



**COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.**

**INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO**

**PROPUESTA DE SERVICIOS MÉDICOS PREHOSPITALARIOS EN LA  
AUTOPISTA DE CUATO MÉXICO-CUERNAVACA.**

**PRESENTA:**

**CARLOS FRANCISCO FERNÁNDEZ REYES**

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS ©

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.

# INTRODUCCIÓN

En la siguiente investigación se plantean una serie de propuestas de localización de servicios médicos prehospitalarios sobre la autopista México-Cuernavaca.

Partiremos del contexto de los accidentes de tránsito, donde se explicara la problemática y las externalidades de los mismos. Al mismo tiempo abordaremos dos conceptos importantes, los cuales son, la atención médica prehospitalaria y el tiempo de respuesta.

Posteriormente, se plantearan algunos modelos de localización de instalaciones y servicios, esto dará la pauta para determinar y explicar la forma en como se resolverá la problemática planteada en esta investigación.

Asimismo, se expondrá la razón del por qué se eligió a la autopista México-Cuernavaca como caso de estudio.

Después, procederemos con el análisis de las propuestas de ubicación, para esto, nos apoyaremos de diferentes mapas temáticos que permiten identificar las deferentes coberturas de dichas propuestas.

Finalmente, y en forma de cuadro comparativo se mostraran las ventajas y desventajas de las diferentes propuestas de ubicación. De igual forma se abordaran una serie de recomendaciones que se pueden llevar a cabo para alcanzar mejores resultados.

## Objetivo particular.

Proponer por lo menos una alternativa de localización de servicios prehospitalarios de emergencia que sea capaz de lograr un tiempo de respuesta dentro de los “10 minutos de platino” en la autopista México-Cuernavaca.

## Objetivos generales.

- Señalar la gravedad de los accidentes de tránsito en México, y particularmente en la autopista México-Cuernavaca.
- A partir de las propuestas de localización poder aumentar las probabilidades de sobrevivencia de los involucrados en un accidente vial dentro de la autopista México-Cuernavaca.
- Disminuir el número de personas que sufran algún tipo de traumatismo permanente o mueran a causa de un accidente de tránsito en la autopista México-Cuernavaca.

# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

El transporte juega una función fundamental en la forma que vivimos día con día, por ejemplo, desde la forma de trasladarnos al trabajo, escuela, o al resto de nuestras actividades. Esta función fundamental lleva consigo un cierto nivel de riesgo el cual enfrentamos a diario en las vías de comunicación; el nivel de riesgo depende de diversos factores físicos y sociales, como el país de residencia, edad, tipo de usuario, velocidad, etc.



# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

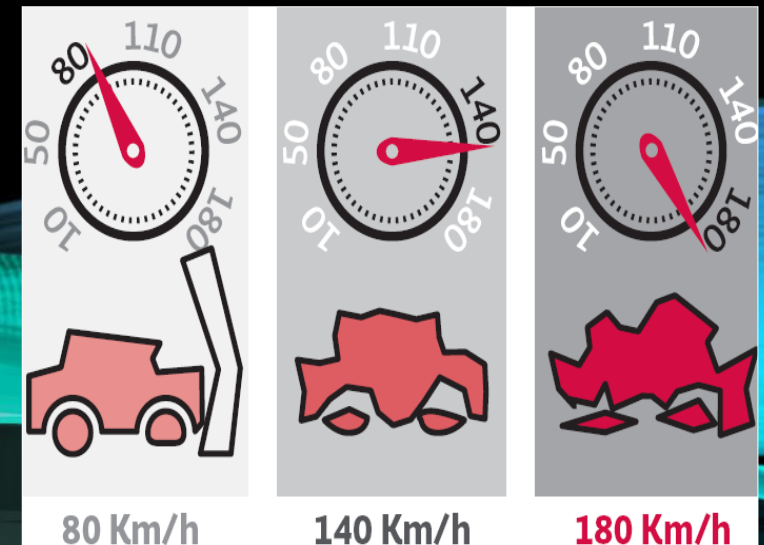
Al hacer uso del automóvil se generan externalidades negativas como son los problemas de congestionamiento vial, daños al medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero, contaminación visual y auditiva, además de otros daños a la salud como los accidentes de tránsito.

De estas externalidades, los accidentes viales han asumido mayor relevancia ya que significan bajas sensibles entre la población por el resultado en muertos y heridos. De acuerdo a la Secretaría de Salud (2015), en el año 2015 se registraron 16,039 muertos y 122,940 heridos, en 399,330 accidentes de tránsito.



# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

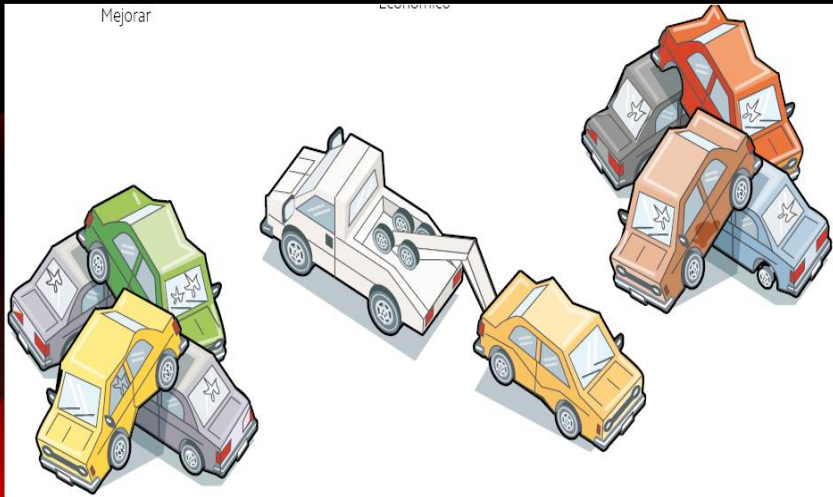
La Policía Federal define a un accidente de tránsito como un hecho que se presenta en las vialidades de forma súbita e inesperada, determinado por condiciones y actos irresponsables que son potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, condiciones mecánicas de los vehículos, condiciones climatológicas, señalización y estado de los caminos, los cuales ocasionan pérdidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas, psicológicas y daños materiales.



# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

Estudios que realiza la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en términos de movilidad, señalan que en México las muertes por accidentes de tránsito se ubican entre las primeras cuatro causas de muerte, por encima de las enfermedades infecciosas y por debajo de las enfermedades crónico-degenerativas.

En el reporte sobre accidentes de tránsito en zonas urbanas y suburbanas que realizó el INEGI en el año 2015 encontramos los siguientes resultados:



- Se registraron 12,321 accidentes de tránsito.
- El 1.7% fueron accidentes fatales.
- El 81% sólo fueron daños materiales.
- El 17.4% sólo fueron víctimas heridas.

# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

La **Atención Médica Prehospitalaria** es la atención que recibe una persona siniestrada durante su trayecto al hospital, dicha atención consiste en la estabilización y traslado.

