelante como modelo GIS Mejorado.

A continuación, se resume la metodología de seis pasos del modelo de localización de ambulancias para las UPCD de la zona de estudio que engloba el algoritmo GIS Mejorado propuesto para la localización de múltiples instalaciones:

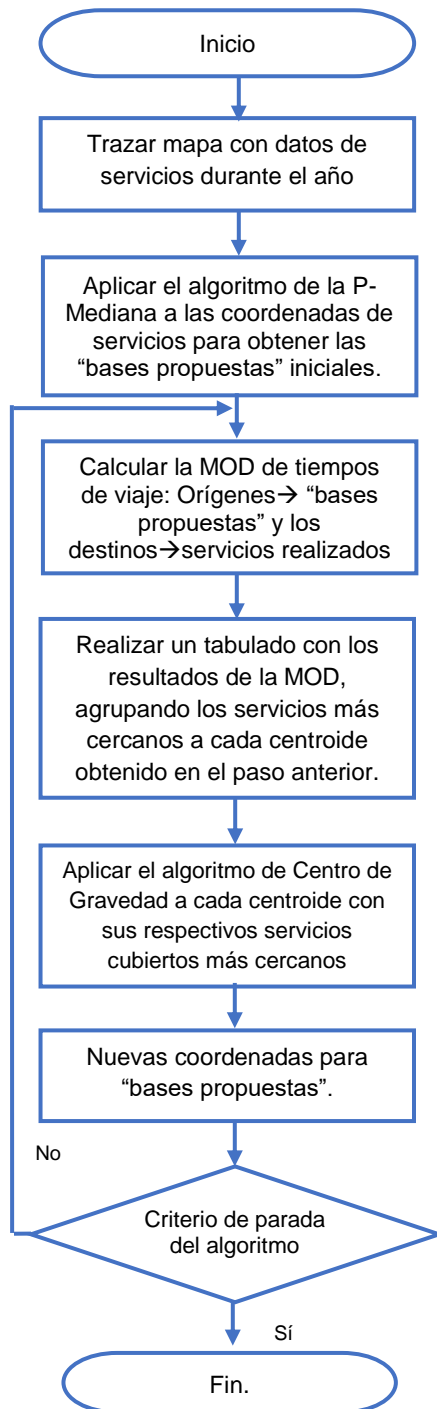


Diagrama de flujo 4.5.1. Método GIS Mejorado.

1. Trazar un mapa con los datos de los servicios registrados durante el año de estudio en el GIS.
2. Aplicar el algoritmo P-Mediana para obtener los primeros centroides a utilizar como “bases propuestas” de los vehículos de AMP de las UPCD.
3. Calcular la MOD de tiempo de viaje de los datos registrados en el paso 1 y 2, para ello se considerará como origen los centroides obtenidos en el paso 2 y los destinos corresponderán a las ubicaciones de cada uno de los servicios realizados durante el año de estudio (paso 1).
4. Realizar un tabulado (ver tabla 4.5.1) que contenga los resultados obtenidos en el paso 3, en las columnas se colocarán el número de centroides (ambulancias) que se localizarán, los renglones corresponden a cada servicio realizado por las unidades de AMP, las cuantificaciones para cada par origen-destino corresponden a la medida de impedancia tiempo de viaje, dicha medida es obtenida mediante el modelo de la ruta más corta propuesto por Dijkstra.

Servicio/ Centroide	Centroides a localizar		Ruta más corta hacia el centroide (SEG)	Centroide más cercano
	1	2		
1	2004.8	374.5	374.5	2
2	1670.2	159.9	159.9	2

Tabla 4.5.1 Tabulado para obtener el centroide más cercano respecto al servicio realizado.

Fuente: Elaboración propia.

5. Con los resultados del paso 4, aplicar el algoritmo de Centro de Gravedad a cada centroide a localizar según los servicios cubiertos por el centroide más cercano; para aplicar la metodología del algoritmo de Centro de gravedad, se tendrán las siguientes precisiones:

- a. Las coordenadas  $X_i$ , serán las coordenadas Este (coordenadas geográficas en proyección UTM).

- b. Las coordenadas  $Y_i$ , serán las coordenadas Norte (coordenadas geográficas en proyección UTM).
- c. La distancia  $d_i$ , corresponderá a la distancia más corta hacia el centroide más cercano al servicio realizado (resultado del paso 4).
- d. Los centroides  $\bar{X}, \bar{Y}$  serán los calculados en el paso 2.
- e. Los volúmenes de punto ( $V_i$ ) necesarios para la aplicación del método, se consideran como la frecuencia de servicios realizados en el mismo sitio geográfico.
- f. Las tarifas de transformación ( $r_i$ ) para la aplicación del método, se tomará como valor único igual a 1, esto debido a que todos los servicios se consideraron con la misma prioridad de atención.

Con las especificaciones en el listado anterior se puede resumir que el método de Centro de Gravedad solo será aplicado en los numerales 1 y 4 explicados en el apartado de “Algoritmo Centro de Gravedad” dentro de este capítulo.

- 6. Con los resultados del paso 5 (nuevas coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  para cada centroide), repetir los pasos 2, 3, 4 y 5, considerando como remplazo en el paso 2 como “bases propuestas” a los centroides obtenidos del paso 5; el criterio de detención del algoritmo propuesto será que las coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  no cambien para iteraciones sucesivas, o cambien tan poco que continuar con el cálculo no sea productivo.

#### 4.6 Metodología

Se cuenta actualmente con una metodología denominada como método GIS para localizar múltiples instalaciones (Krajewski, Lee; Ritzman, Larry; Malhotra, Manoj; 2008), sin embargo, en el presente trabajo se propone una mejora del mismo para dar solución a la problemática planteada, misma a la que en adelante se le ha llamado GIS Mejorado. Este algoritmo mejorado consta de 6 pasos, los cuales se detallan a continuación, no sin antes mencionar que el tratamiento de datos fue el mismo para cada una de las UPCD dentro de la zona de estudio. Para una mejor comprensión del procesamiento de datos empleando el algoritmo GIS Mejorado se exhibirá el proceso con los datos de la UPCD Venustiano Carranza.

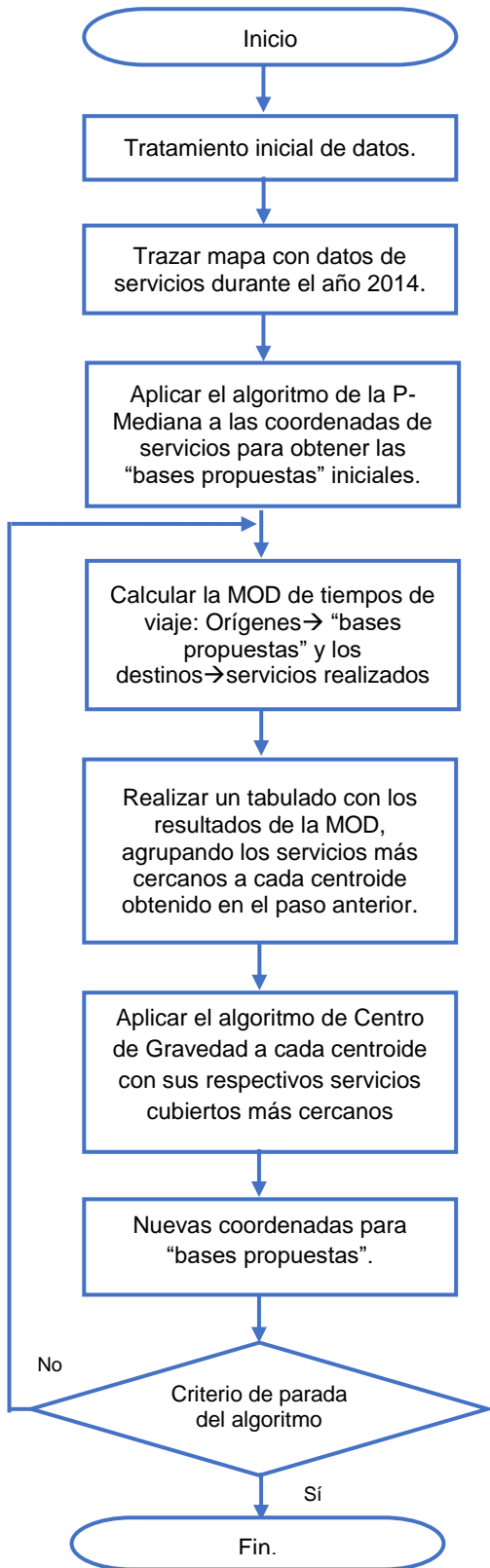


Diagrama de flujo 4.6.1. Metodología de estudio.

#### 4.6.1 Tratamiento inicial de datos

Se realizó una base de datos, considerando como punto de partida el tabulado resumen de los servicios realizados por la UPCD, dicha base de datos está constituida por las siguientes columnas:

- a) Coordenada Este (en sistema UTM) de localización del servicio realizado.
- b) Coordenada Norte (en sistema UTM) de localización del servicio realizado.
- c) Ubicación (dirección) de la localización.
- d) Motivo de solicitud de la información.
- e) Hospital destino al que se realizó el traslado (en caso de ser necesario).

Para obtener las coordenadas Este y Norte en proyecciones geográficas UTM de cada servicio realizado durante el año 2014 por las UPCD, se ejemplificará con un registro de servicio de la UPCD Venustiano Carranza, dicho servicio se brindó en Calle 602 y Luis Cortines, Colonia Pensador Mexicano, para la localización del servicio se utilizó la herramienta de Google Earth, las coordenadas de dicha ubicación se muestran en la imagen 4.6.1.1.

El resultado a tal proceso puede consultarse en la hoja electrónica "Servicios\_VC" del archivo "Venustiano\_Carranza\_Final.xls" dentro del anexo digital número A.

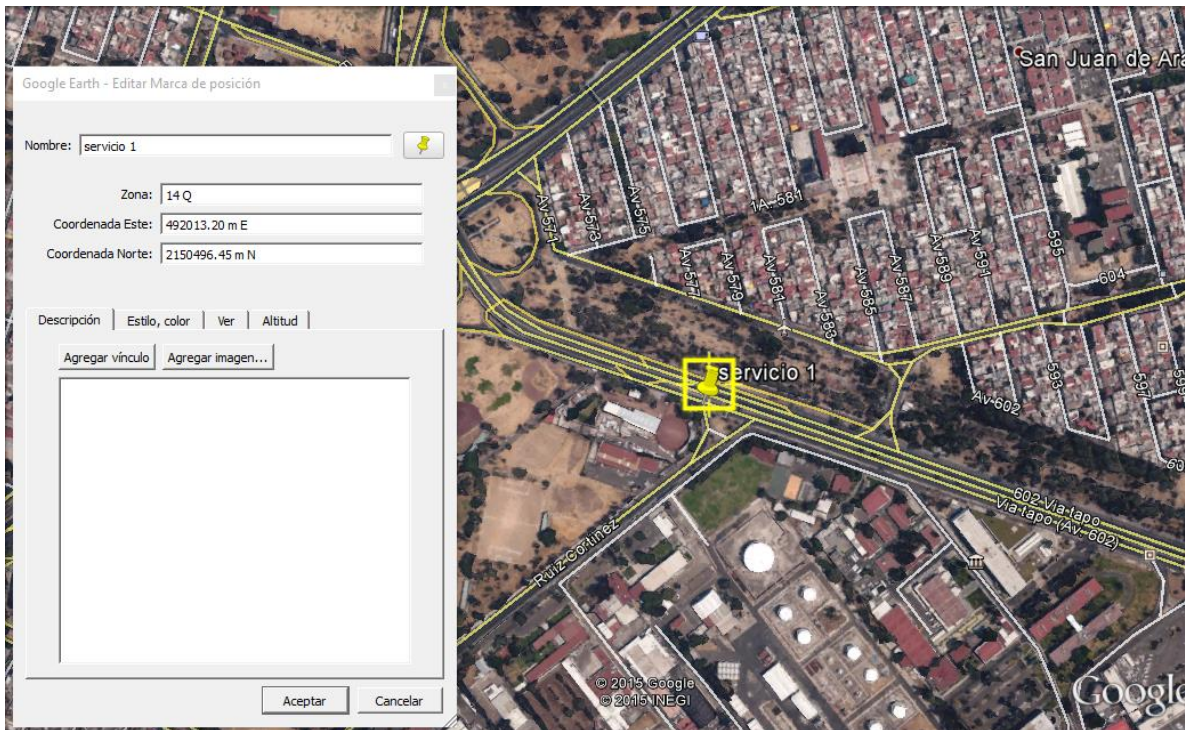
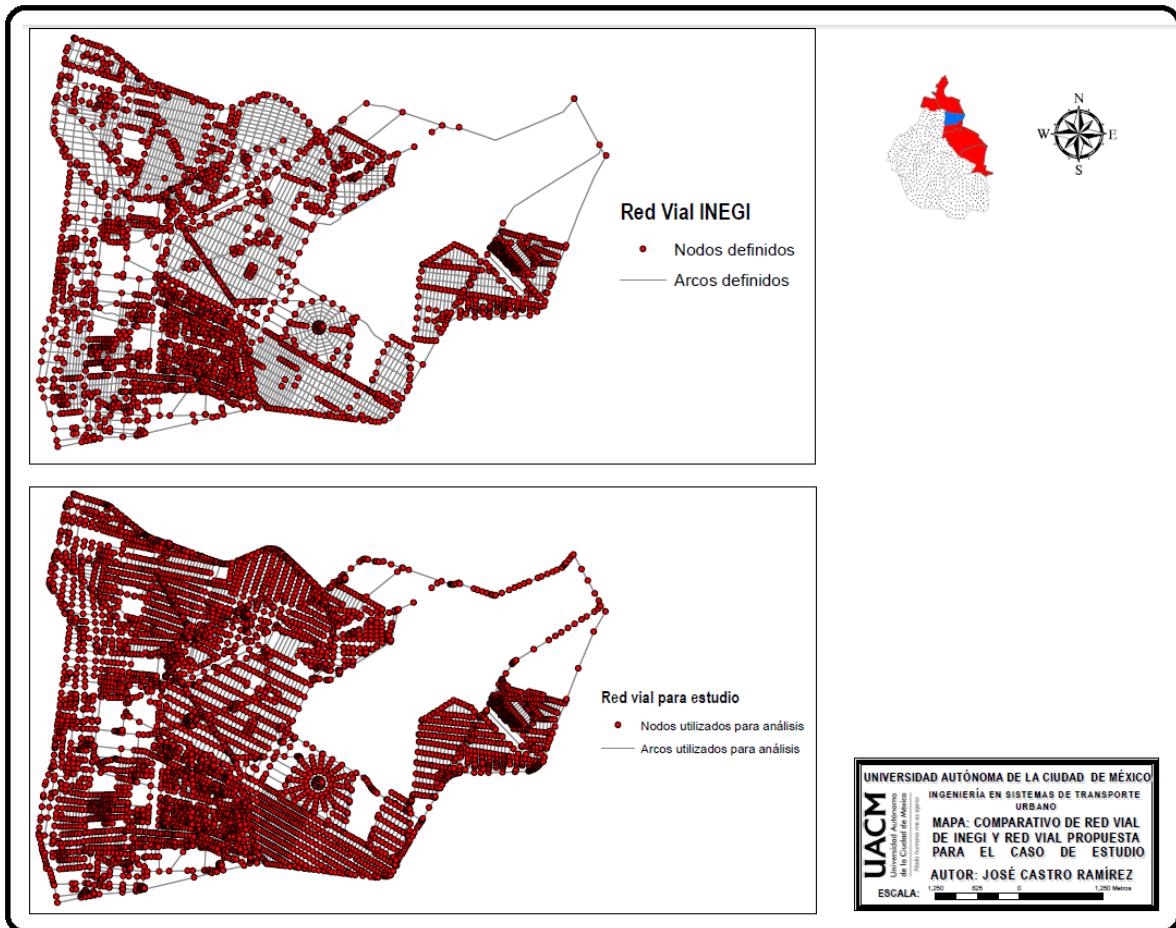


Imagen 4.6.1.1 Ejemplo de obtención de coordenadas de los servicios realizados por las UPCD.

Fuente: Elaboración propia con la herramienta Google Earth.

Para calcular MOD en función del tiempo de viaje, es necesario realizar un tratamiento previo de los datos digitales obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (*INEGI*), los archivos digitales shapefile (.SHP) elaborados por el INEGI fueron descargados desde su sitio en internet: <http://www.inegi.org.mx/>. Al verificar la conexión entre los nodos de la red vial en los archivos digitales “shp” de la red vial del Distrito Federal, se pudo comprobar que dicha red vial no cuenta con una conexión al 100% entre los arcos y nodos que integran dicha red, para la presente investigación; esas faltas de conexión entre los arcos y nodos de la red vial representaría un tiempo de viaje (medida de impedancia para el estudio) erróneo o alejado de las condiciones ideales para la conexión entre diferentes sitios de la red vial, motivo por el cual fue necesario realizar la edición de dicha red vial, para realizar la conexión entre los arcos y nodos que no cuentan con dicha conexión vial. Se utilizó el software de ArcGIS 10.0, en el mapa 4.6.1.2 se muestra el comparativo de la red vial ofrecida por el INEGI y el resultado de la edición de la misma con la herramienta de edición del software ArcGIS 10.0, como resultado de la edición de la red vial se obtuvo una conexión al 100% entre los arcos y nodos de la red vial.



Mapa 4.6.1.2. Comparación de redes viales del INEGI y dicha red vial editada para el estudio.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos obtenidos del INEGI.

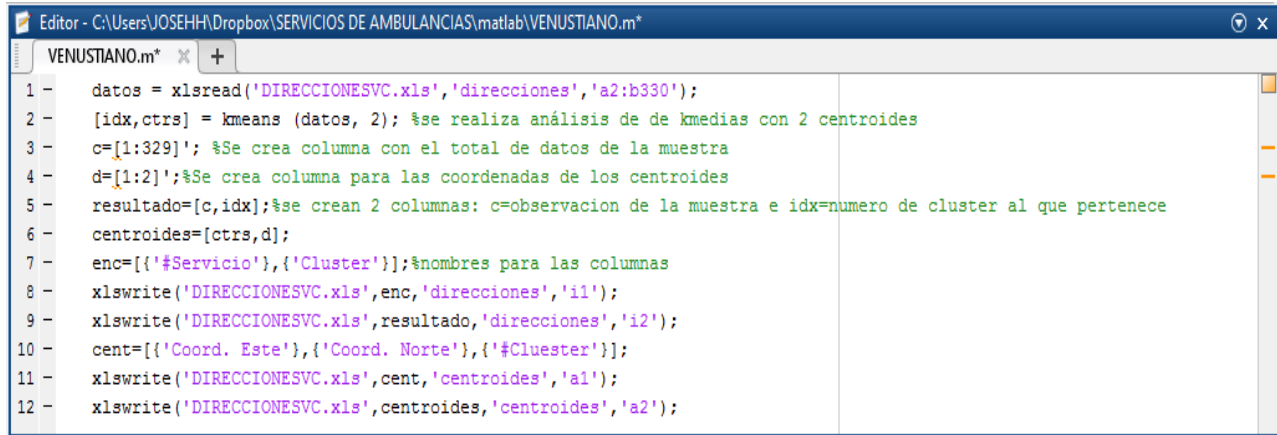
#### 4.6.2 Paso 1. Representación espacial de datos

En este paso se elaboró un mapa temático con ayuda del software ArcGIS 10.0, el mapa contiene los datos de la ubicación geográfica de los servicios cubiertos por la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014 dentro de los límites político - administrativos de dicha delegación.

#### 4.6.3 Paso 2. Aplicación del algoritmo P-Mediana.

El algoritmo GIS Mejorado utiliza como “bases propuestas” iniciales los centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana. La solución del algoritmo P-Mediana fue obtenida con el apoyo de la herramienta K-means del software MatLab R2014a (versión de estudiante), la utilización de dicho software se justifica con las facilidades ofrecidas por el software con respecto a la importación/exportación de datos a otras aplicaciones (como Microsoft Excel), los resultados obtenidos fueron el par de coordenadas Este y Norte de cada centroide para ser utilizado como “base propuesta” en la reubicación de los

vehículos de AMP a cargo de las UPCD, el código fuente para la solución del algoritmo P-Mediana con la herramienta K-means se muestra en la imagen 4.6.3.1.



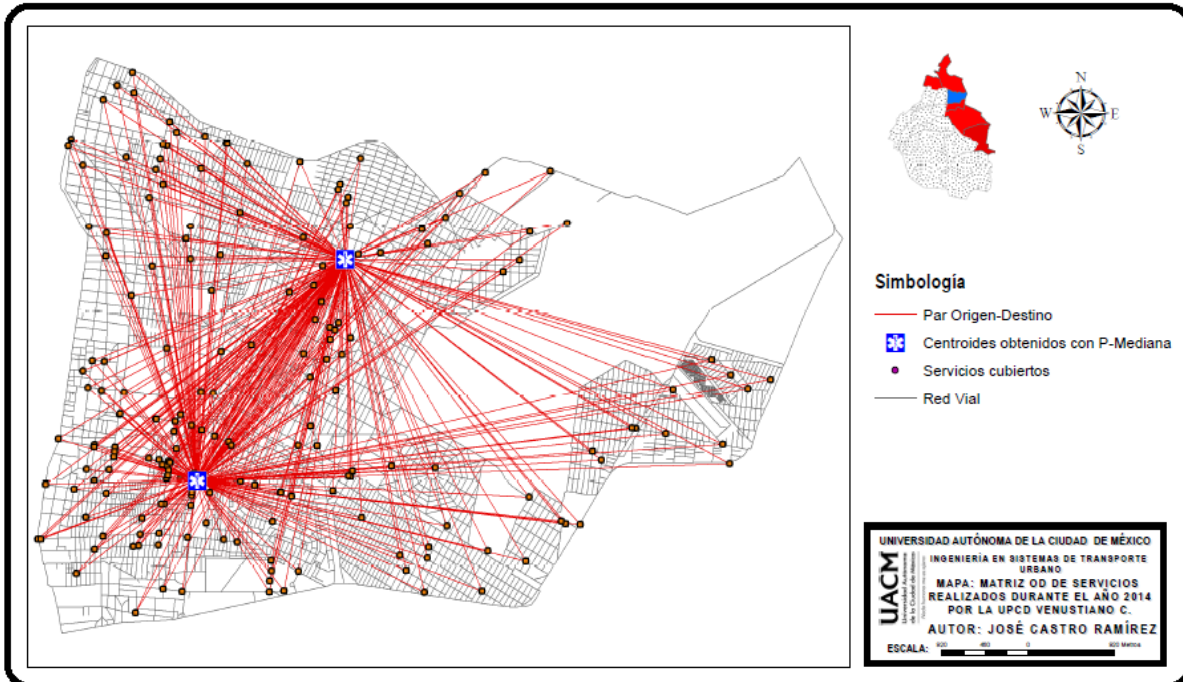
```
Editor - C:\Users\JOSEHH\Dropbox\SERVICIOS DE AMBULANCIAS\matlab\VENUSTIANO.m*
VENUSTIANO.m* x +
1 - datos = xlsread('DIRECCIONESVC.xls','direcciones','a2:b330');
2 - [idx,ctrs] = kmeans (datos, 2); %se realiza análisis de de kmedias con 2 centroides
3 - c=[1:329]'; %Se crea columna con el total de datos de la muestra
4 - d=[1:2]';%Se crea columna para las coordenadas de los centroides
5 - resultado=[c,idx];%se crean 2 columnas: c=observacion de la muestra e idx=numero de cluster al que pertenece
6 - centroides=[ctrs,d];
7 - enc={['Servicio'],'Cluster'};%nombres para las columnas
8 - xlswrite('DIRECCIONESVC.xls',enc,'direcciones','i1');
9 - xlswrite('DIRECCIONESVC.xls',resultado,'direcciones','i2');
10 - cent={['Coord. Este'],'Coord. Norte'},{'#Cluester'}];
11 - xlswrite('DIRECCIONESVC.xls',cent,'centroides','a1');
12 - xlswrite('DIRECCIONESVC.xls',centroides,'centroides','a2');
```

Imagen 4.6.3.1. Código fuente en MATLAB R2014a para la ejecución del algoritmo P-Mediana.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4 Paso 3. Cálculo de tiempos de viaje.

Para obtener la MOD de tiempos de viaje se utilizó el módulo de Network Analyst de ArcGIS 10.0; para alimentar dicha herramienta, en la primera iteración se consideraron como orígenes de la MOD de tiempos de viaje a las “bases propuestas” iniciales centroides obtenidos con la solución del algoritmo P-Mediana (archivo digital VENUSTIANO\_ambulanciasKMEDIAS.shp, localizado en el anexo digital número A) y los destinos de la MOD correspondieron a cada una de las ubicaciones de los servicios cubiertos por los vehículos de AMP (archivo digital RECUENCIAS\_SERVICIOS.shp, localizado en el anexo digital número A). Los resultados gráficos de la aplicación de la herramienta OD Cost Matrix para los datos de servicios de la UPCD Venustiano Carranza se muestra en el mapa 4.6.4.1.



Mapa 4.6.4.1. Matriz OD para centroides obtenidos con algoritmo P-Mediana.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

Las líneas Par Origen-Destino corresponden solamente a la representación esquemática de la unión entre los orígenes (“bases”) y destinos (los servicios), ya que en realidad los costos obtenidos para cada par origen-destino mediante el análisis de matriz OD corresponden a los tiempos de viaje que se obtienen de viajar dentro de la red vial, el costo reflejado en la matriz OD no corresponde a una medida rectilínea (distancia euclidiana) como se pensaría por la representación esquemática. Es importante mencionar que el cálculo de la MOD con el módulo de Network Analyst de ArcGIS 10.0 utiliza el modelo de la ruta más corta propuesto por el algoritmo de Dijkstra.

El archivo digital generado en este paso corresponde al llamado “ITER1.bdf” localizado dentro de la carpeta de archivos de la UPCD Venustiano Carranza.

#### 4.6.5 Paso 4. Asignación de servicios hacia los centroides.

Con base en los resultados obtenidos en el paso anterior se elaboró un tabulado electrónico (ver tabla 4.6.5.1), en el cual las columnas indican el número de servicio, los posibles centroides (o instalaciones) a los que se podría asignar cada servicio, la ruta más corta desde el centroide más cercano hacia el servicio y el centroide más cercano para dicho servicio. Los renglones corresponden a cada uno de los servicios realizados por las unidades de AMP durante el año de estudio, las cuantificaciones realizadas en las columnas de “posibles centroides” y “ruta más corta hacia el centroide” corresponden al

tiempo de viaje (en segundos) desde el centroide hacia la localización del servicio que fue cubierto.

La asignación de los servicios realizados hacia los centroides se lleva a cabo en función de la ruta más corta desde el centroide más cercano hacia el servicio analizado.

Servicio / Centroide	Tiempos de viaje hacia posibles centroides [seg]		Ruta más corta hacia el centroide más cercano [seg]	Centroide más cercano
	1	2		
1	244.1	45.5	45.515	2
2	317.0	109.6	109.649	2
3	401.8	325.4	325.417	2
4	234.7	53.7	53.697	2
5	207.4	0.0	0.000	2
6	237.4	315.7	237.445	1
7	275.2	67.8	67.797	2
8	122.6	208.1	122.609	1
9	448.0	371.6	371.587	2
10	248.2	168.4	168.399	2
11	150.9	173.7	150.904	1

Tabla 4.6.5.1 Tabulado de asignación de servicios hacia los centroides más cercanos.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.6 Paso 5. Obtención de nuevos centroides.

Para el cálculo de los nuevos centroides se recurrió al algoritmo de Centro de Gravedad, para ello inicialmente es necesario clasificar los servicios cubiertos según el centroide más cercano, para aplicar la metodología del algoritmo de Centro de Gravedad (explicado en el apartado de “Algoritmo Centro de Gravedad” dentro este capítulo), para la aplicación de dicho método se harán las siguientes analogías:

- Las coordenadas  $X_i$ , serán las coordenadas Este (coordenadas geográficas en proyección UTM).
- Las coordenadas  $Y_i$ , serán las coordenadas Norte (coordenadas geográficas en proyección UTM).
- La distancia  $d_i$ , corresponderá al tiempo de viaje [seg] más corto hacia el centroide más cercano al servicio realizado (resultado del paso 4).
- Los centroides  $\bar{X}, \bar{Y}$  serán los calculados en el paso 2.
- Los volúmenes de punto ( $V_i$ ) necesarios para la aplicación de método, se consideran como la frecuencia de servicios realizados en el mismo sitio geográfico.

- f. Las tarifas de transformación ( $r_i$ ) para la aplicación del método, se tomará como valor único igual a 1, esto debido a que todos los servicios se consideraron con la misma prioridad de atención.

Recordando que el proceso del algoritmo iterativo del Centro de Gravedad es “repetir los pasos 4 y 5 hasta que las coordenadas  $\bar{X}, \bar{Y}$  no cambien para iteraciones sucesivas, o cambien tan poco que continuar con el cálculo no sea productivo” se procedió a realizar una hoja de cálculo electrónica con el nombre “CENTROIDES” contenida en el archivo digital “GIS\_MEJORADO.XLS” con la finalidad de realizar los cálculos de las variaciones en las coordenadas entre iteraciones consecutivas. Para la primera iteración, el cálculo de las variaciones consistirá en la resta aritmética entre las coordenadas geográficas obtenidas mediante el algoritmo P-Mediana y las coordenadas obtenidas en este paso. Para el caso de estudio la variación entre las coordenadas del algoritmo P-Mediana y la primera iteración del método GIS mejorado se considera como el 100% de la variación; el algoritmo toma como criterio de detención que la variación en las coordenadas de iteraciones sucesivas sea menor al 1% con respecto a la primera variación considerada como el 100% de la variación.

Con este paso termina la primera iteración.

#### **4.6.7 Paso 6. Proceso iterativo.**

En este paso se inicia una nueva iteración, para la cual se hacen los cálculos de la siguiente manera:

- Paso I, Cálculo de centroides; Los centroides obtenidos en el paso 5 de la iteración anterior serán considerados como nuevos centroides para la iteración en curso
- Paso II, Cálculo de MOD de tiempos de viaje; Se consideran como orígenes de la MOD de tiempos de viaje a los centroides obtenidos en el paso 5 de la anterior iteración, los destinos de la matriz no tendrán variación en cualquier iteración, por lo cual se seguirá utilizando el archivo digital FRECUENCIAS\_SERVICIOS.shp. El archivo digital generado en este paso corresponde al llamado “ITERi.bdf” localizado dentro de la carpeta de archivos de la UPCD Venustiano Carranza, en donde i corresponde al número de iteración en curso.
- Paso III, Asignación de servicios hacia los centroides; la asignación de servicios a los centroides es en función de los resultados del archivo “ITERi.bdf, en donde i corresponde al número de iteración en curso. El archivo digital generado en este paso corresponde a la hoja digital con nombre “BD” que está contenida en el archivo digital “GIS\_MEJORADO.XLS”, es importante mencionar que dicha hoja electrónica fue modificada en cada iteración motivo por el cual los datos contenidos en el archivo “GIS\_MEJORADO.XLS” no corresponden a los datos

mostrados en la tabla anterior sino a la última iteración del proceso iterativo del método GIS Mejorado.

