

ITESO, UNIVERSIDAD JESUITA DE  
GUADALAJARA

INGENIERÍA FINANCIERA

INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

---

# Accidentes viales en la Zona Metropolitana de Guadalajara

---

*Autores:*

Alicia Karime González Beltrán  
Ana Goretti Chávez Flores  
Rodrigo Hernández Mota  
José Felipe Sánchez Andaluz

*Supervisor:*

Mtra. Mireya PASILLAS TORRES

16 de marzo de 2018

# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introducción</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. Diagnóstico</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3. Objetivos del proyecto</b>                                | <b>8</b>  |
| 3.1. Objetivo general . . . . .                                 | 8         |
| 3.2. Objetivo específico . . . . .                              | 9         |
| <b>4. Análisis de los participantes</b>                         | <b>10</b> |
| 4.1. SEMOV . . . . .  | 10        |
| 4.2. IMTJ . . . . .   | 10        |
| 4.3. SIOP . . . . .   | 10        |
| 4.4. SEPAF . . . . .  | 11        |
| <b>5. Alternativas de solución</b>                              | <b>12</b> |
| 5.1. Metodologías . . . . .                                     | 12        |
| 5.2. Situación actual . . . . .                                 | 12        |
| 5.2.1. Definición de indicadores . . . . .                      | 14        |
| 5.2.2. Pronóstico: Adopción de tecnología celular . . . . .     | 15        |
| 5.2.3. Pronóstico: Crecimiento del parque vehicular . . . . .   | 17        |
| 5.2.4. Pronóstico: Manejo con distracciones . . . . .           | 18        |
| 5.2.5. Accidentes por uso de smartphone . . . . .               | 20        |
| 5.3. Situación con proyecto . . . . .                           | 21        |
| 5.4. Análisis Costo-Beneficio . . . . .                         | 22        |
| 5.5. Simulación Montecarlo y Análisis de Sensibilidad . . . . . | 22        |
| 5.6. Resultados . . . . .                                       | 22        |
| <b>6. Elaboración de la MIR</b>                                 | <b>23</b> |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>7. Conclusiones</b> | <b>24</b> |
| <b>8. Bibliografía</b> | <b>25</b> |

## 1. Introducción

[agregar contenido]

## 2. Diagnóstico

Datos provenientes de la Secretaría de Movilidad de Jalisco (SEMOV) señalan que en 2016 se generaron más de **23,753 accidentes viales** dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Esta cifra corresponde al 93 % de todos los accidentes viales de todo el estado. Aunado a esto, el INEGI reporta 3,429,847 vehículos en circulación en el estado durante este mismo año. Esto significa que de cada 1000 vehículos se generaron 7 accidentes viales en promedio.

Es imperativo señalar que los accidentes automovilísticos se caracterizan por provocar fuertes repercusiones económicas para los involucrados. Adicionalmente, cifras publicadas por la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) indican que solo el 27 % del parque vehicular en México está asegurado. Esto representa un fuerte riesgo financiero potencial para la población con vehículo en circulación.

El Estado de Jalisco, reconociendo la importancia de atender este problema, ha realizado acciones para disminuir el número de accidentes viales. Las políticas y soluciones que se han implementado muestran un efecto deseable en el cual se percibe un decrecimiento real en el número de accidentes (dado que el parque vehicular ha aumentado durante el mismo periodo de tiempo). A continuación se muestra una gráfica con el número de accidentes viales total por año dentro de la ZMG.

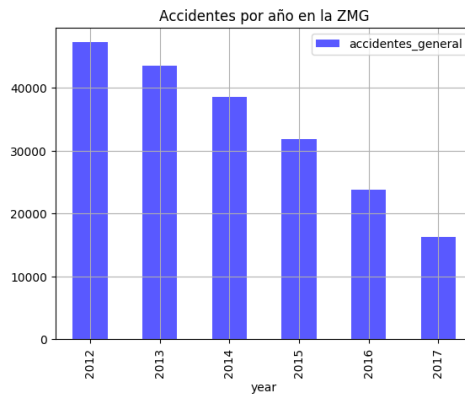


Figura 1: Número de accidentes viales por año dentro de la zona metropolitana de Guadalajara. Fuente: adaptación de datos de SEMOV.