El propósito de un servicio de atención a emergencias en carreteras es:

- Evitar las muertes prematuras.
- Prevenir traumatismos o discapacidades permanentes derivadas de un accidente vial.



# 1. ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SERVICIOS DE ATENCIÓN EN CARRETERAS

- El **tiempo de respuesta** es igual al tiempo que transcurre desde que se origina el accidente, más el tiempo de dar aviso al servicio de emergencia, y hasta que el servicio de emergencia logra llegar al lugar del siniestro.
- **Los 10 minutos de platino.** Si una persona sufre un accidente de tránsito es primordial que el tiempo de respuesta sea de 10 minutos o menos, de esta forma se incrementa la probabilidad de que la persona sobreviva y/o se evite algún otro traumatismo.



## 2. MARCO TEÓRICO

Los problemas de localización de instalaciones consisten en decidir la ubicación óptima de las instalaciones, ya sea mediante la maximización de las utilidades o minimizando los costos.

Este tipo de problemas toman relevancia ya que uno de sus objetivos es el de atender o satisfacer diferentes necesidades de diferentes grupos de la sociedad, como pueden ser grupos vulnerables que necesiten de algún servicio médico, o grupos que necesiten instalaciones educativas, etc.



# 2. MARCO TEÓRICO

## PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE MÁXIMA COBERTURA:

Este problema considera un número discreto de nodos y un peso asociado a cada uno de ellos, el cual representa su nivel de importancia. Se considera también un número discreto de puntos donde se pueden localizar las instalaciones. El objetivo es encontrar las mejores localizaciones para un número  $p$  de instalaciones de manera que se maximice la demanda cubierta con una distancia predefinida.

El problema de localización de cobertura máxima se formula de la siguiente manera:

$$\text{Max } \sum_{j \in J} h_j x_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in I} c_{ij} y_i \geq x_j \quad \forall j \in J \quad \dots \dots \dots 1$$

$$\sum_{i \in I} y_i \leq p \quad \dots \dots \dots 2$$

$$x_j = 0, 1 \quad \forall j \in J$$

$$y_i = 0, 1 \quad \forall i \in I$$

Donde:

$J$  es el conjunto de todos los puntos de demanda.

$I$  es el conjunto de ubicaciones potenciales.

$h_j$  es la demanda del punto  $j$ .

$p$  es el número de instalaciones a ser abiertas.

$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el cliente } j \text{ está dentro del radio de cobertura de la instalación } i \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda en el punto } j \text{ está cubierta} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$

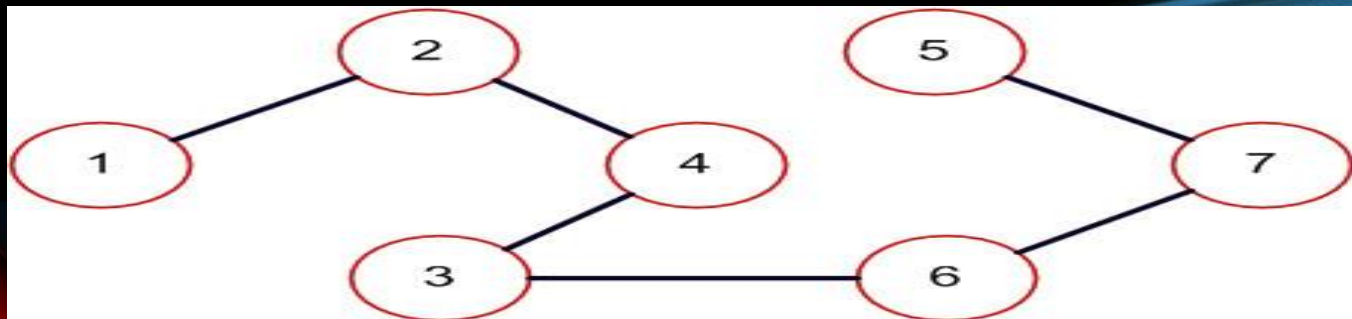
$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si una instalación es abierta en } i \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$

## 2. MARCO TEÓRICO

### MODELOS DE LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS DE EMERGENCIA EN UNA RED LINEAL:

Bajo el contexto de un servicio de emergencia, se entiende que el objetivo de la optimización no recaen en elementos financieros sino en una característica operativa, es decir, recae en el tiempo de respuesta. Esto es, pese a que la atención de los involucrados en las emergencias puede ser susceptible de priorizar, el primer paso y, posiblemente el más importante, es lograr la cobertura del servicio de atención prehospitalaria, dentro de los “10 minutos de platino”.

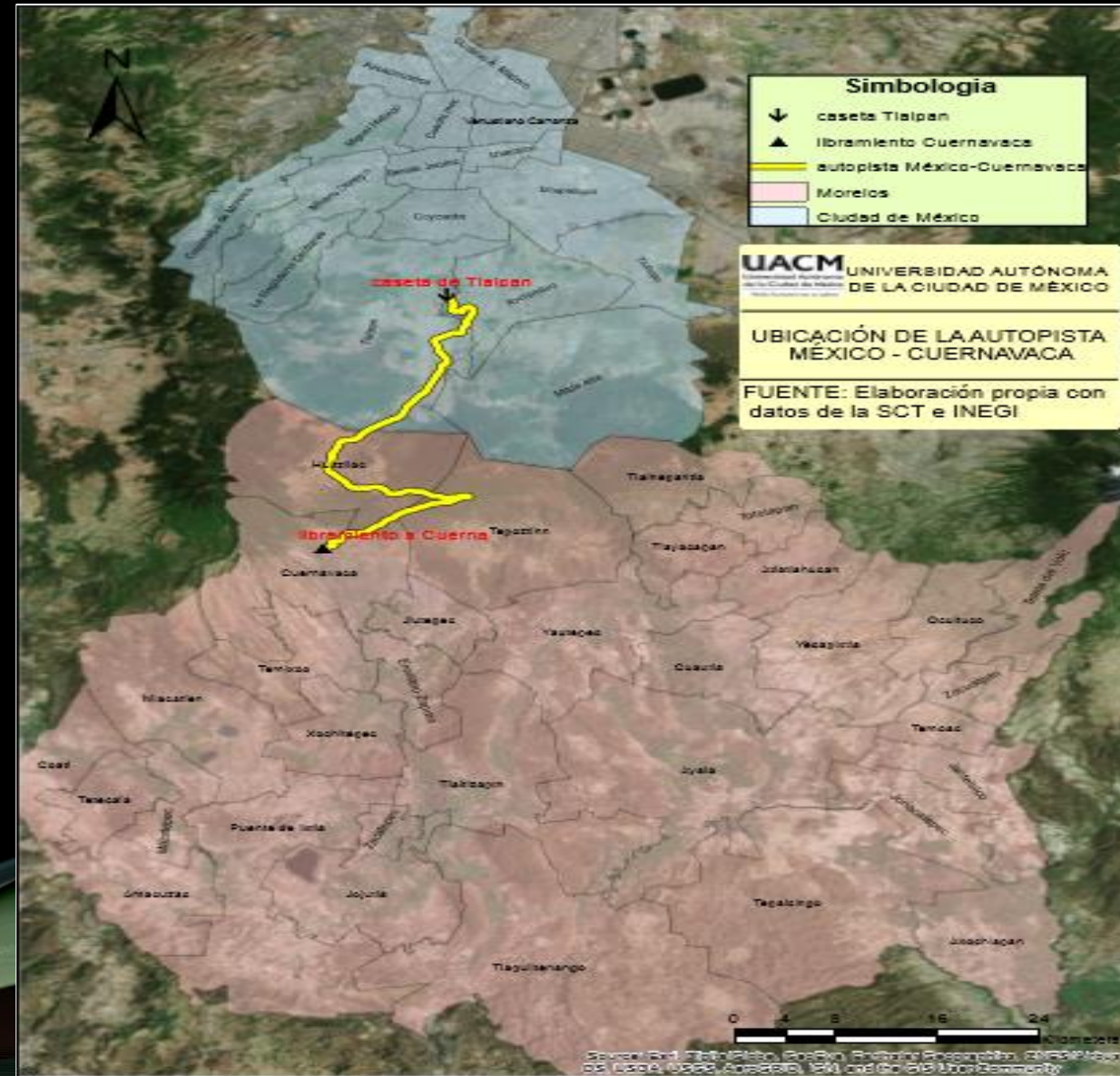
Por lo tanto, este tipo de problema puede ser resuelto bajo el enfoque de “Problema de localización de máxima cobertura”. Sin embargo, dado que se trata de una red lineal, las posibles ubicaciones de los servicios se reducen considerablemente, de ahí que incluso se puede realizar un ejercicio exploratorio de alternativas factibles.