- Paso IV, Obtención de nuevos centroides; la aplicación del algoritmo de Centro de Gravedad se realiza con las condiciones establecidas en la primera iteración. El archivo digital generado en este paso corresponde a la solución del algoritmo de Centro de Gravedad que se localiza en la hoja digital con nombre "ITERi" (en donde i corresponde al número de iteración en curso), que está contenida en el archivo digital "GIS\_MEJORADO.XLS". Las coordenadas resultantes en la presente iteración se plasman en la hoja digital llamada "CENTi" (en donde i corresponde al número de iteración en curso) también contenida en el archivo digital "GIS\_MEJORADO.XLS".
- Paso VI, cálculo de la variación y criterio de decisión para el término del proceso iterativo. La variación entre las coordenadas será entre las coordenadas de los centroides obtenidas en la actual iteración y las coordenadas obtenidas en el paso 5 de la iteración anterior. Hasta que la variación en las coordenadas de iteraciones sucesiva sea menor al 1% con respecto a la primera variación considerada como el 100% de la variación se detendrá el proceso iterativo.

## CAPÍTULO V. CASO DE ESTUDIO

Para el caso de estudio se consideran cuatro indicadores de desempeño para evaluar la operación de los vehículos de las UPCD para atender los servicios de AMP dentro de la zona de interés (ver mapa 2.3.2), éstos son:

1. Ubicación espacial de los servicios cubiertos: para ello fue necesario realizar una caracterización de dichos servicios, la cual consiste en la valoración de los siguientes indicadores: localización del servicio (nombres de colonia y calle), número económico del vehículo que cubrió el servicio y motivo por el cual se solicitó el servicio.
2. Ubicación espacial de los vehículos de AMP correspondientes a cada UPCD: sólo se elabora con la localización de las “bases actuales” en donde se encuentran los vehículos de AMP en espera para cubrir un servicio solicitado durante el año 2014.
3. Servicios que requirieron traslado de personas a alguna institución de salud: en caso de que el servicio cubierto amerite que la persona atendida sea trasladada hacia algún hospital se hace una localización del hospital destino al que se realizó el traslado de los pacientes.
4. Áreas de servicio: las áreas de servicio son construidas mediante isócronas, para ello se aplicaron los siguientes supuestos iniciales para el cálculo de las áreas de servicio:
  - El tiempo de viaje ( $T_v$ ) está en función de la impedancia, calculada con la relación entre la velocidad del arco y la distancia recorrida en el mismo arco.  $T_v = \text{Distancia}[\text{m}] / \text{velocidad} [\text{m/s}]$ .
  - Las velocidades serán las máximas permitidas en el reglamento de tránsito metropolitano (RTM) del Distrito Federal vigente al año 2014, siendo las siguientes;
    - vías primarias 70 [km/h].
    - vías secundarias 40 [km/h].
    - zonas: escolares, peatonales, de hospitales, de albergues y casa hogar 20 [km/h].
    - zonas de tránsito calmado 30 [km/h].
    - vías peatonales 10 [km/h].
  - La distancia del arco, se obtiene de los archivos digitales (en formato ShapeFile) elaborados por el INEGI mediante los archivos correspondientes al Distrito Federal.
  - La ubicación o punto de partida para las isócronas (coberturas de servicio) son las “bases actuales” en donde permanecen los vehículos de la UPCD.

Con dichos indicadores de desempeño se elaboró una base de datos, la cual fue utilizada para hacer el análisis matemático con la metodología propuesta para el caso de estudio.

Los supuestos utilizados en el presente estudio son los siguientes:

1. El estudio realizado corresponde a un escenario determinista, ya que se recolectaron datos de los servicios cubiertos durante el año 2014 por las UPCD de la zona de estudio y se considera que el mismo escenario se repetiría en años posteriores.
2. La velocidad de operación de las ambulancias que cubren los servicios de AMP corresponden a un escenario idealizado (velocidades de tránsito iguales a las máximas permitidas en el RTM 2014).
3. La carpeta de rodamiento no tiene fallas estructurales superficiales.
4. Condiciones climatológicas estables sin lluvia y sin temperaturas extremas.
5. Vialidades sin congestionamientos (no se considera ningún tipo de demoras).
6. Todos los servicios que serán realizados por las ambulancias de las UPCD se harán en un ciclo, que tienen como origen y destino del viaje las ubicaciones correspondientes a las “bases” de las ambulancias (aquellos que requieran una atención médica especializada incluirán en el ciclo el traslado hacia alguna institución de salud).
7. Las ambulancias son utilizadas únicamente para cubrir la solicitud de servicios de AMP.

La información proporcionada por las UPCD dentro de la zona de estudio, queda limitada por ley, siendo este marco el definido por las leyes y artículos siguientes:

- La ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del DF vigente al año 2014 en el artículo 38 establece: “Se considera como información confidencial: I. Los datos personales que requieran del consentimiento de las personas para su difusión, distribución o comercialización y cuya divulgación no esté prevista en una Ley; ... IV. La relacionada con el derecho a la vida privada, el honor y la propia imagen.... Esta información mantendrá este carácter de manera indefinida y sólo podrán tener acceso a ella los titulares de la misma y los servidores públicos que requieran conocerla para el debido ejercicio de sus funciones”.
- La Ley de Protección de Datos Personales para el DF vigente al año 2014 en el artículo 2, define “Datos personales” como: La información numérica, alfabética, gráfica, acústica o de cualquier otro tipo concerniente a una persona física, identificada o identificable. Tal y como son, de manera enunciativa y no limitativa: el origen étnico o racial, características físicas, morales o emocionales, la vida afectiva y familiar, el domicilio y teléfono particular, correo electrónico no oficial, patrimonio, ideología y opiniones políticas, creencias, convicciones religiosas y

filosóficas, estado de salud, preferencia sexual, la huella digital, el ADN y el número de seguridad social, y análogos”.

- La Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental del año 2014, establece en su artículo 22: “No se requerirá el consentimiento de los individuos para proporcionar los datos personales en los siguientes casos: II. Los necesarios por razones estadísticas, científicas o de interés general previstas en ley, previo procedimiento por el cual no puedan asociarse los datos personales con el individuo a quien se refieran”.

Dadas las limitaciones establecidas en las leyes mencionadas anteriormente fue necesario solicitar una entrevista con el Jefe de Unidad Departamental (JUD) del departamento de Operaciones de Emergencias de Protección Civil en cada una de las UPCD de la zona de estudio para solicitar el acceso a los registros de los servicios realizados por las UPCD, el resultado de las entrevistas fue la autorización por cada uno de los JUD de Operaciones de las UPCD para el acceso a un tabulado resumen de los registros de cada uno de los servicios realizados durante el año 2014 (los tabulados resumen se exhiben en la imagen 5.1), además se proporcionó información concerniente a los criterios establecidos para la ubicación de las “bases actuales” de los vehículos de AMP a cargo de las UPCD, las “bases actuales” o sitios a los que se despliegan los vehículos en las UPCD fueron elegidos empíricamente, con la premisa fundamental de localizar los vehículos en lugares cercanos a polos atractores/generadores de viajes dentro de la delegación política correspondiente a cada UPCD, principalmente en las zonas aledañas a las explanadas delegacionales de las UPCD.

SERVICIOS DE ATENCION MEDICA PREHOSPITALARIA  
ATENDIDOS POR COORDINACION TERRITORIAL  
DURANTE EL MES DE JULIO DE 2014

HAZ	U M	MAS	FEM	EDAD	UBICACION DE LA EMERGENCIA	MOTIVO DE LA EMERGENCIA	DESTINO
2	EPSILON	X		41	La Conchita Zapotitlan	Lesionado por golpes	Se atendio en el lugar
4	OMEGA	X		60	Bo. Los Reyes	Enfermedad	IMSS 71 Chalco
5	OMEGA	X		40	Santa Catarina Yecahuizotl	Atropellado	Se atendio en el lugar
6	DELTA	X		45	Las Puertas	Atropellado	H. Xoco
7	OMEGA		X	53	El Rosario	Enfermedad	Se atendio en el lugar
8	EPSILON				PREDIO Tempilui	Enfermedad	NO HAY DATOS
9	EPSILON		X	82	U. H. Villa Centroamericana	Inconsciente	IMSS 32 Coapa
10	EPSILON	X		14	La Conchita Zapotitlan	Choque	Se atendio en el lugar
11	OMEGA	X		65	Peña Alta	Enfermedad	Se atendio en el lugar
12	EPSILON	X		18	La Conchita Zapotitlan	Choque	Se atendio en el lugar
13	OMEGA	X		45	Lopez Portillo	Inconsciente	Se traslada por sus medios
14	EPSILON	X		45	Bo. Santa Ana Pte Zapotitlan	APLASTAMIENTO	IMSS 32 Coapa
15	OMEGA		X	70	Santa Catarina Yecahuizotl	Inconsciente	Se atendio en el lugar

(A)



Delegación Iztapalapa  
Dirección de Protección Civil  
JUD. de Atención a Sinistros  
Atención Médica Pre-hospitalaria



REPORTE DIARIO DE INCIDENTES  
CONCENTRADO

No.	Turno	Hora	SERVICIOS	Dirección	Atende / Ecu.	Observaciones		
1	M	07:57	Z-2 POR CAIDA	VIGENTE GUERRERO	MED-1	CENTRO DE TRAUMA ORTOPEDIA	F-3499	
2	M	10:40	Z-2 POR CAIDA	AMPLIACION	MED-1	NO AMERITA TRASLADO	F-3500	
3	M	12:30	X-2 POR ENFERMEDAD	ESTRELLA SANTUARIO	MED-1	PEDIATRICO IZTAPALAPA	F-3501	
4	M	14:04	R-3	PALMAS	MED-1	R-3	F-3502	
6	M	14:10	Z-2 POR Z-12	BARRIO SAN MIGUEL	MED-1	NO AMERITA TRASLADO	F-3492	
8	M	14:55	Z-2 POR Z-4	ERMITA IZTAPALAPA	MED-1	NO AMERITA TRASLADO	F-3493	
7	V	16:22	X-2 PARTO PREMATURO	TLAHUAC	MED-3	GENERAL IZTAPALAPA	F-3503	
8	V	18:18	R-3	SAN MIGUEL TETONGO	MED-3	R-3 POR SUS MEDIOS	F-3504	
9	V	18:51	Z-2 POR Z-3	CONSTITUCION DE 1917	MED-3	CLINICA ORIENTE	F-3505	
10	V	19:50	X-2 POR ABORTO	HIDALGO Y JUAN ALVARO	MED-1	BELZARIO DOMINGUEZ	F-3898	
11	V	20:45	Z-2 POR Z-3	SAN MIGUEL TETONGO	MED-1	TRAUMA 2	F-3495	
12	N	00:40	Z-1	SAN SIMON CULHUACAN	MED-1	Z-1 POR TRAUMA	F-3496	
13	N	02:35	Z-2 POR Z-4	IZ-7	MED-1	NO AMERITA TRASLADO	F-3510	

(B)



Jefe Delegacional  
Dirección de Protección Civil  
JUD Operaciones y Emergencia



REPORTE DE EMERGENCIAS CUBIERTAS POR LAS UNIDADES 07.09.14. 15 y 16 EN LOS DIAS DEL 1 AL

DIA	UBICACION	COLONIA	SEXO	EDAD	MOTIVO	TRASLADO	UNIDAD
1	San Sebastian No. 75 A	El Maestro	F	44	Lesionado por que	Se canaliza	Isd. Magdalena de las C
1	Calle Jerusalem	Azcapotzalco Centro	M	54	Lesionado por cai	Se canaliza	ISSSTE de Tacuba
1	Calle Hidalgo No. 172	Campo Coloco				Se canaliza	SIPRIOR 6
1	Cerdeña No. 375	Cosmopolita			Se neutraliza con cloro, quedar		P 1235
1	Centepa No. 171	San Martin Xochimilhuac			X3,		SIPRIOR 6
1	Av. Caylan y Aleutianas	Cosmopolita			Olor a metano en casa habit		SIPRIOR 6
1	Pte. 140 y Nte 59	Industrial Vallejo	M	53	Lesionado por chd	Se atiende en el lugar	9
1	Pte. 140 y Nte 59	Industrial Vallejo	M	52	Lesionado por chd	Se atiende en el lugar	9
1	San Sebastian y Santo To	Santo Tomas				Se canaliza	Op. Hidraulica
1	Cerrada Poniente 128	Santa Cruz de las Salinas	F	15	Persona inconscie	Se atiende en el lugar	9
1	Joaquin Amaro No. 74	Alm. San Pedro Xalpa	F	91	Persona enferma	Fallecio	7

(C)

SERVICIOS ATENCION PREHOSPITALARIA ENERO-DICIEMBRE 2014

No.	DIA	UBICACION	COLONIA	SEXO	EDAD	MOTIVO	TRASLADO	UNIDAD
448	24/04/2014	Jardín Balbuena	Explanada Delegacional, Feo. del Paso y Fray Servando	Persona enfer		Manilla de 43 años con hipoglucemia.		
449	24/04/2014	Jardín Balbuena	Lázara Pavia en la pluma de la Delegación Venustiano Carranza	Persona enfer		Reporta PC 3. Acude personal encontrandouna femenina de nombre de 32 años con crisis neuroconversiva. Se le brinda atención y se re conocimiento el oficial de pie tierra Ricardo Solís placa 602338.		
492	27/04/2014	Jardín Balbuena	Lázara Pavia sh	Persona enfer		Reporta Dulce. Personal acude al Centro Cultural Carranza, en nombre Heriberto Dorantes Rojas, de 46 años, jefe del Foro 2, con se le administra oxígeno y se traslada al hospital ISSSTE de Zaragoza. Hermanos Vázquez ya que hay un aproximado de 350 personas en el evento. Se re		
493	27/04/2014	Jardín Balbuena	Servando, Explanada Delegacional	Persona enfer		Reporta PC 1. Personal acude al lugar encontrando un masculino de nombre José Manuel Ballesteros y Familia, Todo termina en situación non		
509	28/04/2014	Jardín Balbuena	Lázara Pavia esq. Fray Servando	Persona enfer		Reporta PC 1. Acude personal al lugar para atender a una femenin Núñez de 57 años, quien presenta crisis neuroconversiva, se le estabi		
521	23/04/2014	Jardín Balbuena	Edificio Delegacional	Persona enfer		Acude personal a la Dirección Ejecutiva de Seguridad Pública a rev Elvira Angélica Fonseca de 43 años, se realiza una revisión de rutina		

(D)

\*(A) Tabulado resumen correspondiente a la UPCD Tláhuac, (B) Tabulado resumen correspondiente a la UPCD Iztapalapa, (C) Tabulado resumen correspondiente a la UPCD Azcapotzalco, (D) Tabulado resumen correspondiente a la UPCD Venustiano Carranza.

Imagen 5.1. Tabulados resumen de servicios realizados por las diferentes UPCD de la zona de estudio durante el año 2014.

Fuente: Datos de las UPCD de la zona de estudio.

### 5.1 UPCD Tláhuac.

La UPCD Tláhuac durante el año 2014 realizó 3,061 servicios, estos servicios fueron cubiertos por 3 ambulancias, las cuales tenían sus "bases" (sitios en los que los vehículos permanecen en espera para cubrir la solicitud de un servicio) sita:

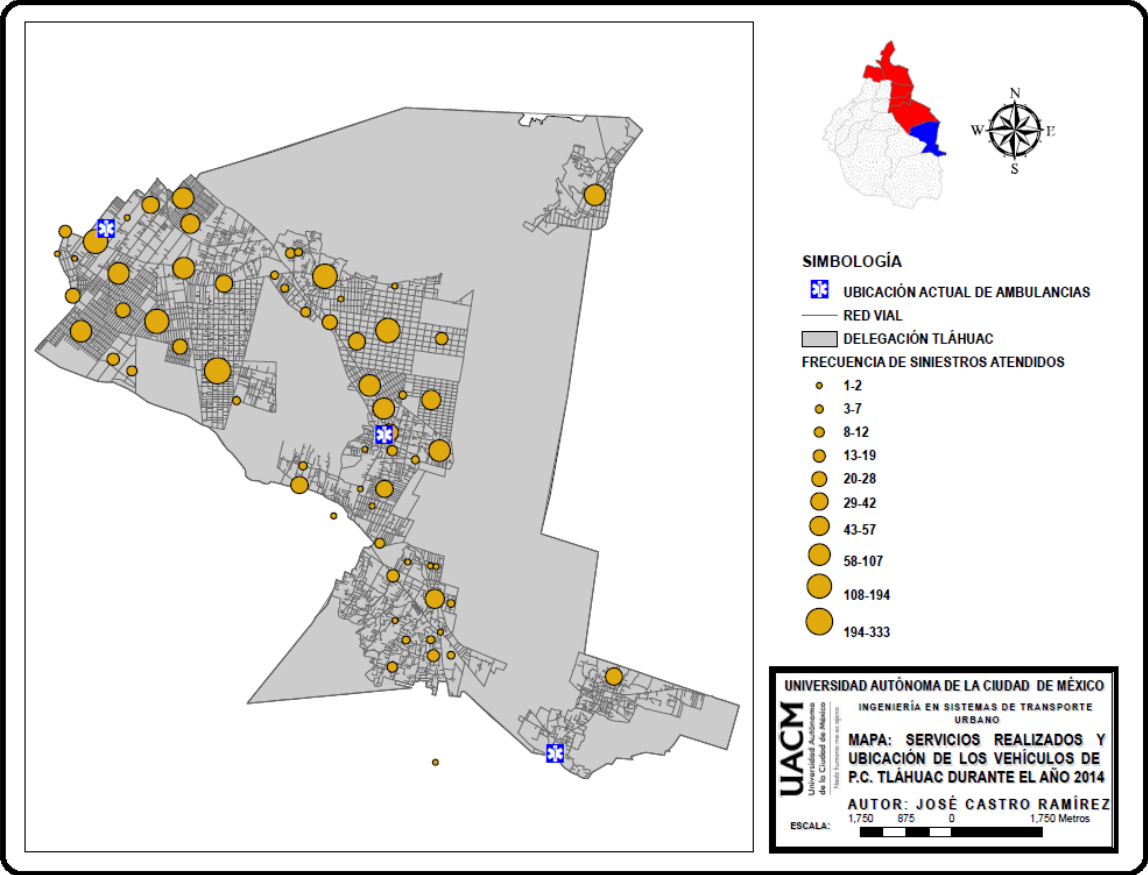
1. Calle Francisco I. Madero 8175, colonia La Asunción (explanada delegacional).
2. Calle Buena Suerte 371, colonia Los Olivos.
3. Pueblo San Nicolás Tetelco, Plaza Central del Pueblo.

Dadas las limitaciones legales mencionadas en el apartado anterior, la UPCD autorizó el acceso a un tabulado resumen de sus servicios realizados durante el año 2014 (el formato del tabulado resumen se muestra en la imagen 5.1). De los 3,061 servicios registrados en el tabulado proporcionado se procedió a la elaboración de una base de datos, en la cual

se consideraron 2,417 registros de servicios, debido a que dichos registros contenían los cuatro indicadores utilizados para el análisis (mencionados al inicio del presente capítulo); dicha muestra representa el 79% de la información original. Otra restricción en la facilitación de la información se vio reflejada en la localización (ubicación) de los servicios cubiertos, por ello el nivel de detalle máximo al que se pudo acceder para caracterizar la ubicación de los servicios realizados fue a nivel colonia.

**5.1.1 Servicios Realizados.**

En el mapa 5.1.1.1 se muestra la distribución espacial de los vehículos de AMP y los servicios que se consideraron en la elaboración de la base de datos para la UPCD Tláhuac. Con base a los registros de AMP, el total de los servicios cubiertos están consolidados en 65 poblaciones de la demarcación, el 60.57% correspondientes al total de servicios atendidos se concentran en 10 colonias de la delegación, las cuales son; La Conchita-Zapotitlán, Miguel Hidalgo, Los Olivos, La Selene, San Francisco Tlaltenco, Del Mar, Santa Ana-Zapotitlán, La Nopalera, Santa Catarina Yecahuizotl y La Asunción.



Mapa 5.1.1.1. Ubicación de ambulancias y servicios realizados por la UPCD Tláhuac. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

<b>Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de Servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Colonia o Población</b>	<b>% de Ocurrencia</b>	<b>Colonia o Población</b>	<b>% de Ocurrencia</b>	<b>Colonia o Población</b>	<b>% de Ocurrencia</b>
La Conchita Zapotitlán	13.78%	Los Reyes	1.37%	TLAHUAC-CHALCO	0.17%
Miguel Hidalgo	8.03%	Ojo de Agua	1.16%	Jardines del Llano	0.17%
Los Olivos	7.36%	Agrícola Metropolitana	1.12%	La Asunción San Juan	0.17%
Selene	7.20%	La Turba	0.95%	U.H. Nva Tenochtitlán	0.12%
San Francisco Tlaltenco	5.59%	U. H. La Draga	0.95%	Atotolco Chinango	0.12%
Del Mar	4.43%	Granjas Cabrera	0.79%	U. H. Villa Tlaltempa	0.12%
Santa Ana Zapotitlán	3.93%	El Rosario	0.79%	Francisco Cabrera	0.08%
La Nopalera	3.52%	Jaime Torres Bodet	0.66%	Guadalupe Tláhuac	0.08%
Santa Catarina Yecahuizotl	3.43%	Ampliación Selene	0.66%	Tierra Blanca	0.08%
La Asunción Tláhuac	3.31%	U. H. Villa Centroamericana	0.62%	Francisco Villa	0.08%
Santa Cecilia	3.02%	La Magdalena	0.50%	La Lupita Tláhuac	0.08%
La Estación	2.81%	Peña Alta	0.50%	Roberto Esperón	0.04%
La Habana	2.81%	U. H. Villa de Trabajadores	0.46%	Ampliación Los Olivos	0.04%
San José	2.36%	Las Puertas	0.46%	Tulyehualco	0.04%
Zapotitla	1.90%	San Nicolás Tetelco	0.46%	U. H. Geovillas	0.04%
San Juan Ixtayopan	1.90%	La Loma	0.41%	La Guadalupe	0.04%
Las Arboledas	1.74%	López Portillo	0.37%	San Sebastián	0.04%
San Andrés Mixquic	1.74%	Predio Tempiluli	0.29%	Tezontitla	0.04%
El Triángulo	1.65%	Ampliación López Portillo	0.25%	San Antonio Tecomitl	0.04%
Quiahuatla	1.49%	Ampliación la Conchita	0.25%	Emiliano Zapata	0.04%
San Mateo Zapotitlán	1.49%	Zacatenco	0.21%	La Soledad	0.04%
Zapotitlán	1.45%	Tierra y Libertad	0.17%		

Tabla 5.1.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Tláhuac.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.

La variedad de los motivos por los cuales se solicitaron los servicios de AMP es amplia, para el año de estudio se registraron 59 motivos diferentes (ver tabla 5.1.1.2), sin embargo, el 73.98% de las solicitudes realizadas durante el año de estudio se pueden caracterizar mediante 6 motivos, que son; personas lesionadas por golpes, personas

inconscientes, personas atropelladas, choque vehicular, enfermedades crónicas, personas lesionadas por caídas.

<b>Motivos y porcentaje de ocurrencia de Servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>
Ahogamiento	0.04%	Descalabrado	0.08%	Inconsciente	0.50%
Dolor de pecho	0.04%	Dolor abdominal	0.08%	Intoxicación	0.54%
Envenenamiento	0.04%	Impactado	0.08%	Cortaduras	0.62%
Persona en estado etílico	0.04%	Objeto en el ojo	0.08%	Quemaduras	0.62%
Hombro luxado	0.04%	Picomordedura	0.08%	Problemas respiratorios	0.66%
Hundimiento carro	0.04%	Prensado	0.08%	Mordedura de perro	0.74%
Insuficiencia respiratoria	0.04%	Recién nacido	0.08%	Lesionado por arma de fuego	0.99%
Machucón de dedo	0.04%	Valoración	0.08%	Volcadura	1.20%
Maquina industrial	0.04%	Traumatismo	0.12%	Lesionado por arma blanca	1.74%
Mordedura de serpiente	0.04%	Asfixia	0.17%	Parto fortuito	1.78%
Por sangrado	0.04%	Persona desmayada	0.17%	Convulsiones	2.94%
Posible E.V.C.	0.04%	Electrocutado	0.17%	Derrapado de moto	3.72%
Presión alta	0.04%	Violación	0.17%	Cadáver	5.42%
Probable aborto	0.04%	Amenaza de aborto	0.21%	Lesionado p/golpes	6.66%
Probable violación	0.04%	Crisis nerviosa	0.21%	Inconsciente	7.74%
Problemas cardiacos	0.04%	Embarazada	0.21%	Atropellado	12.04%
Sangrado	0.04%	Aplastamiento	0.33%	Choque vehicular	13.98%
Incendio	0.08%	Intento de suicidio	0.37%	Enfermedad	14.36%
Evento	0.08%	Probable infarto	0.37%	Lesionado p/caída	19.20%
Atragantamiento	0.08%	Traslado	0.46%		

Tabla 5.1.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Tláhuac.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.

### 5.1.2 Servicios que requirieron traslados

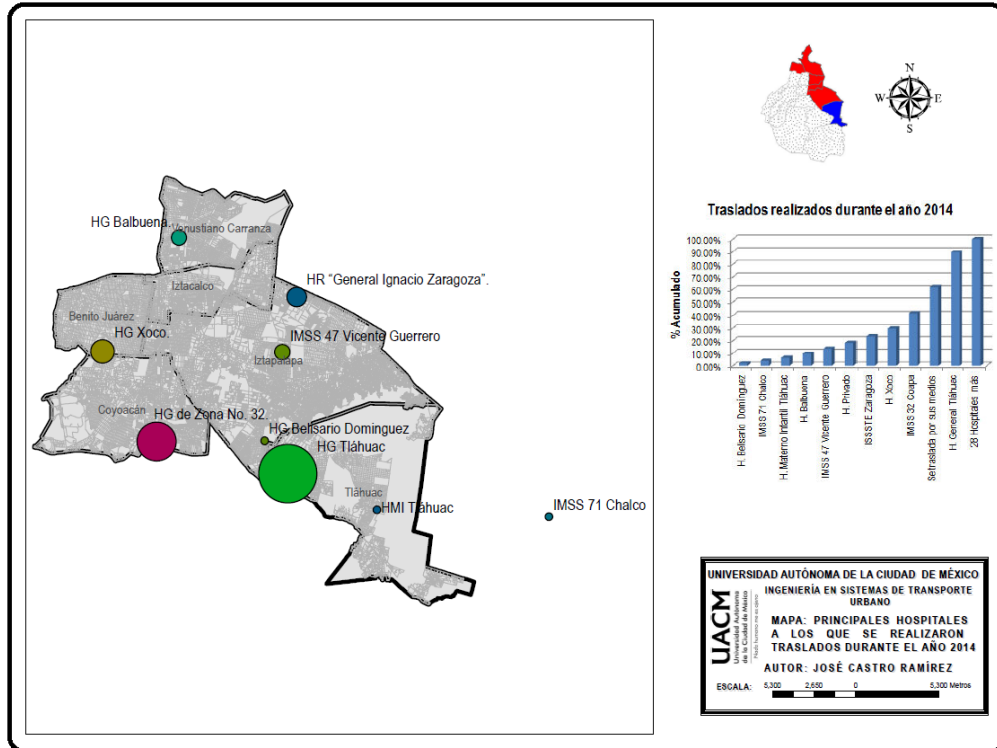
De los 2,417 servicios realizados el 29% de ellos requirieron una atención médica especializada, motivo por el cual fue necesario trasladar al paciente hacia alguna institución de salud, dentro de los hospitales con mayor recurrencia de traslados (sumando el 59.69%) se detectaron los siguientes: Hospital General Tláhuac, IMSS clínica 32, Hospital General Xoco, ISSSTE Zaragoza, IMSS clínica 47, Hospital General

Balbuena y Hospital Materno Infantil Tláhuac, en el 20.51% del total de los traslados hacia algún hospital se realizó por sus propios medios. El 29.63% de los traslados fueron atendidos dentro de las instalaciones médicas de la propia delegación Tláhuac. El mapa 5.1.2.1 muestra la distribución espacial de los principales hospitales a los que se realizaron servicios de traslados, mientras que en la tabla 5.1.2.1 se exhiben el total de los hospitales a los cuales se realizaron los traslados médicos por las ambulancias de la UPCD Tláhuac.

<b>Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados durante el año 2014</b>					
<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>
IMSS clínica 162	0.14%	I. N. E. R.	0.28%	H. Pediátrico Coyoacán	1.28%
H. San Juan de Aragón	0.14%	IMSS clínica 53 Los Reyes	0.28%	H. Belisario Domínguez	1.99%
IMAN	0.14%	H. Pediátrico Xochimilco	0.28%	IMSS clínica 71 Chalco	2.28%
ISSSTE Milpa Alta	0.14%	H. Pediátrico Iztapalapa	0.28%	H. Materno Infantil Tláhuac	2.28%
H. Pediátrico Iztacalco	0.14%	H. Médico Militar	0.28%	H. Balbuena	3.13%
IMSS clínica 51	0.14%	H. Manuel Gea González	0.43%	IMSS clínica 47	3.70%
H. Fray Bernardino	0.14%	H. Ajusco Medio	0.43%	H. Privado	4.99%
H. La Villa	0.14%	H. Enrique Cabrera	0.43%	ISSSTE Zaragoza	4.84%
H. Médico Naval	0.14%	ISSSTE Darío Fernández	0.57%	H. Xoco	6.41%
H. Magdalena de las salinas	0.14%	ISSSTE 20 de Noviembre	0.71%	IMSS clínica 32	11.97%
H. Legaríá	0.14%	H. Milpa Alta	0.85%	Se traslada por sus medios	20.51%
Instituto Nacional Cancerología	0.28%	ISSSTE Morelos	1.14%	H. General Tláhuac	27.35%
ISSSTE Adolfo López Mateos	0.28%	H. Rubén leñero	1.14%		

Tabla 5.1.2.1 Hospitales y Porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.



Mapa 5.1.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

### 5.1.3 Coberturas de servicio.

Para mostrar las coberturas de servicio se recurrió a la representación gráfica mediante isócronas de servicio para cada vehículo de AMP que desplegó la UPCD Tláhuac durante el año 2014.

Las coberturas de servicio se muestran en la Tabla 5.1.3.1, con la distribución actual los vehículos de la UPCD (ambulancias) logran cubrir el 96.6% de los servicios realizados durante los “10 minutos de platino”, para un tiempo de 0 a 4 minutos la distribución actual cubre a un 47.2% de los servicios, la representación gráfica de dichas área de servicio se muestra en el mapa 5.1.3.1.

Coberturas de servicio para la UPCD Tláhuac en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	13.1%	13.1%
1-2 Minutos	6.7%	19.8%
2-3 Minutos	16.0%	35.8%
3-4 Minutos	11.4%	47.2%
4-5 Minutos	19.7%	66.9%
5-6 Minutos	28.8%	95.8%

Tabla 5.1.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Tláhuac en el año 2014.