Estas políticas muestran un rendimiento excepcional en la reducción de muertes ocasionados por consumo de bebidas alcoholicas, en donde el efecto más significativo se puede apreciar en el último año de la serie de tiempo.



Figura 2: Número de muertes por consumo de bebidas alcohólicas dentro de la zona metropolitana de Guadalajara. Fuente: adaptación de datos de SEMOV.

Al analizar otras variables, es posible detectar que en general la tendencia ha sido negativa. En particular, es de especial interés mostrar la evolución del numero de accidentes por las categorías de lesionados involucrados, muertes total, y muertes en lugar de accidente.

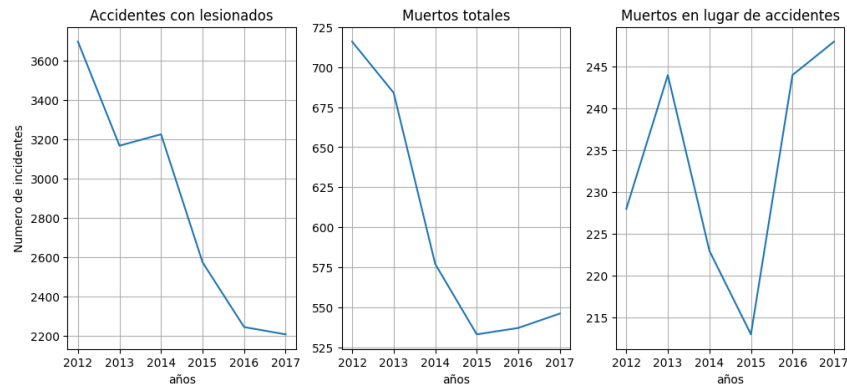


Figura 3: Segregación de accidentes viales dentro de la ZMG por lesionados, muertos y muertos en el lugar de accidente. Fuente: adaptación de datos de SEMOV.

Aunque el número total de accidentes ha disminuido en forma significativa, no todos los niveles de segregación que lo conforman presentan una disminución. Adquiere relevancia identificar en qué segmentos la actual política de SEMOV

presenta resultados deseables y aquellos cuya situación es inmune a estas. En este caso, se puede observar que el número de muertes en el lugar del accidente vial ha incrementado de forma alarmante. Las causas de esto pueden variar desde velocidad de reacción de servicios médicos, condiciones del impacto, muerte instantánea, etc.

Una auditoria sobre la seguridad vial en la ZMG realizada por la SEMOV en colaboración con la Universidad de Guadalajara identifican que entre los problemas de seguridad relevantes se encuentran:

- Desgaste natural del balizamiento.
- Falta de señales viales o en mal estado.
- Insuficientes espacios destinados a la circulación peatonal.

Por otra parte, la SEMOV en su reporte "Zonas de Riesgo" clasifica las causas de accidente viales en:

- Falta de distancia de seguridad.
- Invadir carril contrario.
- Virar indebidamente.
- No respetar señalamiento.
- No respetar semáforos.
- Exceder límites de velocidad.
- Rebaso indebido.
- Falla mecánica del vehículo.
- Exceso de carga o dimensiones.
- Circular en sentido contrario.
- Falta de señalamiento.
- Dormitar.

Este estudio propone el siguiente árbol de problemas (véase Figura 4) con el fin de identificar las causas y consecuencias que desencadena el tema del presente de forma precisa.

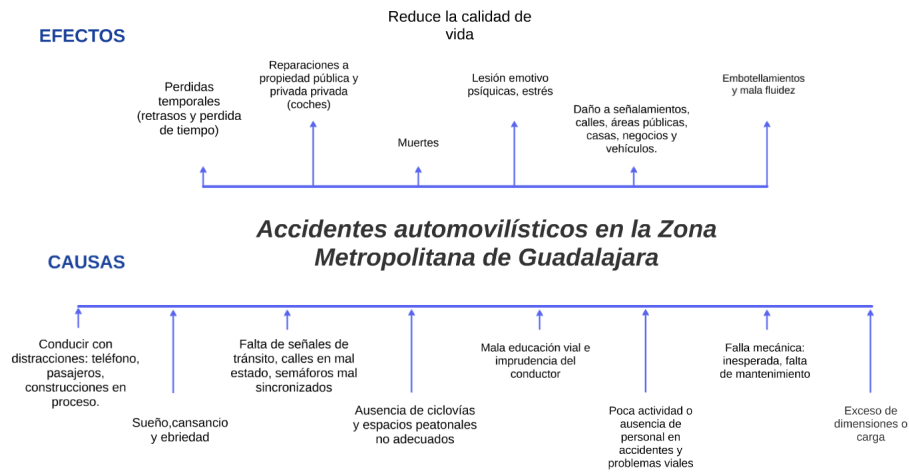


Figura 4: Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.