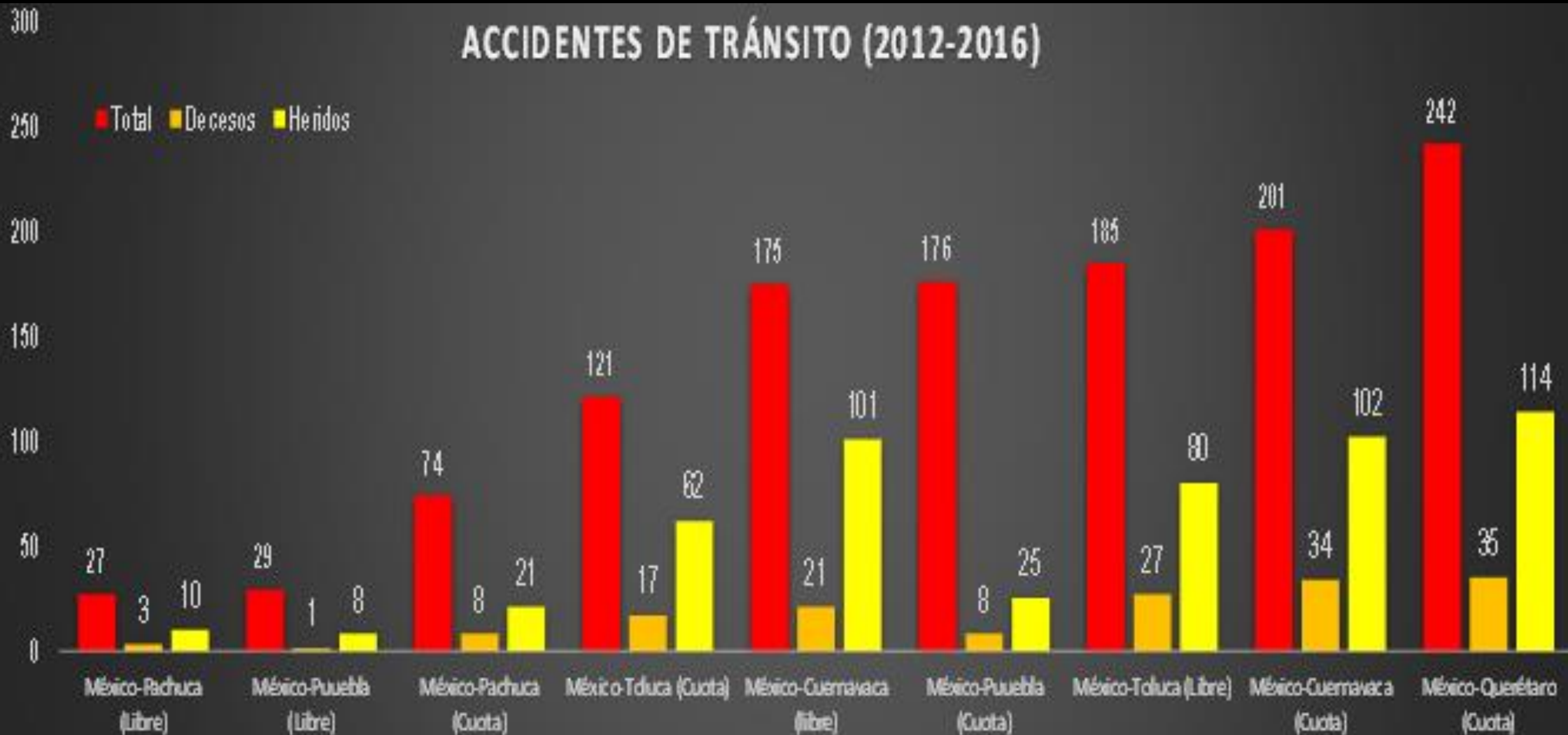
# 3. CASO DE ESTUDIO

La autopista México-Cuernavaca es una de las principales vialidades que presta accesibilidad hacia o desde la Ciudad de México, de acuerdo a la Secretaria de Comunicaciones y Transportes es una de las vialidades más transitadas del país, sin embargo esto no la exenta de ser una de las vialidades que registra un mayor número de accidentes por año. Es por esta última razón que se ha elegido como caso de estudio.

El tramo de la autopista que se analizó comprende desde la caseta de Tlalpan en el kilómetro 23 de la autopista localizada en la Ciudad de México, hasta el libramiento a la Ciudad de Cuernavaca en el kilómetro 79.2 localizado en el estado de Morelos.