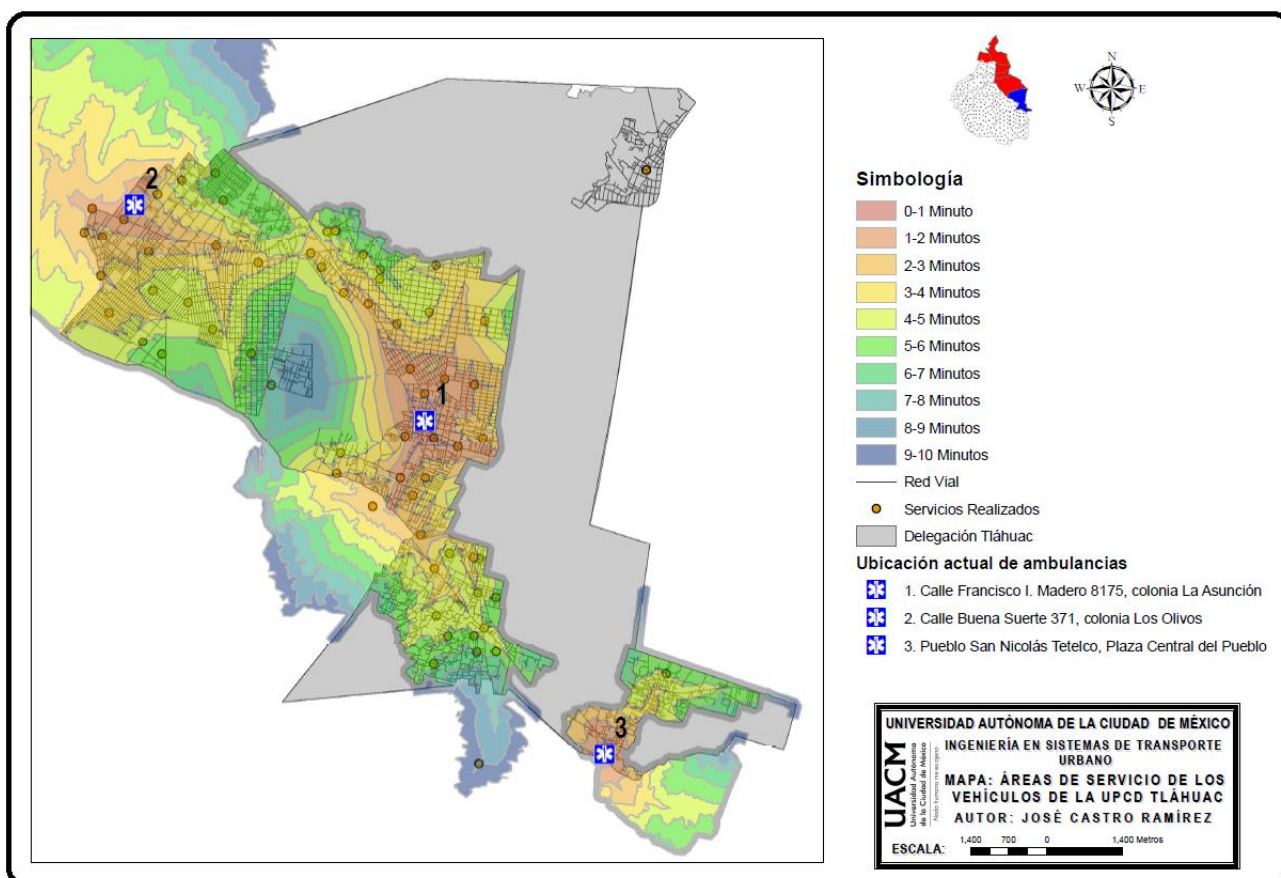
Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.

Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
6-7 Minutos	0.5%	96.2%
7-8 Minutos	0.3%	96.5%
8-9 Minutos	0.0%	96.6%
9-10 Minutos	0.0%	96.6%
Más de 10 Minutos	3.4%	100.0%

Tabla 5.1.3.1. Continuación.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.

La representación gráfica de las isócronas de 0-10 minutos pone en evidencia que el poblado de Santa Catarina Yecahuizotl es la única población en la que no se llega a cubrir dentro de los 10 minutos de platino, en pláticas informales con el Jefe de Paramédicos de la UPCD Tláhuac, éste comentó que los servicios que tienen ocurrencia en dicha población principalmente son cubiertos por vehículos de la CRM-Chalco y de CAPUFE (Caminos y Puentes Federales).



Mapa 5.1.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Tláhuac durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

## 5.2 UPCD Iztapalapa

La UPCD durante el año 2014 realizó 2,528 servicios, estos servicios fueron cubiertos por 3 ambulancias, dichas ambulancias tenían todas ellas su “base” sita:

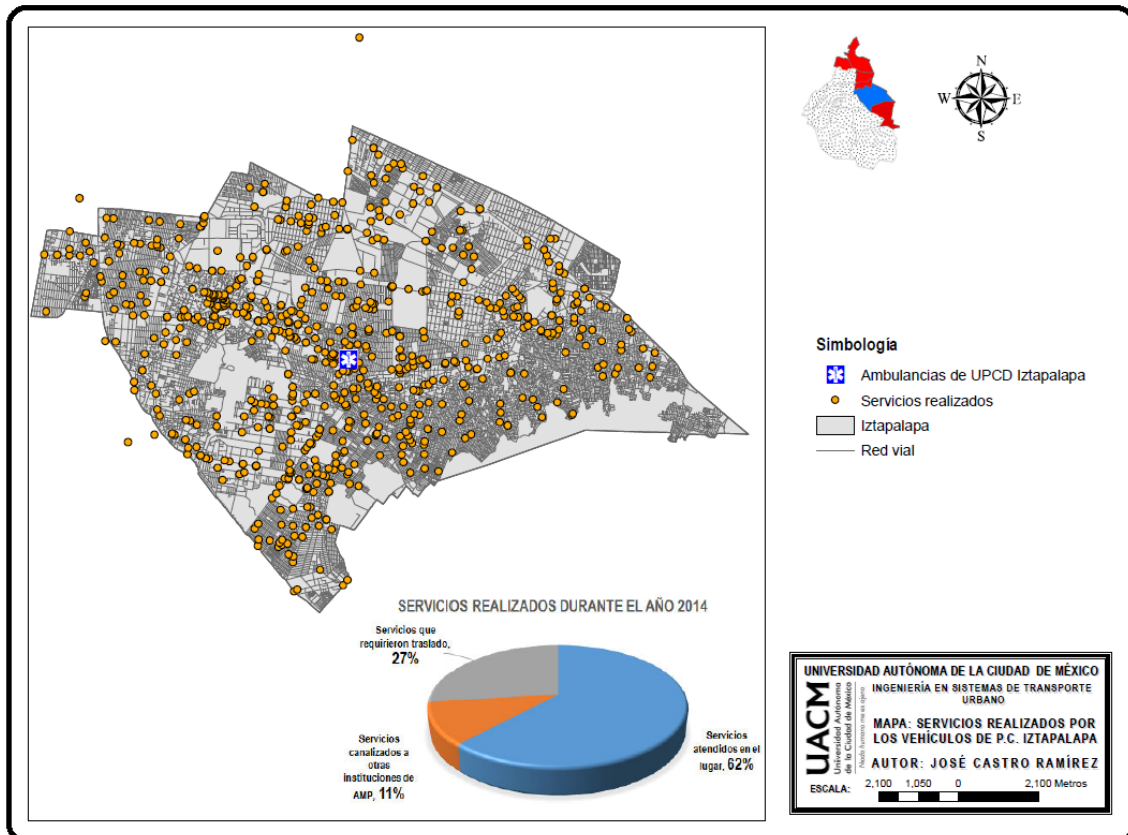
1. Avenida Ermita Iztapalapa y Periférico, Colonia Constitución de 1917

De los 2,528 servicios cubiertos por la UPCD (respuesta obtenida del INAI mostrada en la tabla 2.3.2), se brindó acceso (por medio de solicitud de información realizada a la delegación Iztapalapa ante el INAI) al tabulado resumen que constó de 987 registros, de los cuales se pudieron usar (con las mismas características de la UPCD Tiáhuac) 832 registros, los cuales representan el 84% de la muestra a la que se brindó acceso.

La restricción legal para el acceso a la información proporcionada por la UPCD se reflejó en el tabulado al que se autorizó el acceso, ya que no contenía el campo designado para la caracterización del motivo por el cual se solicitó cada servicio de AMP.

### 5.2.1 Servicios Realizados

En el mapa 5.2.1.1 se muestra la distribución espacial de los vehículos de AMP, así como los servicios realizados durante el año 2014 cubiertos por la UPCD Iztapalapa. Los servicios atendidos se localizaron dentro de 134 colonias de la demarcación, de las cuales 17 colonias son las de mayor incidencia (donde se concentran el 50.64% del total de la muestra), algunas de las colonias con mayor índice de servicios realizados son: Barrio San Miguel, Vicente Guerrero, Constitución de 1917, Barrio San Lucas, Leyes de Reforma, San Juan Xalpa, Desarrollo Urbano Quetzalcóatl, Los Ángeles Apanoaya y Lomas de San Lorenzo.



Mapa 5.2.1.1. Ubicación de ambulancias y servicios realizados por la UPCD Iztapalapa. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

**Colonias y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014**

Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia
Barrio San Miguel	5.93%	Barrio La Asunción	0.52%	San Lorenzo Xicoténcatl	0.26%
Santa Cruz Meyehualco	5.67%	Barrio San Ignacio	0.52%	San Pablo	0.26%
Vicente Guerrero	4.77%	Barrio San José	0.52%	San Sebastián Tecoloxtitla	0.26%
Constitución De 1917	4.12%	Barrio San Pablo	0.52%	San Simón Culhuacán	0.26%
Barrio San Lucas	3.61%	Central De Abastos	0.52%	U.H. Ermita Zaragoza	0.26%
Leyes De Reforma	3.61%	Citlali	0.52%	Valle Del Sur	0.26%
San Juan Xalpa	2.96%	Ejidos De Sta. María Aztahuacan	0.52%	A. Ortiz Tirado	0.13%
Desarrollo Urbano Quetzalcóatl	2.84%	El Molino	0.52%	Álvaro Obregón	0.13%
Santiago Acahualtepec	2.58%	Fuego Nuevo	0.52%	Ampliación Polvorilla	0.13%
Los Ángeles Apanoaya	2.32%	Granjas Estrella	0.52%	Ampliación Santiago	0.13%
Lomas De San Lorenzo	2.19%	Hank González	0.52%	Apatlaco	0.13%
Lomas Estrella	2.06%	Juan Escutia	0.52%	Barrio De Guadalupe	0.13%
Santa Martha Acatitla	2.06%	Las Peñas	0.52%	Barrio San Marcos	0.13%
Santa María Aztahuacan	1.68%	Ricardo Flores Magón	0.52%	Barrio Tula	0.13%

Tabla 5.2.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Iztapalapa.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.

Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia
Chinampac De Juárez	1.42%	San Andrés Tomatlan	0.52%	Colorín	0.13%
Mirasoles	1.42%	Santa María Tomatlan	0.52%	Constitución De Apatzingan	0.13%
Paraje Zacatepec	1.42%	Año De Juárez	0.39%	Ejercito De Agua Prieta	0.13%
San Lorenzo Tezonco	1.42%	Bellavista	0.39%	El Prado	0.13%
Barrio San Antonio	1.29%	Buena Vista	0.39%	El Rodeo	0.13%
San Miguel Teotongo	1.29%	El Paraíso	0.39%	El Salado	0.13%
Escuadrón 201	1.16%	El Retoño	0.39%	Estrella Del Sur	0.13%
Francisco Villa	1.16%	El Vergel	0.39%	Granjas Esmeralda	0.13%
Valle De San Lorenzo	1.16%	Guadalupe Del Moral	0.39%	Guelatao De Juárez	0.13%
Cerro De La Estrella	1.03%	Ixtlahuacan	0.39%	Héroes De Churubusco	0.13%
Consejo Agrarista	1.03%	Lomas De La Estancia	0.39%	Insurgentes	0.13%
Ejército De Oriente	1.03%	Paseos De Churubusco	0.39%	Jacarandas	0.13%
Lomas De Zaragoza	1.03%	Progresista	0.39%	La Asunción	0.13%
Ejército Constitucionalista	0.90%	Renovación	0.39%	La Polvorilla	0.13%
El Santuario	0.90%	Tenorios	0.39%	Las Piñas	0.13%
Presidentes De México	0.90%	Unidad Modelo	0.39%	Lomas Del Paraíso	0.13%
Reforma Política	0.90%	Ampliación Los Reyes	0.26%	Los Cipreses	0.13%
San Andrés Tetepilco	0.90%	Barrio San Pedro	0.26%	Mercado Aculco	0.13%
La Era	0.77%	Benito Juárez	0.26%	Mexicaltzingo	0.13%
Los Ángeles Apanoaya	0.77%	Cabeza De Juárez	0.26%	Miravalle	0.13%
Paraje San Juan	0.77%	Casa Blanca	0.26%	Mnpio. Tláhuac	0.13%
Puente Blanco	0.77%	Colonial Iztapalapa	0.26%	Monte Albán	0.13%
San José Aculco	0.77%	El Rosario	0.26%	Palmitas	0.13%
San Nicolás Tolentino	0.77%	El Sifón	0.26%	Real Del Moral	0.13%
Santa Isabel Industrial	0.77%	El Triunfo	0.26%	San Juanico Nextipac	0.13%
Barrio Santa Bárbara	0.64%	La Purísima	0.26%	Santa Martha Norte	0.13%
El Manto	0.64%	Los Reyes Culhuacán	0.26%	Sierra Del Valle	0.13%
Granjas San Antonio	0.64%	Nueva Rosita	0.26%	Solidaridad	0.13%
José López Portillo	0.64%	Predio Degollado	0.26%	U.H. Maza De Juárez	0.13%
Sector Popular	0.64%	San Antonio Culhuacán	0.26%	Valle De Luces	0.13%
Tepalcates	0.64%	San José Buenavista	0.26%		

Tabla 5.2.1.1. Continuación

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.

### 5.2.2 Servicios que requirieron traslados

De los 832 servicios considerados para el análisis, el 27% de ellos requirieron una atención médica especializada, por lo cual fue necesario trasladar al paciente hacia alguna institución de salud, dentro de los hospitales con mayor número de traslados recibidos; sobresalen 5 instituciones médicas gubernamentales, que en conjunto

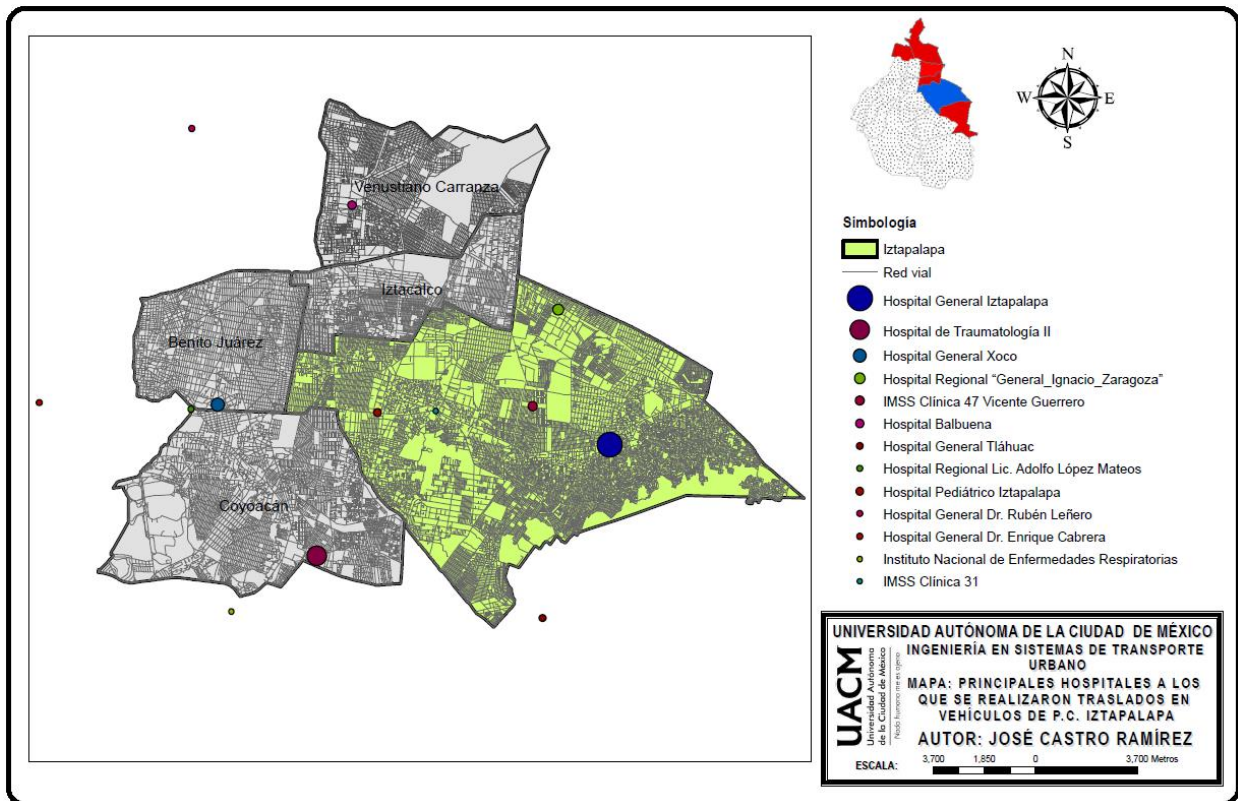
representan el 49.11% del total de los traslados realizados, dichas instituciones médicas son: Hospital General Iztapalapa, H. Traumatología II, Hospital General Xoco, ISSSTE Zaragoza e IMSS clínica 47. En el 9.82% del total de servicios que requirieron traslado, las personas se trasladaron hacia algún hospital por sus propios medios. En cuanto a la categoría nombrada “Hospital Particular” corresponde a múltiples hospitales particulares que por cuestiones prácticas se acumularon en una sola categoría, la cual representa el 12.95% de los traslados realizados.

El 20.54% de los traslados fueron atendidos dentro de las instalaciones médicas al interior de la delegación Iztapalapa. El mapa 5.2.2.1 muestra la distribución de los principales hospitales hacia los que se realizaron traslados de pacientes derivados de la AMP previa; en la tabla 5.2.2.1 se exhiben el total de las instituciones de salud a las que se realizaron los traslados médicos por las ambulancias de la UPCD Iztapalapa.

<b>Hospitales y Porcentaje de ocurrencia de Servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>
Gineco-obstetricia	0.45%	ISSSTE Morelos	0.45%	H. General Tláhuac	3.13%
H. General La Villa	0.45%	H. Pediátrico Legaría	0.89%	H. Balbuena	4.46%
H. Pediátrico Coyoacán	0.45%	Psiquiatría Fray Bernardino	0.89%	IMSS Clínica 47	4.91%
H. Pediátrico Iztacalco	0.45%	H. Belisario Domínguez	1.34%	ISSSTE Zaragoza	5.80%
Hospital Militar	0.45%	IMSS	1.34%	H. General Xoco	8.48%
IMSS Clínica 24	0.45%	IMSS Clínica 31	1.34%	Se Traslada Por Medios Propios	9.82%
IMSS Clínica 25	0.45%	I.N.E.R.	1.34%	Hospital Particular	12.95%
IMSS Troncoso	0.45%	H. Enrique Cabrera	1.79%	H. Traumatología II	14.29%
IMSS Venados	0.45%	H. Rubén Leñero	1.79%	General Iztapalapa	15.63%
Instituto De Neurología	0.45%	H. Pediátrico Iztapalapa	2.23%		
ISSSTE	0.45%	ISSSTE Adolfo López Mateos	2.23%		

Tabla 5.2.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.



Mapa 5.2.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

### 5.2.3 Coberturas de servicio.

Las coberturas de servicio bajo la operación de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014 se muestran en la Tabla 5.2.3.1, con la distribución de los vehículos de ambulancia desplegada durante el año 2014 la UPCD lograría atender un 99.88% de los servicios realizados dentro de los “10 minutos de platino”, para un intervalo de tiempo de 0 a 7 minutos la distribución de los vehículos cubriría a un 82.45% de los servicios efectivos en el año 2014, la representación gráfica de las coberturas de servicios calculadas para la ubicación de la “base” de las ambulancias bajo la administración de la UPCD Iztapalapa se exhibe en el Mapa 5.2.3.1.

Coberturas de servicio para la UPCD Iztapalapa en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	2.16%	2.16%
1-2 Minutos	7.69%	9.86%
2-3 Minutos	10.82%	20.67%
3-4 Minutos	14.66%	35.34%

Tabla 5.2.3.1 Coberturas de servicio para la UPCD Iztapalapa durante en el año 2014.

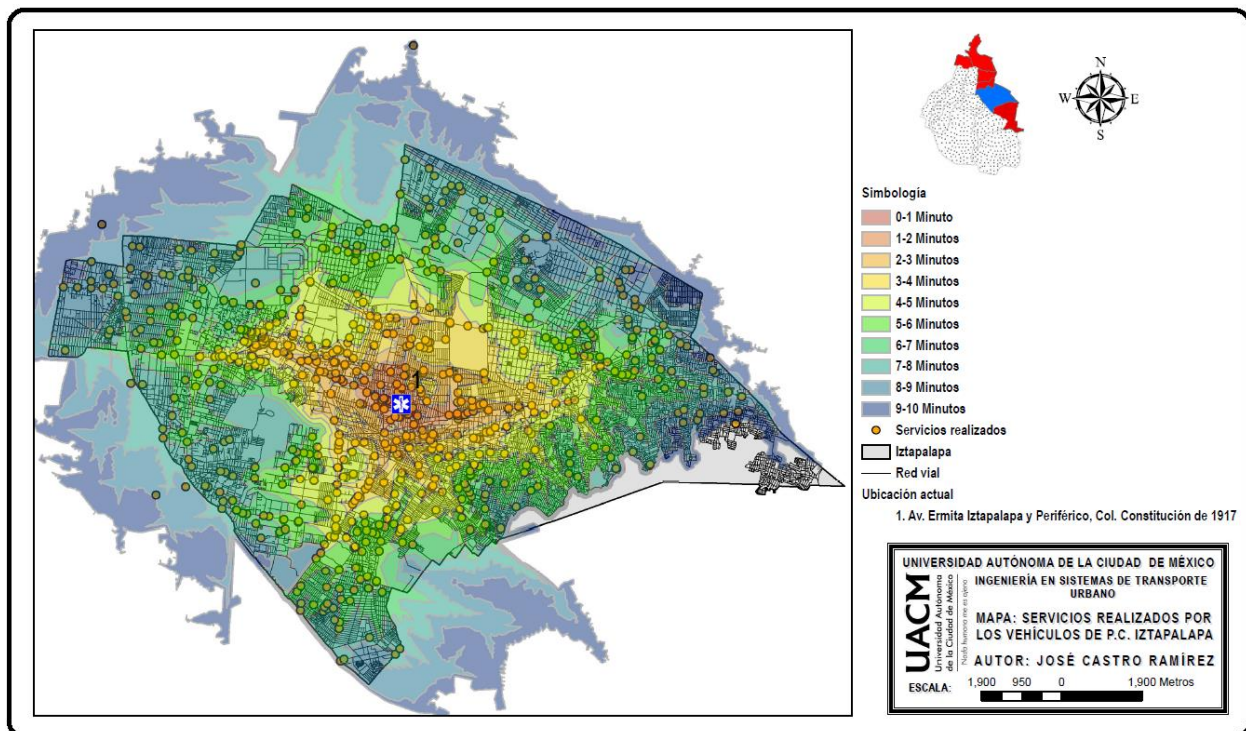
Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.

Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
4-5 Minutos	16.47%	51.80%
5-6 Minutos	16.11%	67.91%
6-7 Minutos	14.54%	82.45%
7-8 Minutos	12.38%	94.83%
8-9 Minutos	4.33%	99.16%
9-10 Minutos	0.72%	99.88%
10- Más de 11 Minutos	0.12%	100.00%

Tabla 5.2.3.1 Continuación.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.

En el Mapa 5.2.3.1 se muestra que para cubrir alguna solicitud de AMP en la población de Santa Catarina Yecahuizotl bajo la distribución actual de los vehículos de ambulancias de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014, se tendrá que invertir un tiempo mayor a los “10 minutos de platino” para llegar a otorgar la AMP a dicha zona. Esto significa que las personas siniestradas en esta zona tienen la posibilidad de sufrir complicaciones médicas, según la gravedad de la situación por la que se solicitó el servicio de AMP.



Mapa 5.2.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Iztapalapa durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

### 5.3 UPCD Venustiano Carranza

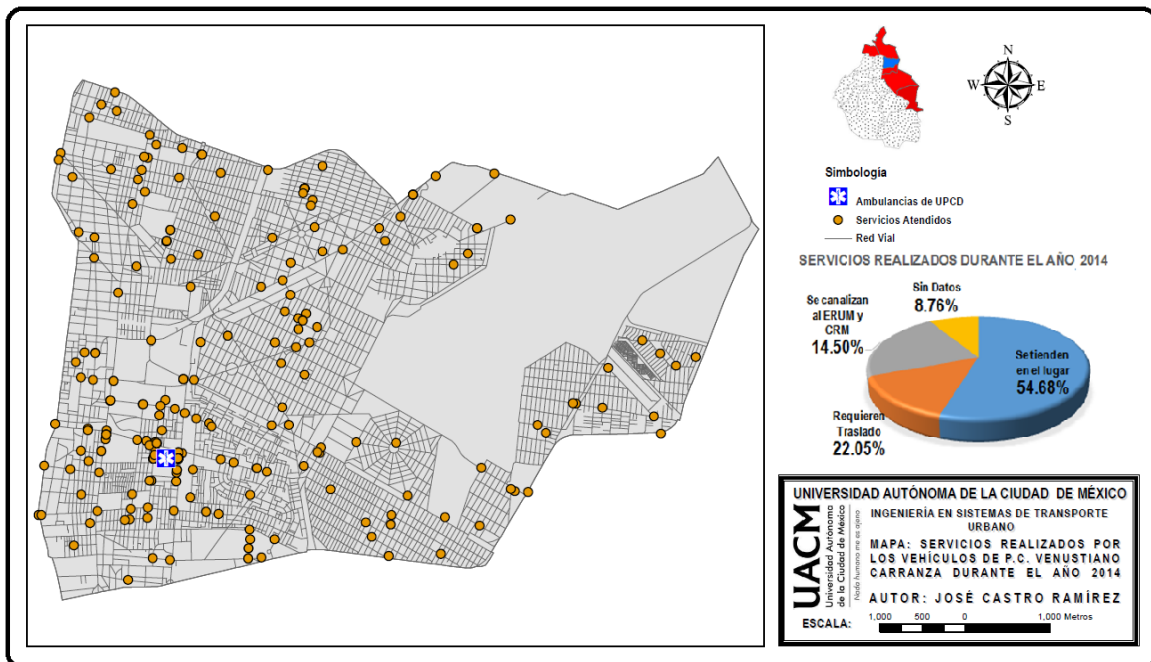
La UPCD durante el año 2014 realizó 591 servicios, estos servicios fueron cubiertos por 2 ambulancias, dichas ambulancias tenían su “base” sita:

1. Francisco del Paso y Troncoso 219, Col Jardín Balbuena (explanada delegacional).

De los 591 servicios cubiertos por la UPCD (respuesta obtenida del INAI mostrada en la tabla 2.3.2), sólo se autorizó el acceso a 380 registros de servicios realizados contenidos en el tabulado resumen, de dicho tamaño muestral se pudieron caracterizar (con las mismas propiedades de las UPCD anteriores) 329 registros, lo que representa un 86.58% de la muestra a la que se brindó acceso, los 49 registros que se omitieron fue debido a la falta de datos necesarios para lograr identificar la zona de ubicación espacial del servicio (nombre de la calle o colonia en donde se atendió).

### 5.3.1 Servicios Realizados

En el mapa 5.3.1.1 se exhibe la distribución espacial de los vehículos de AMP y los servicios realizados durante el año 2014, dichos servicios fueron cubiertos por los vehículos de ambulancia administrados por la UPCD Venustiano Carranza. Los servicios atendidos están comprendidos en 40 colonias de la demarcación, dentro de las cuales destacan 7 colonias, en las cuales se concentran el 72.21% de la muestra original de los servicios cubiertos durante el año 2014, las colonias con mayor número de servicios realizados son las siguientes: Jardín Balbuena, Moctezuma 2da. Sección, 20 de Noviembre, Pensador Mexicano, Merced Balbuena, Ignacio Zaragoza y Simón Bolívar.



Mapa 5.3.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

<b>Colonias y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Colonia</b>	<b>% de Ocurrencia</b>	<b>Colonia</b>	<b>% de Ocurrencia</b>	<b>Colonia</b>	<b>% de Ocurrencia</b>
Jardín Balbuena	50.91%	Moctezuma 1ra. Sección	1.21%	Zona Centro	0.61%
Moctezuma 2da. Sección	5.15%	Adolfo López Mateos	0.91%	Peñón de los Baños	0.61%
20 de noviembre	3.64%	Arenal 4ta. Sección	0.91%	Aquiles Serdán	0.60%
Pensador Mexicano	3.64%	Janitzio	0.91%	24 de Abril	0.30%
Merced Balbuena	3.64%	Lorenzo Boturini	0.91%	Arbolada Ixtapaluca	0.30%
Ignacio Zaragoza	2.72%	4 arboles	0.61%	Arenal 3ra. Sección	0.30%
Simón Bolívar	2.42%	7 de Julio	0.61%	Damiart Carmena	0.30%
Valle Gómez	2.42%	Arenal 1ra. Sección	0.61%	Industrial aeropuerto	0.30%
Aeronáutica Militar	2.12%	Artes Gráficas	0.61%	Popular Rastro	0.30%
Morelos	2.12%	Caracol	0.61%	Puebla	0.30%
Romero Rubio	2.12%	Cuchilla Pantitlán	0.61%	Santa Cruz Aviación	0.30%
Del Parque	1.52%	Felipe Ángeles	0.61%	Sevilla	0.30%
Álvaro Obregón	1.21%	Magdalena Mixhuca	0.61%	Venustiano Carranza	0.30%
Aviación Civil	1.21%	Penitenciaria	0.61%		

Tabla 5.3.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la UPCD Venustiano Carranza.

La diversidad de los motivos por los cuales se solicitaron los servicios de AMP es amplia, para el año de estudio se registraron 24 diferentes (ver tabla 5.3.1.2), el 80.97% de las solicitudes realizadas durante el año de estudio se pueden agrupar en 8 principales causas, que son; volcadura, posible infarto, intento de homicidio, infarto, persona con herida en la cabeza, mordedura de perro y lesionado por arma de fuego.

<b>Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>
Volcadura	27.49%	Persona con crisis nerviosa	2.12%	Lesionado por cortadura	0.60%
Posible infarto	24.77%	Lesionado por arma blanca	2.11%	Persona Inconsciente	0.60%
Intento de Homicidio	8.46%	Persona fallecida	2.11%	Atropellado	0.30%
Infarto	8.46%	Intoxicado	1.81%	Lesionado por golpes	0.30%
Persona con herida en cabeza	5.14%	SIN DATOS	1.51%	Lesionado	0.30%
Mordedura de perro	3.93%	Persona Convulsionando	1.21%	Choque vehicular	0.30%
Traslado	3.32%	Potro derrapado	0.91%	Caída	0.30%
Lesionado por arma de fuego	2.72%	Embarazada	0.91%	Enfermedad	0.30%

Tabla 5.3.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de la UPCD Venustiano Carranza.