Las consecuencias que conlleva el problema de los accidentes automovilísticos en una zona tan transitada como lo es la Zona Metropolitana de Guadalajara van desde, daños menores como podrían ser los embotellamientos que impiden la fluidez vehicular y que a su vez ocasionan pérdidas menores temporales como son los retrasos y las pérdidas de tiempo de los conductores, lesiones emotivo-psíquicas y estrés, daños a los señalamientos, calles, áreas públicas o bien lleva a daños aún más graves como lo es la muerte. Efectos que llevan a la población a una disminución de su calidad de vida.



### 3. Objetivos del proyecto

En esta sección se plantean los objetivos del proyecto usando como base el árbol de problemas (figura 4). La intención es usar este árbol para generar de forma análoga un árbol de objetivos. Esta metodología nos permite garantizar que el planteamiento de los objetivos y soluciones está completamente alineado a la identificación de los problemas.

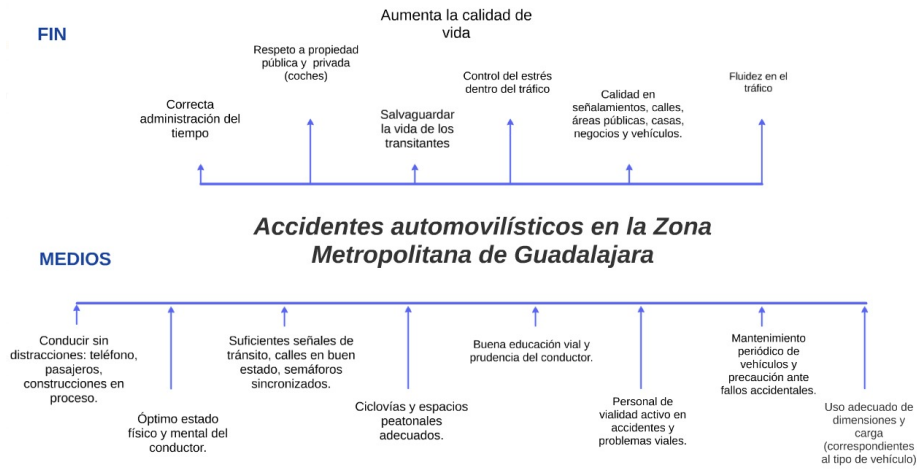


Figura 5: Árbol de objetivos. Fuente: Elaboración propia

#### 3.1. Objetivo general

Usando como referencia el árbol de objetivos (figura 5) presentado anteriormente, se propone el siguiente objetivo general:

*Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de la disminución de accidentes automovilísticos letales en la Zona Metropolitana de Guadalajara.*

El componente medular de este objetivo reconoce que parte del bienestar social es afectado directamente por los accidentes automovilísticos. Este problema tiene el potencial de agravarse sustancialmente con el crecimiento urbano de la ZMG si no se toman las medidas y políticas adecuadas. En este sentido, se pretende analizar información pública disponible para encontrar la relación entre los accidentes viales y las acciones que se pueden llevar a cabo de forma preventiva. Entre estas acciones se identifican políticas públicas y programas sociales con la intención de generar un impacto positivo y benéfico para la sociedad.

Actualmente se tiene evidencia de casos de éxito respecto a programas sociales que pretenden reducir los accidentes viales de una causa en particular. Dentro

de estos casos, destaca el programa de "Salvando Vidas", coordinado por la Secretaría de Movilidad, en donde se atiende de forma exclusiva el consumo de alcohol indebido por conductores de vehículos.