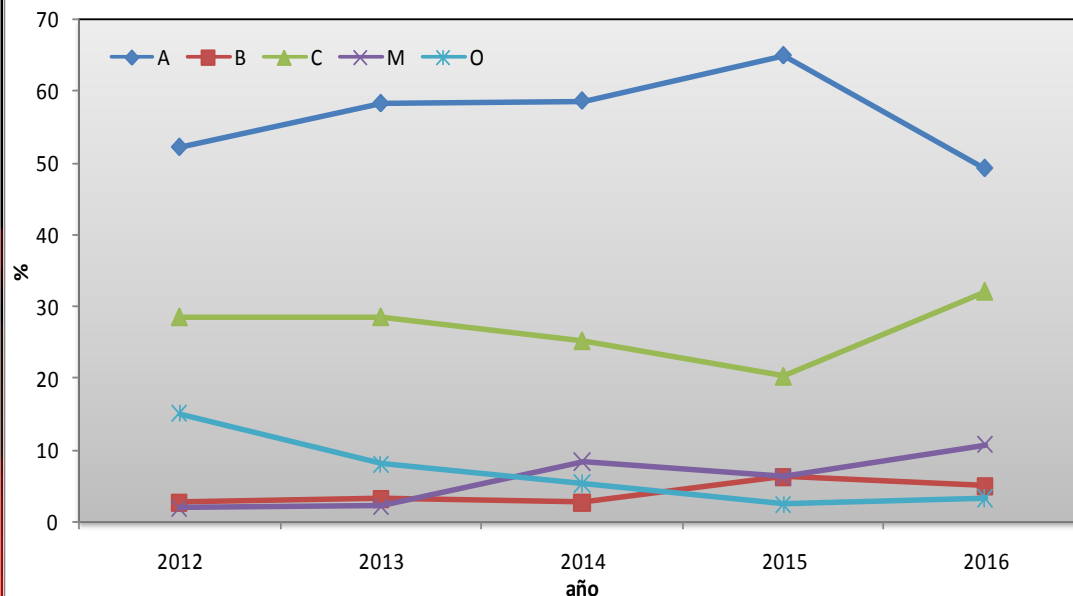
# 3. CASO DE ESTUDIO



# 3. CASO DE ESTUDIO

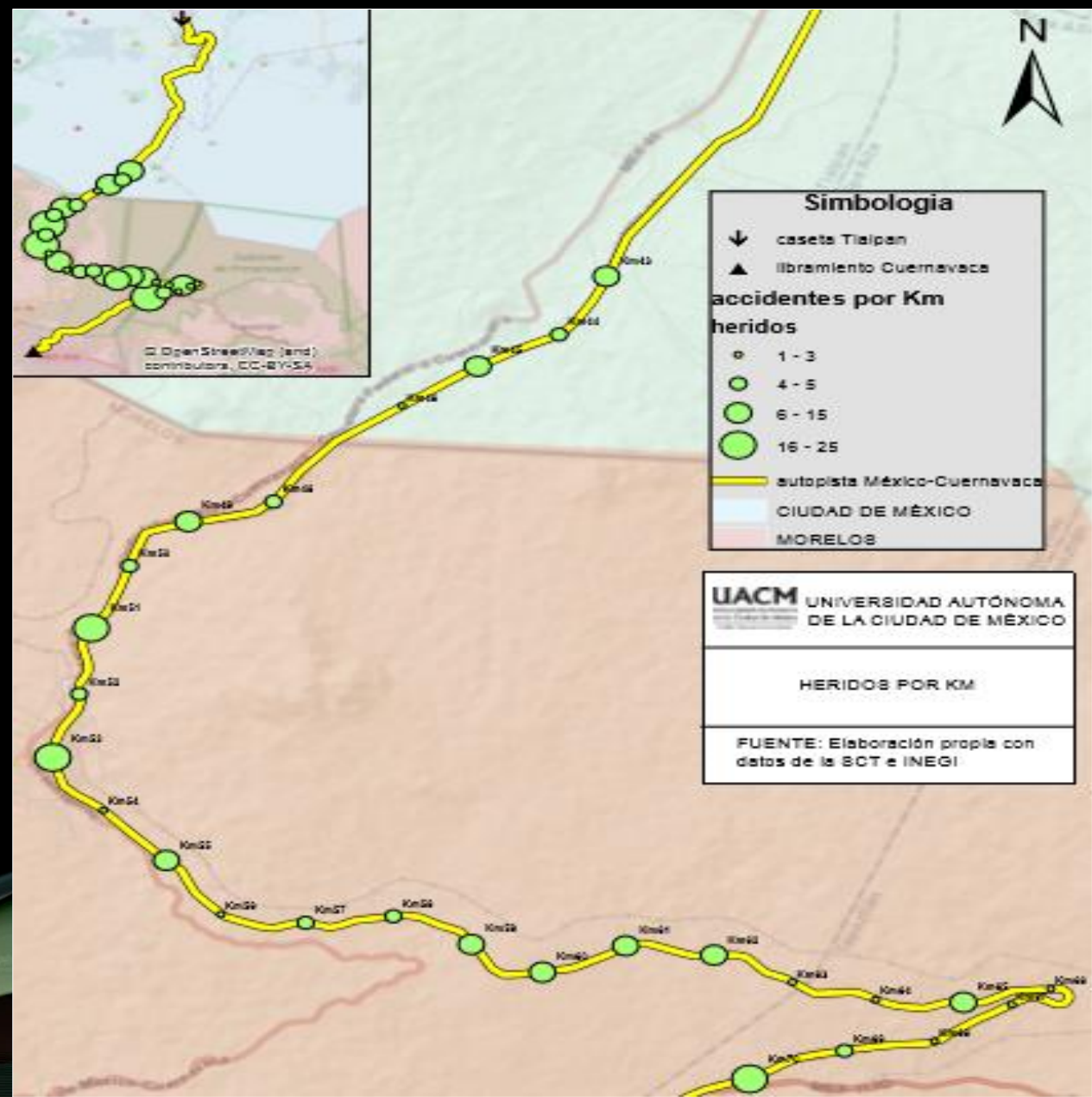
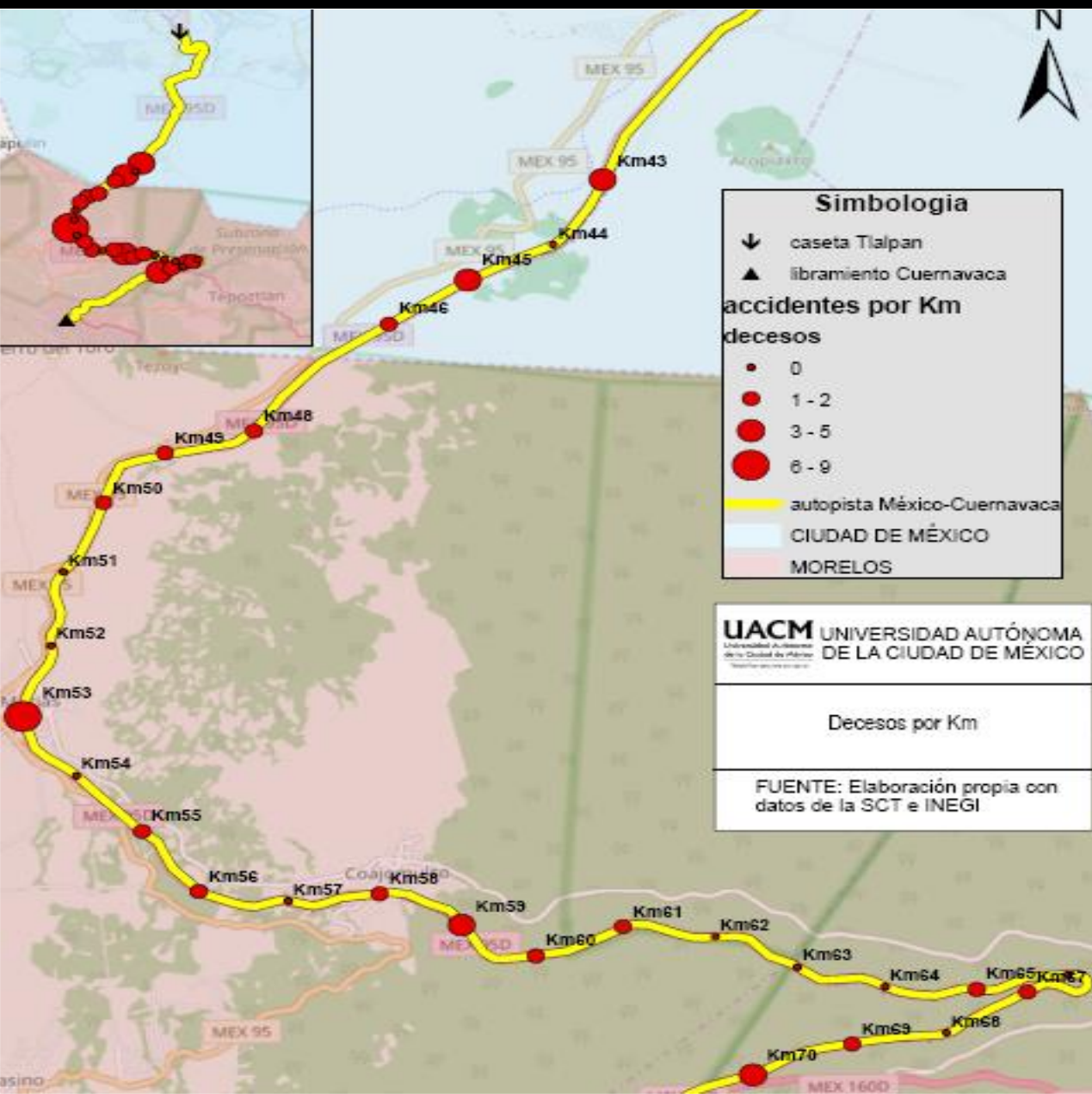
| Carretera/<br>Tramo              | Año  | Causante del accidente (%) |                 |          |        | Agente<br>natural |
|----------------------------------|------|----------------------------|-----------------|----------|--------|-------------------|
|                                  |      | Conductor                  | Peatón/Pasajero | Vehículo | Camino |                   |
| México-<br>Cuernavaca<br>(cuota) | 2012 | 93.75                      | 3.13            |          | 3.13   |                   |
|                                  | 2013 | 84                         |                 | 12       | 4      |                   |
|                                  | 2014 | 88                         | 4               |          |        | 8                 |
|                                  | 2015 | 96.3                       | 1.23            | 1.23     | 1.23   |                   |
|                                  | 2016 | 100                        |                 |          |        |                   |