### 5.3.2 Servicios que requirieron traslados

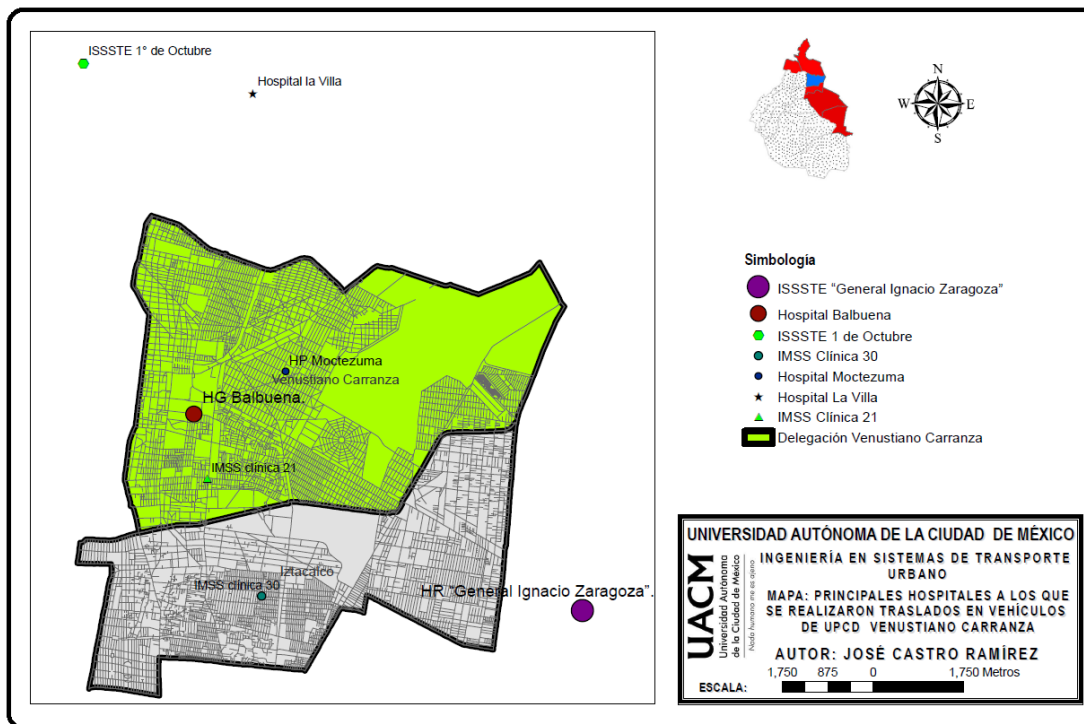
En el 22.05% de la muestra de estudio para la UPCD Venustiano Carranza (331 servicios realizados) se requirió una atención médica especializada, motivo por el cual fue necesario realizar el traslado de la persona atendida hacia alguna institución de salud, dentro de los principales hospitales a los que se realizaron los traslados el 46.58% se conglomeraron 5 en hospitales; Hospital General Balbuena, ISSSTE Zaragoza, IMSS clínica 30, Hospital General Moctezuma e ISSSTE 1° de Octubre. En el 21.92% del total de servicios que requirieron traslado, las personas atendidas optaron por trasladarse hacia algún hospital por sus propios medios.

El 21.92% de los traslados fueron atendidos dentro de las instalaciones médicas dentro de la delegación Venustiano Carranza. En el mapa 5.3.2.1 se muestra la distribución de los principales hospitales a los que se realizaron servicios de traslados, como complemento a dicho mapa en la tabla 5.3.2.1 se exhibe el total de las instituciones de salud a las que se realizaron los traslados médicos en ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza.

<b>Hospitales y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Hospital destino</b>	<b>% de ocurrencia</b>
Se traslada por sus medios	21.92%	Espera a la aseguradora	4.11%	Hospital Gregorio Salas.	1.37%
ISSSTE Zaragoza	19.18%	IMSS Clínica 21	2.74%	ISSSTE Tacuba	1.37%
Hospital Balbuena	15.07%	Hospital La Villa	2.74%	Hospital Victorio de la Fuente Narváez	1.37%
Hospital Privado	12.33%	ISSSTE 1° de Octubre	2.74%	Instituto Nacional de Perinatología	1.37%
IMSS Clínica 30	5.48%	IMSS Clínica 32	1.37%	Hospital Rubén Leñero	1.37%
Hospital Moctezuma	4.11%	ISSSTE Adolfo López Mateos	1.37%		

Tabla 5.3.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia de los traslados realizados en el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.



Mapa 5.3.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

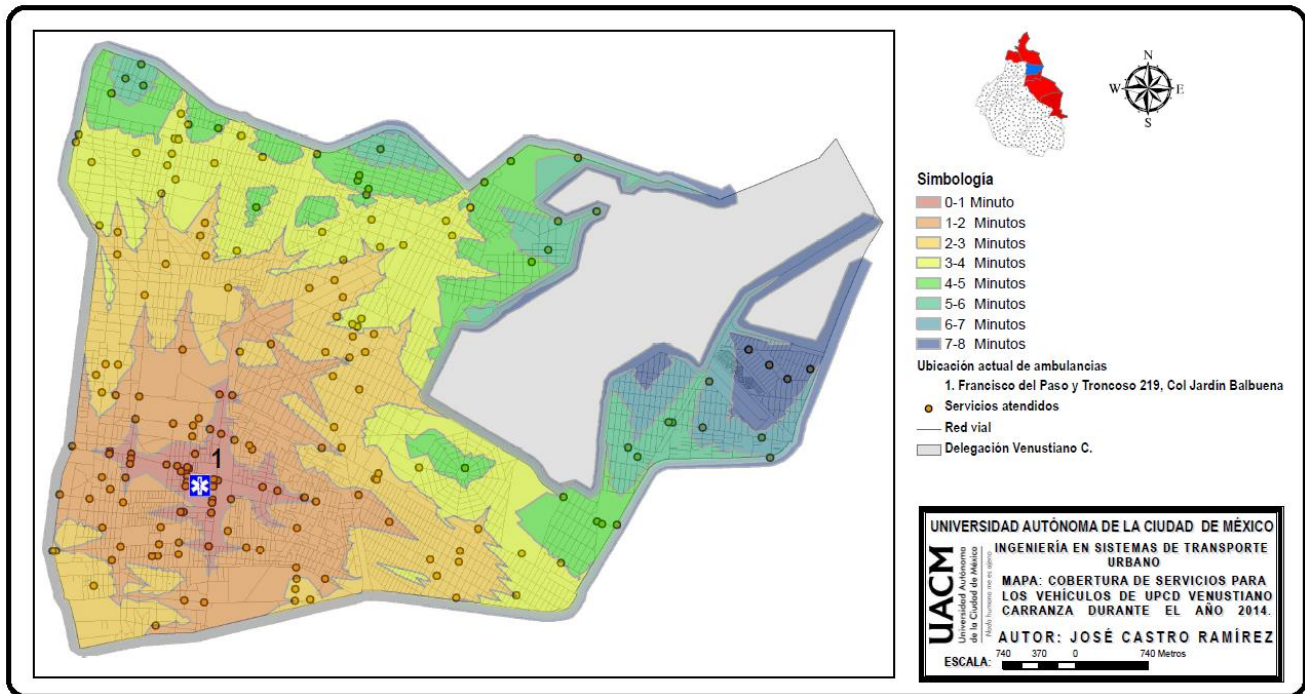
### 5.3.3 Coberturas de servicio.

Las coberturas de servicio para la distribución de las “bases” de los vehículos de ambulancia correspondientes a la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014 se muestran en la tabla 5.3.3.1, para el mismo periodo la distribución de los vehículos de ambulancia de la UPCD lograría cubrir el 100% de los servicios durante los primeros 8 minutos, por lo cual la operación de atención del servicio se encuentra dentro de los “10 minutos de platino” establecidos como prioritarios en la AMP, la representación gráfica se exhibe en el mapa 5.3.3.1.

Coberturas de servicio para la UPCD Venustiano Carranza en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Población atendida acumulada
0-1 Minuto	45.90%	45.90%
1-2 Minutos	13.68%	59.57%
2-3 Minutos	15.50%	75.08%
3-4 Minutos	10.33%	85.41%
4-5 Minutos	8.51%	93.92%
5-6 Minutos	3.65%	97.57%
6-7 Minutos	1.22%	98.78%
7-8 Minutos	1.22%	100.00%

Tabla 5.3.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Venustiano C. durante el año 2014.  
Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los registros de la UPCD Venustiano Carranza.

La representación gráfica de las isócronas de 0-8 minutos pone en evidencia que bajo la distribución actual de los vehículos de AMP se logra cubrir el 100% de los servicios realizados durante el año 2014. Es importante hacer énfasis que el 28% del total de servicios realizados fueron atendidos en la explanada delegación de Venustiano Carranza, motivo por el cual el porcentaje de la población atendida de 0-1 minuto es considerablemente alto.



Mapa 5.3.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos obtenidos de la UPCD Venustiano Carranza.

#### 5.4 UPCD Azcapotzalco

La UPCD durante el año 2014 realizó 7,328 servicios, estos servicios fueron cubiertos por 2 ambulancias, dichas ambulancias tenían su “base” sita:

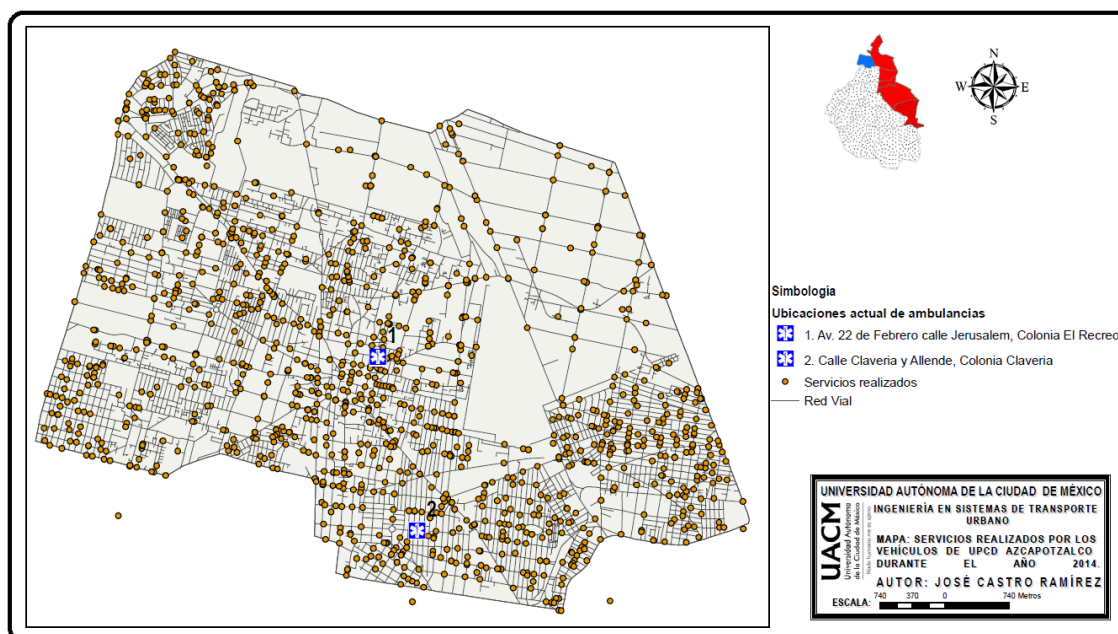
1. Av. 22 de Febrero y Calle Jerusalem, Colonia El recreo (explanada delegacional)
2. Calle Clavería y Allende, Colonia Clavería

De los servicios cubiertos por la UPCD (respuesta obtenida del INAI mostrada en la tabla 2.3.2), se brindó acceso al tabulado resumen el cual consta de 2,146 registros, de dichos registros se pudieron clasificar (con las mismas características de las UPCD anteriores) 1,978 registros lo que representa un 92.17% de la muestra a la que se brindó acceso, los 158 registros que se omitieron fue debido a la falta de datos necesarios para lograr

identificar la zona de ubicación espacial del servicio (nombre de la calle o colonia en donde se atendió el servicio).

#### 5.4.1 Servicios Realizados

En el mapa 5.4.1.1 se exhibe la distribución espacial de los vehículos de AMP y los servicios realizados durante el año 2014 por la UPCD Azcapotzalco. Los servicios cubiertos están comprendidos en 112 colonias de la demarcación, dentro de las colonias con mayor cantidad de solicitudes de servicio cubiertas se pueden mencionar 9 colonias, las cuales representan el 35.66% del total de la muestra analizada, las colonias de mayor incidencia son las siguientes: U.H. El Rosario, Industrial Vallejo, Providencia, Centro de Azcapotzalco, Pro Hogar, Nueva Santa María, Santa Bárbara, San Pedro Xalpa y Clavería.



Mapa 5.4.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por la UPCD Azcapotzalco. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos obtenidos de la UPCD Azcapotzalco.

Colonias y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014					
Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia
U.H. El Rosario	5.18%	Victoria de las Democracias	0.86%	Santa Lucia	0.25%
Industrial Vallejo	4.28%	San Sebastián	0.86%	Barrio San Andrés	0.20%
Providencia	4.23%	San Antonio	0.80%	Fracc. San Antonio	0.20%
Centro de Azcapotzalco	4.18%	Santa Cruz Acayucan	0.80%	Ignacio Allende	0.20%
Pro Hogar	3.82%	Euzkadi	0.75%	Novedades e Impacto	0.20%

Tabla 5.4.1.1. Poblaciones y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Azcapotzalco.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia	Colonia	% de Ocurrencia
Nueva Santa María	3.72%	Santa Catarina	0.75%	Nueva Tezozómoc	0.20%
Santa Bárbara	3.72%	Trabajadores del Hierro	0.75%	B. Hormiga	0.15%
San Pedro Xalpa	3.32%	Aguilera	0.70%	Ferrocarril Central	0.15%
Clavería	3.22%	La Preciosa	0.70%	Hogar y Seguridad	0.15%
Del Maestro	2.16%	Porvenir	0.70%	Potrero del Llano	0.15%
El Rosario	2.06%	Plenitud	0.65%	U.H. Cuitlahuac	0.15%
Santo Tomás	1.96%	San Bernabé	0.65%	Santa Cruz de las Salinas	0.15%
Obrero Popular	1.91%	San Rafael	0.65%	Francisco Villa	0.10%
Pasteros	1.86%	Arenal	0.60%	Patrimonio Familiar	0.10%
El Recreo	1.66%	Ex Hacienda del Rosario	0.60%	Pueblo San Juan Tlihuaca	0.10%
Santa María Malinalco	1.66%	Santo Domingo	0.60%	San Bartolo	0.10%
Reynosa	1.61%	Aldana	0.55%	U. Hab. Xochinahuac	0.10%
San Juan Tlihuaca	1.61%	El Jagüey	0.55%	Un Hogar para cada Trabajador	0.10%
Ampliación San Pedro Xalpa	1.56%	San Mateo	0.55%	23 de Abril	0.05%
Prados del Rosario	1.56%	San Miguel Amantla	0.55%	Ampliación del Gas	0.05%
Tlatilco	1.51%	Barrio Nextengo	0.50%	Culturas	0.05%
San Francisco Xocotitla	1.46%	Sector Naval	0.45%	Impacto y Novedades	0.05%
San Martín Xochimanca	1.46%	U. H. Francisco Villa	0.45%	Industrial las Armas	0.05%
CETRAM El Rosario	1.31%	La Raza	0.40%	La Naza	0.05%
San Álvaro	1.31%	Liberación	0.40%	Linda Vista	0.05%
Tierra Nueva	1.31%	Villas Azcapotzalco	0.40%	Monte Mateo	0.05%
Electricistas	1.26%	U. Hab. Cuitlahuac	0.40%	Pbo. San Miguel Amantla	0.05%
U. H. Presidente Madero	1.26%	Barrio de los Reyes	0.35%	Popotla	0.05%
Tezozomoc	1.16%	Libertad	0.30%	Preciosa	0.05%
Ángel Zimbrón	1.16%	San Salvador Xochimanca	0.30%	Pueblo Santiago Ahuizotla	0.05%
Petrolera	1.16%	Santa Inés	0.30%	U. Hab. Dos Leones	0.05%
Santa Apolonia	1.16%	Barrio Coltongo	0.25%	U.H Oyameles	0.05%
San Andrés	1.11%	Ferrería	0.25%	U.H. las Trancas	0.05%
San Marcos	1.06%	Industrial San Antonio	0.25%	San Isidro	0.05%
Cosmopolita	1.01%	Las Salinas	0.25%	San Martín Maninalco	0.05%
Ahuizotla	0.96%	Nueva España	0.25%	Santa Tetecala	0.05%
Del Gas	0.86%	U. Hab. Ferrocarrilera	0.25%		
Jardín Azpeitia	0.86%	U. Hab. Miguel Hidalgo	0.25%		

Tabla 5.4.1.1. Continuación.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

La diversidad de los motivos por los cuales se solicitaron los servicios de AMP es amplia, para el año de estudio se registraron 36 motivos diferentes (ver tabla 5.4.1.2) por los que se solicitaron los servicios de AMP, el 81.39% de las solicitudes realizadas durante el año de estudio se concentran en 5 principales causas, que son: Enfermedad, Caída, Choque, Atropellados y Persona golpeada.

<b>Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014</b>					
<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>	<b>Motivo de servicio</b>	<b>% de ocurrencia</b>
Enfermedad	37.37%	Derrapamiento	0.80%	Electrocutado	0.10%
Caída	22.54%	Mordedura de perro	0.45%	Paro respiratorio	0.10%
Choque	10.06%	Parturienta	0.45%	Lesionado por Volcadura	0.10%
Atropellado	6.14%	Crisis Nerviosa	0.45%	Amenaza de Aborto	0.10%
Persona golpeada	5.28%	Persona Desmayada	0.35%	Dolor Abdominal	0.05%
Inconsciente	4.53%	Probable Infarto	0.35%	Atragantamiento	0.05%
Potro Derrapamiento	2.01%	Intoxicación	0.30%	Paro Cardíaco	0.05%
Lesión por Arma de Fuego	1.71%	Intento de Suicidio	0.30%	Embarazada	0.05%
Lesión por Cortadura	1.51%	Prensado	0.25%	Infarto	0.05%
Fallecido	1.41%	Lesionado por quemaduras	0.25%	Descalabrado	0.05%
Lesión por Arma Blanca	1.21%	Asfixia	0.20%	Estado Etílico	0.05%
Convulsiones	1.11%	Aplastamiento	0.15%	Asalto	0.05%

Tabla 5.4.1.2. Motivos y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014 por la UPCD Azcapotzalco.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

#### **5.4.2 Servicios que requirieron traslados**

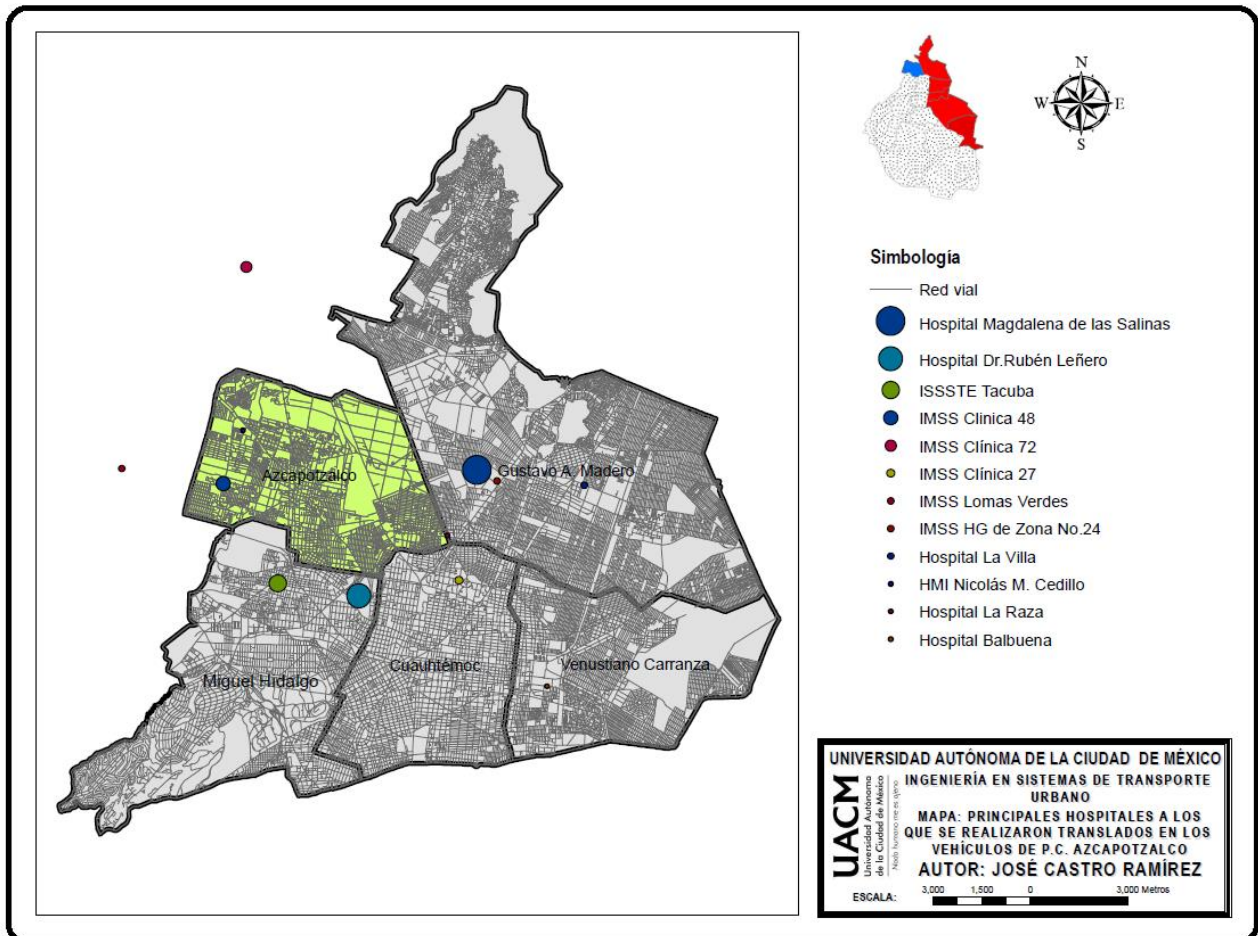
De los 1,978 servicios considerados como la muestra para el análisis, el 26.56% de dichos servicios requirieron una atención médica especializada, por lo cual se tuvo que trasladar hacia algún hospital para su atención médica, dentro de los principales hospitales a los que se realizaron los traslados con mayor frecuencia (66% del total de los traslados) son: Hospital Magdalena de las Salinas, Hospital Dr. Rubén Leñero, ISSSTE Tacuba, IMSS clínica 48 e IMSS clínica 72. En el 0.57% del total de servicios que requirieron traslado, las personas se trasladaron hacia algún hospital por sus propios medios.

El 10.61% de los traslados fueron atendidos dentro de las instalaciones médicas dentro de la delegación Azcapotzalco. En el mapa 5.4.2.1 se muestran los principales hospitales destino hacia los que se realizaron los traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Azcapotzalco, mientras que en la tabla 5.4.2.1 se exhiben el total de las instituciones médicas a los que se llevaron a cabo los traslados.

Hospitales y porcentaje de ocurrencia de servicios de AMP realizados durante el año 2014					
Hospital destino	% de ocurrencia	Hospital destino	% de ocurrencia	Hospital destino	% de ocurrencia
Se traslada por sus medios	21.92%	Espera a la aseguradora	4.11%	Hospital Gregorio Salas.	1.37%
ISSSTE Zaragoza	19.18%	IMSS Clínica 21	2.74%	ISSSTE Tacuba	1.37%
Hospital Balbuena	15.07%	Hospital La Villa	2.74%	Hospital Victorio de la Fuente Narváez	1.37%
Hospital Privado	12.33%	ISSSTE 1° de Octubre	2.74%	Instituto Nacional de Perinatología	1.37%
IMSS Clínica 30	5.48%	IMSS Clínica 32	1.37%	Hospital Rubén Leñero	1.37%
Hospital Moctezuma	4.11%	ISSSTE Adolfo López Mateos	1.37%		

Tabla 5.4.2.1. Hospitales y porcentaje de ocurrencia a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.



Mapa 5.4.2.1. Principales hospitales a los que se realizaron traslados de pacientes en ambulancias de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

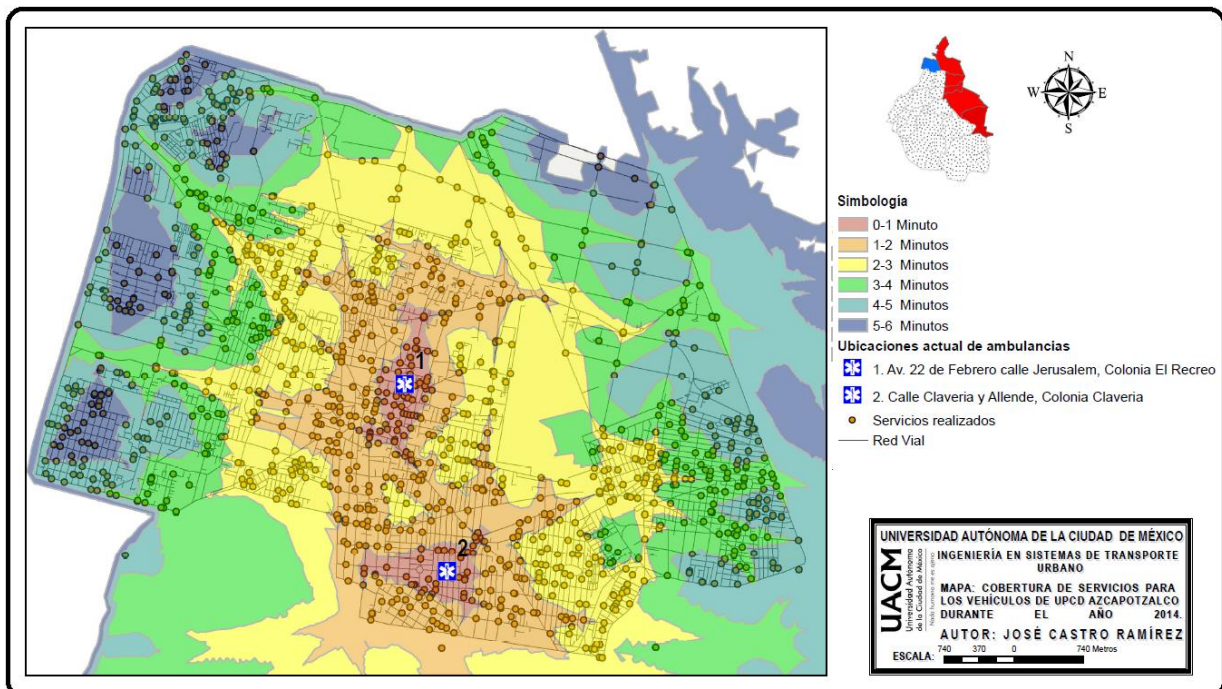
### 5.4.3 Coberturas de servicio.

Las coberturas de servicio bajo la operación de la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014 se muestran en la tabla 5.4.3.1, la distribución actual de los vehículos de ambulancia de la UPCD lograría atender un 100% de los servicios cubiertos durante el año de estudio en los primeros 6 minutos, por lo cual la operación de atención del servicio de AMP se encuentra dentro de los “10 minutos de platino” establecidos en el PHTLS, la representación gráfica se muestra en el mapa 5.4.3.1.

Coberturas de servicio para la UPCD Azcapotzalco en el año 2014.		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	13.34%	13.34%
1-2 Minutos	20.77%	34.11%
2-3 Minutos	26.63%	60.74%
3-4 Minutos	18.58%	79.33%
4-5 Minutos	15.07%	94.40%
5-6 Minutos	5.60%	100.00%

Tabla 5.4.3.1. Coberturas de servicio para la UPCD Azcapotzalco para el año 2014. Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

La representación gráfica de las isócronas de 0-6 minutos demuestra que, bajo la distribución actual de los vehículos de AMP de la UPCD, se logra cubrir el 100% de los servicios realizados durante el año 2014.



Mapa 5.4.3.1. Áreas de influencia de los vehículos de la UPCD Azcapotzalco durante el año 2014.

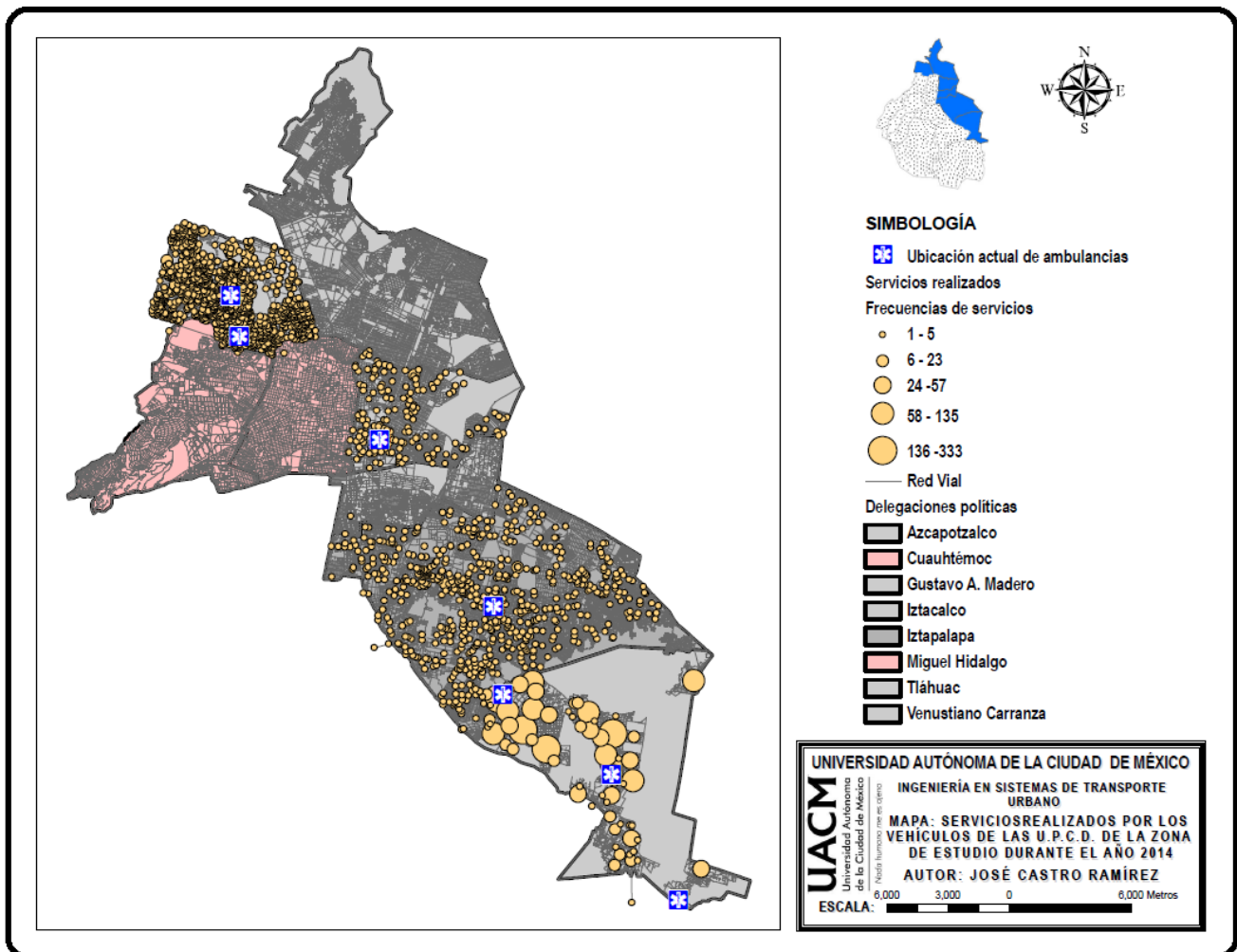
Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

## 5.5 UPCD Consolidadas

### 5.5.1 Servicios Realizados

La finalidad de estudiar la operación en conjunto de las UPCD es comprobar la Hipótesis 2 planteada en el capítulo 1 sección 1.3, dichas UPCD en conjunto realizaron 5,555 servicios durante el año 2014, estos fueron cubiertos por 10 ambulancias en operación, las ubicaciones de dichas ambulancias corresponden a las mencionadas en los apartados correspondientes a cada una de las UPCD de la zona de estudio.

En el mapa 5.5.1.1 se muestra la distribución espacial de los vehículos de AMP así como los servicios cubiertos por las UPCD de la zona de estudio, las características de dichos servicios se detallan en el apartado correspondiente a cada UPCD dentro de este capítulo.