### 3.2. Objetivo específico

Se propone el siguiente objetivo específico:

*Disminuir el número de accidentes automovilísticos letales en la Zona Metropolitana de Guadalajara mediante un esquema de incentivos orientado al uso apropiado del celular.*

Este objetivo se deriva directamente de la parte inferior del árbol en la figura 5. La intención es atender de forma particular y precisa una de las causas más relevantes de la problemática. Esto con el afán de generar un impacto de alto grado y contribuir de una forma más significativa al objetivo general. En particular, se seleccionó este objetivo específico puesto que el uso inadecuado de tecnología celular en zonas urbanas ha presentado una tendencia alcista alarmante.

## 4. Análisis de los participantes

El alcance de este documento se limita a la Zona Metropolitana de Guadalajara. Tal zona está integrada por varios municipios, los cuales conforman el área urbana en su conjunto y comparten infraestructura relevante. Los incidentes viales afectan a la "zona urbana" de forma agregada; por esta razón la problemática a tratar trasciende al orden de gobierno municipal. En este sentido, el siguiente orden de gobierno inmediato es el Estado de Jalisco, en el cual se identifican varios participantes. Por otra parte, la naturaleza del problema tiene una orientación pública significativa. En este caso los ciudadanos pertenecientes a la ZMG están involucrados de forma directa.

En la siguiente tabla se desglosan los participantes:

| Participantes  | Competencia |
|--|-------------|
| Secretaría de Movilidad                              | Estatal     |
| Instituto de Movilidad y Transporte                  | Estatal     |
| Secretaría de Infraestructura y Obra Pública         | Estatal     |
| Secretaría de Planeación y Administración Financiera | Estatal     |
| Ciudadanos   | Público     |

### 4.1. Secretaría de Movilidad del Estado de Jalisco

La Secretaría de Movilidad (SEMOV) es la autoridad en materia de tránsito y vialidad del Estado de Jalisco. Son los encargados de la seguridad y calidad en el desplazamiento de vehículos dentro de la entidad.

### 4.2. Instituto de Movilidad y Transporte del Estado de Jalisco

El Instituto de Movilidad y Transporte es un organismo público y descentralizado del Estado de Jalisco con el objetivo principal de promover la movilidad sustentable. Este instituto se encarga de proponer e implementar actividades para eficientar el transporte. Tiene la facultad de emitir opinión técnica a la SEMOV.

### 4.3. Secretaría de Infraestructura y Obra Pública del Estado de Jalisco

La Secretaría de Infraestructura y Obra Pública (SIOP) se encarga del desarrollo, proyección y construcción de obras públicas en el Estado de Jalisco.

#### **4.4. Secretaría de Planeacion y Administracion Financiera de Jalisco**

La Secretaria de Planeacion y Administración Financiera (SEPAF) es responsable de garantizar que se destinen los bienes y recursos estatales a las acciones que son prioridades en la planeación y desarrollo del estado.

## 5. Alternativas de solución

### 5.1. Metodologías

### 5.2. Situación actual

Actualmente se puede apreciar una disminución en el número de accidentes viales debido a una política para identificar el uso y consumo ilegal de bebidas alcohólicas al conducir. No obstante, a partir del 2015 el número de accidentes automovilísticos letales ha comenzado a aumentar. Esto puede ser producto de la reciente alta adopción de tecnologías celulares en la Zona Metropolitana de Guadalajara. En el año 2015 el porcentaje de usuarios de tecnología celular en Jalisco era del 76.32 %. Esta cifra aumentó a 81.80 % en 2016. La figura 6 muestra la proporción de celulares comunes y smartphones.

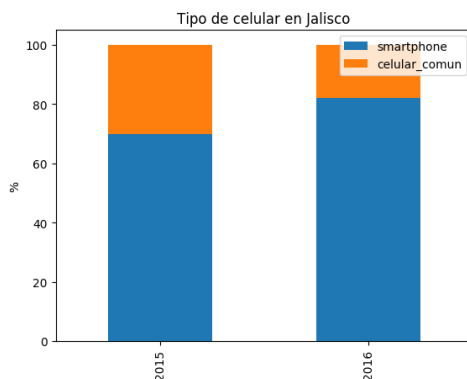


Figura 6: Crecimiento del Smartphone. Fuente: Elaboración propia

La adopción de smartphones ha aumentado durante el periodo del 2015 al 2016 desde el 69.8 % hasta el 82.2 %. En recientes estudios, la Organización Mundial de la Salud ha identificado el uso del celular como un alto factor de riesgo al conducir debido a que genera distracciones visuales, cognitivas, físicas y auditivas.