**Tipo de vehículo involucrado (%) 2012-2016**



| Carretera/<br>Tramo              | Accidentes por kilómetro 2012-2016 |             |             |    |             |             |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|----|-------------|-------------|
|                                  | Km                                 | Con Muertos | Con Heridos | Km | Con Muertos | Con Heridos |
| México-<br>Cuernavaca<br>(cuota) | 43                                 | 5           | 9           | 57 |             | 5           |
|                                  | 44                                 |             | 4           | 58 | 2           | 5           |
|                                  | 45                                 | 3           | 8           | 59 | 3           | 11          |
|                                  | 46                                 | 2           | 2           | 60 | 1           | 8           |
|                                  | 47                                 |             |             | 61 | 1           | 13          |
|                                  | 48                                 | 1           | 5           | 62 |             | 15          |
|                                  | 49                                 | 2           | 9           | 63 |             | 3           |
|                                  | 50                                 | 1           | 4           | 64 |             | 2           |
|                                  | 51                                 |             | 25          | 65 | 2           | 8           |
|                                  | 52                                 |             | 5           | 66 |             | 1           |
|                                  | 53                                 | 9           | 17          | 67 | 1           | 1           |
|                                  | 54                                 |             | 3           | 68 |             | 3           |
|                                  | 55                                 | 1           | 9           | 69 | 2           | 4           |
|                                  | 56                                 | 2           | 1           | 70 | 3           | 25          |

# 3. CASO DE ESTUDIO



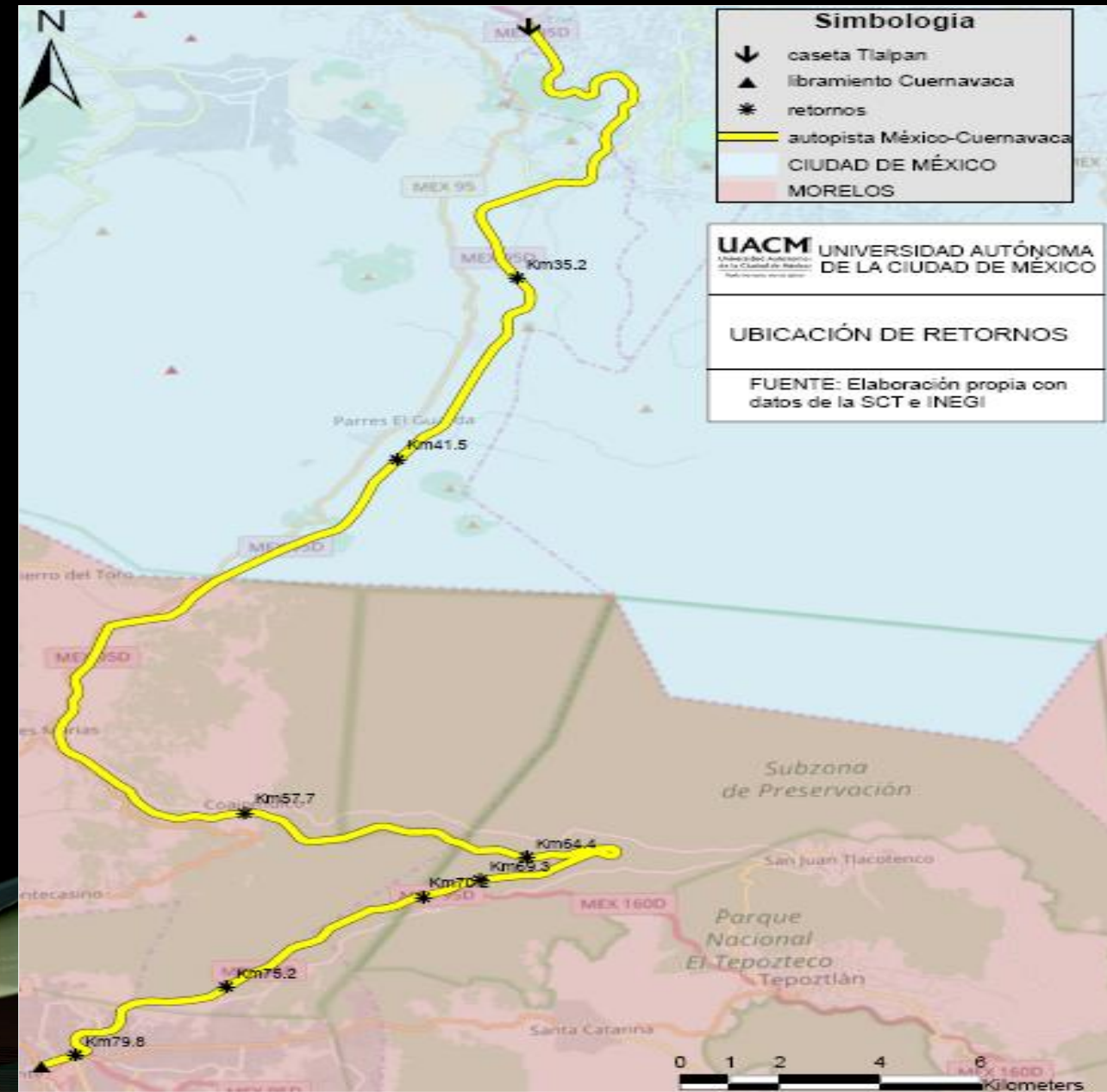
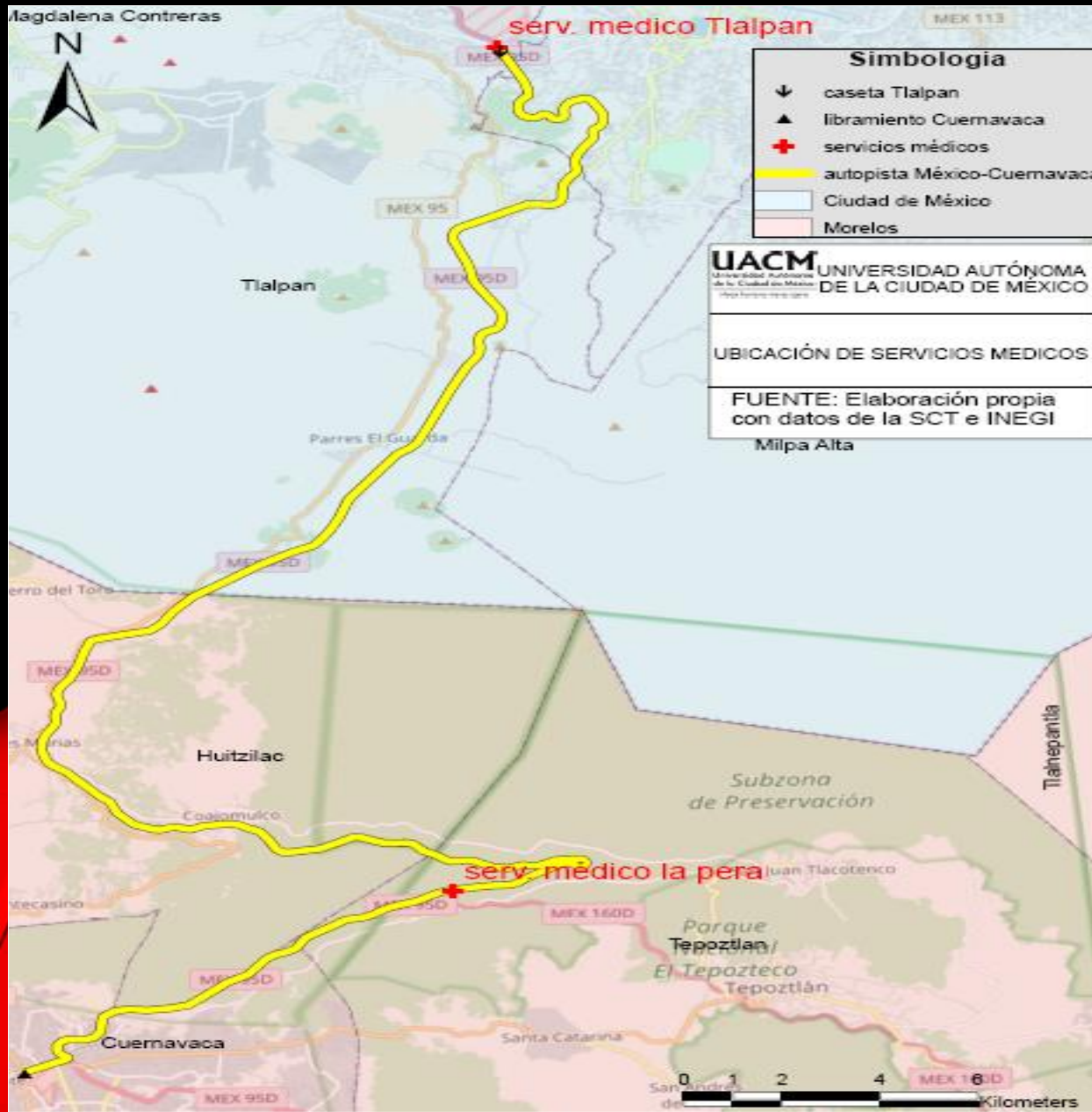
# 3. CASO DE ESTUDIO

| Carretera/<br>Tramo   | Km               | Servicio médico           |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| México-<br>Cuernavaca | 23+360<br>68+250 | Caseta Tlalpan<br>La Pera |



| Carretera/<br>Tramo              | retorno | Km   |
|----------------------------------|---------|------|
|                                  | 1       | 35.2 |
|                                  | 2       | 41.5 |
|                                  | 3       | 57.7 |
| México-<br>Cuernavaca<br>(cuota) | 4       | 64.4 |
|                                  | 5       | 69.3 |
|                                  | 6       | 70.2 |
|                                  | 7       | 75.2 |
|                                  | 8       | 79.8 |

# 3. CASO DE ESTUDIO



## 4. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE UBICACIÓN

Para el análisis de las áreas de servicio se plantearon las siguientes consideraciones y escenarios.

1. El análisis se realizara por sentido de la autopista.
2. Dentro del sentido de la autopista, se dividirán a su vez en servicios directos, es decir, aquellos servicios que una vez despachados atienden la emergencia en el mismo sentido del recorrido, y en servicios indirectos, es decir, aquellos que hace uso de algún retorno para llegar al lugar de la emergencia.
3. El análisis se realizara por magnitud del accidente, es decir, se separan los decesos de los heridos.

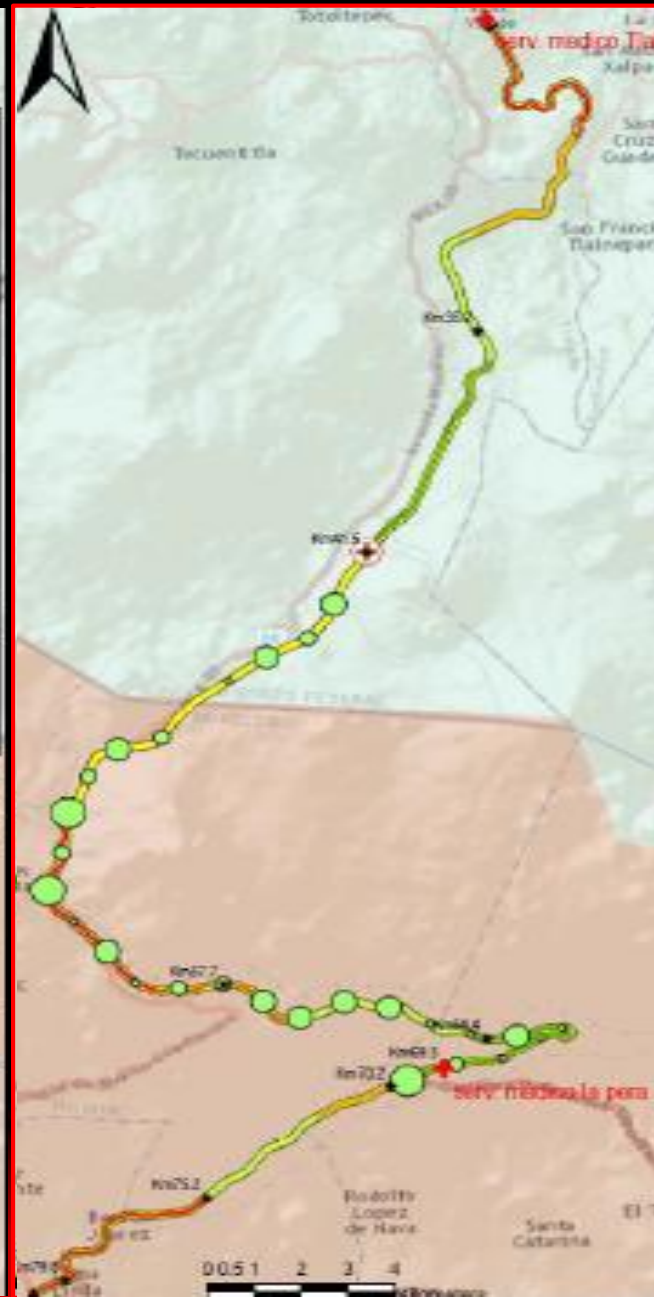
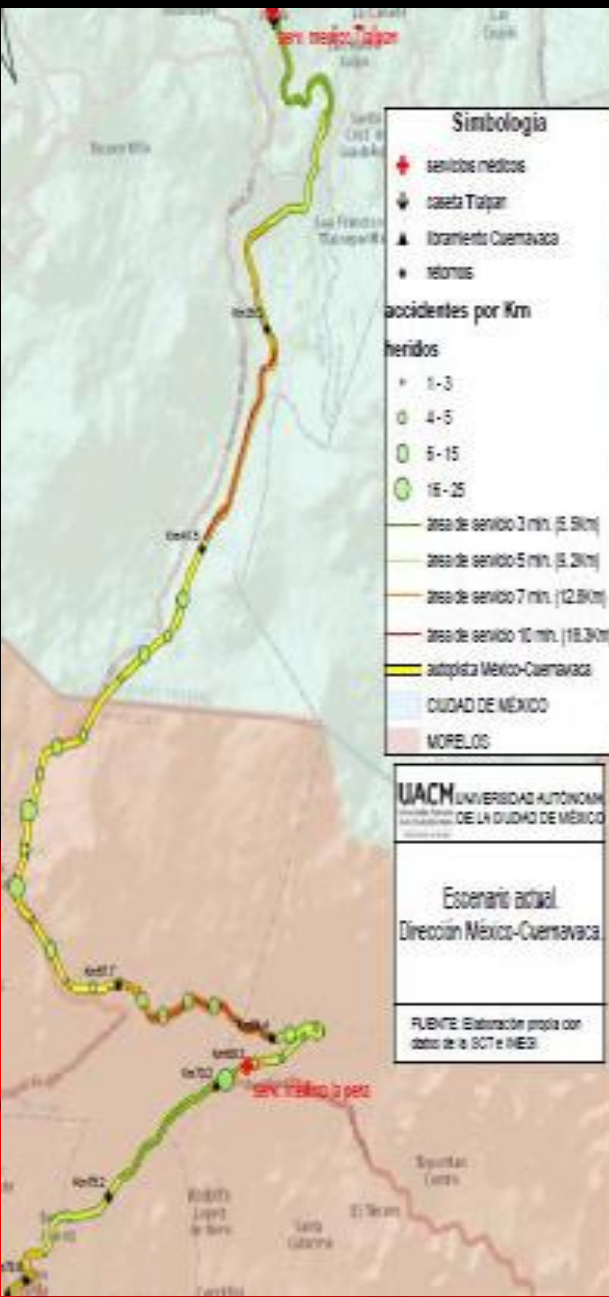
### Escenarios.

1. Servicio directo e indirecto México-Cuernavaca.
2. Servicio directo e indirecto Cuernavaca-México.

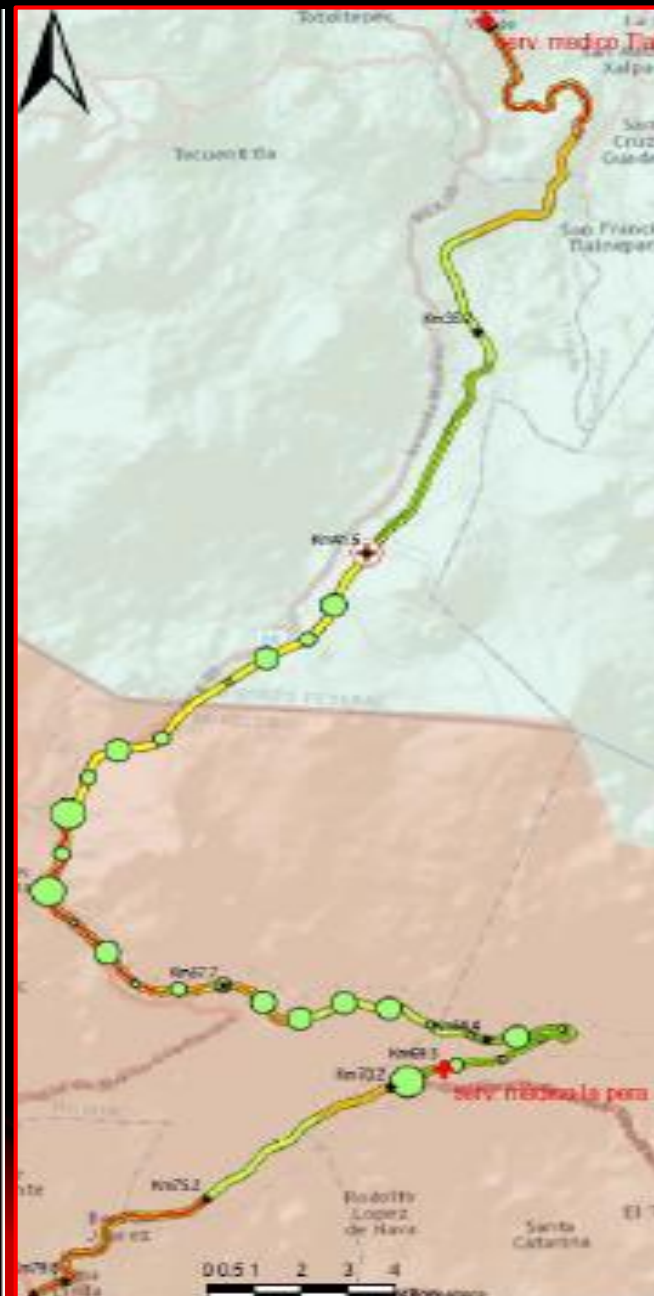
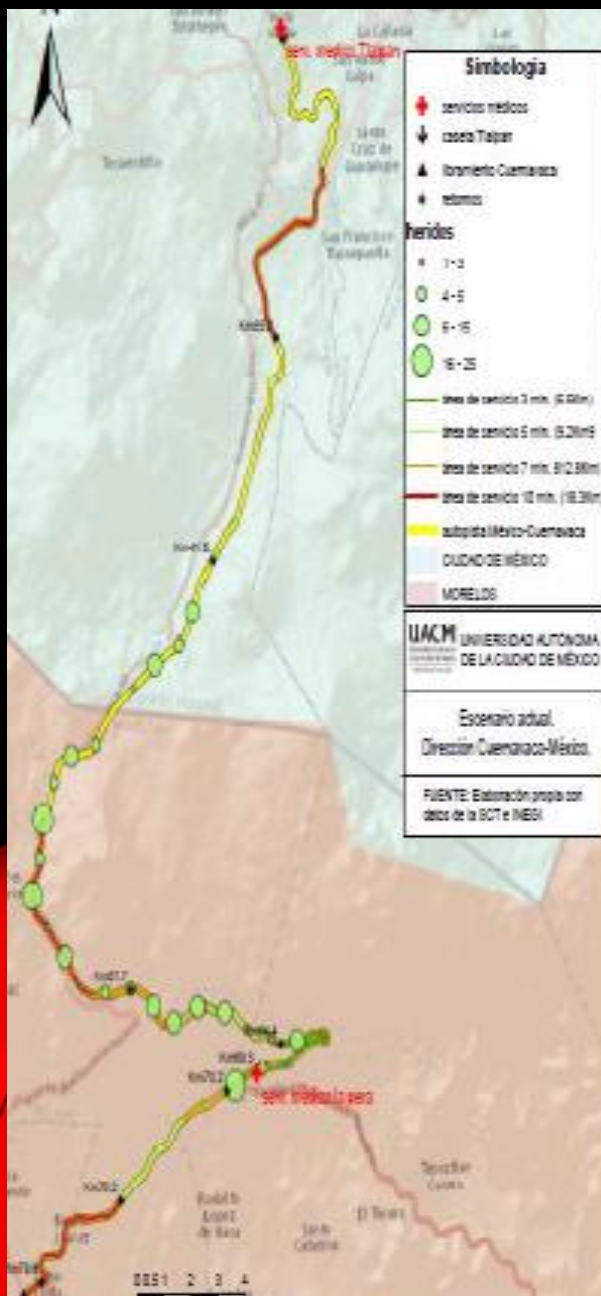
### Propuestas de localización.

1. Ubicarlo en el retorno 2 (KM 41.5)
2. Ubicarlo en el KM 50.5
3. Ubicarlo en el retorno 3 (KM57.5)

# 4. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE UBICACIÓN



# 4. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE UBICACIÓN



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| Propuesta | Ventajas  | Desventajas  |
|-----------|---|--|
| 1         | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Se encontraría localizada en un retorno, por lo que es posible que el servicio médico se pueda ubicar en una o ambas direcciones.</li> <li>ii. Solo es necesario invertir en la instalación del nuevo servicio médico.</li> <li>iii. Con los servicios médicos actuales, más esta propuesta, la dirección México-Cuernavaca se cubriría en su totalidad.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. La dirección Cuernavaca-México no se encuentra completamente cubierta.</li> </ul>  |
| 2         | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Con esta propuesta, más los servicios médicos actuales, los accidentes que ocurran en la dirección a la Ciudad de Cuernavaca quedarían atendidos en su totalidad.</li> <li>ii. A pesar de que en el punto donde se localizaría esta propuesta no existe un retorno, el servicio médico se puede instalar en ambos sentidos de la autopista, y de esta manera no tener que modificar la traza de la autopista.</li> <li>iii. Con esta propuesta se aumentarían las probabilidades de sobrevivencia y/o de no sufrir un traumatismo permanente para las personas que sufran un accidente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. No se encuentra localizado en un retorno, por lo que el servicio médico podría presentar complicaciones para atender algún accidente en alguna de las direcciones.</li> <li>ii. Sería necesario invertir recursos para adecuar la autopista para la construcción de un retorno.</li> <li>iii. La dirección Cuernavaca-México no quedaría completamente atendida, sin embargo, la parte de la autopista que no se encuentra cubierta corresponde a los kilómetros donde no hay registro de accidentes.</li> </ul> |
| 3         | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Se encontraría localizada en un retorno, por lo que el servicio médico se puede localizar en ambos sentidos de la autopista.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Con esta propuesta no se atendería la autopista por completo en ninguna de sus direcciones.</li> </ul>   |

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la presente investigación y sus resultados, se ha logrado cumplir con los objetivos planteados en la misma.
- Asimismo, con las propuestas de ubicación para el nuevo servicio médico se ha demostrado que el tiempo de respuesta y la cobertura de los servicios médicos en la autopista México-Cuernavaca se podría mejorar considerablemente.
- Es importante resaltar que las 3 propuestas de ubicación cuentan con ventajas y desventajas, y que la decisión de elegir alguna de las propuestas implicaría realizar un estudio a detalle del tipo costo – beneficio.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Cabe aclarar que en esta investigación se han dejado de lado algunas consideraciones como lo son el análisis financiero de ubicar las propuestas de los servicios médicos, o la normativa que hay que seguir para poder ubicar un retorno en la autopista.
- Como recomendación se exhorta a los usuarios a conducir con responsabilidad y respetando los límites de velocidad
- De igual forma se exhorta las autoridades correspondientes a realizar una mejor toma de datos con respecto a los accidentes de tránsito, y en hacer énfasis en la aplicación de programas informativos y de prevención de accidentes de tránsito y/o en impulsar políticas públicas que tengan como finalidad el concientizar a la sociedad de la importancia y gravedad de los accidentes de tránsito.



**UACM**

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

---

*Nada humano me es ajeno*

**GRACIAS**