Mapa 5.5.1.1. Distribución de vehículos y servicios realizados por las UPCD Consolidadas durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD de la zona de estudio

### 5.5.2 Coberturas de servicio.

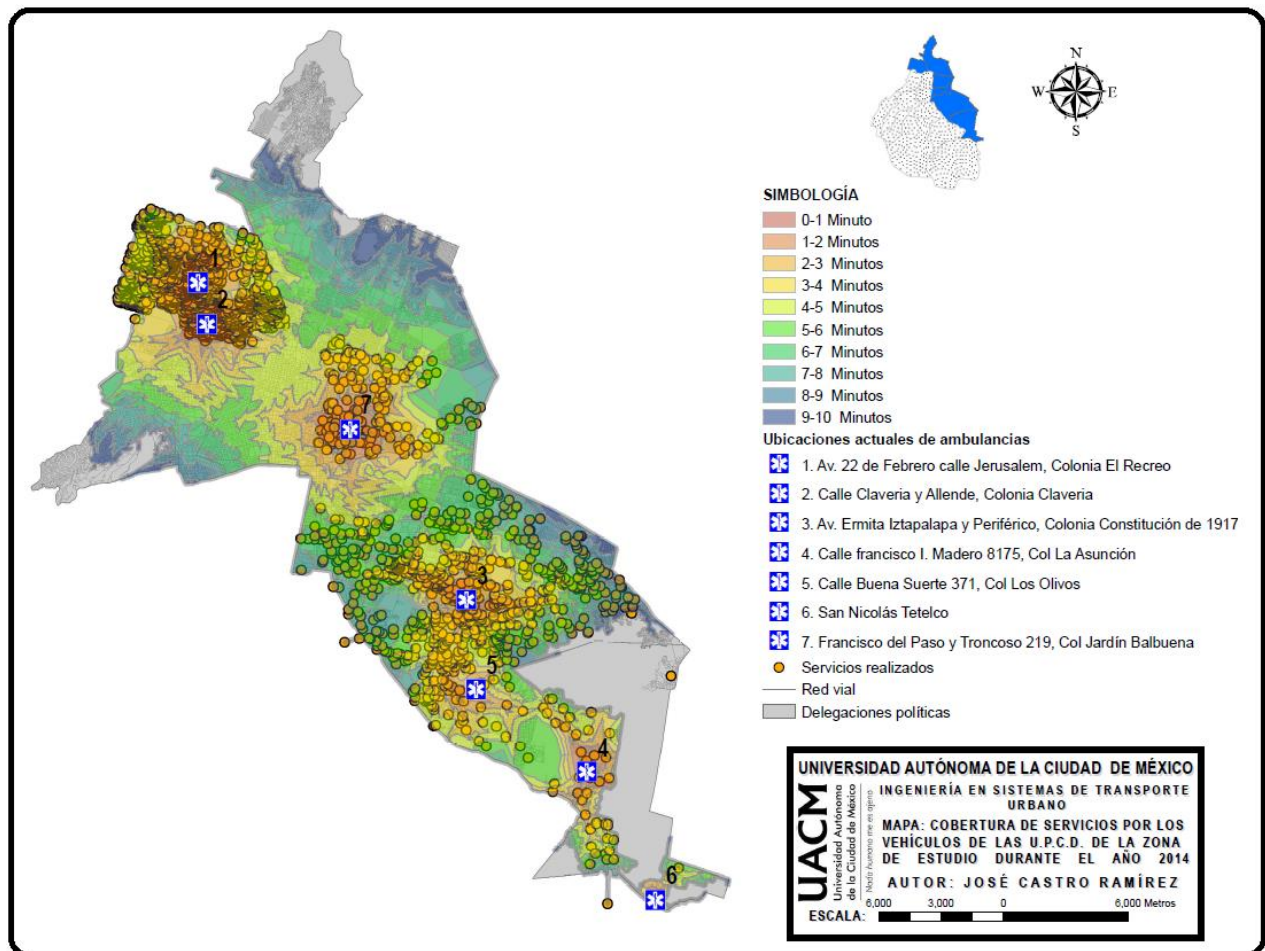
Las coberturas de servicio de las ambulancias pertenecientes a las UPCD dentro de la zona de estudio se muestran en la tabla 5.5.2.1; la distribución actual de los vehículos de ambulancia de la UPCD logra atender un 97.41% de los servicios cubiertos en el año de estudio dentro de los “10 minutos de platino”; para un intervalo de tiempo de 0 a 4 minutos la distribución actual de vehículos puede cubrir un 46.17% de los servicios registrados en el año 2014; la representación gráfica se exhibe en el mapa 5.5.2.1.

<b>Coberturas de servicio para las UPCD Consolidadas en el año 2014</b>		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	13.93%	13.93%
1-2 Minutos	10.98%	24.91%
2-3 Minutos	19.35%	44.26%
3-4 Minutos	15.37%	59.63%
4-5 Minutos	15.95%	75.58%
5-6 Minutos	19.33%	94.92%
6-7 Minutos	2.35%	97.27%
7-8 Minutos	1.28%	98.55%
8-9 Minutos	1.16%	99.71%
9-10 Minutos	0.07%	99.78%
Más de 11 Minutos	0.22%	100.00%

Tabla 5.5.2.1. Coberturas de servicio para las UPCD Consolidadas durante para el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las UPCD de la zona de estudio.

La representación gráfica de las isócronas de 0-10 minutos pone en evidencia que el poblado de Santa Catarina Yecahuizotl es la única población en la que no se llega a cubrir dentro de los 10 minutos de platino.



Mapa 5.5.2.1. Áreas de influencia de los vehículos de las U.P.C.D. Consolidadas durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos obtenidos de las U.P.C.D.

## CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 Resultados

A continuación se muestra el análisis de los resultados obtenidos con la aplicación del algoritmo P-Mediana y el algoritmo GIS Mejorado ambos para la localización óptima de instalaciones. Los fundamentos teóricos de los algoritmos antes mencionados se detallan en la sección 4.4, correspondiente a los métodos para el análisis de localización de instalaciones.

#### 6.1.1 UPCD Tláhuac

Con la aplicación del algoritmo de P-Mediana, se obtiene como resultado que los sitios recomendados como “bases propuestas” (centroides) a los vehículos de ambulancia para la AMP administrados por la UPCD son los siguientes:

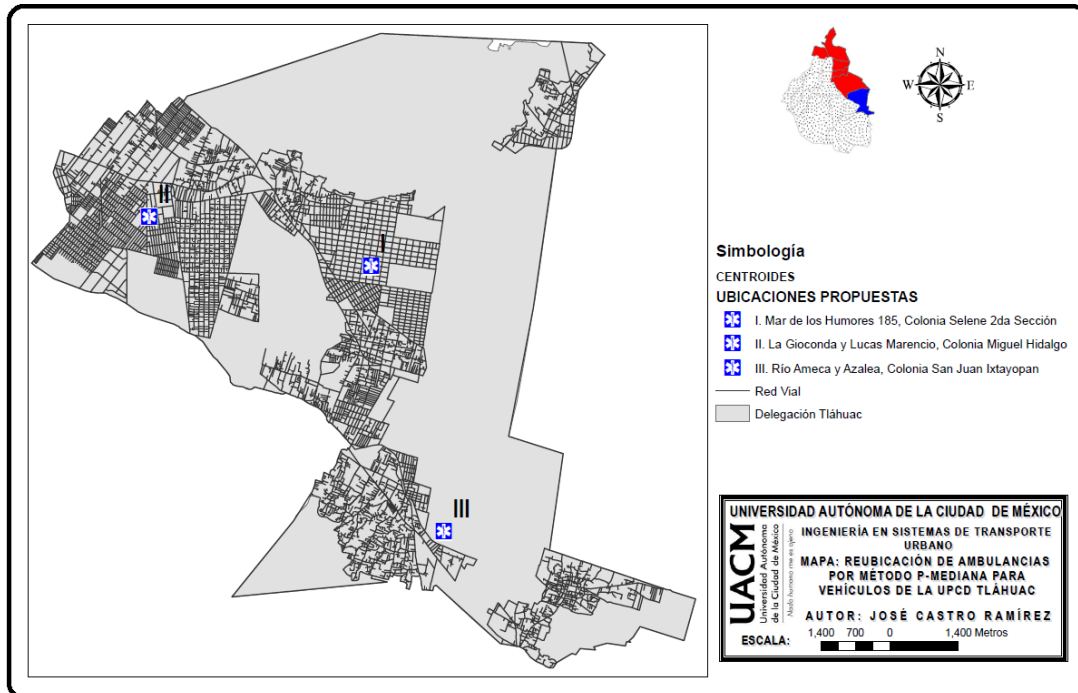
- I. Mar de los Humores 185, Colonia Selene 2da Sección.
- II. La Gioconda y Lucas Marencio, Colonia Miguel Hidalgo.
- III. Río Ameca y Azalea, Colonia San Juan Ixtayopan.

Con las “bases propuestas” para las ambulancias de la UPCD se podrá cubrir el 74.71% de los servicios durante los primeros 4 minutos, mientras que con las “bases actuales” de los vehículos se logra cubrir el 47.20% del total de servicios realizados por la UPCD. La representación gráfica de la ubicación espacial de las “bases propuestas” obtenidas con la aplicación del algoritmo P-Mediana se presentan en el mapa 6.1.1.1.

Coberturas de servicio para la UPCD Tláhuac en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	0.17%	0.17%
1-2 Minutos	20.49%	20.65%
2-3 Minutos	24.88%	45.53%
3-4 Minutos	29.18%	74.71%
4-5 Minutos	5.05%	79.76%
5-6 Minutos	9.93%	89.69%
6-7 Minutos	1.86%	91.56%
7-8 Minutos	2.81%	94.37%
8-9 Minutos	0.00%	94.37%
9-10 Minutos	0.46%	94.83%
10- Más de 11 Minutos	5.17%	100.00%

Tabla 6.1.1.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Tláhuac.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.



Mapa 6.1.1.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Tláhuac. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

Para la aplicación del algoritmo GIS Mejorado, fue necesario realizar el proceso iterativo de dicho método en 12 ocasiones, en la iteración 11 la variación entre los 3 pares de coordenadas geográficas que se utilizan como centroides (obtenidos en cada iteración) para las ambulancias es de 0.49% (recordando que el criterio de detención de dicho algoritmo es de una variación menor al 1%). Debido a que las coordenadas geográficas obtenidas en la iteración 11 corresponden a ubicaciones fuera de la red vial existente (ver mapa 6.1.1.2), el criterio de asignación de los centroides dentro de la red vial para los casos en que las coordenadas geográficas obtenidas mediante el algoritmo GIS Mejorado se ubiquen en lugares fuera de la malla vial serán asignados al punto más cercano dentro de la red vial existente. Los siguientes sitios corresponden a las ubicaciones que serán consideradas como resultado del proceso iterativo del método GIS Mejorado para las ambulancias de la UPCD Tláhuac:

- I. Flauta Mágica, Colonia Miguel Hidalgo.
- II. Sonido Trece #47, Colonia Santa Cecilia.
- III. Camino Real 14, Colonia Zona de Reserva Ecológica.

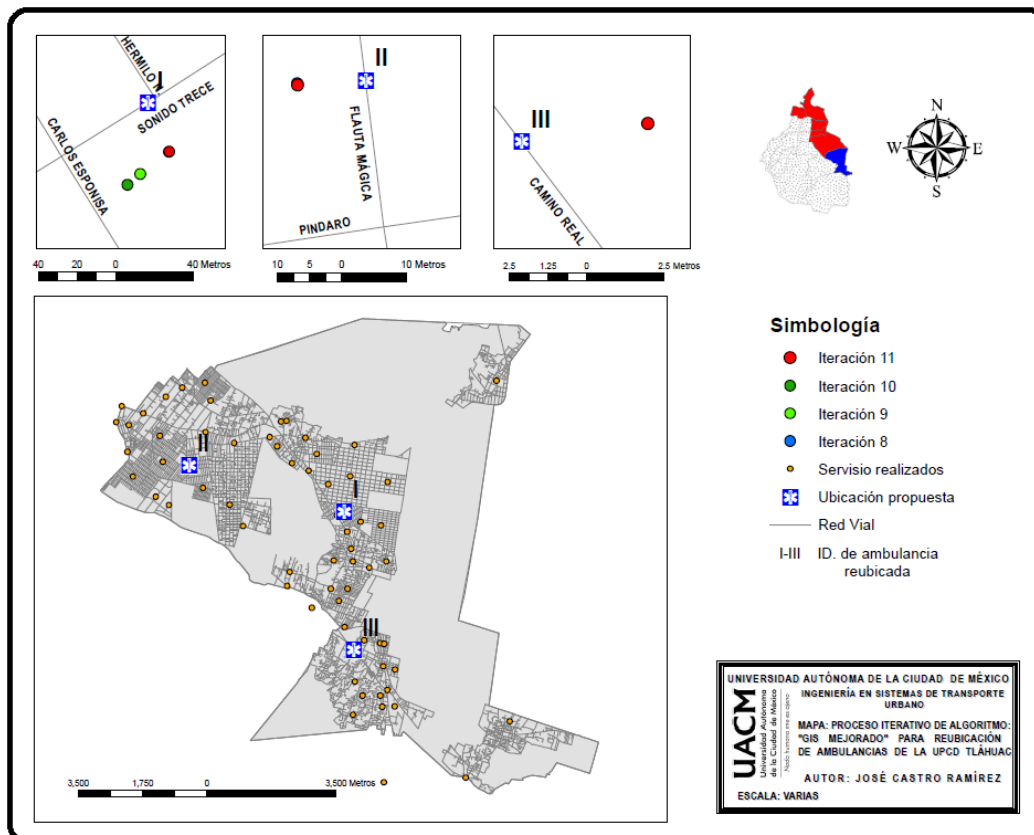
La cobertura de servicio para los centroides propuestos con las consideraciones enunciadas en el párrafo anterior se muestran en la tabla 6.1.1.2, con este modelo (GIS Mejorado) los vehículos de la UPCD podrían cubrir el 84.02% de las veces los servicios durante los primeros 4 minutos, mientras que con la distribución de los vehículos obtenida con el algoritmo de P-Mediana se cubriría el 74.71% de los servicios, de igual manera

para el año 2014 de estudio se logró cubrir el 47.19% del total de servicios realizados por la UPCD, la representación gráfica de la ubicación espacial de los centroides obtenidos con la aplicación del algoritmo propuesto de localización de instalaciones se presentan en el Mapa 6.1.1.2.

Coberturas de servicio para la UPCD Tláhuac en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	15.15%	15.15%
1-2 Minutos	11.09%	26.24%
2-3 Minutos	21.56%	47.81%
3-4 Minutos	36.22%	84.02%
4-5 Minutos	3.52%	87.54%
5-6 Minutos	5.09%	92.63%
6-7 Minutos	1.74%	94.37%
7-8 Minutos	0.00%	94.37%
8-9 Minutos	0.00%	94.37%
9-10 Minutos	0.00%	94.37%
10- Más de 11 Minutos	5.63%	100.00%

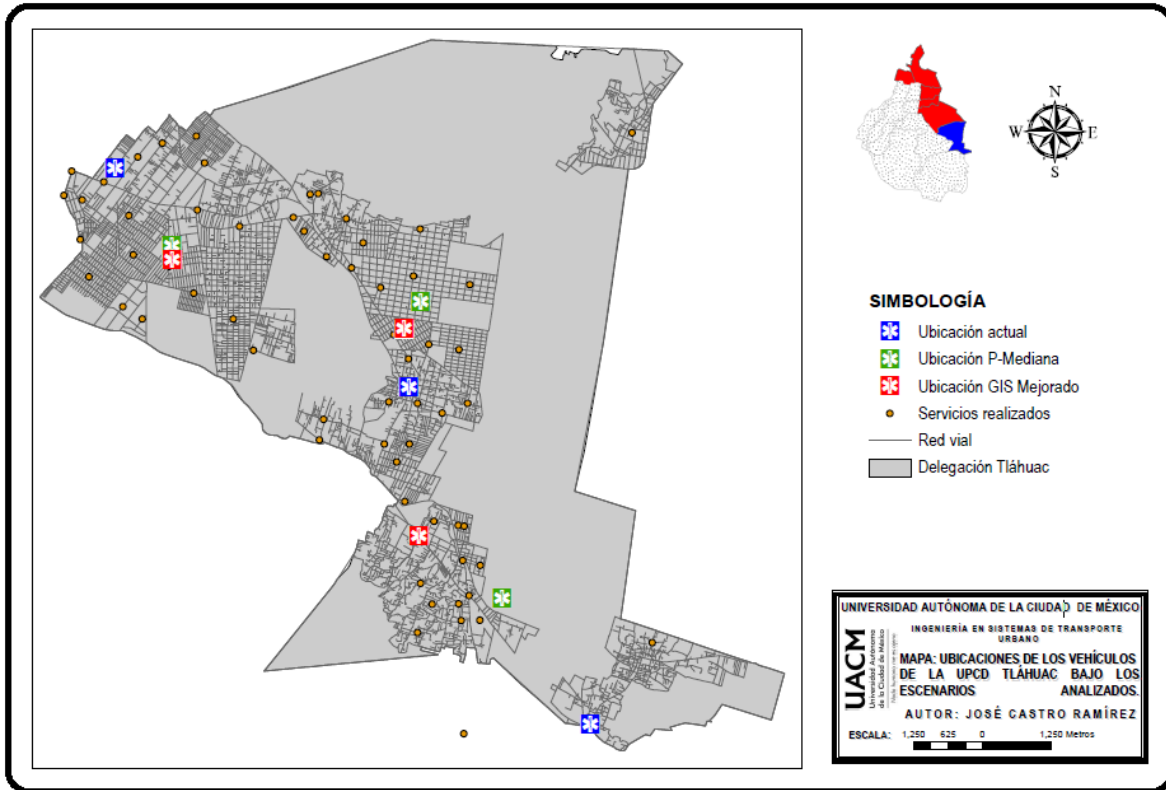
Tabla 6.1.1.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorador de la UPCD Tláhuac

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Tláhuac.



Mapa 6.1.1.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorador para la UPCD Tláhuac. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

Las ubicaciones espaciales de las ambulancias bajo los diferentes escenarios analizados se muestran en el siguiente mapa:



Mapa 6.1.1.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Tláhuac bajo los escenarios analizados.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Tláhuac.

### 6.1.2 UPCD Iztapalapa

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología P-Mediana, arrojaron que la ubicación de los centroides para las ambulancias utilizadas en la AMP es la siguiente:

- I. Herminio Chavarría y Manuel Camacho, Colonia Santa María Aztahuacan.
- II. Río Colorado y Anillo Periférico, Colonia Puente Blanco.
- III. Calle 16 de Septiembre #26, Colonia La Asunción.

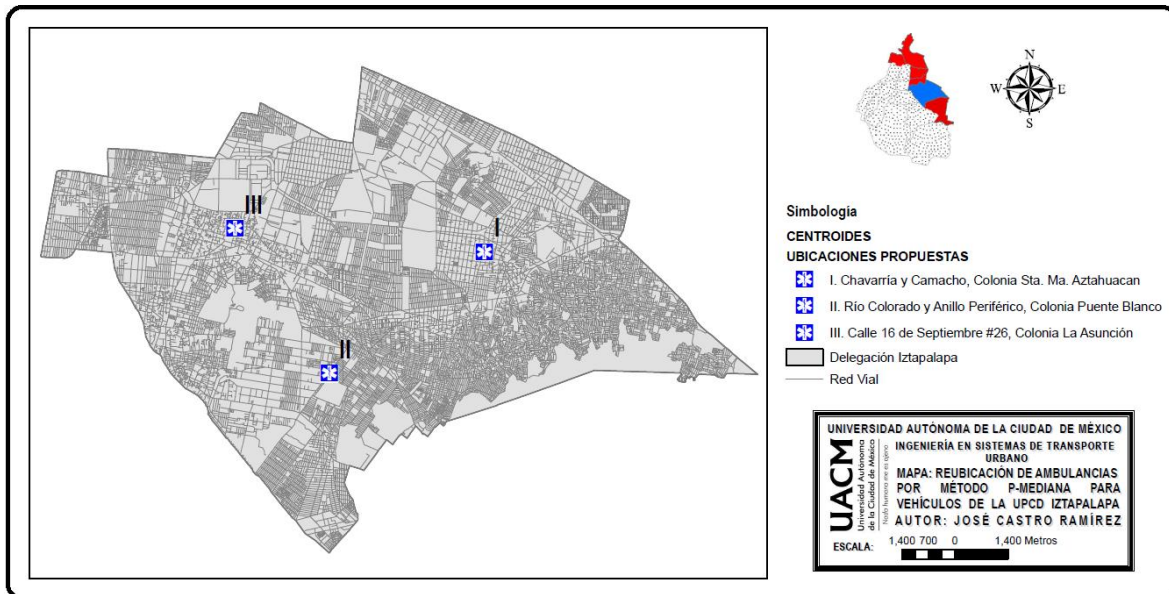
Las coberturas de servicio para los centroides se muestran en la Tabla 6.1.2.1, con las “bases propuestas” (centroides mencionados en el listado anterior) se evidencia una mejora, ya que al ubicar las bases de las ambulancias en las “bases propuestas” se lograrían cubrir en un 86.90% el número de los servicios atendidos en el año 2014 en los primeros 5 minutos, mientras que con las “bases actuales” de los vehículos en el mismo intervalo de tiempo se logra cubrir el 51.80% del total de servicios cubiertos por la UPCD Iztapalapa (ver tabla 6.1.2.1). Además que el 100% de los servicios realizados en el año 2014 se podrían cubrir en un intervalo de 0 a 9 minutos, con lo cual se tendría un servicio

dentro de los estándares del PHTLS concerniente a los referidos anteriormente 10 minutos de platino, en el mapa 6.1.2.1 son exhibidas las ubicaciones de los centroides obtenidos mediante la metodología de P-Mediana.

Coberturas de servicio para la UPCD Iztapalapa en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	2.76%	2.76%
1-2 Minutos	15.14%	17.91%
2-3 Minutos	26.08%	43.99%
3-4 Minutos	25.00%	68.99%
4-5 Minutos	17.91%	86.90%
5-6 Minutos	9.50%	96.39%
6-7 Minutos	3.37%	99.76%
7-8 Minutos	0.12%	99.88%
8-9 Minutos	0.12%	100.00%

Tabla 6.1.2.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Iztapalapa

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.



Mapa 6.1.2.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Iztapalapa. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

Al aplicar el algoritmo GIS Mejorado, se hicieron 23 iteraciones. En la iteración 7 la variación entre los 3 pares de coordenadas geográficas que se utilizan como centroides (obtenidos en cada iteración) para las ambulancias es de 5.08%, si bien la variación no corresponde a la mínima que se estableció como criterio de detención en el algoritmo, se tuvo en cuenta que a partir de la iteración 15 y hasta la iteración 23 la variación entre las coordenadas de los centroides obtenidos es del 7.01%, esto es, se observó que el algoritmo no convergía, lo cual se explica por la inexistencia de la red vial en las nuevas

ubicaciones de los centroides conduciendo a aproximaciones idealizadas, por lo que se optó por utilizar aquella ubicación con la menor variación, siendo esta alcanzada en la iteración 7, como se mencionó anteriormente, y cuyas coordenadas geográficas obtenidas corresponden a ubicaciones fuera de la red vial existente (ver mapa 6.1.2.2); por otro lado, como ya se mencionó, el criterio de asignación para los centroides que se encuentren fuera de la red vial es el punto más cercano dentro de la red vial existente. Los siguientes sitios corresponden a las ubicaciones que serán consideradas como resultado del proceso iterativo del método GIS Mejorado para las ambulancias de la UPCD Iztapalapa:

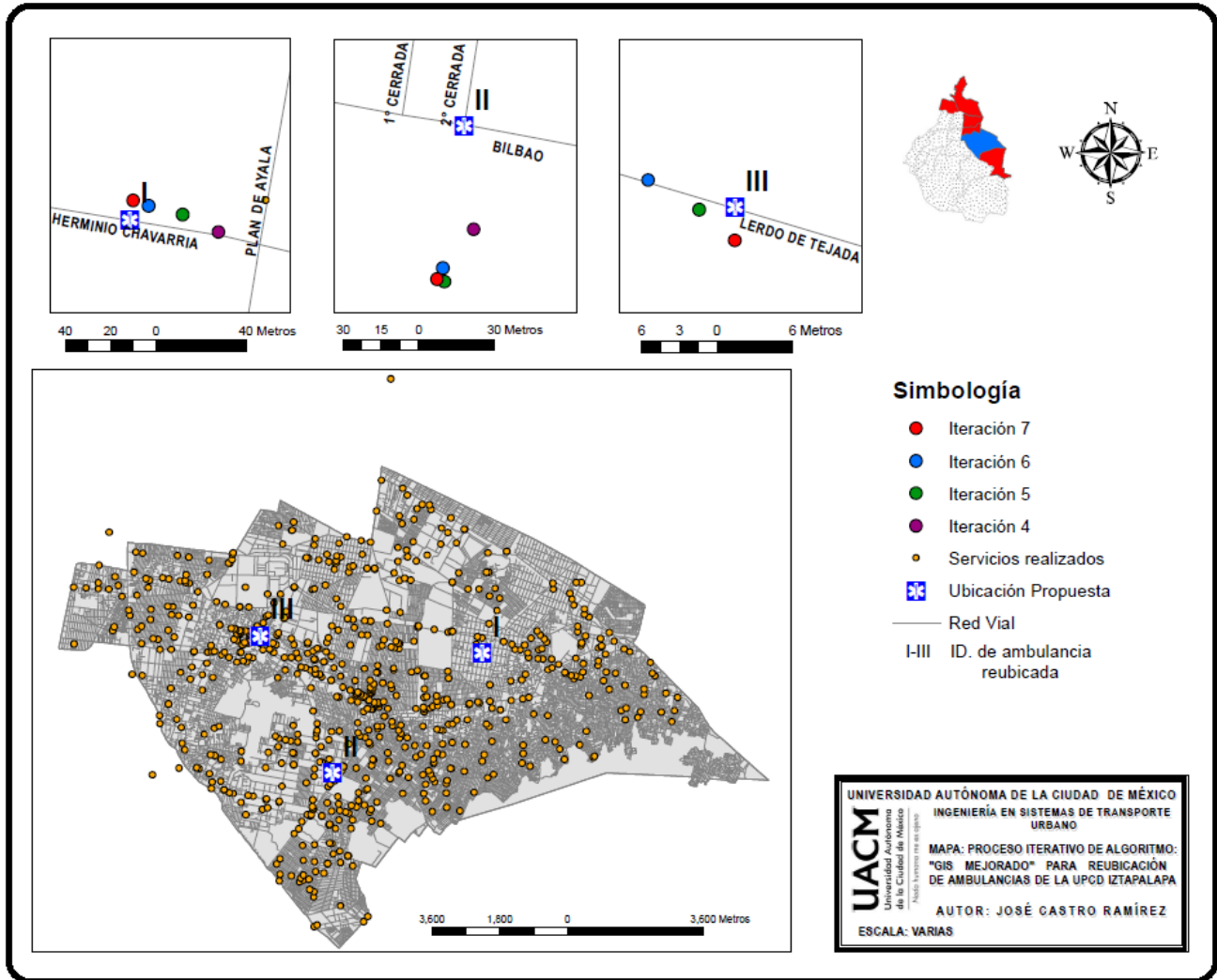
- I. Herminio Chavarría, Colonia Santa María Aztahuacan.
- II. Bilbao y 2° Cerrada, San Juan Estrella.
- III. Lerdo de Tejada #112, Colonia San Pablo.

La cobertura de servicio para los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado se muestran en la tabla 6.1.2.2, con éste modelo de reubicación los vehículos de la UPCD se puede cubrir un 89.54% de los servicios durante los primeros 5 minutos, mientras que con la distribución de los vehículos obtenida con el algoritmo de P-Mediana se cubriría el 86.90% de los servicios, de igual manera para el año 2014 de estudio se logra cubrir el 51.80% del total de servicios (ver tabla 6.1.2.2) realizados por la UPCD, la representación gráfica de la ubicación espacial de los centroides obtenidos con la aplicación del algoritmo propuesto de localización de instalaciones se presentan en el mapa 6.1.2.2.

<b>Cobertura de servicio para la UPCD Iztapalapa en el año 2014</b>		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	5.17%	5.17%
1-2 Minutos	18.99%	24.16%
2-3 Minutos	24.40%	48.56%
3-4 Minutos	24.40%	72.96%
4-5 Minutos	16.59%	89.54%
5-6 Minutos	7.93%	97.48%
6-7 Minutos	2.28%	99.76%
7-8 Minutos	0.12%	99.88%
8-9 Minutos	0.12%	100.00%

Tabla 6.1.2.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Iztapalapa.

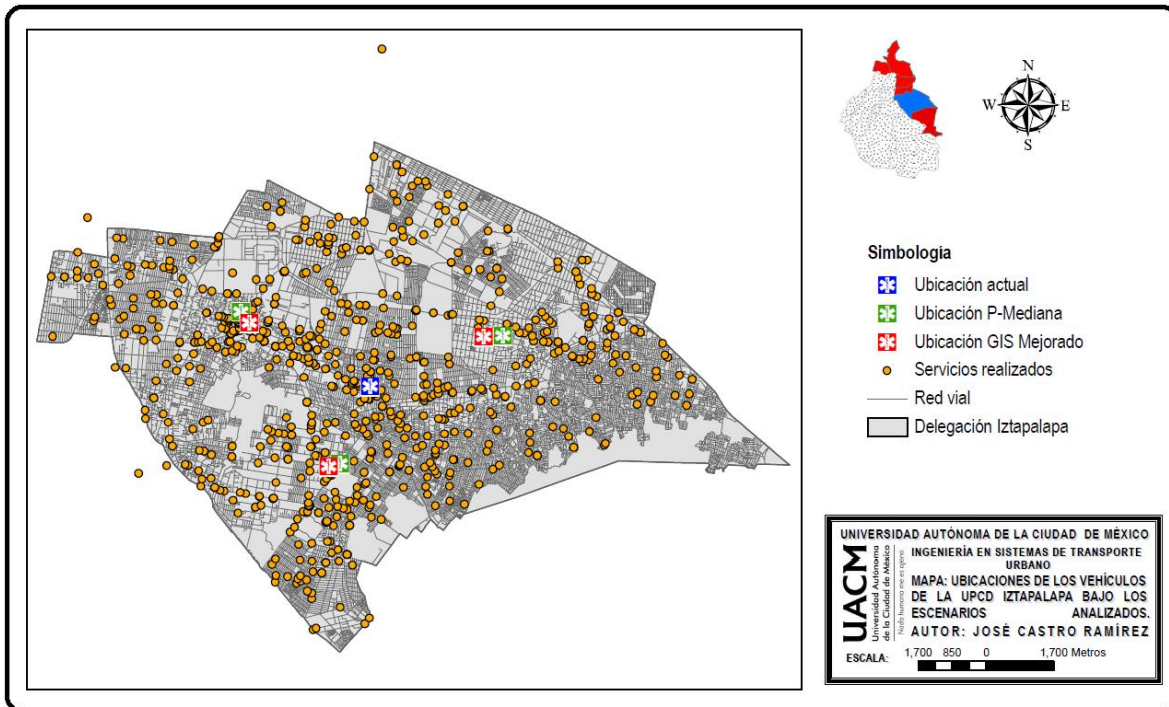
Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Iztapalapa.



Mapa 6.1.2.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Iztapalapa.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

Las ubicaciones espaciales de las ambulancias bajo los diferentes escenarios analizados se muestran en el siguiente mapa:



Mapa 6.1.2.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Iztapalapa bajo los escenarios analizados.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Iztapalapa.