Por otra parte, la Secretaría de Movilidad identificó en 2016 el porcentaje de conductores afectados por distracciones de celular en distintos municipios pertenecientes a la Zona Metropolitana de Guadalajara. El promedio de la Zona indica que al menos 60 % de los conductores se ven afectados por este tipo de distracciones al conducir.

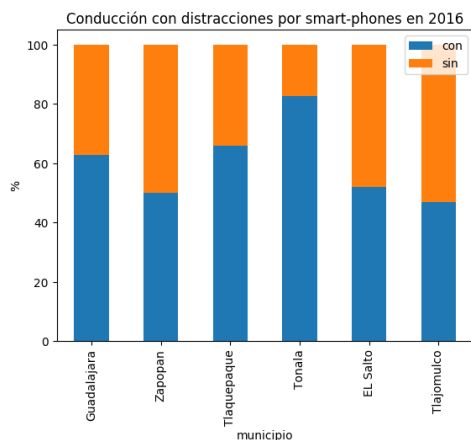


Figura 7: Uso de celular al conducir. Fuente: Elaboración propia

Aunado a esto, el parque vehicular en el Estado de Jalisco tiene una tendencia alcista. Esto significa que el número de vehículos en circulación está en aumento. Tomando en consideración que la adopción de Smartphones también presenta una tendencia a la alta y está fuertemente correlacionada con accidentes automovilísticos, la seguridad vial puede verse afectada de forma relevante.

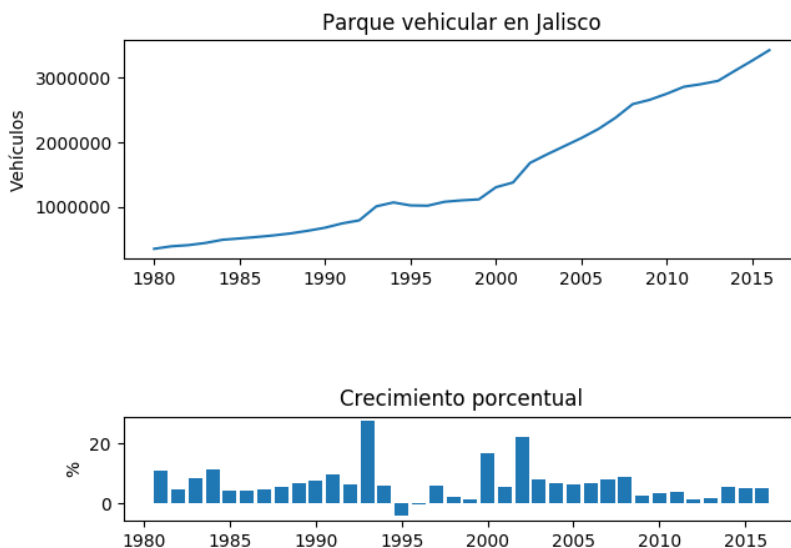


Figura 8: Vehículos en circulación. Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1. Definición de indicadores

Los indicadores nos permitirán medir el desempeño del proyecto bajo distintos escenarios. Respecto al objetivo general, se propone el siguiente indicador:

- **Accidentes automovilísticos letales por año:** número absoluto de accidentes automovilísticos con al menos una muerte involucrada.

La disminución del valor de este indicador se relaciona de forma directa con la intención propuesta en el objetivo general.

Para el objeto particular se proponen:

- **Pocentaje de usuarios que manejan con distracciones:** actualmente 60 % de los conductores manejan con distracciones relacionadas al uso de celular.
- **Número de muertes en accidentes automovilísticos que involucren uso de celular:** cerca del 70 % de los accidentes automovilísticos son generados por uso inapropiado de celular.

- **Ahorro estimado:** la reducción de siniestros tiene beneficios económicos positivos para la población afectada.

Se puede apreciar que los indicadores representan de forma cuantitativa el cumplimiento del objetivo específico. En el caso particular de los primeros dos indicadores se deberá lograr una disminución. Mientras que el último indicador debería aumentar.

### 5.2.2. Pronóstico: Adopción de tecnología celular

Se propone usar un modelo de la familia exponencial para pronosticar la adopción de tecnología celular en el Estado de Jalisco. Asumimos que el porcentaje de adopción a nivel estado es igualmente representativo para la Zona Metropolitana de Guadalajara puesto que esta consta de varios municipios relevantes del mismo y puede ser considerado como una muestra significativa.

El modelo exponencial propuesto en esta sección debe cumplir con las siguientes características:

- Comportamiento asintótico respecto a  $y = 100$  puesto que se están manejando porcentajes.
- Relación no lineal respecto al tiempo ya que se está modelando la adopción de una tecnología.

La siguiente figura ilustra algunos ejemplos de comportamiento exponencial:

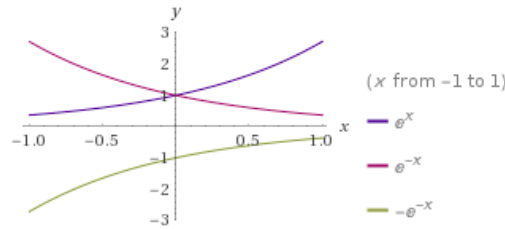


Figura 9: Comportamiento Exponencial. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se busca un modelo de la siguiente forma:

$$f(x) = -\alpha e^{-\beta x} + 100 \quad (1)$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros de ajuste según el contexto del problema.



En el caso de porcentaje de usuarios de telefonía móvil general sabemos que en 2015 se tenía 76.32 % de usuarios y en 2016 81.8 %. Por lo tanto, se buscaron los parámetros tales que:

$$\begin{aligned}f_g(0) &= 76,32 \\f_g(1) &= 81,8\end{aligned}$$

Siguiendo la misma metodología se determinaron los parámetros para el crecimiento del uso de smartphone de tal forma que se cumpliera:

$$\begin{aligned}f_s(0) &= 69,8 \\f_s(1) &= 82,2\end{aligned}$$

Los resultados:

$$\begin{aligned}f_g(x) &= -23,68e^{-0,26321x} + 100 \\f_s(x) &= -30,2e^{-0,52864x} + 100\end{aligned}$$

Con estos modelos se crea un pronóstico para los siguientes 3 años (6 años a partir del 2015).

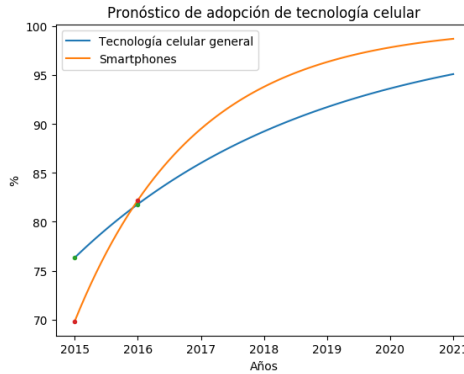


Figura 10: Pronóstico de tasas de adopción. Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que a finales del 2021 aproximadamente 95 % de los

habitantes del Estado tendrán tecnología celular disponible y 98.73 % de estos usuarios tendrán un Smartphone.

Combinando estos pronósticos es posible determinar el porcentaje de la población expuesta al uso de Smartphones.

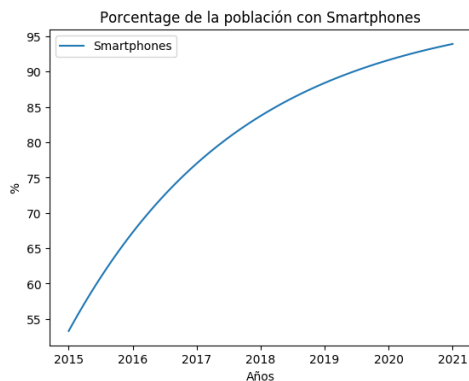


Figura 11: Uso del Smartphone. Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Pronóstico: Crecimiento del parque vehicular

Para pronosticar el crecimiento del parque vehicular en el Estado se usa un modelo con bases probabilísticas que nos permite generar distintas simulaciones e identificar la tendencia media.

En este caso se usó como base el crecimiento histórico generado en los últimos 20 años. la siguiente figura representa de forma visual el resultado de 200 simulaciones para los siguientes 3 años.

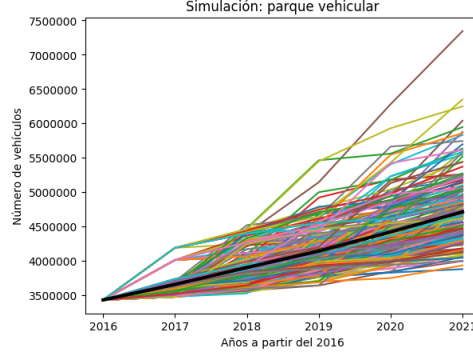


Figura 12: Pronóstico de vehículos en circulación. Fuente: Elaboración propia

La simulación indica que para el 2021 se estiman 4,679,213 vehículos en circulación. En el 2016 se reportaron 7 accidentes por cada 1000 vehículos en circulación y de tales accidentes el 2.26 % fueron fatales.

#### 5.2.4. Pronóstico: Manejo con distracciones

En 2016 el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco identificó que aproximadamente 60 % de los conductores de automóvil manejan con alguna distracción relacionada con el uso de Smartphones. Para modelar la dinámica de esta proporción de conductores podemos asumir que existe una relación proporcional con el porcentaje de usuarios de Smartphone.

Por lo tanto, se define la siguiente relación lineal:

$$\delta_t = k_t s_t \quad (2)$$

Donde  $\delta_t$  representa el porcentaje de conductores que manejan con distracciones de Smartphone,  $k_t$  es un factor proporcional y  $s_t$  es el porcentaje de usuarios de Smartphone. En el caso más simple  $k_t = k$  es constante.

Sabemos que  $s_{2016} = 67,23$  y por lo tanto  $k_{2016} = k = 60/67,23 = 0,892459$ .

Usando los datos del pronóstico anterior, se genera el pronóstico para  $\delta_t$ .

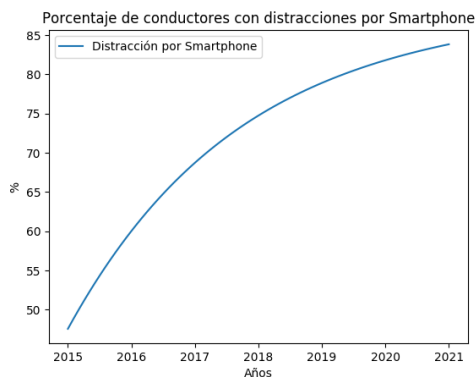


Figura 13: Distracciones generadas por Smartphones. Fuente: Elaboración propia

Para el 2021, usando las tendencias y supuestos mostrados en esta sección, se estima que aproximadamente el 83.81 % de los conductores manejen con distracciones generadas directamente por un smartphone.

Esta cifra es particularmente alarmante puesto que actualmente la SEMOV identifica que cerca del 70 % de los percances viales son generados por usar el celular de forma indebida. La siguiente figura muestra los resultados generales referentes a la adopción de tecnología celular.

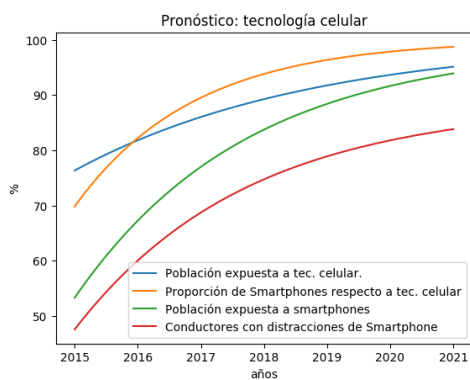


Figura 14: Pronóstico General. Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5. Accidentes por uso de smartphone

Dado el pronóstico del crecimiento del parque vehicular y el porcentaje de conductores expuestos a distracciones con Smartphones, es posible calcular el número de accidentes generados particularmente por el uso de esta tecnología al conducir. Por estadísticas de la Semov, sabemos que en 2016 se registraron 7 accidentes automovilísticos por cada 1000 vehículos en circulación. Adicionalmente, un estudio realizado por este mismo organismo sugiere que actualmente el 70 % de los siniestros son generados por una distracción directa de la tecnología celular. En este sentido entonces podemos asumir 4.9 accidentes por cada 1000 vehículos en circulación.

Por lo tanto, se propone la siguiente formula para calcular el número de accidentes viales generados por el uso de celular, basado en datos del 2016:

$$accidentes_t = \frac{4,9 * vehiculos_t * \delta_t}{1000 * 0,6} \quad (3)$$

Usando esta propuesta obtenemos los siguientes resultados:

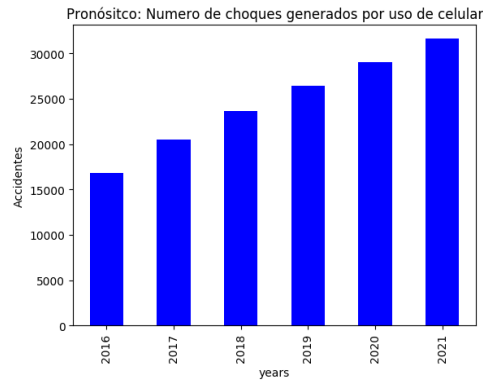


Figura 15: Accidentes generados por SmartPhones. Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la tendencia alcista. De estos resultados, se espera que al menos 2.26 % de tales accidentes sean fatales.

### 5.3. Situación con proyecto

El proyecto pretende generar un alto impacto en la disminución de la siniestralidad generada principalmente por el uso de Smartphones. No obstante, la tendencia de carácter exponencial que muestra la adopción de esta tecnología en la población de interés genera un alto reto.

En particular la implementación del proyecto debería cambiar la constante  $k_t$  por año (en la sección anterior se mostraron los resultados invariantes). Esta constante representa la relación entre los usuarios activos de Smartphones y el porcentaje de conductores con distracciones por esta tecnología.

Bajo un escenario conservador, podríamos esperar que los efectos del proyecto tengan una relación lineal en el tiempo con  $k_t$ . La razón de cambio mínima esperada es de 0,02 unidades.

$$k_t = k - 0,02 * t \quad (4)$$

Con estos supuestos, el pronóstico del porcentaje de conductores con distracciones de smartphone cambiaría de la siguiente forma:

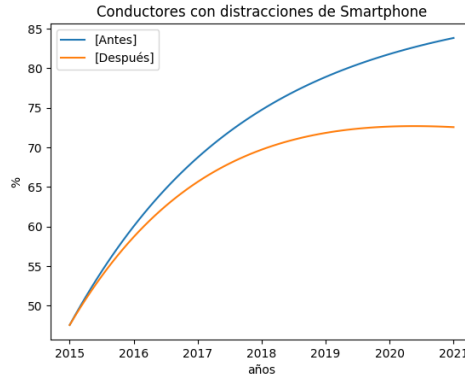


Figura 16: Distracciones por Smartphones al conducir. Fuente: Elaboración propia

Considerando estos resultados el número de accidentes generados por el uso de Smartphones tendría el siguiente comportamiento:

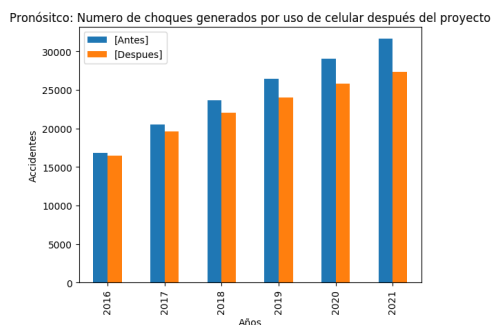


Figura 17: Accidentes viales. Fuente: Elaboración propia

Suponiendo un costo de siniestro promedio de 24,603 MXN (según la Convención de Aseguradores de México) el ahorro monetario anual sería la siguiente:

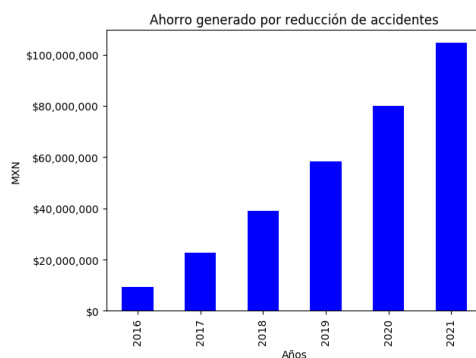


Figura 18: Ahorro generado. Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. Análisis Costo-Beneficio

#### 5.5. Simulación Montecarlo y Análisis de Sensibilidad

#### 5.6. Resultados

## **6. Elaboración de la MIR**

[agregar contenido]



## 7. Conclusiones

[agregar contenido]

## 8. Bibliografía

[agregar contenido]