### 6.1.3 UPCD Venustiano Carranza

Derivado de la aplicación metodología P-Mediana fueron obtenidos los centroides que reducen los tiempos de viaje, las ubicaciones para los vehículos de AMP es la siguiente:

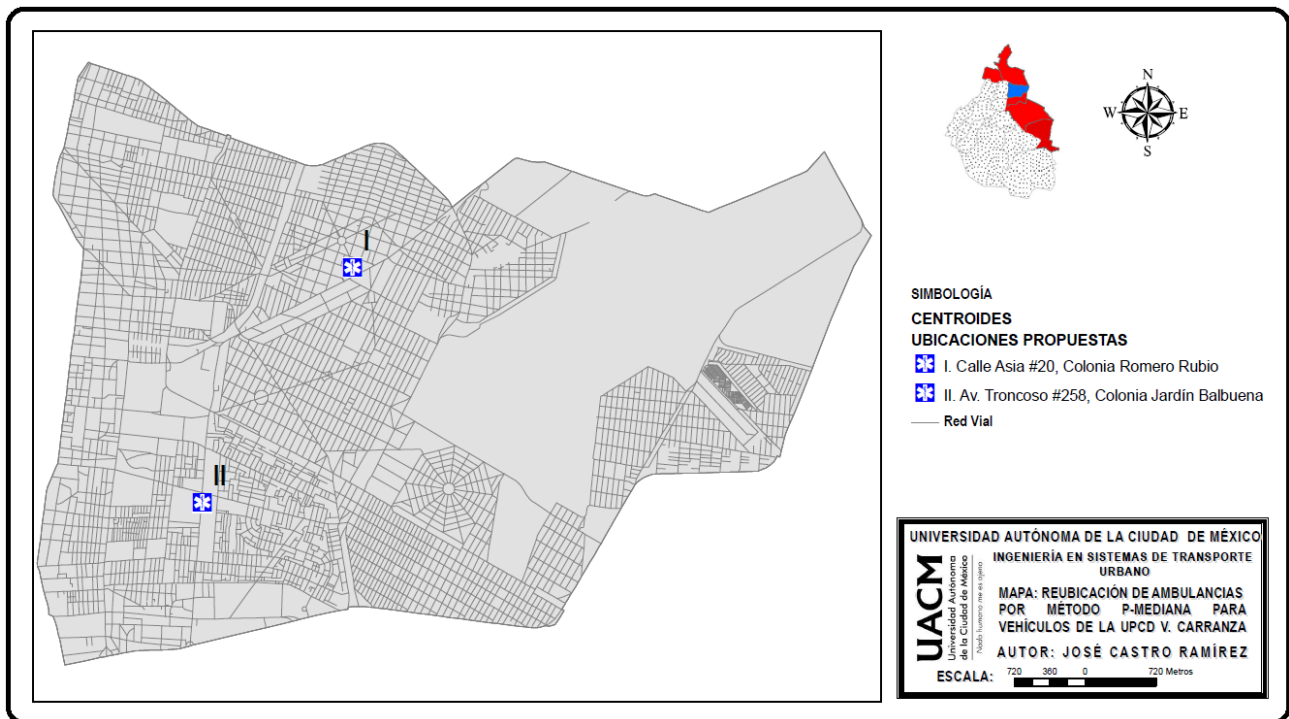
- I. Calle Asia #20, Colonia Romero Rubio.
- II. Av. Francisco del Paso y Troncoso #258, Colonia Jardín Balbuena.

La cobertura de servicio de los centroides obtenidos con la metodología P-Mediana se muestran en la tabla 6.1.3.1, considerando las ubicaciones mostradas en el listado anterior, la UPCD Venustiano Carranza lograría cubrir un 90.88% de los servicios atendidos en el año 2014 durante los primeros 3 minutos, mientras que con las “bases actuales” de los vehículos durante el mismo intervalo de tiempo se logra cubrir el 75.08% del total de servicios; asimismo la cobertura del 100% de los servicios realizados durante el año 2014 sería satisfecha durante de los primeros 8 minutos, por lo cual el servicio está dentro de los estándares del PHTL concerniente a los referidos 10 minutos de platino, en el mapa 6.1.3.1 se muestra gráficamente las ubicaciones de los centroides obtenidos mediante la metodología de P-Mediana.

Coberturas de servicio para la UPCD Venustiano Carranza en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	49.24%	49.24%
1-2 Minutos	21.88%	71.12%
2-3 Minutos	19.76%	90.88%
3-4 Minutos	3.04%	93.92%
4-5 Minutos	2.43%	96.35%
5-6 Minutos	1.52%	97.87%
6-7 Minutos	0.91%	98.78%
7-8 Minutos	1.22%	100.00%

Tabla 6.1.3.1. Coberturas de servicio para centroides obtenidos mediante el algoritmo P-Mediana.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.



Mapa 6.1.3.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

Para la propuesta de reubicación de ambulancias mediante el algoritmo GIS Mejorado, se realizó el proceso iterativo de dicho método en 9 ocasiones; en la iteración 9 la variación entre los 2 pares de coordenadas geográficas que se usan como centroides (obtenidos en cada iteración) para las ambulancias es de 0.59%, motivo por el cual cada par de coordenadas se consideran como nuevos centroides para la propuesta de reubicación, las

coordenadas geográficas obtenidas en la iteración 9 corresponden a ubicaciones fuera de la red vial existente (ver mapa 6.1.3.2), como ya se mencionó, el criterio de asignación para los centroides que se encuentren fuera de la red vial es el punto más cercano dentro de la red vial existente. Los siguientes sitios corresponden a las ubicaciones que son consideradas como resultado del proceso iterativo del método GIS Mejorado para las ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza:

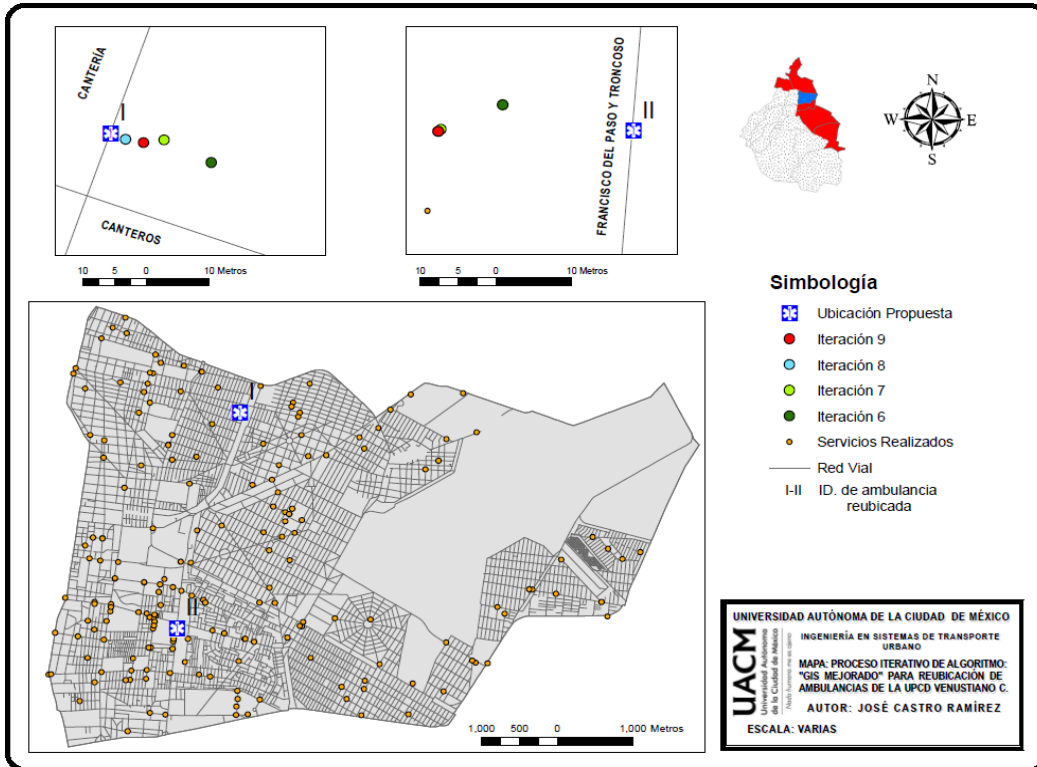
- I. Cantería #173, Colonia Amp. Venustiano Carranza.
- II. Francisco del Paso y Troncoso, Colonia Jardín Balbuena.

La cobertura de servicio para los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado se muestran en la tabla 6.1.3.2, con éste modelo de reubicación los vehículos de la UPCD pueden cubrir un 89.67% de los servicios durante los primeros 3 minutos, mientras que con la distribución de los vehículos obtenida con el algoritmo de P-Mediana se cubre el 90.88% de los servicios durante el mismo intervalo de tiempo, bajo las condiciones prevalecientes del año de estudio se logra cubrir el 75.08% de los servicios cubiertos (ver tabla 6.1.3.2), la representación gráfica de la ubicación espacial de los centroides obtenidos con la metodología GIS Mejorado se presentan en el mapa 6.1.3.2.

<b>Coberturas de servicio para la UPCD Venustiano Carranza en el año 2014</b>		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	47.42%	47.42%
1-2 Minutos	25.53%	72.95%
2-3 Minutos	16.72%	89.67%
3-4 Minutos	4.86%	94.53%
4-5 Minutos	1.82%	96.35%
5-6 Minutos	1.52%	97.87%
6-7 Minutos	0.91%	98.78%
7-8 Minutos	1.22%	100.00%

Tabla 6.1.3.2. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo GIS Mejorado de la UPCD Venustiano Carranza.

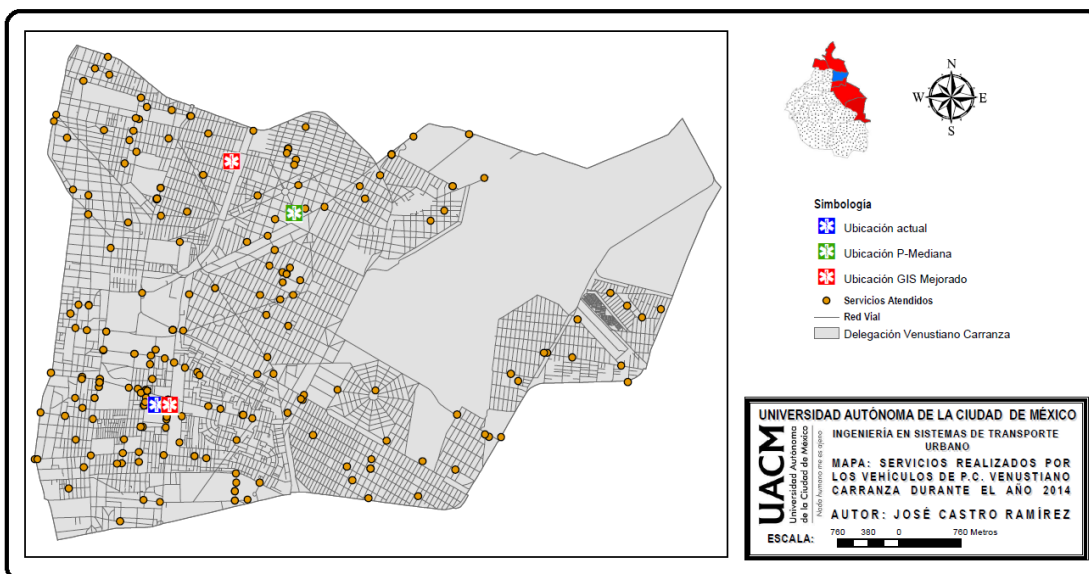
Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.



Mapa 6.1.3.2. Ubicación espacial de los centroides con el algoritmo GIS Mejorador para la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

Las ubicaciones espaciales de las ambulancias bajo los diferentes escenarios analizados se muestran en el siguiente mapa:



Mapa 6.1.3.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Venustiano Carranza bajo los escenarios analizados.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Venustiano Carranza.

#### 6.1.4 UPCD Azcapotzalco

La solución obtenida con la metodología P-Mediana para los registros de servicios de la UPCD durante el año de estudio, arroja que la ubicación de los centroides para las ambulancias utilizadas en la AMP es la siguiente:

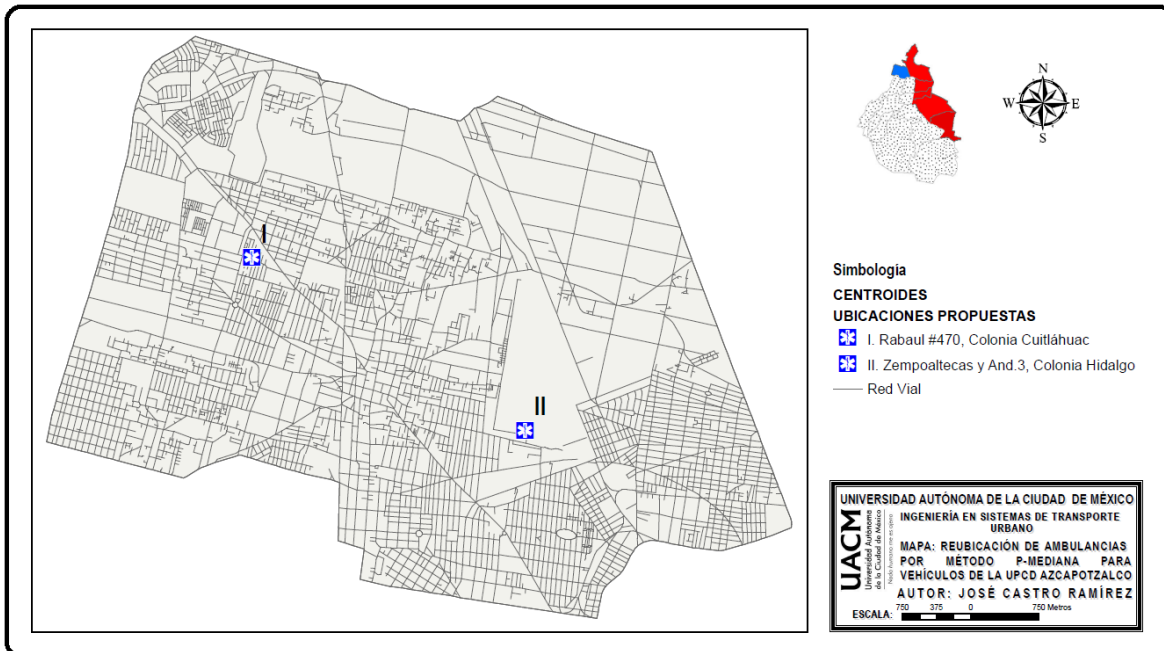
- I. Calle Rabaul #470, Colonia Cuitláhuac.
- II. Calle Zempoaltecas y Andador #3, Colonia Hidalgo.

La cobertura de servicio para los centroides se muestran en la tabla 6.1.4.1, con lo centroides mencionados en el listado anterior se puede constatar que dicha distribución de vehículos logran cubrir un 85.64% de los servicios atendidos en el año 2014 durante los primeros 4 minutos, mientras que con las “bases actuales” de los vehículos durante el mismo intervalo de tiempo se cubre el 79.12% del total de servicios cubiertos (ver Tabla 6.1.4.1) por la UPCD Azcapotzalco. Asimismo la cobertura del 100% de los servicios realizados en el año 2014 se cubre en un intervalo de 0 a 8 minutos, con lo cual se tendría un servicio dentro de los estándares del PHTLS concerniente a los referidos anteriormente 10 minutos de platino. En el mapa 6.1.4.1 son exhibidas las ubicaciones de los centroides obtenidos mediante la metodología de P-Mediana.

<b>Coberturas de servicio para la UPCD Azcapotzalco en el año 2014</b>		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	1.26%	1.26%
1-2 Minutos	11.88%	13.14%
2-3 Minutos	31.90%	45.05%
3-4 Minutos	40.60%	85.64%
4-5 Minutos	10.06%	95.70%
5-6 Minutos	3.39%	99.09%
6-7 Minutos	0.56%	99.65%
7-8 Minutos	0.35%	100.00%

Tabla 6.1.4.1. Coberturas de servicio para centroides del algoritmo P-Mediana de la UPCD Azcapotzalco.

Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.



Mapa 6.1.4.1. Centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana para la UPCD Azcapotzalco.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

Para la propuesta de reubicación de ambulancias mediante el algoritmo GIS Mejorado, se realiza el proceso iterativo de dicho método en 12 ocasiones; en la iteración 12 la variación entre los 2 pares de coordenadas geográficas que se utilizan como centroides (obtenidos en cada iteración) para las ambulancias es de 0.59%, motivo por el cual cada par de coordenadas se consideran como nuevos centroides para la propuesta de reubicación. Las coordenadas geográficas obtenidas en la iteración 12 corresponden a ubicaciones fuera de la red vial existente (ver mapa 6.1.4.2), como ya se mencionó, el criterio de asignación para los centroides que se encuentren fuera de la red vial es el punto más cercano dentro de la red vial existente. Los siguientes sitios corresponden a las ubicaciones que son consideradas como resultado del proceso iterativo del método GIS Mejorado para las ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza:

- I. Av. Cuitláhuac #3353, Colonia Cuitláhuac.
- II. Av. Aquiles Serdán y Huitzilihuitl, Colonia La Preciosa.

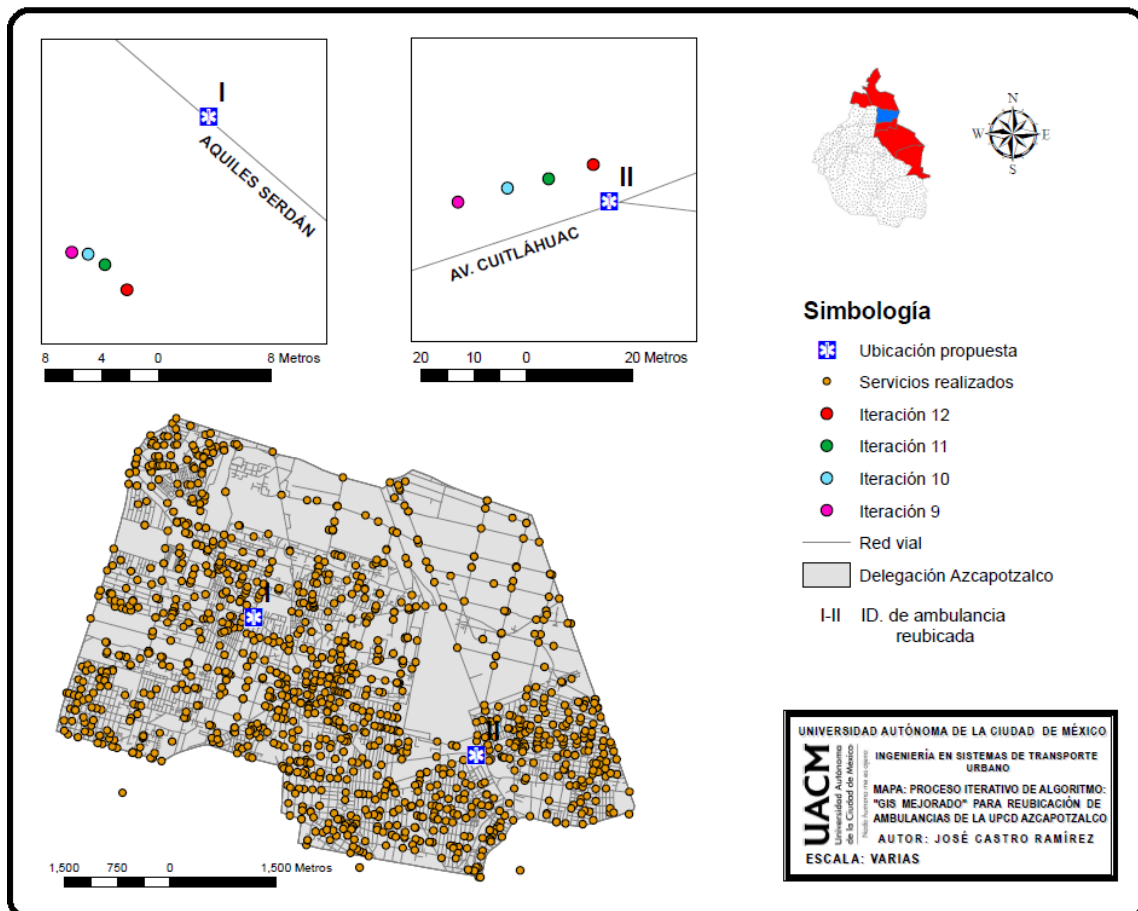
La cobertura de servicio para los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado se muestra en la tabla 6.1.4.2. Con éste modelo de reubicación los vehículos de la UPCD se cubre un 95.96% de los servicios durante los primeros 4 minutos, con la distribución de los vehículos obtenida con el algoritmo de P-Mediana se abarca el 85.64% de los servicios durante el mismo intervalo de tiempo, comparado con las condiciones prevalecientes del año de estudio se lograría cubrir el 79.12% de los servicios cubiertos

(ver tabla 6.1.4.2). La representación gráfica de la ubicación espacial de los centroides obtenidos con la metodología GIS Mejorado se presentan en el mapa 6.1.4.2.

Cobertura de servicio para la UPCD Azcapotzalco con base al total de servicios cubiertos en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	10.97%	10.97%
1-2 Minutos	29.52%	40.50%
2-3 Minutos	38.32%	78.82%
3-4 Minutos	17.14%	95.96%
4-5 Minutos	3.49%	99.44%
5-6 Minutos	0.25%	99.70%
6-7 Minutos	0.30%	100.00%
7-8 Minutos	0.00%	100.00%

Tabla 6.1.4.2. Coberturas de servicio para centroides obtenidos mediante el algoritmo GIS Mejorado.

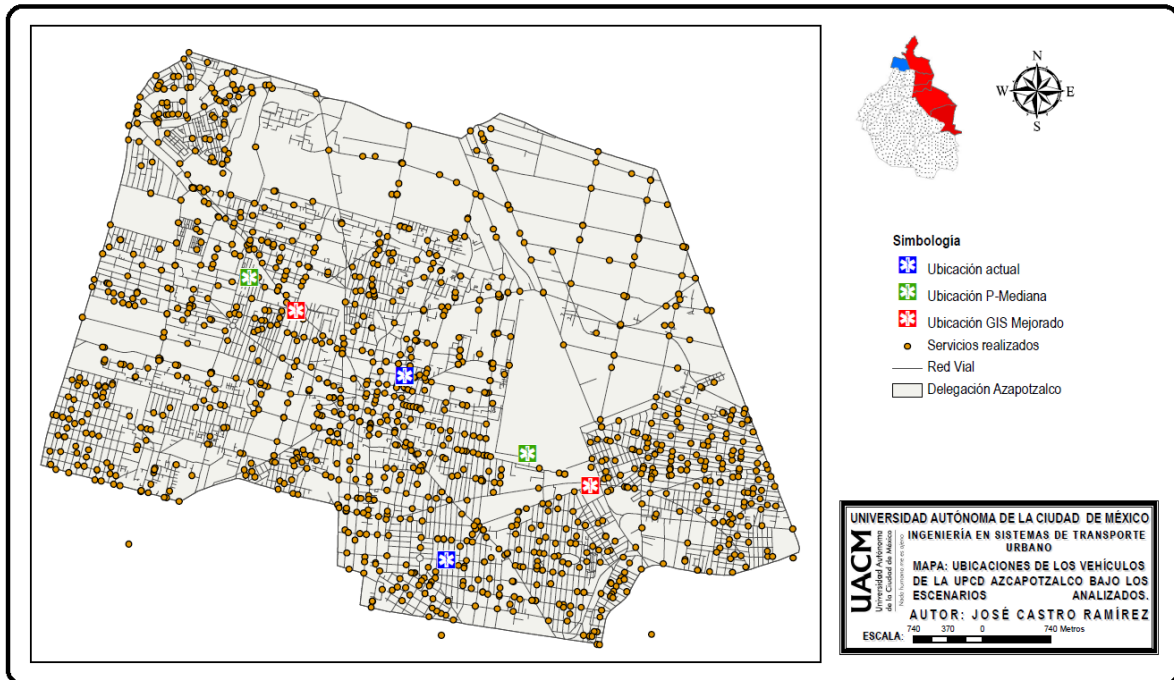
Fuente: Elaboración propia, con datos de la UPCD Azcapotzalco.



Mapa 6.1.4.2. Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado para la UPCD Azcapotzalco.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

Las ubicaciones espaciales de las ambulancias bajo los diferentes escenarios analizados se muestran en el siguiente mapa:



Mapa 6.1.4.3. Ubicaciones para los vehículos de la UPCD Azcapotzalco bajo los escenarios analizados.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de la UPCD Azcapotzalco.

### 6.1.5 UPCD Consolidadas

Con la aplicación de la metodología P-Mediana se obtuvo los puntos de distribución para los 10 vehículos de AMP pertenecientes a las UPCD de la zona de estudio:

- I. Ignacio Molina #4, Colonia La Era I y II.
- II. 5° Emiliano Zapata #50, Colonia San Andrés.
- III. Adolfo López Mateos y Caracol, Colonia Adolfo López Mateos.
- IV. Maravillas Mz2, Colonia Ampliación Santiago Acahualtepec.
- V. Cobos #93, Colonia Santa Bárbara.
- VI. Tlahuicas #81, Colonia Las Trancas.
- VII. Av. Tláhuac #1497, Colonia Año de Juárez.
- VIII. Telecomunicaciones #21, Colonia Área Federal.
- IX. Rabaul 27, Colonia Cuitláhuac.
- X. Calz. Ignacio Zaragoza 278, Colonia 7 de Julio.

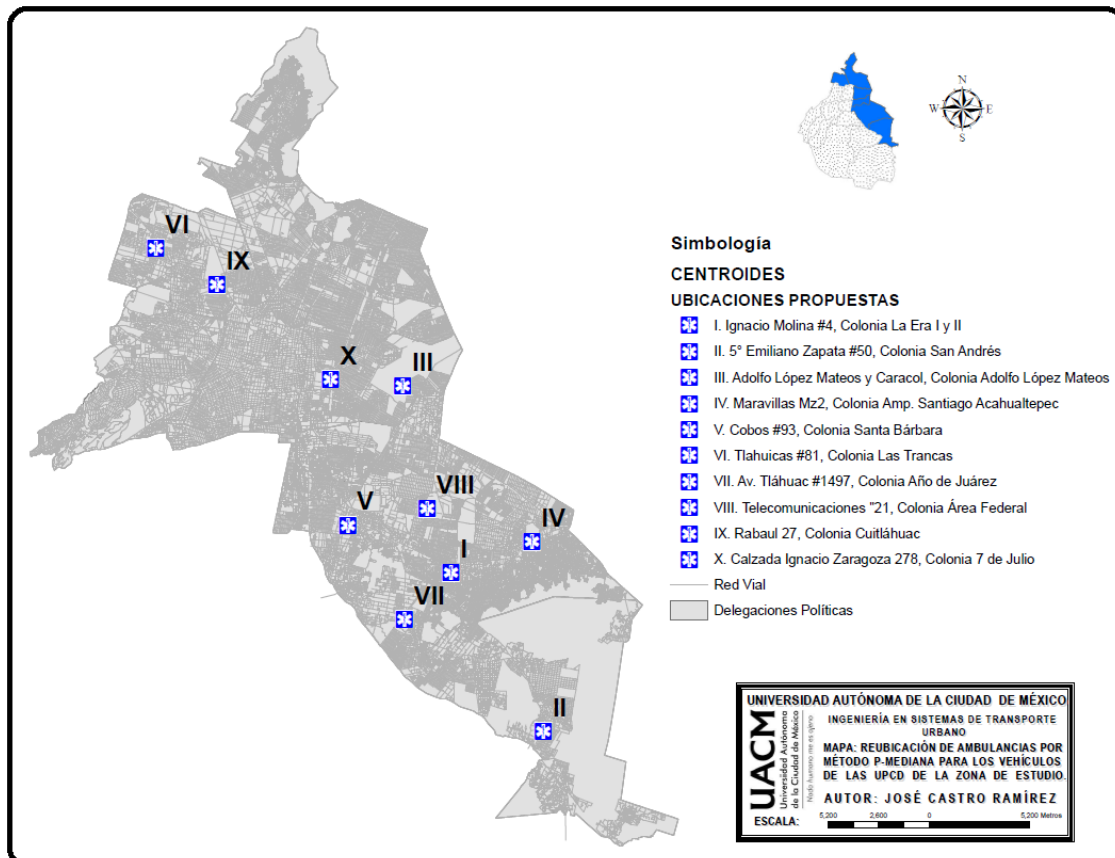
La cobertura de servicio para los centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana se muestran en la tabla 6.1.5.1; con los centroides mencionados en el listado anterior, los vehículos de AMP podrían cubrir un 59.19% de los servicios atendidos en el año 2014 durante los primeros 4 minutos, mientras que con las “bases actuales” de los vehículos durante el mismo intervalo de tiempo se abarca el 59.63% del total de servicios cubiertos

(ver tabla 6.1.5.1) en conjunto las UPCD, en el mapa 6.1.5.1 son exhibidas las ubicaciones de los centroides obtenidos mediante la metodología de P-Mediana.

Coberturas de servicio para las UPCD Consolidadas en el año 2014		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	3.06%	3.06%
1-2 Minutos	9.83%	12.89%
2-3 Minutos	24.21%	37.10%
3-4 Minutos	22.09%	59.19%
4-5 Minutos	14.73%	73.92%
5-6 Minutos	11.05%	84.97%
6-7 Minutos	5.09%	90.06%
7-8 Minutos	7.33%	97.39%
8-9 Minutos	1.66%	99.05%
9-10 Minutos	0.00%	99.05%
10- Más de 11 Minutos	0.95%	100.00%

Tabla 6.1.5.1. Coberturas de servicio para centroides obtenidos mediante el algoritmo P-Mediana.

Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD de la zona de estudio



Mapa 6.1.5.1. Ubicación espacial de los centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD.

Para la propuesta de reubicación de ambulancias mediante el algoritmo GIS Mejorado, se realiza el proceso iterativo de dicho método en 30 ocasiones, en la iteración 19 la variación entre los 10 pares de coordenadas geográficas que se utilizarán como centroides (obtenidos en cada iteración) para las ambulancias es de 13.79%, motivo por el cual cada par de coordenadas se consideraron como nuevos centroides para la propuesta de reubicación, algunas de las coordenadas geográficas obtenidas en la iteración 19 corresponden a ubicaciones fuera de la red vial existente (ver mapa 16.1.5.2). Como ya se mencionó, el criterio de asignación para los centroides que se encuentren fuera de la red vial es el punto más cercano dentro de la red vial existente; los siguientes sitios corresponden a las ubicaciones que serán consideradas como resultado del proceso iterativo del método GIS Mejorado para las ambulancias de las UPCD en conjunto:

- I. Buena Suerte #3, Colonia Las Arboledas.
- II. Calle 8 #3, Colonia La Asunción.
- III. 25 de Febrero de 1861 mz182, Colonia Leyes de Reforma 3ra. Secc.
- IV. Concepción y H. Galeana, Colonia Sta. Catarina Yecahuitzotl.
- V. Camino real a San Lorenzo 14, Colonia Plan de Iguala.
- VI. Av. Aquiles Serdán #597, Colonia San Miguel Amantla.
- VII. Lakme Mz.135, Colonia Miguel Hidalgo.
- VIII. Anillo de Circunvalación 947, Colonia Sta. Ma. Aztahuacan.
- IX. Av. Cuitláhuac #3353, Colonia Cuitláhuac.
- X. Francisco del Paso y Troncoso #219, Colonia Jardín Balbuena.

La cobertura de servicio para los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado se muestran en la tabla 6.1.5.2, con éste modelo de reubicación los vehículos de la UPCD se cubre un 88.23% de los servicios durante los primeros 4 minutos, mientras que con la distribución de los vehículos obtenida con el algoritmo de P-Mediana se cubriría el 59.19% de los servicios durante el mismo intervalo de tiempo, pero bajo las condiciones prevalecientes del año de estudio se lograría cubrir el 59.63% de los servicios cubiertos (ver tabla 6.1.5.2). La representación gráfica de la ubicación espacial de los centroides obtenidos con la metodología GIS Mejorado se presenta en el mapa 6.1.5.2.

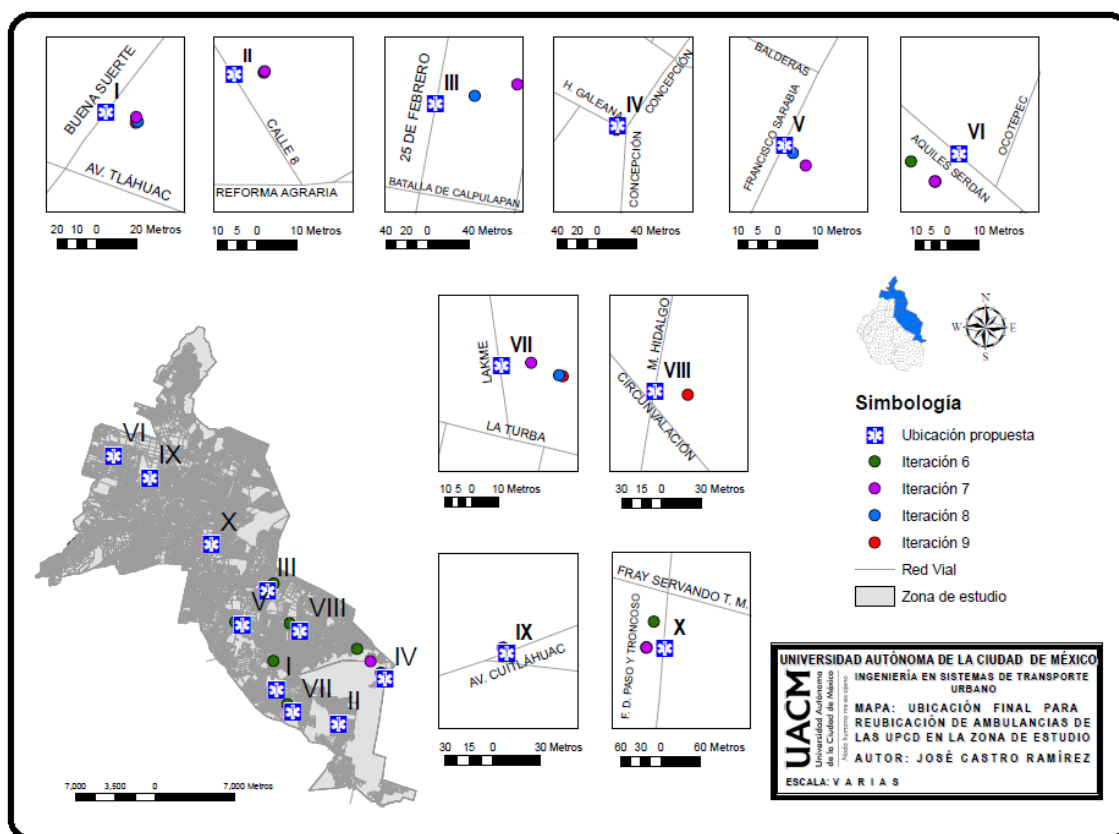
<b>Coberturas de servicio para las UPCD Consolidadas en el año 2014</b>		
Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
0-1 Minuto	16.24%	16.24%
1-2 Minutos	22.90%	39.14%
2-3 Minutos	28.50%	67.63%
3-4 Minutos	20.59%	88.23%
4-5 Minutos	5.22%	93.45%

Tabla 6.1.5.2. Coberturas de servicio de centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado. Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD en conjunto.

Isócrona	Población atendida	Acumulado de población atendida
5-6 Minutos	4.27%	97.71%
6-7 Minutos	1.28%	98.99%
7-8 Minutos	0.04%	99.03%
8-9 Minutos	0.00%	99.03%
9-10 Minutos	0.02%	99.05%
Más de 10 Minutos	0.95%	100.00%

Tabla 6.1.5.2. Continuación.

Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD en conjunto.



Mapa 6.1.5.2 Centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorador para las UPCD Consolidadas.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD.

Las ubicaciones espaciales de las ambulancias bajo los diferentes escenarios analizados se muestran en los mapas:

- Mapa 6.1.5.1. “Ubicación espacial de los centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana.”
- Mapa 6.1.5.2. “Ubicación espacial de los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorador”.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Sí bien la operación prevaleciente durante el año 2014 de las UPCD de la zona de estudio brindan (a excepción de las UPCD Tláhuac e Iztapalapa) el servicio de AMP dentro de los “10 minutos de platino”; en este capítulo se demuestra que el tiempo de llegada y la cobertura geográfica se mejoran con una reubicación de los vehículos de ambulancias de las UPCD. Dicha mejora es de gran importancia en la AMP, ya que en cuanto más pronto las personas accidentadas reciban la atención médica sus funciones vitales de dichas personas corren menor riesgo de afectaciones irreversibles. Además en el caso de que las lesiones ameriten una atención médica especializada el traslado hacia alguna institución de salud podría realizarse en menor tiempo como resultado de la reducción en el tiempo de llegada para la prestación de la atención médica de primer contacto.

Con base al análisis de resultados obtenidos en el capítulo VI de la presente investigación, queda demostrado que el objetivo general así como los objetivos particulares del presente trabajo de investigación fueron cubiertos utilizando las “bases propuestas” para los vehículos de ambulancias de las UPCD de la zona de estudio; ya que en el caso de la operación descentralizada y centralizada de las UPCD se logra mejorar la cobertura geográfica y se disminuye el tiempo para la llegada de los vehículos de ambulancia a los lugares en dónde ocurra algún siniestro. De igual manera, los resultados exhibidos en el capítulo anterior evidencian que las hipótesis de la presente investigación son válidas, ya que bajo la operación descentralizada (administración a cargo de cada delegación política) y centralizadas las UPCD logran reducir el tiempo de llegada para prestar los servicios de AMP. La principal ventaja ofrecida con la operación centralizada de las UPCD: es que se puede reducir el número de trabajadores administrativos así como el uso de instalaciones (edificios) destinados a labores administrativas con respecto a la operación actual (descentralizada) de las UPCD.

En el presente trabajo se plantean como “bases propuestas” para desplegar las ambulancias de las UPCD en la zona de estudio las exhibidas en los apartados siguientes, es importante recalcar que dichas ubicaciones representan el menor tiempo de viaje en la red vial (bajo supuestos planteados en el caso de estudio) así como un incremento en la cobertura geográfica dentro de la zona de estudio.

### 7.1.1 UPCD Tláhuac

La distribución espacial de los vehículos de la UPCD así como la cobertura de servicio para cada una de sus ambulancias se exhiben en el mapa 7.1.1.1, los sitios que se exponen como “bases propuestas” para los vehículos de AMP se enlistan a continuación:

- I. Flauta Mágica, Colonia Miguel Hidalgo.
- II. Sonido Trece #47, Colonia Santa Cecilia.
- III. Camino Real 14, Colonia Zona de Reserva Ecológica.

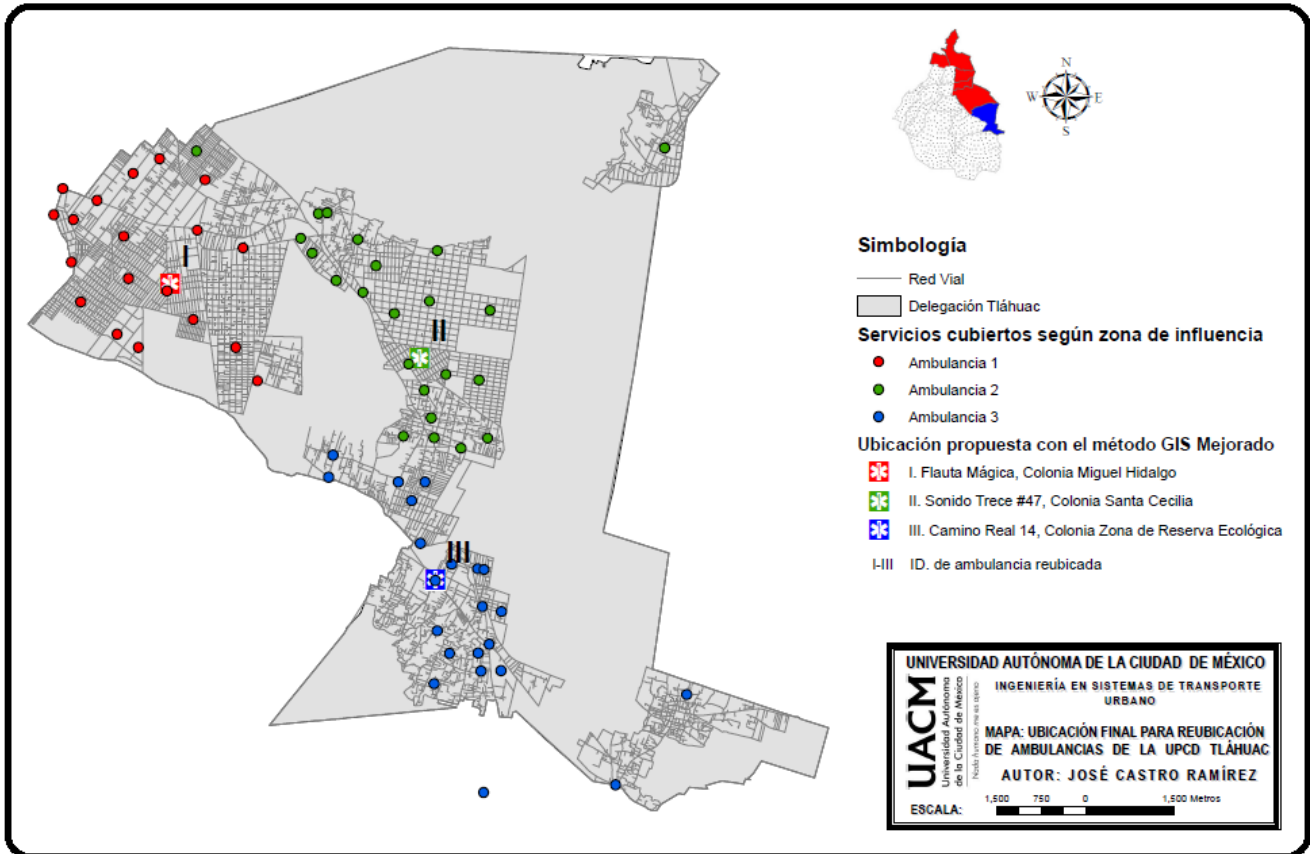
Si bien con las “bases actuales” el 96.56% de los servicios se cubren dentro de los 10 minutos de platino, con el algoritmo GIS Mejorado (“bases propuestas”) se cubre el 94.37% de los servicios (ver tabla 7.1.1.1), como se mencionó al inicio del presente apartado, es de vital importancia la rapidez en brindar la atención médica de primer contacto, con las ubicaciones propuestas se tiene una mejora en la cobertura de servicios dentro del intervalo de 0-5 minutos, con dicha reducción en el tiempo de llegada la población se verá beneficiada con una AMP de mayor eficiencia con respecto al escenario ofrecidos con las “bases actuales”.

Los resultados obtenidos del porcentaje acumulado de cobertura de servicios bajo cada uno de los escenarios analizados se muestran a continuación:

<b>Porcentaje de cobertura de servicios acumulados para la UPCD Tláhuac correspondientes a los escenarios de estudio</b>			
Isócrona	Actual	P-Mediana	GIS Mejorado
0-1 Minuto	13.12%	0.17%	15.15%
1-2 Minutos	19.83%	20.65%	26.24%
2-3 Minutos	35.80%	45.53%	47.81%
3-4 Minutos	47.19%	74.71%	84.02%
4-5 Minutos	66.93%	79.76%	87.54%
5-6 Minutos	95.78%	89.69%	92.63%
6-7 Minutos	96.23%	91.56%	94.37%
7-8 Minutos	96.52%	94.37%	94.37%
8-9 Minutos	96.56%	94.37%	94.37%
9-10 Minutos	96.56%	94.83%	94.37%
+10 Minutos	100.00%	100.00%	100.00%

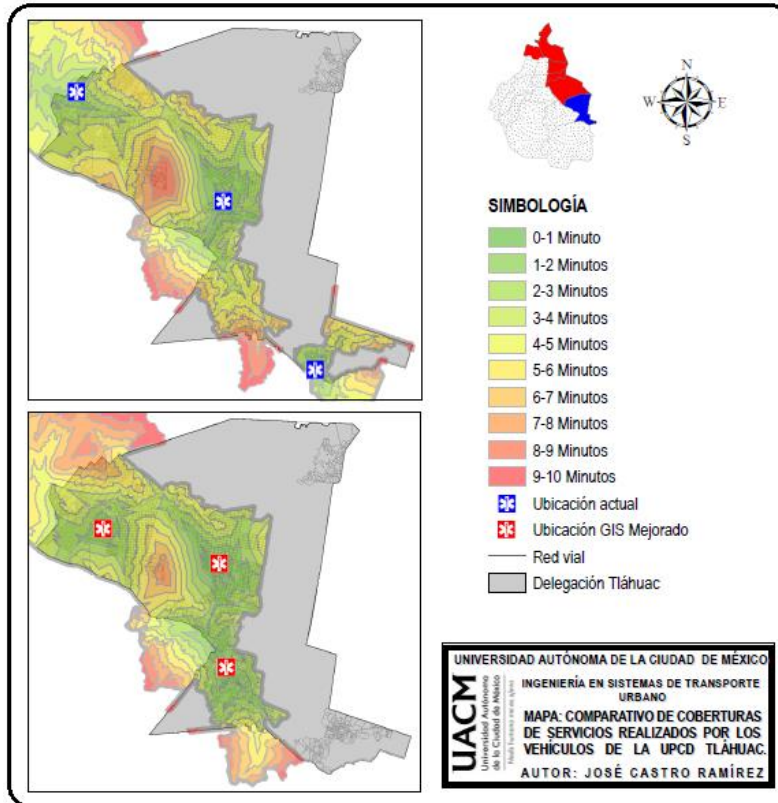
Tabla 7.1.1.1 Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Tláhuac durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD Tláhuac.



Mapa 7.1.1.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Tláhuac  
 Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Tláhuac.

La representación gráfica de las coberturas de servicios en la operación actual y el escenario propuesto se muestran en el mapa 7.1.1.2



Mapa 7.1.1.2. Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Tláhuac  
 Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Tláhuac.

### 7.1.2 UPCD Iztapalapa

La distribución espacial de las ambulancias de la UPCD Iztapalapa así como las coberturas de servicios para cada ambulancia se muestran en el mapa 7.1.2.1, los sitios que se plantean como “bases finales” para los vehículos de AMP se enumeran a continuación:

- I. Herminio Chavarría, Colonia Santa María Aztahuacan.
- II. Bilbao y 2° Cerrada, San Juan Estrella.
- III. Lerdo de Tejada #112, Colonia San Pablo.

Los resultados del algoritmo GIS Mejorado muestran que la mejora en el tiempo de llegada (con respecto a las “bases actuales”) a los sitios en los que se solicite la AMP a vehículos de la UPCD Iztapalapa se encuentra dentro del intervalo de los 10 minutos de platino, es decir, se lograría cubrir el 100% de solicitudes de servicios en un intervalo de 0-9 minutos, la mejora más significativa en la eficiencia de cobertura (con respecto a las “bases actuales”) se presenta durante la isócrona de 4-5 minutos en la cual la cobertura geográfica poblacional es del 51.80% (ver tabla 7.1.2.1), mientras que con las “bases propuestas” se alcanza el 89.54% de los servicios en el mismo intervalo de tiempo, haciendo énfasis en la importancia de la rapidez en la prestación de la AMP; el 99.88% de

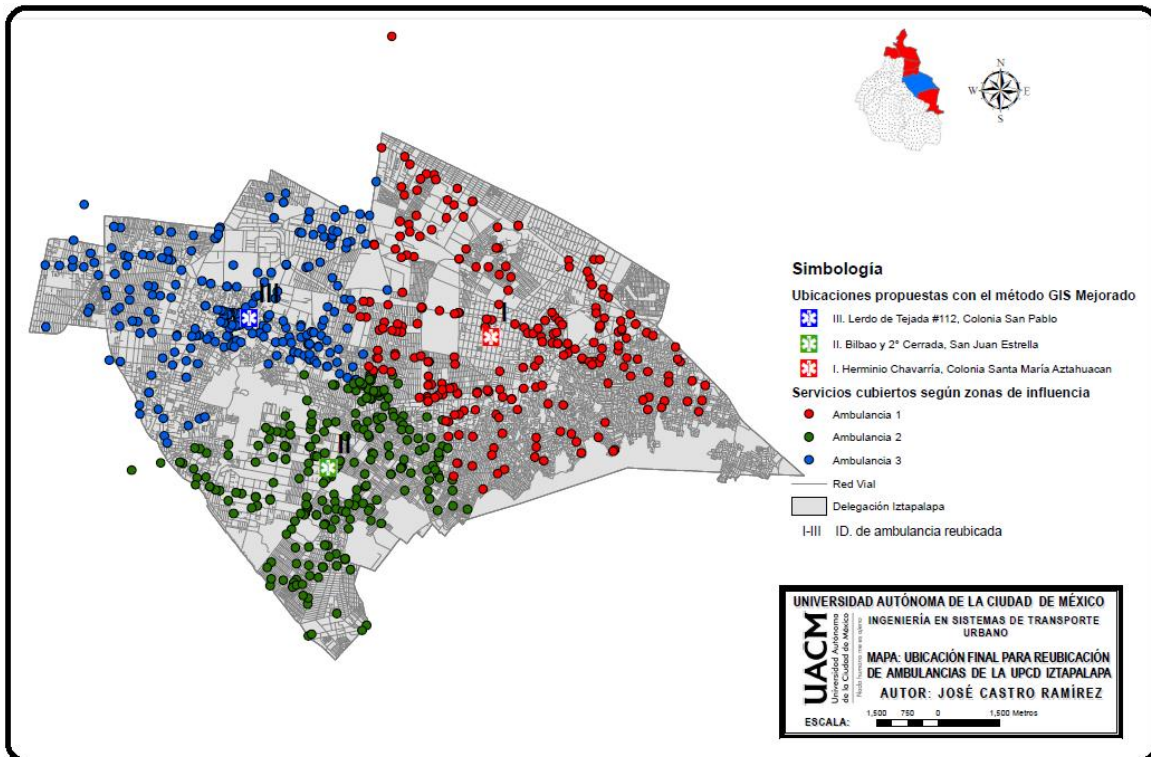
los servicios con la operación actual se cubriría en los 10 minutos de platino, con los resultados de algoritmo GIS Mejorado se logra el mismo porcentaje de cobertura durante los primeros 8 minutos

El porcentaje acumulado de población atendida bajo cada uno de los escenarios analizados es exhibido a continuación:

Porcentaje de cobertura de servicios acumulados para la UPCD Iztapalapa correspondientes a los escenarios de estudio			
Isócrona	Actual	P-Mediana	GIS Mejorado
0-1 Minuto	2.16%	2.76%	5.17%
1-2 Minutos	9.86%	17.91%	24.16%
2-3 Minutos	20.67%	43.99%	48.56%
3-4 Minutos	35.34%	68.99%	72.96%
4-5 Minutos	51.80%	86.90%	89.54%
5-6 Minutos	67.91%	96.39%	97.48%
6-7 Minutos	82.45%	99.76%	99.76%
7-8 Minutos	94.83%	99.88%	99.88%
8-9 Minutos	99.16%	100.00%	100.00%
9-10 Minutos	99.88%	100.00%	100.00%
+10 Minutos	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 7.1.2.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Iztapalapa durante el año 2014

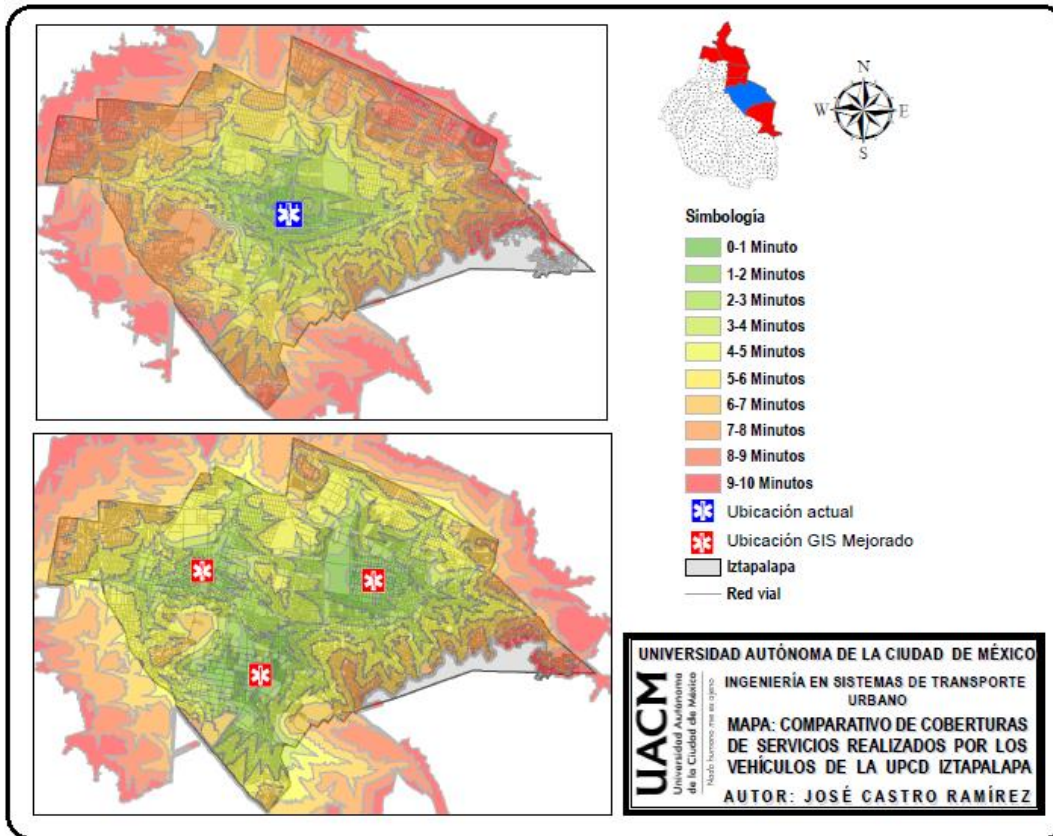
Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD Iztapalapa.



Mapa 7.1.2.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de la UPCD Iztapalapa.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Iztapalapa.

La representación gráfica de las coberturas de servicios en la operación actual y el escenario propuesto se muestran en el mapa 7.1.2.2.



Mapa 7.1.2.2 Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Iztapalapa.  
 Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Iztapalapa.

### 7.1.3 UPCD Venustiano Carranza

La distribución espacial de las ambulancias de la UPCD así como las coberturas de servicios de cada ambulancia se muestran en el mapa 7.1.3.1; los sitios que se proponen como “bases finales” para los vehículos de AMP se enumeran a continuación:

- I. Cantería #173, Colonia Ampliación Venustiano Carranza.
- II. Francisco del Paso y Troncoso, Colonia Jardín Balbuena.

Es importante mencionar que con las “bases actuales” y las “bases propuestas” con el método GIS Mejorada las ambulancias de la presente UPCD logran la cobertura del 100% de los servicios dentro de los primeros 8 minutos después de realizar la solicitud de AMP, sin embargo, las “bases propuestas” con el algoritmo GIS Mejorada presentan una mayor cobertura de servicios con respecto a las “bases actuales” durante los primeros 5 minutos, durante el intervalo de 2-5 minutos (ver tabla 7.1.3.1) el porcentaje de cobertura de servicios alcanzado con el método GIS Mejorada representa una ganancia aproximadamente de un minuto con respecto a las condiciones actuales de operación.

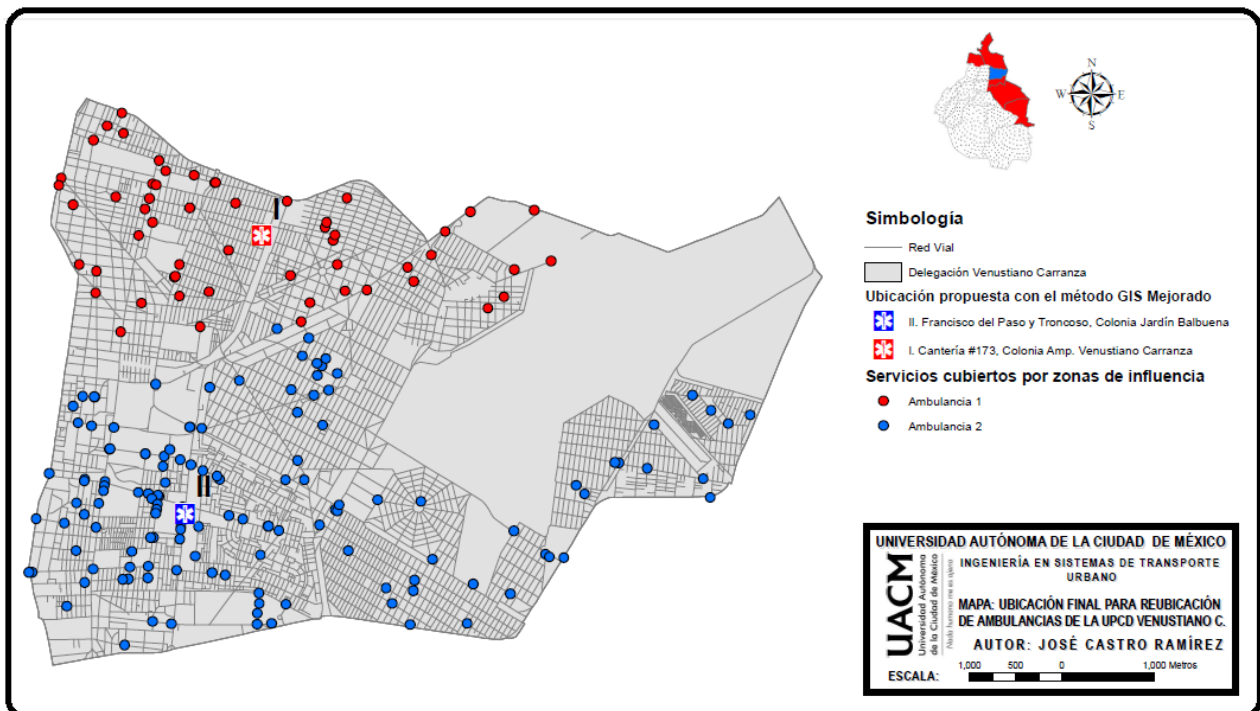
Con el despliegue de las ambulancias a los sitios enlistados en el párrafo anterior: la cobertura de servicios durante los primeros minutos será más eficiente en cuestiones de cobertura y tiempo de llegada a la solicitud de un servicio que con las “bases actuales”.

Los resultados obtenidos del porcentaje acumulado de servicios cubiertos bajo cada uno de los escenarios analizados se muestran a continuación:

Porcentaje de cobertura de servicios acumulados para la UPCD Venustiano Carranza correspondientes a los escenarios de estudio			
Isócrona	Actual	P-Mediana	GIS Mejorado
0-1 Minuto	45.90%	49.24%	47.42%
1-2 Minutos	59.57%	71.12%	72.95%
2-3 Minutos	75.08%	90.88%	89.67%
3-4 Minutos	85.41%	93.92%	94.53%
4-5 Minutos	93.92%	96.35%	96.35%
5-6 Minutos	97.57%	97.87%	97.87%
6-7 Minutos	98.78%	98.78%	98.78%
7-8 Minutos	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 7.1.3.1 Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para la UPCD Venustiano Carranza durante el año 2014.

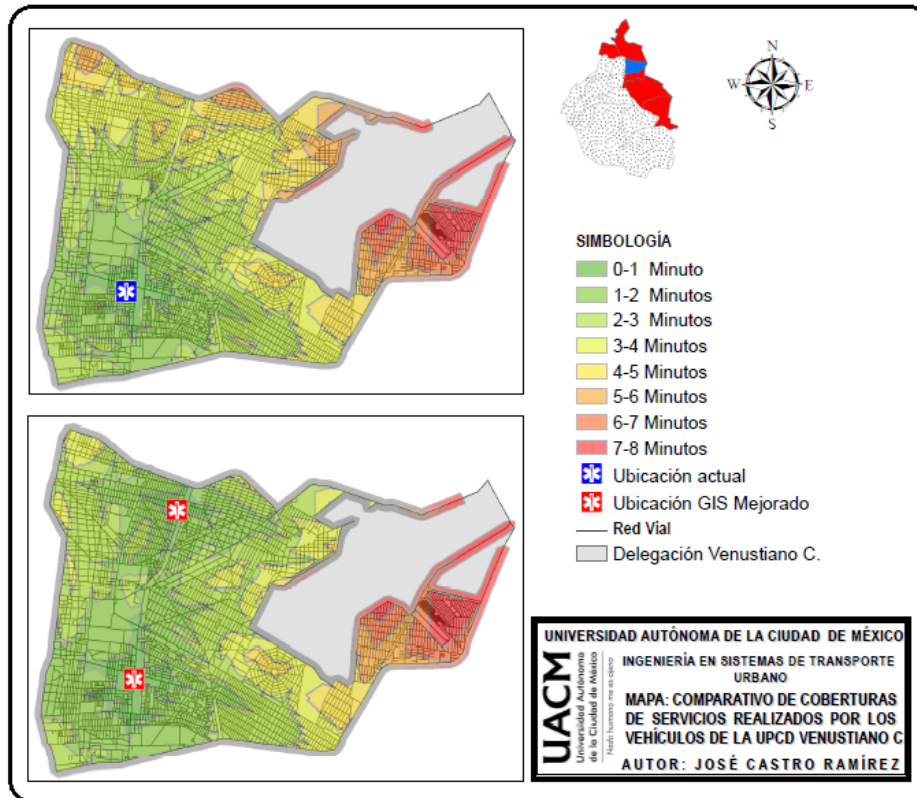
Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD Venustiano Carranza.



Mapa 7.1.3.1. Ubicación espacial de los centroides y áreas de influencia finales.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Venustiano Carranza.

La representación gráfica de las coberturas de servicios en la operación actual y el escenario propuesto se muestran en el mapa siguiente:



Mapa 7.1.3.2 Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Venustiano Carranza.

Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Venustiano Carranza.

#### 7.1.4 UPCD Azcapotzalco

Las “bases propuestas” para los vehículos del tipo ambulancias de la UPCD Azcapotzalco así como las áreas de influencia para cada ambulancia se muestran en el mapa 7.1.4.1; los sitios que se proponen como “bases actuales” para los vehículos de AMP se enumeran a continuación:

- I. Av. Cuitláhuac #3353, Colonia Cuitláhuac.
- II. Av. Aquiles Serdán y Huitzilihuitl, Colonia La Preciosa.

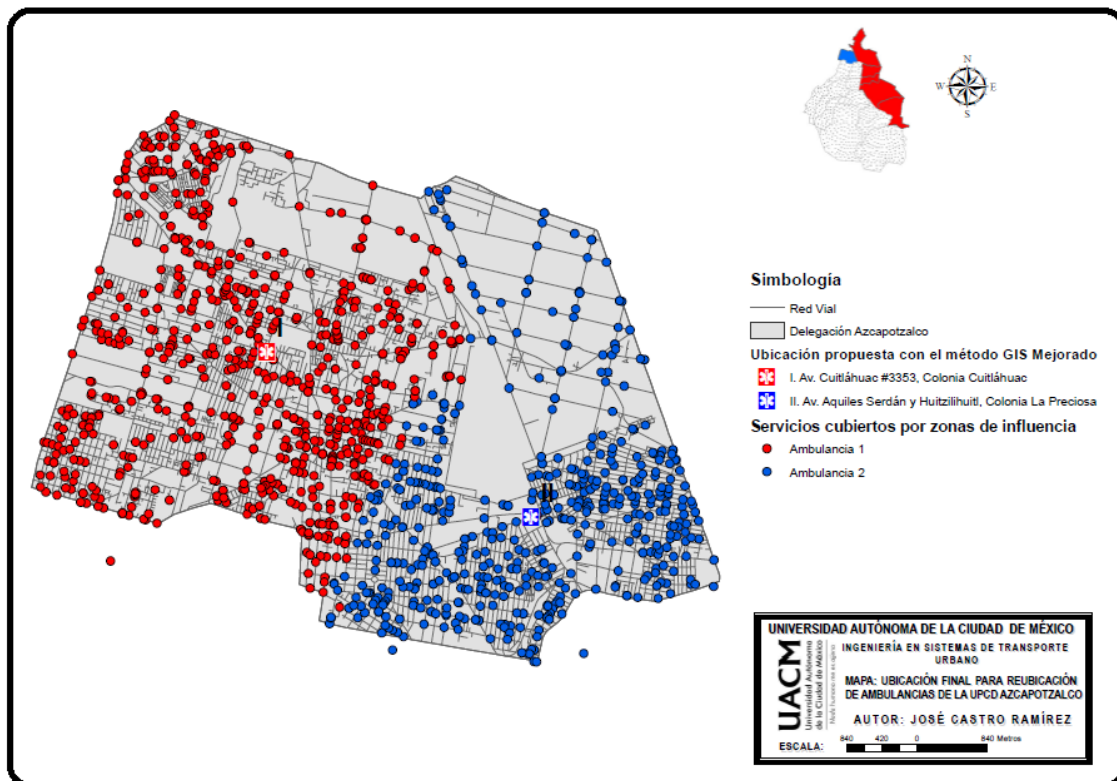
Bajo el esquema de las “bases actuales” las ambulancias de la UPCD es capaz de atender una solicitud de servicio en cualquier parte del territorio delegacional de Azcapotzalco dentro de los primeros 6 minutos. Aparentemente no es necesario realizar alguna adecuación en la operación actual de los servicios de AMP proporcionados por la UPCD, pero sí las ambulancias fueran desplegadas hacia las ubicaciones enumeradas en el párrafo anterior, la cobertura de servicios se verá beneficiada con respecto a las “bases actuales” durante el intervalo de 1-5 minutos, el mayor incremento en la cobertura de

servicios se presenta durante la isócrona de 2-3 minutos en la que la diferencia de cobertura es del 18.07% de servicios cubiertos ( ver tabla 7.1.4.1) con respecto a la población que sería cubierta con las “bases actuales”. En cuestión de reducción de tiempo de llegada a los lugares en que sea solicitado un servicio de AMP las “bases propuestas” representan una mejora de un minuto con respecto a la operación de las “bases actuales” dentro del intervalo de 2-4 minutos.

El porcentaje acumulado de servicios atendidos bajo cada uno de los escenarios analizados se muestran a continuación:

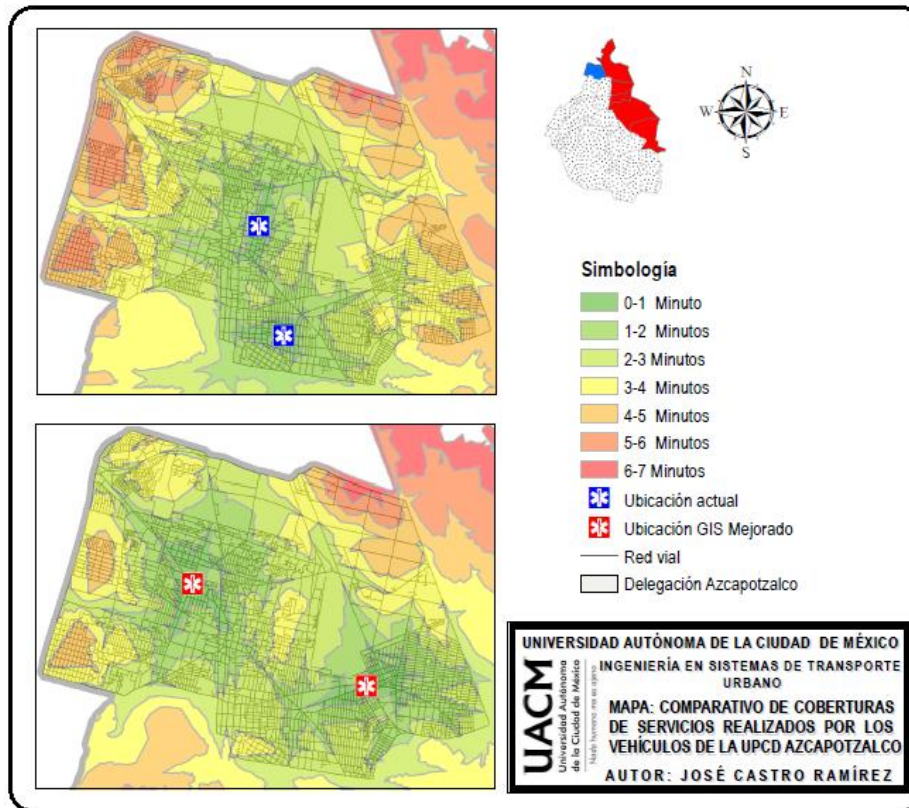
<b>Población acumulada atendida para la UPCD Azcapotzalco correspondientes a los escenarios de estudio</b>			
Isócrona	Actual	P-Mediana	GIS Mejorado
0-1 Minuto	13.34%	13.34%	10.97%
1-2 Minutos	34.11%	34.11%	40.50%
2-3 Minutos	60.74%	60.74%	78.82%
3-4 Minutos	79.33%	79.33%	95.96%
4-5 Minutos	94.40%	94.40%	99.44%
5-6 Minutos	100.00%	100.00%	99.70%
6-7 Minutos	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 7.1.4.1. Isócronas de población atendida por la UPCD Azcapotzalco en el año 2014  
Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD Azcapotzalco.



Mapa 7.1.4.1. Ubicación espacial de los centroides y áreas de influencia finales.  
Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Azcapotzalco.

La representación gráfica de las coberturas de servicios en la operación actual y el escenario propuesto se muestran en el mapa 7.1.4.2



Mapa 7.1.4.2 Coberturas de servicios para las ambulancias de la UPCD Azcapotzalco. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Azcapotzalco.

### 7.1.5 UPCD Consolidadas

La ubicación espacial de los sitios propuestos para que los vehículos permanezcan en espera de alguna solicitud de servicios de AMP así como las áreas de influencia para cada ambulancia se muestran en el mapa 7.1.5.1, los sitios que se proponen como “bases” se enumeran a continuación:

- I. Buena Suerte #3, Colonia Las Arboledas.
- II. Calle 8 #3, Colonia La Asunción.
- III. 25 de Febrero de 1861 Mz182, Colonia Leyes de Reforma 3ra. Secc.
- IV. Concepción y H. Galeana, Colonia Sta. Catarina Yecahuitzotl.
- V. Camino real a San Lorenzo 14, Colonia Plan de Iguala.
- VI. Av. Aquiles Serdán #597, Colonia San Miguel Amantla.
- VII. Lakme Mz.135, Colonia Miguel Hidalgo.
- VIII. Anillo de Circunvalación 947, Colonia Sta. Ma. Aztahuacan.
- IX. Av. Cuitláhuac #3353, Colonia Cuitláhuac.
- X. Francisco del Paso y Troncoso #219, Colonia Jardín Balbuena.

Las ubicaciones mencionadas en el listado anterior proporcionarán una mejora (con respecto a la situación actual) en la cobertura de servicios dentro de los 10 minutos de platino, con este incremento la población de la zona de estudio es atendida en un menor tiempo de llegada para recibir la AMP; ya que los vehículos tendrán recorridos más cortos para la atención de solicitudes, el mayor incremento en la cobertura de servicios se presenta en el intervalo de 3-4 minutos, en el cual bajo la distribución actual de ambulancias se cubriría el 60.23% de los servicios solicitados (ver tabla 7.1.5.1), mientras que con la distribución propuesta en el listado anterior se logra cubrir un 88.23% de los servicios. Si bien bajo las “bases actuales” las UPCD el 98.48% de los servicios pueden ser cubiertos durante los “10 de platino”, con las “bases propuestas” el 98.99% de los servicios son cubiertos durante los primeros 7 minutos, lo que representa un beneficio de 3 minutos en la cobertura de servicios con respecto a las “bases actuales”. Con el despliegue de las ambulancias en las “bases propuestas” se obtiene una cobertura geográfica de servicios mayor durante los primeros 10 minutos, de los cuales los primeros 5 minutos son los que presentan mayor aumento en la cobertura de servicios (ver tabla 7.1.5.1).

Los resultados obtenidos del porcentaje acumulado de población atendida bajo cada uno de los escenarios analizados de muestran a continuación:

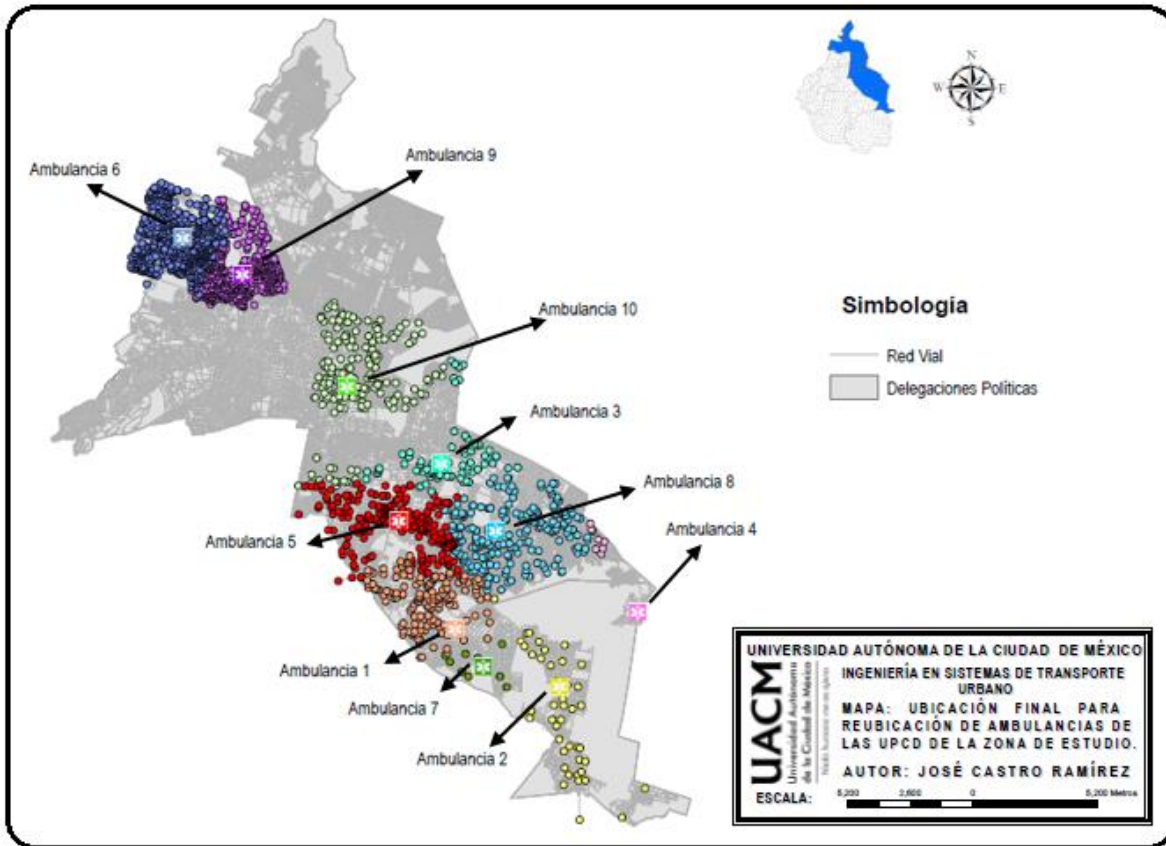
<b>Población acumulada atendida para la UPCD Consolidadas correspondientes a los escenarios de estudio</b>			
Isócrona	Actual	P-Mediana	GIS Mejorado
0-1 Minuto	13.47%	3.06%	16.24%
1-2 Minutos	25.78%	12.89%	39.14%
2-3 Minutos	45.04%	37.10%	67.63%
3-4 Minutos	60.23%	59.19%	88.23%
4-5 Minutos	77.35%	73.92%	93.45%
5-6 Minutos	94.58%	84.97%	97.71%
6-7 Minutos	96.81%	90.06%	98.99%
7-8 Minutos	98.09%	97.39%	99.03%
8-9 Minutos	98.42%	99.05%	99.03%
9-10 Minutos	98.49%	99.05%	99.05%
+10 Minutos	100.00%	100.00%	100.00%

7.1.5.1. Cobertura de servicios atendidos bajo los escenarios de estudio para las UPCD Consolidadas durante el año 2014

Fuente: Elaboración propia, con datos de las UPCD Consolidadas.

La cobertura geográfica bajo las condiciones actuales de operación establecidas en las UPCD Iztapalapa y Venustiano Carranza se ve disminuida; dado sus vehículos de AMP se concentran en un solo punto dentro de sus límites territoriales delegacionales, esto implica que en las zonas fronterizas con otras delegaciones políticas los servicios de AMP

tardan más tiempo en llegar al sitio en donde se requieran dichos servicios y por consecuencia las personas siniestradas tendrán mayor tiempo de espera para recibir la AMP solicitada.



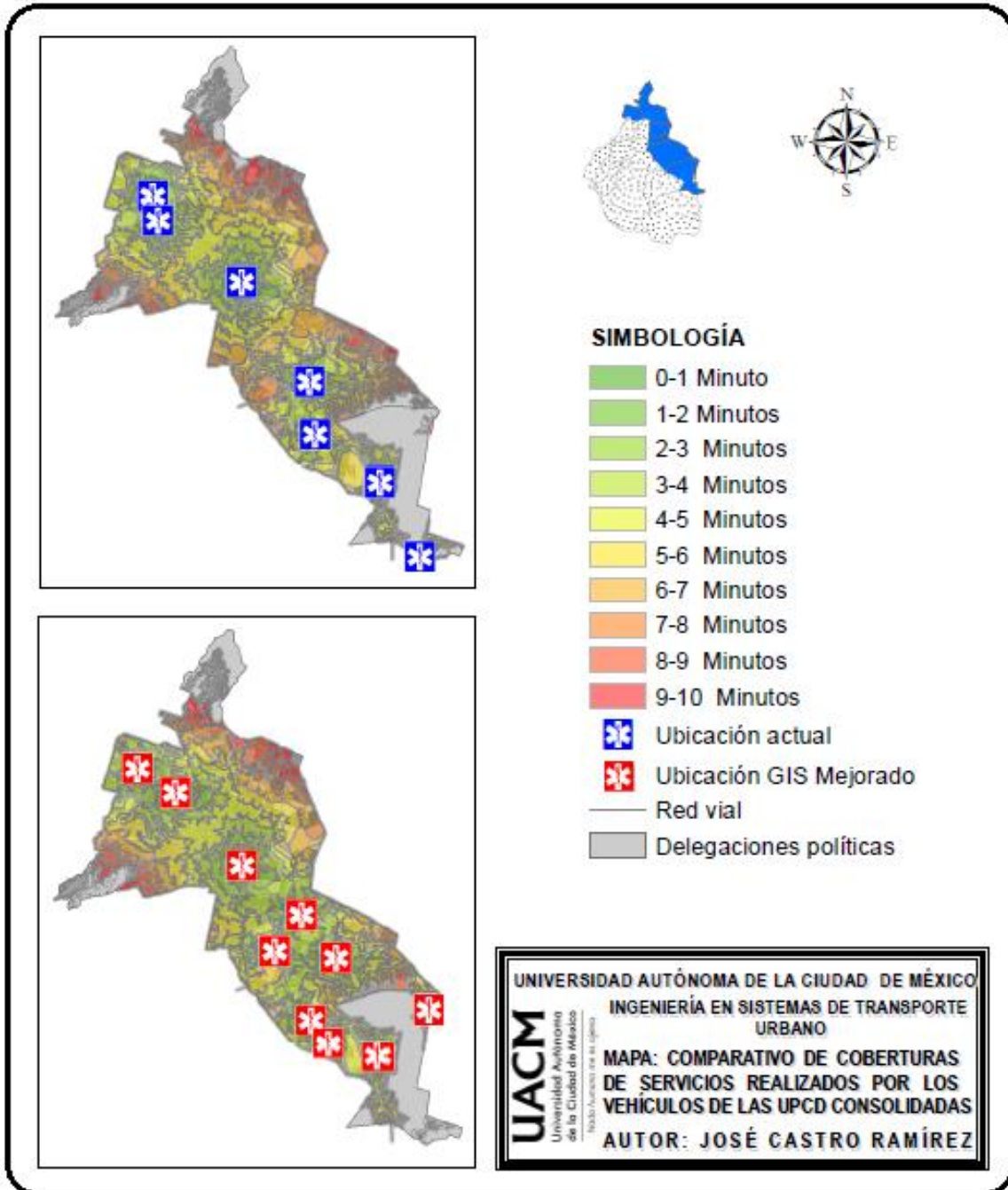
Mapa 7.1.5.1. Propuesta de reubicación de ambulancias de las UPCD Consolidadas  
Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Consolidadas.

Por otra parte, con la distribución propuesta de los vehículos de ambulancia para la operación consolidada, la cobertura geográfica y los tiempos de atención para los servicios de AMP se mejoran para las UPCD adyacentes así mismo para aquellas que no cuentan con servicios de AMP dentro de la zona de estudio, dichas mejoras son comparadas con respecto a las coberturas geográficas bajo el escenario de propuesta consolidada con las restricciones actuales de operación de las UPCD de la zona de estudio (ver mapa 7.1.5.2). Toda vez que se realice la consolidación de las UPCD, los servicios de AMP que se pudieran solicitar dentro de la delegación política de Iztacalco se cubren en un promedio de 2 a 7 minutos por los vehículos de las UPCD Iztapalapa o Venustiano Carranza, ya que la delegación Iztacalco no cuenta con vehículos de AMP administrados por esta UPCD; en el caso de solicitar un servicio de AMP dentro de la demarcación de la delegación Cuauhtémoc, se tardarían en promedio de 2 a 7 minutos en

brindar la atención las ambulancias de las UPCD Azcapotzalco o Venustiano Carranza dichas UPCD lograrán también cubrir aproximadamente el 90% del territorio de la delegación Miguel Hidalgo dentro de los 10 minutos de platino; para el caso de la delegación Gustavo A. Madero se tiene una cobertura de aproximadamente el 75% de la infraestructura vial dentro de los primeros 10 minutos con los vehículos de las UPCD Azcapotzalco e Iztapalapa

La representación gráfica de las coberturas de servicios en la operación actual y el escenario propuesto se muestra en el mapa 7.1.5.2, destacando que en el escenario de operación actual solo se representan 7 ubicaciones ya que las UPCD Iztapalapa y Venustiano Carranza despliegan sus ambulancias a un mismo sitio; mientras que en la operación propuesta se realiza la distribución de las 10 ambulancias a diferentes ubicaciones.

Las propuestas realizadas para cada UPCD y en operación consolidada están bajo un escenario idealizado de operación, por lo cual difícilmente se cubrirán las isócronas mostradas para los escenarios de estudio en la operación real, sin embargo las ubicaciones propuestas pueden disminuir el efecto adverso de los congestionamientos o demoras (asociadas a diversas causas) debido a que las el cálculo de los centroides o bases propuestas está en función de los tiempos de viaje más cortos entre los posibles centroides y los servicios cubiertos.



Mapa 7.1.5.2 Coberturas de servicios para las ambulancias de las UPCD Consolidadas. Fuente: Elaboración propia en software ArcGIS 10.0, con datos de las UPCD Consolidadas.

## 7.2 Recomendaciones

- Elaborar un estudio de velocidades de recorrido a bordo de los vehículos de AMP, con el objetivo de modificar las velocidades de operación con las que se caracterizó la red vial de estudio y acercar la propuesta de localización de servicio

a las condiciones reales de operación; además de verificar, en dichas condiciones, la cobertura de servicio, así como el cumplimiento de los 10 minutos de platino.

- Convertir el análisis estático a dinámico, en el cual se consideren los siguientes elementos: velocidades de tránsito según el estado del tránsito (velocidades a flujo libre o velocidad a capacidad máxima), elementos de demora (semáforos, reductores de velocidad) y características geométricas de las vialidades; la finalidad de considerar los elementos antes mencionados es realizar un análisis más apegado a las condiciones prevalecientes de algunos elementos que influyen directamente en los tiempos de recorrido para las ambulancias de AMP en la zona de estudio.
- Continuar con la recopilación de información histórica de los servicios realizados por las UPCD, para poder realizar predicciones de lugares en donde se puedan solicitar servicios de AMP y también identificar posibles zonas de riesgo.
- Realizar una propuesta de localización en función del horario diurno (6:00 a 22:00 horas) y nocturno (22:00 a 6:00 horas) para considerar las variaciones de tránsito durante dichos horarios.
- Verificar en campo si los centroides propuestos cuentan con las condiciones necesarias como lo son; características geométricas de la vialidad (ancho de carril, pendiente de la vialidad, ancho de calzada, ancho de acera, espacios permitidos para estacionamiento) para la permanencia de los vehículos en espera de atención a los servicios de AMP, de lo contrario proponer algún sitio adyacente a la ubicación propuesta para que los cálculos realizados para las zonas de cobertura no difieran excesivamente en caso de hacer la reubicación de los centroides.
- Poner en ejecución las propuestas de reubicación de las “bases” de las ambulancias y cuantificar los tiempos de llegada a las ubicaciones de solicitud de servicios, para comparar con los resultados obtenidos teóricamente.
- Si bien agregar nuevos datos a la base de información utilizada para el estudio no garantiza un aporte útil para el enriquecimiento de la información acerca de la realización de servicios de AMP, se propone agregar a los registros de servicios, la hora de salida de la ambulancia de la base y hora de llegada al sitio de la emergencia; con ello se puede complementar el estudio del tiempo de recorrido bajo las condiciones prevalecientes de tránsito en determinadas franjas horarias. Continuar con la disociación de datos personales que se incluyan en los registros

de servicios realizados de AMP, con el objeto de no violar las leyes establecidas con respecto a la protección de datos personales; de esta manera se podrá seguir teniendo acceso a futuros registros de servicios de AMP y complementar el presente trabajo con datos históricos y actuales del servicio de AMP prestado por otras instituciones que brindan dichos servicios.

- Llevar a cabo una clasificación del motivo por el cual se solicita el servicio de AMP, por ejemplo: atropellados, heridos por arma de fuego, colisión vehicular, problemas respiratorios, entre otros, esto con la finalidad de recalculer los centroides de reubicación en función de la severidad del posible servicio de AMP a atender, además de que con dicha clasificación se podría analizar si el equipamiento para una ambulancia localizada en determinada zona corresponde verdaderamente al necesario para cubrir determinado tipo de servicios característicos dentro de la zona de influencia de dicha ambulancia.
- Ejecutar ejercicios teóricos con los operadores de las ambulancias acerca de las rutas a seguir para cubrir la solicitud de servicio y compararlo con las rutas teóricas que brinda el software ArcGIS bajo la medida de impedancia de tiempo de viaje.
- Realizar un análisis de las trayectorias realizadas por los operadores de las ambulancias contrastando las rutas.

### Anexo digital

Este apartado está destinado a una pequeña descripción de los archivos contenidos en el CD anexo al presente trabajo, como ya se mencionó anteriormente, el archivo digital consta de 6 carpetas, cada una de ellas con el nombre: UPCD Tláhuac, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Azcapotzalco, Centralizadas y solicitudes INAI, de las cuales se detalla su contenido a continuación:

#### Número A. UPCD Venustiano Carranza

Nombre del archivo digital	Descripción del archivo
VC_FINAL.xlsx	Contiene varias hojas electrónicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERVICIOS_VC→Contiene la base de datos de los servicios de AMP cubiertos durante el año 2014 por los vehículos de la UPCD.</li> <li>• SERVICIOS_FRECUENCIA_VC→Contiene la base de datos de los servicios de AMP agrupados por frecuencia de ocurrencia cubiertos durante el año 2014 por los vehículos de la UPCD.</li> <li>• ACTUAL_VC→Contiene la MOD y el porcentaje de cobertura (de los primeros 10 minutos) bajo la operación actual de las ambulancias de la UPCD.</li> <li>• P MEDIANA_VC→Contiene la MOD y el porcentaje de cobertura (de los primeros 10 minutos) bajo la operación P-Mediana de las ambulancias de la UPCD.</li> <li>• GIS_MEJORADO→Contiene la MOD y el porcentaje de cobertura (de los primeros 10 minutos) bajo la operación propuesta del algoritmo GIS Mejorado de las ambulancias de la UPCD.</li> <li>• isócronas→Contiene las coberturas de servicios acumulada por cada escenario de estudio analizado.</li> </ul>
CENT1.shp, CENT2.shp.....CENT9.shp	Contiene las coordenadas de los centroides obtenidos en cada iteración mediante el algoritmo GIS Mejorado.
RECUENCIAS_SERVICIOS.shp	Contiene los servicios realizados durante el 2014 agrupados por frecuencia de ocurrencia según la ubicación.
CENTROIDES_CGP.shp	Contiene las coordenadas finales de los centroides obtenidos con el algoritmo GIS Mejorado.
VENUSTIANO_ambulanciasKMEDIAS.shp	Contiene las coordenadas de los centroides obtenidos con el algoritmo P-Mediana.
VENUSTIANO_ambulancias_actual.shp	Contiene las coordenadas de la ubicación actual de las ambulancias de la UPCD.
VENUSTIANO_vial.shp	Contiene la red vial de la delegación Venustiano Carranza.
VENUSTIANO_servicios.shp	Contiene el total los servicios realizados durante el 2014.
VENUSTIANO_municipal.shp	Contiene la delimitación territorial de la delegación Venustiano Carranza.

Tabla A.1 Descripción del anexo digital correspondiente a la UPCD Venustiano Carranza  
Fuente: Elaboración propia

Nombre del archivo digital	Descripción del archivo
GIS_MEJORADO.xls	Contiene todas las iteraciones realizadas (una hoja electrónica para cada iteración) con el algoritmo GIS Mejorado
venustiano.mdb	Contiene la base de datos de servicios realizados por la UPCD y la red vial modificada para el análisis de red con ArcGIS,

Tabla A.1 Continuación.

Fuente: Elaboración propia

El contenido de las otras cuatro carpetas digitales de las UPCD está conformado por archivos digitales con nombres y contenidos descritos en la tabla anterior, con la variación a los archivos del tabulado anterior en la palabra VENUUSTIANO por el nombre de la UPCD correspondiente.

La carpeta con el nombre “solicitudes INAI” se encuentran las solicitudes electrónicas de información realizadas a las distintas instituciones gobierno (SSP, SEDESA, Protección civil, Delegaciones políticas del Distrito Federal) que se utilizó en la recopilación de la información con respecto a la operación de los servicios de AMP prevalecientes durante el año 2014.

## Bibliografía

- Aceves, R. G. (2007). *El problema de localización de servicios*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Albandoz, J. P. (1996). *Lecturas en Teoría de Localización*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Asad Tavakoli, C. L. (2004). Implementing a mathematical model for locating EMS vehicles in fayetteville, NC. *Computers & Operations Research*, 1549–1563.
- Ballou, R. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Barrios, J. P. (2000). Sistema médico prehospitalario de emergencia especializado en Medicina Crítica, a 10 años de operación en la Ciudad de México. *Neumología y cirugía de Torax*, 103-107.
- Budiharto, U. (2012). Traffic accident blackspot identification and ambulance fastest route mobilization process for the city of Sarakarta. *Diario de Transporte*, 237-248.
- Colebrook, M. (2003). *Localización de servicios en redes*. Islas Canarias: Dpto. Esatadística, Investigación Operativa y Computación.
- Cowley, A. R. (1976). The Resucitation and Stabilization of Major Multiple Trauma Patients in an Trauma Center Enviroment. *Clinical Medicine*, 14-22.
- Current, J. D. (2001). *Discrete Network Location Models*. In: *Facility Location Theory: Applications and Methods*. Berlin:: Z. Drezner and H. Hamacher Eds.
- Daskin, M. S. (2013). *Network and discrete location: Models, algorithms and aplications*. New Jersey: Join Wiley & Sons.
- Diario Oficial de la Federación. (2014). *Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA3-2013, Regulación de los servicios de salud. Atención Médica Prehospitalaria*. Distrito Federal: GDF.
- Educativo, U. d. (2005). *Glosario de términos geográficos*. Castellón España: Universitat Jaume I .
- Eppen, G. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. México: Prentice-Hall.
- Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas. (2012). *Manual Administrativo: Registro y Control Prehospitalario de Pacientes o Lesionados*. Distrito Federal: SSPDF.
- ESRI. (15 de 07 de 2015). <http://help.arcgis.com/>. Obtenido de <http://help.arcgis.com/http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/004700000048000000>
- Frederick S. Hiller. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: Mc Graw Hill.
- G.Y. Handler y Mirchandani P.B. (1979). *Location in networks: Theory and algorithms*. Massachusetts: MIT Press.

- García, J. A. (5 de Marzo de 2013). Alista SSPDF equipo BiciERUM. *El universal*.
- González, J. C. (2002). *Estudio de la ubicación de vehículos en una empresa de ambulancias*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Kanungo, T. (2006). *A Local Search Approximation Algorithm for k-Means Clustering*. Barcelona: ACM.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Martínez, E. C. (2001). Transporte del paciente crítico en unidades móviles terrestres. *Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*, 130-137.
- Martínez, E. C. (2006). La historia de la ambulancia. *Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*, 103-104.
- Martínez, F. (9 de Septiembre de 2011). Agilizará respuesta el ERUM. Presenta equipo de 15 paramédicos que conducirán 10 motocicletas. *El universal*.
- Martínez, R. H. (2004). THE FACILITY LOCATION DECISIONS IN THE SUPPLY CHAIN. *Revista Ingeniería Industrial*, 57-67.
- MathWorks. (26 de Diciembre de 2015). <http://www.mathworks.com/>. Obtenido de <http://www.mathworks.com/help/stats/kmeans.html>
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). *La actualización de las competencias profesionales: Sanidad y Formación Profesional*. España: Secretaría general técnica.
- Revenga, J. M. (2008). *Flujo en Redes y Gestión de Proyectos. Teoría y Ejercicios Resueltos*. Netbiblo.
- Robledo, J. G. (2012). *Tesis doctoral: "Atención al paciente traumatizado grave y politraumatizado en una unidad de cuidados intensivos en la provincia de Salamanca"*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Schneeberger, K. (2014). *Ambulance location and relocation models in a crisis*. Berlin: Springer-Verlag.
- Segura, E. P. (2014). Localización de ambulancias utilizando programación lineal: caso UNAM. *Recent Advances in Theory, Methods, and Practice of Operations Research*, 351-358.
- Sendra, J. B. (2004). *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. España: Ra-Ma.
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN.