

## Anexo I: Análisis costo beneficio sobre la geolocalización de llamadas y SMS al número 9-1-1

---

En el presente documento se realiza un análisis costo-beneficio de la implementación de la técnica de geolocalización *Advanced Mobile Location* (AML) para llamadas de emergencia al 9-1-1. Los resultados de este estudio indican que, asumiendo que el número de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes crece a una tasa constante y que la transmisión de la geolocalización es 100% vía SMS, la sociedad mexicana tendría un beneficio neto a perpetuidad de al menos \$495 millones de pesos en el peor de los escenarios y de \$55 mil 995 millones de pesos, en el mejor de los casos. Por otro lado, considerando que las llamadas procedentes muestren una tasa creciente y la transmisión de geolocalización bajo un esquema híbrido, los beneficios netos a perpetuidad oscilarían entre mil 345.6 millones y \$102 mil 946 millones de pesos.

---

# Contenido

Lista de Figuras .....	3
Lista de Tablas .....	3
1.1 Entorno y Jugadores .....	5
1.2 Modelo .....	7
1.2.1 Tasa de Descuento .....	7
2 Costos .....	8
2.1 Tráfico de Llamadas .....	8
2.2 Costos No Recurrentes .....	17
2.3 Costos Recurrentes .....	18
2.4 Costos de Oportunidad .....	20
2.5 Costos Totales .....	23
2.6 Inversión de Operadores Móviles .....	26
3 Beneficios .....	29
3.1 Beneficios Sociales .....	29
3.1.1 Daños Personales .....	29
3.1.2 Daños a propiedad y medio ambiente .....	37
3.2 Beneficios Operativos .....	40
3.3 Beneficios Regulatorios .....	42
3.4 Beneficios por Externalidades y Sinergias .....	43
3.5 Beneficios Totales .....	44
4 Resultados .....	46
Referencias .....	49
Anexos .....	54
Anexo A: Valor Presente Neto .....	54
Anexo B: Reducción en Mortalidad .....	56
Anexo C: VPN con otros escenarios .....	59
Anexo D: Regresión Gama Lasso .....	62

## Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama de interacción de jugadores .....	6
Figura 2: Adopción de AML en los CALLE en México.....	11
Figura 3: Evolución del tráfico local de salida de telefonía móvil (% respecto al total), 2013-2019 .....	12
Figura 4: Evolución del costo recurrente con transmisión 100% vía SMS en millones de pesos, con tasa creciente y constante de llamadas procedentes al 9-1-1 (2021-2030).....	18
Figura 5: Evolución del costo recurrente con transmisión híbrida (SMS + HTTPS) en millones de pesos, con tasa creciente y constante de llamadas procedentes al 9-1-1 (2021-2030).....	19
Figura 6: Inversión en Telecomunicaciones Móviles en México, Principales Operadores, Miles de pesos.....	28
Figura 7: Valor Estadístico de una Vida, Transferencia de Beneficios, Millones de dólares 2017 .....	35
Figura 8: Valor del dinero en el tiempo .....	54

## Lista de Tablas

Tabla 1: Consenso de estimaciones de TSD para México .....	7
Tabla 2: Tiempo promedio de despacho de llamadas al servicio de emergencia 9-1-1, por entidad federativa .....	9
Tabla 3: Proyección de Reducción en Tiempos de Despacho, por entidad federativa .....	10
Tabla 4: Proyecciones de tiempos de despacho y tráfico de llamadas bajo el supuesto: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes .....	13
Tabla 5: Proyecciones de tiempos de despacho y tráfico de llamadas bajo el supuesto: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes .....	15
Tabla 6: Número de Radiobases por Operador al 2018.....	17
Tabla 7: Supuestos Generales para la determinación del CC.....	21
Tabla 8: Componentes CC por Operador Móvil .....	21
Tabla 9: Proyección de Costos de Oportunidad para Operadores Móviles y CALLE. Millones de Pesos .....	22
Tabla 10: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión 100% SMS .....	23
Tabla 11: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión 100% SMS .....	23
Tabla 12: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión híbrida (SMS+HTTPS) .....	24
Tabla 13: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión híbrida (SMS+HTTPS) .....	24
Tabla 14: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los CALLE (pesos) .....	25
Tabla 15: Valor Presente Neto de los costos de geolocalización por AML (millones de pesos de 2020)*.....	25

Tabla 16: Ingresos e Inversión Acumulada 2013-2019 reportada al IFT, Principales Operadores Móviles en México, Miles de Pesos.....	26
Tabla 17: Histórico de Ingresos y PPE de EEFF, Principales Operadores Móviles. Miles de Pesos .....	27
Tabla 18: Proyección de Ingresos y PPE de EEFF, Principales Operadores Móviles. Miles de Pesos .....	27
Tabla 19: Mortalidad en Accidentes de Tránsito en México, 2018 .....	31
Tabla 20: Proyección de llamadas críticas en tiempo: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes.....	33
Tabla 21: Revisión de la literatura de estimaciones de VEV para México .....	36
Tabla 22: Proyecciones de eficiencias operativas por CALLE bajo el supuesto: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y el escenario: Base.....	40
Tabla 23: Proyecciones de eficiencias operativas por CALLE bajo el supuesto: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y el escenario: Base.....	41
Tabla 24: Proyecciones de beneficios con tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes (pesos).....	44
Tabla 25: Proyecciones de beneficios con tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes (pesos).....	44
Tabla 26: Valor Presente Neto de los beneficios de geolocalización por AML (millones de pesos de 2020)* .....	45
Tabla 27: Valor Presente Neto por escenario bajo el supuesto de una tasa constante de llamadas procedentes y una transmisión 100% SMS .....	46
Tabla 28: Valor Presente Neto a 10 años de costos y beneficios por tipo de población para los distintos escenarios bajo el supuesto de una tasa constante de llamadas procedentes y una transmisión 100% SMS .....	47
Tabla 29: Estimación cualitativa de la implementación de AML .....	48
Tabla 30: Extracto de la Tabla III. Coeficiente de la regresión reducida de la mortalidad sobre la distancia, la regresión por OLS de la mortalidad sobre el tiempo de respuesta, y la regresión de la mortalidad sobre la distancia y la variable instrumental para el tiempo de respuesta. ....	56
Tabla 31: Reducción en la mortalidad por cada minuto que se reduce el tiempo de respuesta .....	57
Tabla 32: Reducción en la probabilidad de muerte por cada minuto que se reduce el tiempo de respuesta .....	57
Tabla 33: Resultados de regresión de la mortalidad por cada 1,000 casos y los minutos promedio de atención en accidentes atendidos por el sistema de salud de México.....	58
Tabla 34: Resultados de regresión de la mortalidad sobre género, edad y los minutos promedio de atención en accidentes atendidos por el sistema de salud de México.....	58

## 1.1 Entorno y Jugadores

Tras analizar la información disponible para el presente proyecto y como resultado de diversas reuniones sostenidas con funcionarios federales y locales, así como con operadores de servicios móviles, se identificó una serie de jugadores o agentes que estarían involucrados en la implementación de las distintas técnicas de geolocalización para los servicios de emergencia del 9-1-1. Dichos jugadores se pueden clasificar en seis categorías:

1. Población de México
  - a. Usuarios de smartphones
  - b. Usuarios de celulares no-smartphones
2. Gobierno
  - a. Gobierno Federal: Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP), Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) y Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)<sup>1</sup>.
  - b. Gobiernos estatales: Centros de Atención de Llamadas de Emergencia (CALLE)<sup>2</sup>.
3. Empresas de Tecnología que gestionan el envío de localización
  - a. Apple – HELO
  - b. Google – ELS
4. Empresas de Tecnología que proveen plataformas de respuesta de emergencia (Gateways)
5. Principales proveedores de equipos móviles en México<sup>3</sup>
  - a. Samsung
  - b. Motorola
  - c. Huawei
  - d. Apple
  - e. LG
  - f. Xiaomi
  - g. ZTE
  - h. Alcatel
  - i. Sony
6. Operadores de Telecomunicación
  - a. Operadores Fijos
  - b. Operadores Móviles (OM): AT&T, Telcel, GTM y Altan<sup>4</sup>.

La Figura 1 muestra un diagrama general con el flujo que siguen las llamadas y comunicaciones de geolocalización a través de AML. Conforme a este diagrama, una vez que los *smartphones* están configurados para enviar la geolocalización por AML, los Operadores Móviles son los responsables de transmitir el tráfico de voz a los CALLE y el tráfico de SMS/HTTPS a los Centros

<sup>1</sup> Reunión con representantes del SESNSP e IFT

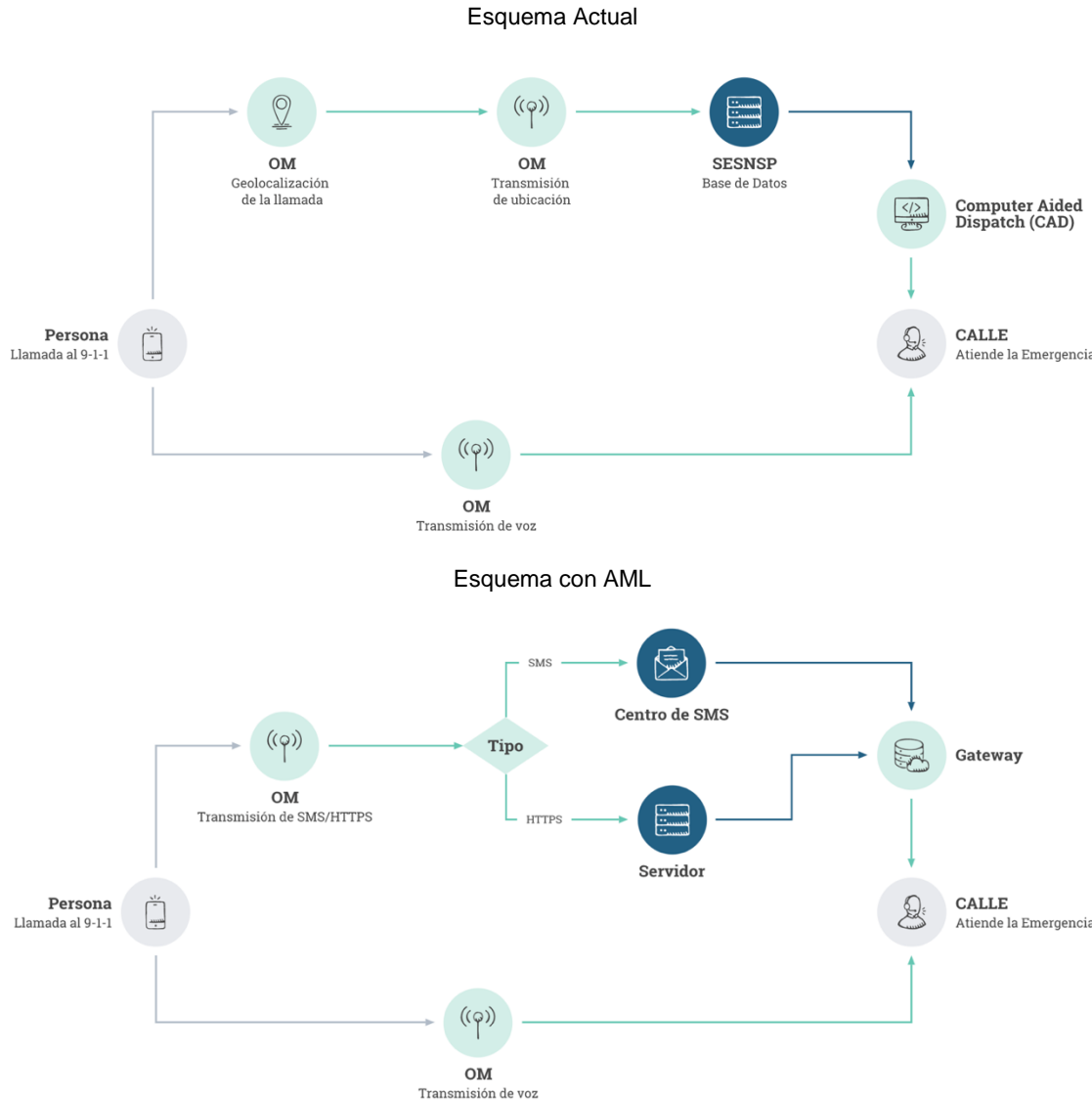
<sup>2</sup> Reuniones con representantes del C5 en Colima y Nuevo León

<sup>3</sup> Distribución de mercado para *smartphones* a febrero 2020 (Statista Market Share, 2020)

<sup>4</sup> Reunión con representantes de AT&T y Altan

de SMS y/o servidores para que éstos a su vez envíen la geolocalización a los Gateway. La transferencia de los datos de geolocalización se puede hacer a través de SMS o HTTPS, y las empresas de tecnología (Google/Apple) son quienes configuran el canal de salida (SMS/HTTPS) en el sistema operativo del dispositivo. Una vez que los Gateway tienen los datos de geolocalización, los CALLE pueden acceder a ellos mediante su conexión a la base de datos.

Figura 1: Diagrama de interacción de jugadores



Fuente: Elaboración con información recopilada de los Operadores Móviles (OM), Gateways y Entidad Gubernamentales.

## 1.2 Modelo

El modelo utilizado en el presente estudio está basado en descontar los flujos de costos y beneficios asociados al proyecto a una Tasa Social de Descuento (TSD) y así obtener Valor Presente Neto, cuya fórmula es:

$$VPN = \sum VP(Beneficios) - \sum VP(Costos)$$

A partir de este análisis, se podría determinar si el proyecto es económicamente viable. Es decir, si los beneficios en términos monetarios son mayores a los costos. Para más información sobre la metodología sobre el cálculo del Valor Presente Neto, véase el Anexo A.

### 1.2.1 Tasa de Descuento

Para determinar la tasa con la cual se descuentan los flujos de costos y beneficios se recurrió a distintas fuentes de información que la estiman mediante un análisis riguroso y cálculos precisos. La tasa adecuada para realizar este análisis costo-beneficio es el Costo de Oportunidad del Capital para México, comúnmente llamada Tasa Social de Descuento (TSD), ya que esta es un ponderado de tres factores: el costo de capital privado, la tasa de interés para los consumidores, y el costo marginal de los fondos extranjeros (Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2017).

Diversos estudios realizados por entidades especializadas coinciden en que la TSD adecuada para México se encuentra, en promedio, alrededor del 10%. Por mencionar un ejemplo, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) actualmente utiliza una tasa social de descuento de 10% para la preparación y evaluación de los costos y beneficios de los programas y proyectos de inversión que se publican en el Diario Oficial de la Federación (DOF) según la legislación vigente.

En la Tabla 1 se muestra el consenso de diversas entidades respecto a la TSD que se debe utilizar para México.

Tabla 1: Consenso de estimaciones de TSD para México

Entidad	Tasa Social de Descuento
<i>México</i>	
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2015)	10%
Auditoría Superior de la Federación (ASF, 2018)	10%
<i>Organismos Internacionales</i>	
Banco Interamericano de Desarrollo (Campos et al, 2016)	10%
Banco Mundial (Coppola et al, 2014)	10%
<i>Academia</i>	
Boardman et al, 2018	10%

Esta tasa permitirá descontar los flujos de costos y beneficios en términos monetarios que el proyecto genere durante los próximos 10 años, el horizonte que se eligió para el presente análisis.

## 2 Costos

Para el análisis Costo-Beneficio del Sistema de Emergencias 9-1-1, se han identificado tres tipos de costos.

- *No-Recurrentes*, que se refieren a la adquisición de equipos, implementación del punto final y configuración de redes.
- *Recurrentes*, que están relacionados con el tráfico de datos, envío de mensajes SMS, llamadas de voz a los Centros de Atención de Llamadas de Emergencia (CALLE), mantenimiento de sistemas y capacitación del personal.
- *Costo de oportunidad*, el cual se define como la segunda mejor opción de implementar AML. En otras palabras, se puede hacer una estimación de los costos de oportunidad mediante los proyectos alternativos que pudieran ser desarrollados con el presupuesto destinado a la implementación del AML por parte de los CALLE y operadores.

### 2.1 Tráfico de llamadas

Para poder estimar los costos y beneficios de la implementación de técnicas de la geolocalización en llamadas al 9-1-1, fue necesario estimar el tráfico de llamadas a los CALLE. Para este fin, se utilizó la información que publica el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP) para obtener el número de llamadas procedentes al sistema de emergencia 9-1-1 por entidad federativa de 2017 a 2020. Dado que el SESNSP sólo reporta el número total de llamadas al 9-1-1 y el porcentaje de procedencia. Para obtener estos datos, en cada entidad federativa se multiplicó el número total de llamadas al 9-1-1 por el porcentaje de procedencia para los años de 2017 y 2020.<sup>5</sup>

Para los datos de 2021 a 2030 se obtuvieron dos escenarios. En un escenario se asumió que las llamadas procedentes crecían al mismo ritmo que la población en cada entidad federativa. Las proyecciones poblacionales hasta 2030 se obtuvieron del Consejo Nacional de Población (CONAPO). En el segundo escenario se asumió que las llamadas procedentes crecían a una tasa creciente. Para obtener el segundo escenario, se realizó una estimación econométrica llamada Regresión Gamma Lasso<sup>6</sup>, en la cual se consideraron variables como tasa de accidentes por cada mil habitantes, tasa del número de vehículos por cada mil habitantes y el número de homicidios dolosos por cada mil habitantes.<sup>7</sup>

El siguiente paso fue calcular el tiempo promedio de despacho de una llamada de emergencia al número 9-1-1 por entidad federativa. Estos datos se obtuvieron de la “Evaluación a los Centros de Atención de Llamadas de Emergencia (CALLE) y propuesta para mejorar su servicio” realizada por la asociación civil “Causa en Común” en 2019. En dicha evaluación, no todas las entidades federativas reportaron sus tiempos de despacho y atención de llamadas al servicio

---

<sup>5</sup> Al momento de hacer el presente análisis, el SESNSP para 2020 sólo se había reportado el número de llamadas hasta septiembre de 2020. Por tal motivo, se extrapoló el número de llamadas para todo el año vía una transformación lineal.

<sup>6</sup> La regresión Lasso (*least absolute shrinkage and selection operator*) es una técnica de aprendizaje estadístico que sirve para seleccionar las variables explicativas que se deben incluir en un modelo estadístico, sin caer en un sobre-ajuste del modelo a los datos de la muestra utilizada. Para más información ver Anexo D.

<sup>7</sup> Dada la disponibilidad de información, se asumió que estas variables son un buen *proxy* para estimar el número de llamadas procedentes.



de emergencia 9-1-1. Para poder estimar los tiempos de despacho, se hizo un modelo econométrico en dos etapas. En la primera etapa, se creó un modelo para estimar el tiempo de respuesta a llamadas de emergencia médica, el cual incluyó el índice de pobreza y el número de vehículos para cada 1,000 habitantes como variables independientes. En una segunda fase, las predicciones obtenidas en el modelo anterior se usaron como insumo para poder hacer las predicciones de los tiempos de despacho para cada entidad federativa. Los tiempos de despacho por entidad federativa se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Tiempo promedio de despacho de llamadas al servicio de emergencia 9-1-1, por entidad federativa

Entidad Federativa	Tiempo promedio de despacho (minutos)	Entidad Federativa	Tiempo promedio de despacho (minutos)
Nuevo León	2.445	Zacatecas	3.413
Coahuila	2.676	Campeche	3.415
Baja California Sur	2.840	Yucatán	3.427
Querétaro	2.939	Chiapas	3.434
Baja California	2.960	Puebla	3.459
Aguascalientes	3.035	Veracruz	3.559
Hidalgo	3.093	Morelos	3.809
Jalisco	3.137	Guerrero	3.911
Sinaloa	3.139	Chihuahua	4.238
Tamaulipas	3.159	Sonora	4.401
Quintana Roo	3.162	Tabasco	4.743
Nayarit	3.217	Tlaxcala	4.981
Colima	3.219	Michoacán	5.448
Durango	3.226	Ciudad de México	6.097
Oaxaca	3.341	San Luis Potosí	6.335
Guanajuato	3.411	México	6.461

Fuente: Elaboración propia con información de Causa en Común y estimaciones hechas por los autores del presente estudio.

El siguiente paso consistió en comparar el tiempo de despacho antes de la implementación del AML y después de su puesta en marcha en los distintos C5 del territorio nacional. Durante una reunión con personal del C5 de Colima se mencionó que, con ELS, el tiempo de geolocalización se redujo de 60 a 30 segundos. Por otro lado, con base en información provista por el C5 de Nuevo León, tras la introducción del ELS, la geolocalización tarda 36 segundos en dicha entidad. Para el resto de las entidades federativas se asumió que hubo una reducción de 60 a 30 segundos en la geolocalización, lo cual es consistente con las características técnicas de AML, así como con las reducciones observadas en otros países<sup>8</sup>. El desglose del tiempo de despacho para cada entidad federativa se muestra en la Tabla 3.

<sup>8</sup> De acuerdo con el proyecto Help112 de la Comisión Europea, gracias a la mejor precisión que ofrece AML, el tiempo de atención de las llamadas de emergencia en la Unión Europea disminuyó en promedio 30 segundos, y más de 1.5 minutos en las zonas rurales (European Emergency Number Association (EENA), 2017).

Tabla 3: Proyección de Reducción en Tiempos de Despacho, por entidad federativa

Entidad Federativa	Sin AML (minutos)	Con AML (minutos)	Reducción (%)
Aguascalientes	3.03	2.53	-16.5%
Baja California	2.96	2.46	-16.9%
Baja California Sur	2.84	2.34	-17.6%
Campeche	3.42	2.92	-14.6%
Chiapas	3.43	2.93	-14.6%
Chihuahua	4.24	3.74	-11.8%
Ciudad de México	6.10	5.60	-8.2%
Coahuila	2.68	2.18	-18.7%
Colima	3.22	2.72	-15.5%
Durango	3.23	2.73	-15.5%
Guanajuato	3.41	2.91	-14.7%
Guerrero	3.91	3.41	-12.8%
Hidalgo	3.09	2.59	-16.2%
Jalisco	3.14	2.64	-15.9%
México	6.46	5.96	-7.7%
Michoacán	5.45	4.95	-9.2%
Morelos	3.81	3.31	-13.1%
Nayarit	3.22	2.72	-15.5%
Nuevo León	2.44	2.04	-16.4%
Oaxaca	3.34	2.84	-15.0%
Puebla	3.46	2.96	-14.5%
Querétaro	2.94	2.44	-17.0%
Quintana Roo	3.16	2.66	-15.8%
San Luis Potosí	6.33	5.83	-7.9%
Sinaloa	3.14	2.64	-15.9%
Sonora	4.40	3.90	-11.4%
Tabasco	4.74	4.24	-10.5%
Tamaulipas	3.16	2.66	-15.8%
Tlaxcala	4.98	4.48	-10.0%
Veracruz	3.56	3.06	-14.0%
Yucatán	3.43	2.93	-14.6%
Zacatecas	3.41	2.91	-14.6%

\*Estimación con base en NL y Colima.

Durante una conferencia con personal del C5 de Colima se mencionó que con ELS el tiempo de geolocalización se redujo de 60 a 30 segundos (66% menor).

Nuevo León indicó que las llamadas con ELS se geolocalizaron en 36 segundos.

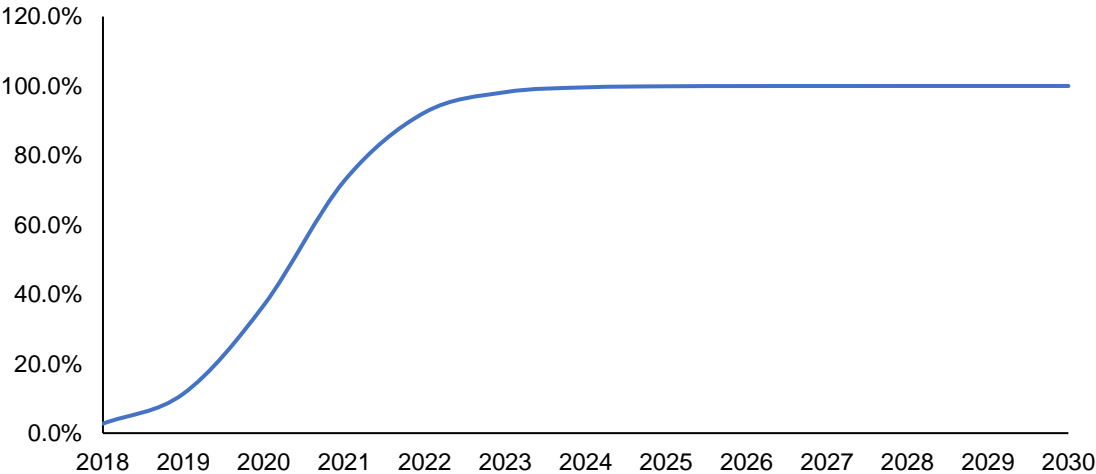
Se asume una reducción de 60 a 30 segundos en la geolocalización para el resto de las Entidades Federativas.

Dado que las estimaciones anteriores se obtuvieron para las llamadas procedentes, se calcularon las llamadas totales a los CALLE a partir de las proyecciones de los porcentajes de procedencia. Es decir, se dividió el número de llamadas procedentes entre la estimación del porcentaje de procedencia para obtener el número total de llamadas para cada entidad federativa. Se obtuvo el número total de llamadas dado que existe un costo por el concepto de SMS y HTTPS tanto en las llamadas procedentes como en las improcedentes.

A su vez, es importante señalar que la introducción de AML ha sido gradual en cada una de las entidades federativas. Esto se pudo constatar a partir de reuniones con proveedores de los CALLE.

Con dicha información se pudo estimar la Figura 2 que muestra una curva de adopción, en la que se observa que, a partir de 2023, AML estaría operando en 98.2% de los CALLE del país. Esta curva de adopción depende de factores como el presupuesto público asignado a los CALLE, la familiaridad que tengan los operadores con AML y la tendencia con la que los CALLE implementen esta tecnología. De acuerdo con empresas proveedoras de la tecnología AML en México, en julio de 2019 se implementó ELS (Android) en seis CALLE para cinco entidades federativas (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Coahuila y Jalisco). Mientras que, a diciembre de 2020, trabajaba con 59 CALLE en 15 entidades federativas. En resumen, a diciembre de 2020 se estima que AML/ELS opera en 36% de los CALLE.

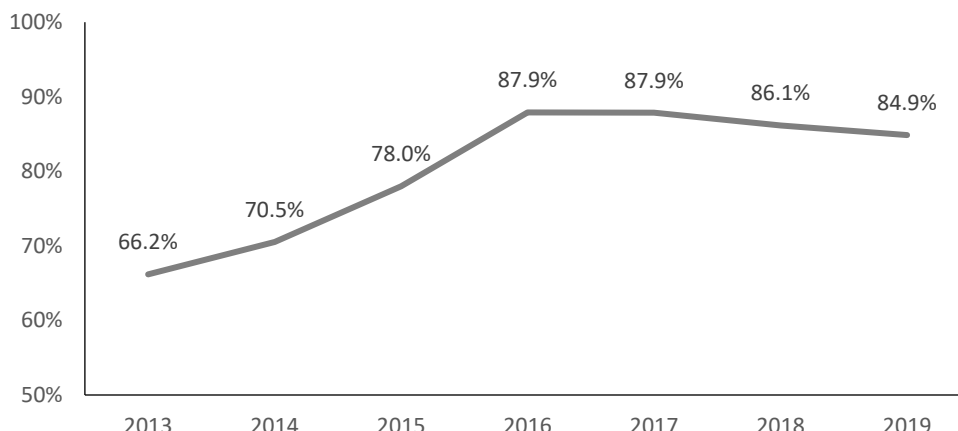
Figura 2: Adopción de AML en los CALLE en México



Fuente: Elaboración propia con información recopilada de los Gateway.

Debido a que las técnicas de geolocalización aplican exclusivamente a teléfonos móviles, al número de llamadas totales al 9-1-1 se multiplicó por el porcentaje de tráfico móvil. El tráfico local de salida se obtuvo del IFT. La evolución este tráfico se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Evolución del tráfico local de salida de telefonía móvil (% respecto al total), 2013-2019



Fuente: Elaboración propia con información del Banco de Información de Telecomunicaciones del IFT.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos para los distintos escenarios de tráfico de llamadas al sistema de emergencia 9-1-1. El primer escenario considera una tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, mientras que el segundo una tasa creciente. Dichas tablas muestran los resultados para cada una de las variables enunciadas en la presente sección del documento.

Por ejemplo, asumiendo el supuesto de tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes (ver Tabla 4), para 2021 la primera variable de interés es “llamadas potencialmente geolocalizables” la cual se obtuvo al multiplicar el número de “llamadas al 9-1-1” (57,438,781) por tres factores: el porcentaje de tráfico móvil en 2021 (85.8%), el porcentaje de *smartphones* en el mercado (95.7%) y el porcentaje de *smartphones* aptos para AML (98.7%)<sup>9</sup>. La siguiente variable de interés es el “tráfico de llamadas sin AML (minutos)”, la cual se obtuvo al multiplicar el número de “llamadas potencialmente geolocalizables” por el “tiempo promedio de despacho por llamada sin AML (minutos)” (3.85 minutos) por la proporción de CALLE sin AML (53/194). De igual modo, el “tráfico de llamadas con AML (minutos)” se calculó al multiplicar el número de “llamadas potencialmente geolocalizables” por el “tiempo promedio de despacho por llamada con AML (minutos)” (3.32) por la proporción de CALLE con AML (141/194). Dado que el número de CALLE que operan con AML es mayor que el número de CALLE que operan sin este sistema, el tráfico de llamadas geolocalizadas con AML es mayor que el tráfico de llamadas geolocalizadas sin AML.

Finalmente, el tráfico de llamadas potencialmente geolocalizables disminuye en el tiempo debido a la tendencia a la baja en el número de llamadas no procedentes. Es decir, en el tiempo los CALLE han recibido menos llamadas no procedentes, lo cual genera una tendencia a la baja en el número total de llamadas al 9-1-1.

<sup>9</sup> El resultado del ejemplo varía de la tabla debido al redondeo de las proporciones a un decimal.

Tabla 4: Proyecciones de tiempos de despacho y tráfico de llamadas bajo el supuesto: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes

	2021	2022	2023	2024	2025
Llamadas al 9-1-1	57,438,781	50,754,999	45,542,657	41,360,881	37,928,887
<b>Llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	46,528,590	41,722,646	37,767,858	34,405,898	31,666,586
Llamadas no procedentes	33,204,051	28,070,821	23,867,954	20,338,485	17,426,205
Llamadas procedentes	13,324,539	13,651,826	13,899,904	14,067,413	14,240,381
Número de CALLE en operación a nivel nacional	194	194	194	194	194
Número de CALLE sin AML	53	15	3	1	0
Número de CALLE con AML	141	179	191	193	194
Tiempo promedio de despacho por llamada sin AML (minutos)	3.85	3.85	3.84	3.84	3.84
Tráfico de llamadas sin AML (minutos)	48,953,059	12,230,300	2,580,427	522,584	105,769
Tiempo promedio de despacho por llamada con AML (minutos)	3.32	3.32	3.31	3.31	3.31
Tráfico de llamadas con AML (minutos)	112,370,626	127,911,610	122,960,402	113,457,113	104,625,724
<b>Tráfico de llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	<b>161,323,685</b>	<b>140,141,910</b>	<b>125,540,829</b>	<b>113,979,697</b>	<b>104,731,493</b>
Tiempo promedio de despacho por llamada (minutos)	3.48	3.36	3.33	3.31	3.31
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada	0.37	0.48	0.52	0.53	0.53

	2026	2027	2028	2029	2030
Llamadas al 9-1-1	35,059,485	32,622,953	30,526,638	28,702,515	27,099,543
<b>Llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	29,369,963	27,382,108	25,670,365	24,172,688	22,846,959
Llamadas no procedentes	14,963,161	12,832,365	10,982,025	9,354,308	7,908,414
Llamadas procedentes	14,406,802	14,549,743	14,688,340	14,818,380	14,938,545
Número de CALLE en operación a nivel nacional	194	194	194	194	194
Número de CALLE sin AML	0	0	0	0	0
Número de CALLE con AML	194	194	194	194	194
Tiempo promedio de despacho por llamada sin AML (minutos)	3.83	3.83	3.82	3.82	3.82
Tráfico de llamadas sin AML (minutos)	21,521	4,399	904	187	39
Tiempo promedio de despacho por llamada con AML (minutos)	3.30	3.30	3.30	3.29	3.29
Tráfico de llamadas con AML (minutos)	96,992,512	90,339,018	84,599,844	79,576,732	75,130,418
<b>Tráfico de llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	<b>97,014,033</b>	<b>90,343,417</b>	<b>84,600,748</b>	<b>79,576,919</b>	<b>75,130,457</b>
Tiempo promedio de despacho por llamada (minutos)	3.30	3.30	3.30	3.29	3.29
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53

Tabla 5: Proyecciones de tiempos de despacho y tráfico de llamadas bajo el supuesto: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes

	2021	2022	2023	2024	2025
Llamadas al 9-1-1	66,787,358	62,895,436	60,215,236	58,415,486	57,288,417
<b>Llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	54,101,455	51,702,573	49,935,612	48,592,709	47,829,734
Llamadas no procedentes	38,608,250	34,785,274	31,557,546	28,724,787	26,320,828
Llamadas procedentes	15,493,204	16,917,300	18,378,066	19,867,922	21,508,906
Número de CALLE en operación a nivel nacional	194	194	194	194	194
Número de CALLE sin AML	53	15	3	1	0
Número de CALLE con AML	141	179	191	193	194
Tiempo promedio de despacho por llamada sin AML (minutos)	3.90	3.91	3.92	3.92	3.93
Tráfico de llamadas sin AML (minutos)	57,644,223	15,396,792	3,476,789	754,425	163,785
Tiempo promedio de despacho por llamada con AML (minutos)	3.37	3.38	3.39	3.39	3.40
Tráfico de llamadas con AML (minutos)	132,536,562	161,337,531	166,037,954	164,197,804	162,460,200
<b>Tráfico de llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	<b>190,180,785</b>	<b>176,734,323</b>	<b>169,514,743</b>	<b>164,952,228</b>	<b>162,623,986</b>
Tiempo promedio de despacho por llamada (minutos)	3.53	3.42	3.40	3.39	3.40
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada	0.37	0.48	0.52	0.53	0.53

	2026	2027	2028	2029	2030
Llamadas al 9-1-1	56,698,901	56,556,678	56,800,906	57,390,590	58,298,908
<b>Llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	<b>47,497,691</b>	<b>47,470,904</b>	<b>47,764,839</b>	<b>48,333,215</b>	<b>49,150,377</b>
Llamadas no procedentes	24,198,723	22,246,789	20,434,250	18,703,910	17,013,272
Llamadas procedentes	23,298,968	25,224,115	27,330,589	29,629,305	32,137,104
Número de CALLE en operación a nivel nacional	194	194	194	194	194
Número de CALLE sin AML	0	0	0	0	0
Número de CALLE con AML	194	194	194	194	194
Tiempo promedio de despacho por llamada sin AML (minutos)	3.94	3.95	3.95	3.96	3.97
Tráfico de llamadas sin AML (minutos)	35,786	7,864	1,740	387	86
Tiempo promedio de despacho por llamada con AML (minutos)	3.41	3.41	3.42	3.43	3.43
Tráfico de llamadas con AML (minutos)	161,771,135	162,022,645	163,339,788	165,583,202	168,670,908
<b>Tráfico de llamadas potencialmente geolocalizables con AML</b>	<b>161,806,921</b>	<b>162,030,509</b>	<b>163,341,527</b>	<b>165,583,589</b>	<b>168,670,995</b>
Tiempo promedio de despacho por llamada (minutos)	3.41	3.41	3.42	3.43	3.43
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54



## 2.2 Costos No Recurrentes

Durante la investigación de campo, funcionarios de los C5 de Monterrey y de Colima, comentaron que no fue necesario ningún tipo de inversión adicional para adaptar AML a sus servicios, únicamente actualizaciones de software que no requirieron costo monetario alguno. Asimismo, se cuenta con el *Manual Técnico de la Norma para homologar características y TICs de los Centros de Control, Comando, Cómputo y Comunicaciones (C5)* elaborado por el SESNSP cuya función es homologar características, tecnología, infraestructura y sistemas de los C5; es decir, en el manual se estipulan los elementos con los que se deben contar para el desempeño de sus funciones. Asumiendo que los 194 CALLE del país cumplen con la Norma, se puede concluir que el costo no recurrente para los CALLE es cero.

En el caso de los Costos no Recurrentes de los operadores móviles, se obtuvo información proporcionada por operadores en la consulta de “*Revisión a la regulación sobre la localización geográfica de llamadas al número de emergencia 9-1-1*” realizada por el IFT. En dicha consulta pública, algunos operadores señalaron que no incurrirían en costos de inversión para dicho propósito (CAPEX, OPEX o ambas), opinión que fue ratificada en las pláticas que se tuvieron con representantes de dichas empresas. Sin embargo, los proveedores de servicio de geolocalización consultados para la realización de este estudio indicaron que se incurriría en un costo fijo equivalente a 40 dólares por radiobase, esto con el propósito de permitir que los mensajes SMS, DATA SMS y HTTPS fluyan de manera correcta durante una llamada de emergencia.

Con base en la información provista por los proveedores de geolocalización, se estimaron los Costos No Recurrentes para los operadores móviles considerando el número de radiobases con los que cuenta cada operador y el costo de 40 dólares por radiobases<sup>10</sup>. Este costo se considera únicamente para el primer año de la evaluación (no recurrente) y se estima el monto para cada operador en la siguiente tabla.

Tabla 6: Número de Radiobases por Operador al 2018

Operador	Radiobases	Costo estimado (MXN)
Altán*	3,341	\$2,833,168
AT&T	20,149	\$17,086,352
GTM	24,999	\$21,199,152
Telcel	63,083	\$53,494,384
Total	111,572	\$94,613,056

\*Los datos de Altán corresponden a 2020.

Fuente: elaboración propia con datos del SATYC del IFT

<sup>10</sup> Se utilizó un tipo de cambio de \$21.20 pesos mexicanos por dólar americano, según las expectativas de especialistas sobre el tipo de cambio para 2021 (Banxico).

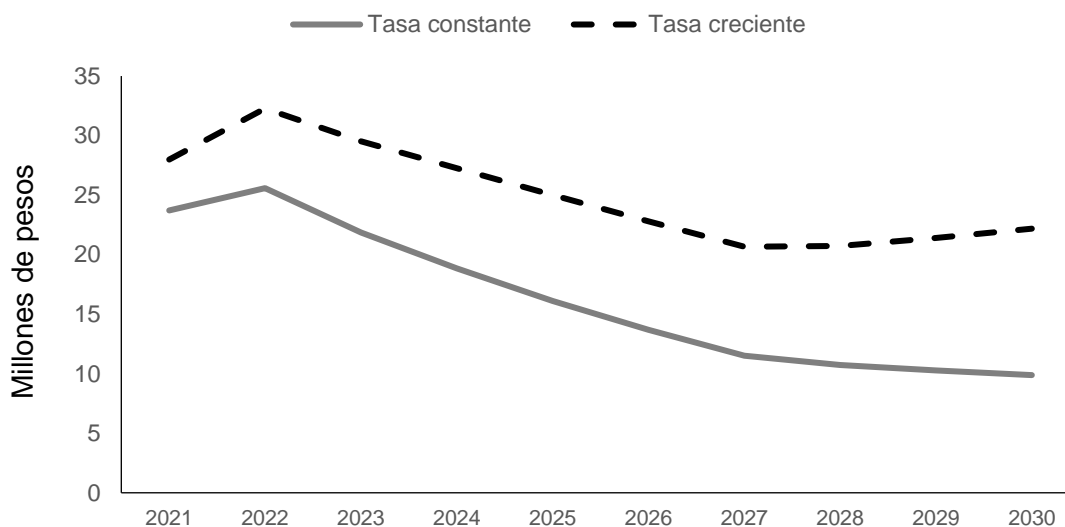
## 2.3 Costos Recurrentes

Para los costos recurrentes se realizó una proyección hasta 2030. Para estimar estos costos, se identificaron dos escenarios. En el primer escenario se asume que la transmisión del 100% de las geolocalizaciones se da vía SMS, mientras que en el segundo escenario se asume una transmisión híbrida, es decir, se envían SMS y datos vía el protocolo HTTPS, según sea los más conveniente<sup>11</sup>.

### Costos recurrentes con transmisión 100% SMS

Para el periodo 2021 a 2030, se estimaron proyecciones de estos costos recurrentes asumiendo una tasa constante y creciente de llamadas a los servicios de emergencia al número 9-1-1, tal como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 4: Evolución del costo recurrente con transmisión 100% vía SMS en millones de pesos, con tasa creciente y constante de llamadas procedentes al 9-1-1 (2021-2030)



Fuente: Elaboración propia.

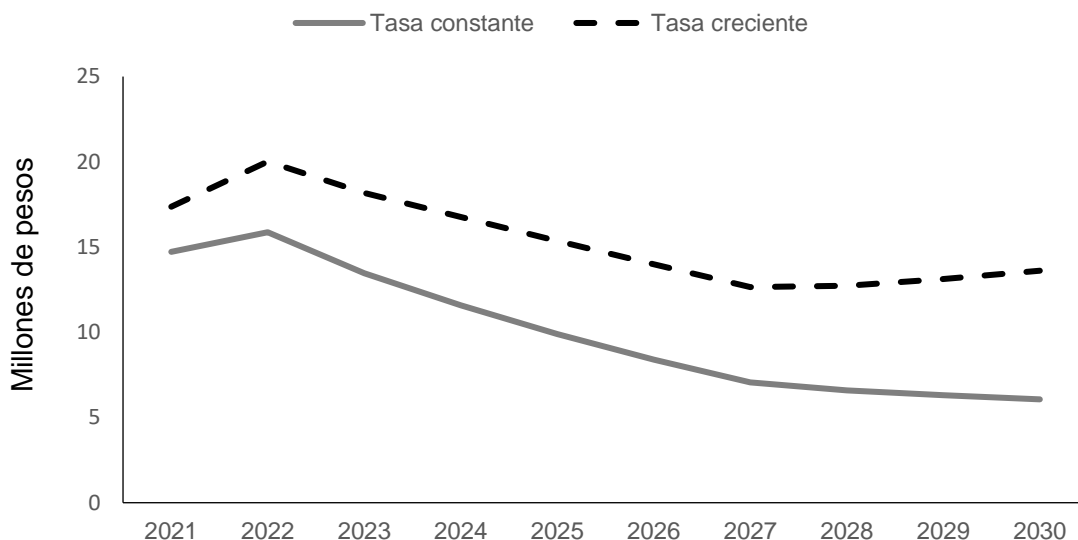
Sin importar el escenario que se considere, tasa constante o creciente de llamadas procedentes al 9-1-1, se observa que para el periodo de 2021 a 2030, estos costos tendrán una tendencia a la baja. Esta tendencia a la baja se explica por una reducción del costo unitario por SMS, el cual proviene de las proyecciones del Modelo de Costos del IFT.

<sup>11</sup> En el escenario híbrido se envía SMS sólo cuando la red por la que se realiza la llamada de emergencia es 2G. En cualquier otro caso, se utiliza el protocolo HTTPS.

### Costos recurrentes con transmisión híbrida (SMS + HTTPS)

En la Figura 5 se muestra la evolución de los costos recurrentes que tendrían los CALLE por el concepto de mensajes de texto y envío de datos vía el protocolo HTTPS.

Figura 5: Evolución del costo recurrente con transmisión híbrida (SMS + HTTPS) en millones de pesos, con tasa creciente y constante de llamadas procedentes al 9-1-1 (2021-2030)



La figura anterior muestra que los costos recurrentes en el escenario donde hay una transmisión híbrida tendrían una tendencia a la baja para el periodo 2021 a 2030. Cabe resaltar que una transmisión híbrida tendría costos más bajos que en el caso donde la transmisión es 100% vía SMS; sin embargo, las transmisiones HTTPS no son factibles en una red 2G. Esto se puede corroborar al comparar los niveles de las dos gráficas anteriores.

## 2.4 Costos de Oportunidad

El costo de oportunidad se define como la mejor alternativa desechada, o como el valor de la segunda mejor opción. Es decir, al financiar un proyecto A, se deja de invertir en otros, ya sean B, C o D. Si el proyecto B es la segunda mejor opción después del proyecto A, se dice que el costo de oportunidad de A es B.

Existen dos tipos de costos de oportunidad: 1) los que incurren los operadores móviles y, 2) los que incurren los CALLE.

En el caso de los operadores móviles, se estiman los costos de oportunidad de invertir en la tecnología AML como la inversión en otros proyectos o la ganancia a la que renunciarían por absorber los costos de invertir en AML. En dicha estimación se toman los siguientes costos:

- No recurrentes: Inversión en PPE e Implementación,
- Recurrentes: Costo del envío de SMS a tasa cero.
- Recurrentes: Costo del tráfico enviado a tasa cero.

Para obtener los costos de oportunidad en los que incurren los operadores es necesario hacer las siguientes precisiones:

- 1) Cada operador cuenta con proyectos que pudieron realizar con recursos que destinarían a la adopción de AML.
- 2) Los costos de oportunidad se determinan conforme al denominado Costo Promedio Ponderado del Capital (CPPC) o WACC, por sus siglas en inglés. En el presente estudio se denominará Costo de Capital (CC)
- 3) El CC es una tasa a la cual se descuentan proyectos privados de inversión, y ésta es propia de la estructura financiera (Deuda/Capital) de la empresa en cuestión. Por lo que se tiene la siguiente fórmula:

$$CC = Ce * \frac{E}{D + E} + Cd * \frac{D}{D + E} * (1 - t)$$

Donde:

$E$  = Equity (Capital)

$Ce$  = Costo de Equity

$D$  = Deuda

$Cd$  = Costo de la Deuda

$t$  = Tasa de Impuesto

- 4) Una vez que se obtienen los costos de oportunidad por operador móvil, éstos se descuentan con la TSD de 10% para obtener el valor presente. Véase Sección 1.2.1.

La tabla siguiente muestra los supuestos utilizados para la determinación del CC.

Tabla 7: Supuestos Generales para la determinación del CC

<b>Supuestos Generales</b>	
Tasa libre de riesgo <sup>1</sup>	6.03%
Prima de riesgo <i>equity</i> (México) <sup>2</sup>	7.58%
Tasa para deuda corporativa <sup>3</sup> ( <i>Cd</i> )	7.14%
Tasa de impuesto corporativo ( <i>t</i> )	30.0%
Tasa de inflación <sup>4</sup>	3.00%
1.- Tasa de 30Y US Bond 1.65%+ <i>Country risk premium</i> de México: 2.35% + CDS de Aswath Damodaran (Damodaran, 2020). 2.- <i>Equity Risk Premium</i> de México Aswath Damodaran (Damodaran, 2020) 3.- Se tomó la tasa reportada para el segmento "móvil" del modelo de costos 2021 del IFT. 4.- Se tomó la tasa de inflación objetivo del Banco de México (Banco de México, 2020).	

Derivado de los supuestos generales y los componentes del CC para cada operador, se obtiene el Costo de Capital Real, es decir, quitando el efecto de la inflación.

Tabla 8: Componentes CC por Operador Móvil

	<b>IFT</b>	<b>Altán</b>	<b>AT&amp;T</b>	<b>Telefónica</b>	<b>América Móvil</b>
Tasa libre de apalancamiento ( <i>Ce</i> )	9.43%	8.54%	9.76%	9.60%	8.37%
Beta libre de apalancamiento	0.45	0.33	0.49	0.47	0.31
Deuda/(Deuda+Capital)*	53.42%	53.42%	42.37%	74.05%	41.90%
Razón Deuda / Capital	1.15X	1.15X	0.74X	2.85X	0.72X
CC nominal	7.91%	7.17%	8.52%	7.47%	7.32%
CC real	4.77%	4.05%	5.36%	4.34%	4.19%
*Se tomó el valor de la deuda y valor de mercado del capital de (Simply Wall St, 2020)					

Una vez que se obtiene el CC de cada operador, se determina su costo de oportunidad, para el cual es necesario sumar los costos recurrentes con los no recurrentes y multiplicarlos por su respectivo CC real para cada año. En el caso de los CALLE, se utilizó la TSD como CC real debido a que los recursos asociados a estos centros son públicos.

En la siguiente tabla se muestra la estimación de los costos de oportunidad para los operadores móviles y los CALLE, así como el valor presente de éstos.

Tabla 9: Proyección de Costos de Oportunidad para Operadores Móviles y CALLE. Millones de Pesos

	2021	2022	2023	2024	2025
Costos de oportunidad operadores móviles	-\$8.97	-\$1.96	-\$1.67	-\$1.44	-\$1.23
Costos de oportunidad CALLE	-\$2.79	-\$3.55	-\$3.77	-\$3.83	-\$3.84
<b>Valor Presente</b>	<b>-\$10.70</b>	<b>-\$4.56</b>	<b>-\$4.09</b>	<b>-\$3.60</b>	<b>-\$3.15</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
Costos de oportunidad operadores móviles	-\$1.04	-\$0.88	-\$0.82	-\$0.78	-\$0.75
Costos de oportunidad CALLE	-\$3.84	-\$3.84	-\$3.84	-\$3.84	-\$3.84
<b>Valor Presente</b>	<b>-\$2.76</b>	<b>-\$2.42</b>	<b>-\$2.18</b>	<b>-\$1.96</b>	<b>-\$1.77</b>

## 2.5 Costos Totales

En las anteriores subsecciones se describió cada uno de los costos para la implementación y operación del Sistema de Emergencias 9-1-1. Las tablas siguientes muestran una síntesis de los costos de geolocalización por AML para cada uno de los operadores móviles, de 2021 a 2030, tomando en cuenta los supuestos que se han descrito en el presente documento.

### Transmisión 100% mensajes SMS

Tabla 10: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión 100% SMS

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Altán</b>	\$4,623,379	\$1,703,117	\$1,380,385	\$1,181,905	\$1,001,216
<b>AT&amp;T</b>	\$25,721,936	\$7,705,366	\$6,245,239	\$5,347,261	\$4,529,772
<b>GTM</b>	\$27,211,991	\$4,753,636	\$3,852,846	\$3,298,861	\$2,794,531
<b>Telcel</b>	\$69,751,531	\$13,385,710	\$12,056,626	\$10,458,870	\$9,001,627
<b>Costo Total</b>	<b>\$127,308,836</b>	<b>\$27,547,829</b>	<b>\$23,535,096</b>	<b>\$20,286,897</b>	<b>\$17,327,146</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Altán</b>	\$841,997	\$700,098	\$666,098	\$636,797	\$611,272
<b>AT&amp;T</b>	\$3,809,424	\$3,167,433	\$3,013,610	\$2,881,041	\$2,765,560
<b>GTM</b>	\$2,350,130	\$1,954,069	\$1,859,173	\$1,777,387	\$1,706,144
<b>Telcel</b>	\$7,720,241	\$6,580,888	\$6,017,275	\$5,769,982	\$5,555,171
<b>Costo Total</b>	<b>\$14,721,791</b>	<b>\$12,402,488</b>	<b>\$11,556,156</b>	<b>\$11,065,207</b>	<b>\$10,638,146</b>

Tabla 11: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión 100% SMS

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Altán</b>	\$4,908,176	\$2,148,177	\$1,863,985	\$1,710,481	\$1,554,662
<b>AT&amp;T</b>	\$27,010,435	\$9,718,936	\$8,433,176	\$7,738,682	\$7,033,716
<b>GTM</b>	\$28,006,899	\$5,995,858	\$5,202,640	\$4,774,189	\$4,339,278
<b>Telcel</b>	\$71,966,757	\$16,883,670	\$16,280,506	\$15,136,323	\$13,977,501
<b>Costo Total</b>	<b>\$131,892,266</b>	<b>\$34,746,640</b>	<b>\$31,780,306</b>	<b>\$29,359,675</b>	<b>\$26,905,158</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Altán</b>	\$1,404,343	\$1,255,622	\$1,286,059	\$1,325,046	\$1,372,330
<b>AT&amp;T</b>	\$6,353,633	\$5,680,777	\$5,818,480	\$5,994,868	\$6,208,796
<b>GTM</b>	\$3,919,717	\$3,504,615	\$3,589,567	\$3,698,386	\$3,830,363
<b>Telcel</b>	\$12,876,377	\$11,802,795	\$11,617,757	\$12,006,174	\$12,471,590
<b>Costo Total</b>	<b>\$24,554,069</b>	<b>\$22,243,809</b>	<b>\$22,311,863</b>	<b>\$23,024,474</b>	<b>\$23,883,080</b>

### Transmisión híbrida (SMS + HTTPS)

Tabla 12: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión híbrida (SMS+HTTPS)

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Altán</b>	\$3,666,659	\$676,379	\$548,209	\$469,384	\$397,625
<b>AT&amp;T</b>	\$21,393,474	\$3,060,125	\$2,480,247	\$2,123,622	\$1,798,963
<b>GTM</b>	\$24,541,653	\$1,887,868	\$1,530,127	\$1,310,116	\$1,109,826
<b>Telcel</b>	\$67,998,478	\$11,439,065	\$9,909,267	\$8,556,201	\$7,322,989
<b>Costo Total</b>	<b>\$117,600,265</b>	<b>\$17,063,437</b>	<b>\$14,467,850</b>	<b>\$12,459,323</b>	<b>\$10,629,402</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Altán</b>	\$334,392	\$278,038	\$264,536	\$252,899	\$242,762
<b>AT&amp;T</b>	\$1,512,882	\$1,257,921	\$1,196,831	\$1,144,182	\$1,098,320
<b>GTM</b>	\$933,335	\$776,043	\$738,356	\$705,875	\$677,581
<b>Telcel</b>	\$6,237,741	\$5,271,942	\$4,887,009	\$4,681,225	\$4,502,286
<b>Costo Total</b>	<b>\$9,018,350</b>	<b>\$7,583,943</b>	<b>\$7,086,732</b>	<b>\$6,784,181</b>	<b>\$6,520,949</b>

Tabla 13: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los OM bajo los supuestos: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes, Transmisión híbrida (SMS+HTTPS)

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Altán</b>	\$3,779,763	\$853,131	\$740,267	\$679,304	\$617,422
<b>AT&amp;T</b>	\$21,905,191	\$3,859,798	\$3,349,168	\$3,073,356	\$2,793,384
<b>GTM</b>	\$24,857,345	\$2,381,207	\$2,066,187	\$1,896,031	\$1,723,309
<b>Telcel</b>	\$69,899,103	\$14,428,327	\$13,380,848	\$12,382,735	\$11,370,953
<b>Costo Total</b>	<b>\$120,441,403</b>	<b>\$21,522,462</b>	<b>\$19,536,469</b>	<b>\$18,031,426</b>	<b>\$16,505,069</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Altán</b>	\$557,724	\$498,660	\$510,748	\$526,231	\$545,010
<b>AT&amp;T</b>	\$2,523,294	\$2,256,075	\$2,310,763	\$2,380,814	\$2,465,774
<b>GTM</b>	\$1,556,684	\$1,391,830	\$1,425,568	\$1,468,784	\$1,521,198
<b>Telcel</b>	\$10,403,755	\$9,455,205	\$9,435,515	\$9,740,689	\$10,107,819
<b>Costo Total</b>	<b>\$15,041,458</b>	<b>\$13,601,770</b>	<b>\$13,682,593</b>	<b>\$14,116,519</b>	<b>\$14,639,801</b>

Si se toma un año en particular, por ejemplo 2021, se puede observar que el mayor costo identificado corresponde al escenario donde la tasa de llamadas al 9-1-1 es creciente y la transmisión es 100% vía SMS. El costo total estimado para dicho año fue de \$131.8 millones de pesos, mientras que el costo más bajo se identificó en el escenario con una tasa constante de llamadas al 9-1-1 y una transmisión híbrida, el cual para 2021 ascendió a \$117.6 millones de pesos.



Del mismo modo, se estimaron los costos que incurren los CALLE. Al igual que los costos para operadores, estos costos también se dividieron en recurrentes, no recurrentes y de oportunidad. La tabla siguiente muestra los costos totales asociados a los CALLE para el periodo de 2021 a 2030.

Tabla 14: Proyecciones de costos de geolocalización por AML para los CALLE (pesos)

	2021	2022	2023	2024	2025
No Recurrente: Inversión en PPE & Implementación	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Recurrentes: Costo de Mantenimiento, Soporte, Capacitación & Licencias	\$27,950,865	\$35,524,523	\$37,770,509	\$38,301,936	\$38,420,567
Costos de Oportunidad	\$2,795,086	\$3,552,452	\$3,777,051	\$3,830,194	\$3,842,057
<b>Costo Total para los CALLE</b>	<b>\$30,745,951</b>	<b>\$39,076,975</b>	<b>\$41,547,560</b>	<b>\$42,132,130</b>	<b>\$42,262,624</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
No Recurrente: Inversión en PPE & Implementación	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Recurrentes: Costo de Mantenimiento, Soporte, Capacitación & Licencias	\$38,446,699	\$38,452,439	\$38,453,699	\$38,453,975	\$38,454,036
Costos de Oportunidad	\$3,844,670	\$3,845,244	\$3,845,370	\$3,845,398	\$3,845,404
<b>Costo Total para los CALLE</b>	<b>\$42,291,369</b>	<b>\$42,297,683</b>	<b>\$42,299,069</b>	<b>\$42,299,373</b>	<b>\$42,299,440</b>

A continuación, se muestra el Valor Presente Neto a precios 2020 de las estimaciones de los costos (2021-2030) para cada escenario (Ver Anexo A sobre VPN).

Tabla 15: Valor Presente Neto de los costos de geolocalización por AML (millones de pesos de 2020)\*

	Tasa de llamadas	
	Constante	Creciente
<b>Transmisión 100% SMS</b>	\$455.7	\$509.9
<b>Transmisión híbrida</b>	\$410.7	\$444.0

Fuente: Elaboración propia.

\*TSD de 10%.

La tabla anterior muestra que el valor presente de los costos totales de geolocalización por AML son mayores en el caso donde la transmisión es 100% vía SMS y cuando se considera una tasa creciente de llamadas (\$509.9 millones de pesos). Por otro lado, el valor menor ocurre cuando la tasa de llamadas procedentes es constante y se utiliza una transmisión híbrida de mensajes SMS y datos vía el protocolo HTTPS.

## 2.6 Inversión de Operadores Móviles

Los principales operadores móviles en México (Telcel, AT&T y Telefónica) reportan cifras financieras a los reguladores tanto de telecomunicaciones como a agencias financieras. Estas empresas reportan los estados financieros auditados y consolidados a nivel global a la SEC de los Estados Unidos, mientras que al IFT reportan únicamente la información de México. La siguiente tabla resume los ingresos e inversión acumulada reportada al IFT para el periodo 2013 a 2019.

Tabla 16: Ingresos e Inversión Acumulada 2013-2019 reportada al IFT, Principales Operadores Móviles en México, Miles de Pesos

Operador	Ingresos (MXN)	Crecimiento Anual (Promedio)	Inversión* (MXN)	Crecimiento Anual (Promedio)
Telcel	\$1,274,648,851	4.85%	\$94,847,397	3.84%
AT&T**	\$215,383,490	6.46%	\$59,680,465	9.42%
Telefónica	\$213,031,377	-0.39%	\$27,198,924	-2.53%
Total	\$1,703,063,719		\$181,726,785	

Elaboración propia con datos del Banco de Información de Telecomunicaciones. IFT (Instituto Federal de Comunicaciones (IFT), 2019).

\*Se incluye inversión en infraestructura, activos no tangibles, otros e inversión no especificada.

\*\*Para AT&T los ingresos se reportan de 2016 a 2019 y la inversión de 2015 a 2019. En el caso de Telefónica, para los años de 2016 a 2019 se reporta como fijo y móvil.

Con el fin de contar con una proyección de la inversión que los operadores móviles realizan en México, se analizaron los estados financieros de América Móvil, Telefónica y AT&T, reportados a la SEC de 2013 a 2019. Lo anterior nos permite contar con un punto de referencia respecto al perfil y la magnitud de las inversiones en México y su expectativa a futuro. A continuación, se presenta un resumen de la metodología que se utilizó, así como los resultados del análisis por cada operador.

### Datos históricos 2013-2019

Con base en los Estados Financieros dictaminados (EEFF) y reportados a la SEC (ATT, 2013-2020) (America Movil, 2013-2020) (Telefonica, 2013-2020), se obtuvieron las cifras anuales de i) los Ingresos (*Revenue*); ii) el valor del inventario de Propiedad, Planta y Equipo (*Property, Plant and Equipment* - PPE) y iii) el valor de las Compras de PPE (*Purchase of PPE*) a nivel global y México para el periodo 2013 a 2019.

Posteriormente, se obtuvo qué porcentaje de los ingresos representa el PPE, así como el porcentaje que representan las Compras respecto al PPE. Dichos cálculos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 17: Histórico de Ingresos y PPE de EEFF, Principales Operadores Móviles. Miles de Pesos

<b>Promedio anual (2013-2019)</b> <i>Miles de Pesos</i>	<b>Telcel</b>	<b>AT&amp;T</b>	<b>Telefónica</b>
Ingresos <sup>12</sup>	\$209,492,380	\$53,011,813	\$28,349,513
Tasa de crecimiento	4.30%	12.06%	-8.66%
Valor de PPE	\$59,170,518	\$60,249,159	\$31,476,482
Valor de PPE como % de ingresos	28%	88%	110%
Compras de PPE	\$12,507,326	\$9,616,698	\$8,687,374
Compras de PPE como % del valor de PPE	21%	16%	28%

Elaboración propia con datos de los EEFF reportados a la SEC (America Movil, 2013-2020) (ATT, 2013-2020) (Telefonica, 2013-2020). Para AT&T el periodo de reporte es de 2016 a 2019. En el caso de AT&T y Telefónica se convirtieron los reportes de dólares americanos y euros al cierre de cada año utilizando el tipo de cambio publicado por Banxico (Banco de México, 2020).

### Proyecciones 2020-2030

Para proyectar los ingresos se utilizó un promedio ponderado entre la tasa de crecimiento histórica de los últimos siete años reflejada en los estados financieros y la tasa de crecimiento estimada por los analistas (Simply Wall St, 2020). Para proyectar el valor del PPE se siguió la metodología de proyección del libro de texto de valuación de Koller (Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D, 2015), donde se recomienda asumir que la proporción entre el valor del PPE y los ingresos se mantiene conforme a los datos históricos. Así, se proyecta el valor del PPE como porcentaje de los ingresos para cada año.

Debido a que en los estados financieros no se reporta la inversión bajo el mismo concepto que se reporta al IFT, se modelaron las actividades de inversión como las Compras de PPE a nivel consolidado y se estiman para México, asumiendo que la proporción histórica entre Compras de PPE y valor de PPE se mantiene constante.

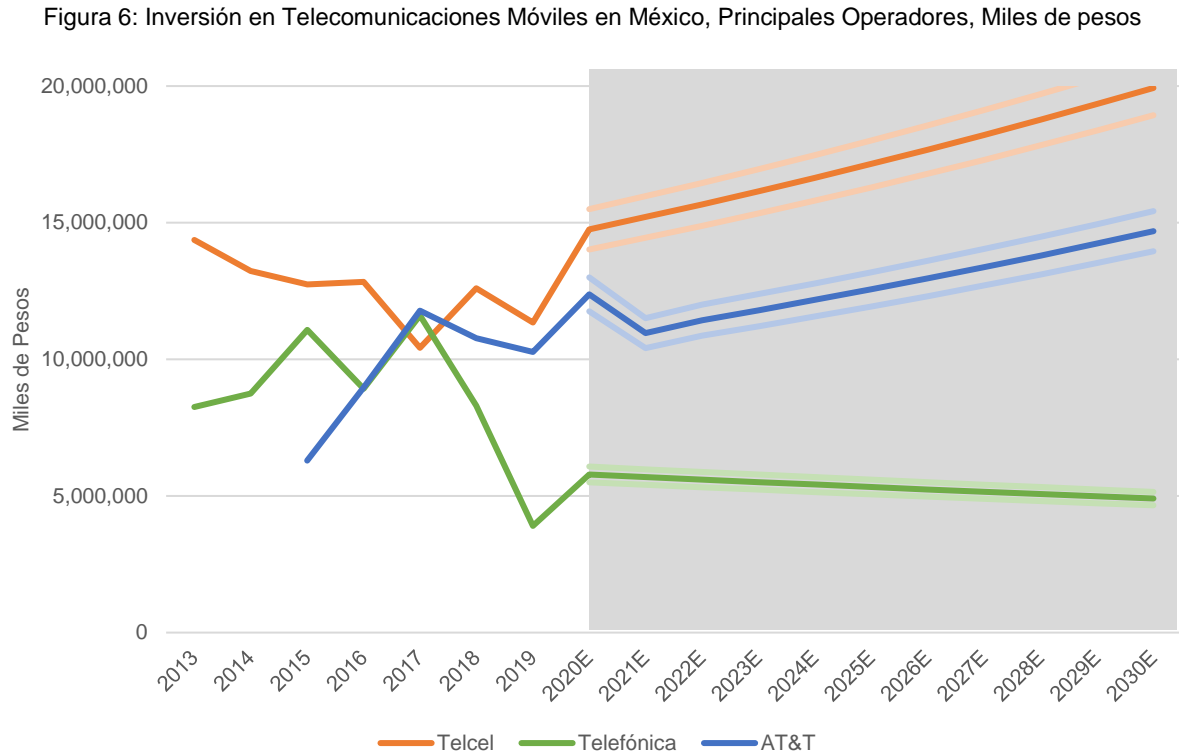
La Tabla 18 reporta los promedios anuales proyectados para 2020-2030 de los ingresos, valor de PPE y compras de PPE en México, así como las proporciones mencionadas anteriormente para los tres principales operadores móviles.

Tabla 18: Proyección de Ingresos y PPE de EEFF, Principales Operadores Móviles. Miles de Pesos

<b>Promedio anual (2020-2030)</b> <i>Miles de Pesos</i>	<b>Telcel</b>	<b>AT&amp;T</b>	<b>Telefónica</b>
Ingresos	286,099,788	88,205,825	17,650,976
Tasa de crecimiento	3.05%	3.18%	-1.64%
Valor de PPE	81,428,162	77,598,205	19,394,784
Valor de PPE como % de ingresos	28%	88%	110%
Compras de PPE	17,227,446	11,862,202	6,023,605
Compras de PPE como % del valor de PPE	21%	16%	28%

<sup>12</sup> Las cifras de ingresos reportadas al IFT muestran un promedio anual de \$182,092,693, \$43,076,698 y \$30,433,054 miles de pesos para Telcel, AT&T y Telefónica, respectivamente.

Tanto los datos históricos como las proyecciones se presentan por año en la Figura 6.



Considerando que la implementación de AML impondría los costos, recurrentes y no recurrentes, estimados en las secciones 2.2 y 2.3, para los operadores móviles, se estima que éstos representarían un porcentaje mínimo con respecto al nivel de inversión destinado a México. En particular, se aproxima que los costos relacionados a AML representarían 0.046%, 0.025% y 0.049% del promedio de inversión anual para Telcel, AT&T y Telefonía; respectivamente.

Derivado de las pláticas que se tuvieron con los operadores móviles, así como de las estimaciones de costos identificados, y siguiendo la conclusión de que éstos representan un porcentaje mínimo de la inversión de los operadores, la adopción general de AML no representaría un impacto negativo a otros servicios de telefonía móvil, ni justificaría un aumento de precios de los servicios de telefonía móvil derivado de un traspaso de costos al consumidor final.

## 3 Beneficios

Se identificaron los siguientes beneficios, clasificados en cuatro categorías: 1) sociales, 2) operativos, 3) regulatorios, 4) externalidades y sinergias.

### 3.1 Beneficios Sociales

Una reducción del tiempo de atención en los CALLE conlleva una mayor precisión en la geolocalización del usuario final. De acuerdo con el trabajo de campo que se realizó para el presente análisis, se estima que la implementación de AML puede reducir el tiempo de despacho de una llamada de emergencia entre 30 y 60 segundos. Dicha reducción de tiempo disminuiría los daños personales y materiales en las emergencias que se reporten al 9-1-1 a través de dispositivos móviles que soporten AML, los cuales se estima que para el 2020 cubren el 71% de la población de México (91.4 millones de habitantes)<sup>13</sup> y se espera que para el 2030, con la inclusión de los dispositivos Huawei y las tendencias de adopción en el país, llegue al 98% de la población.

#### 3.1.1 Daños Personales

Con base en conversaciones con expertos de la industria de telecomunicaciones, personal a cargo de los CALLE y una revisión exhaustiva de la literatura académica, se encontró que la mejora en la reducción de los tiempos de respuesta y atención en los servicios de emergencia tiene una afectación en la mortalidad de la población, así como en daños a la propiedad y al medio ambiente.

La literatura académica muestra que cada minuto de retraso en situaciones de emergencia que ponen en riesgo la integridad física de los usuarios, tiene un impacto medible en la mortalidad. Adicionalmente, el personal consultado de los CALLE coincidió que es fundamental determinar la ubicación con precisión y rapidez.

##### 3.1.1.1 Reducción en Tiempos de Respuesta y Mortalidad

###### 3.1.1.1.1 Revisión de la Literatura

Existen pocos estudios que estimen la relación entre el tiempo de respuesta de una llamada de emergencia y salvar vidas (Jaldell H. et. al., 2014). Aunque no se tiene conocimiento de estudios específicos para México, los resultados de los estudios realizados en países desarrollados concluyen que una reducción en los primeros minutos de la respuesta tiene una importante influencia en la mortalidad.

Blackwell et. al. (Blackwell, T. H., & Kaufman, J. S., 2002) analizan datos de Carolina del Norte, Estados Unidos, y concluyen que el riesgo de mortalidad es dramáticamente sensible a tiempos de respuesta durante los primeros cinco minutos. Gonzalez et. al. (Gonzalez, R. P. et. al., 2009) encuentran en Alabama, Estados Unidos, que un aumento en el tiempo de atención médica prehospitilaria está asociado con tasas más altas de mortalidad; de manera más reciente McCoy (C.E. McCoy et. al., 2013) llega a una conclusión similar. Por su parte, Pons (Pons P. et. al., 2005), utilizando datos de Denver, Estados Unidos, encuentra un beneficio de supervivencia para los pacientes con tiempos de respuesta menores a cuatro minutos, los cuales son 0.7 veces más propensos a morir comparados con aquellos con tiempos de respuesta mayor a cuatro

---

<sup>13</sup> La estimación de la curva de adopción de dispositivos que soportan AML se realizó con base en los datos históricos de teledensidad de telefonía móvil del IFT, la evolución de la proporción de *smartphones* de la ENDUTIH (INEGI ENDUTIH, 2019) y la distribución del mercado de *smartphones* en México estimada por Statista (Statista Market Share, 2020).

minutos. Blanchard et. al. (Blanchard, I. E., et. al., 2012) encuentran una diferencia de 1.9% en el riesgo de muerte para tiempos de respuestas mayores a los cuatro minutos en Calgary, Canadá.

Si bien la literatura mencionada exhibe con claridad la correlación positiva entre reducción del tiempo de respuesta y reducción en la mortalidad, es necesario profundizar y estimar una relación por cada minuto ahorrado, i.e., más allá de los cortes de cuatro minutos en los cuales se enfocan los estudios anteriores.

La Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC por sus siglas en inglés) (Federal Communications Commission, 2014) en su propuesta de política de requerimientos de localización para llamadas inalámbricas al 9-1-1 estima el cambio en la mortalidad a nivel país con los resultados un estudio realizado en Salt Lake City, Utah (Wilde, 2013). Wilde encuentra que, en promedio, el número total de muertes al año decrece entre 8% y 17% por cada minuto de reducción en el tiempo de respuesta para emergencias médicas. Esto representa una reducción en la probabilidad de muerte (o incremento en la probabilidad de supervivencia) entre 0.13% y 1.26% como se muestra en el Anexo B: Reducción en Mortalidad Este resultado demuestra que cada minuto ahorrado en la atención de emergencias tiene un impacto medible y significativo en la mortalidad.

#### 3.1.1.1.2 Estimación para México

Con el fin de contar con una estimación del impacto del tiempo de atención en la mortalidad de emergencias médicas para México, se analizó la base de datos de las urgencias médicas en hospitales del Sistema Nacional de Salud Pública en 2018, publicada por la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud.

Dicha base de datos cuenta con 8.3 millones de registros de casos ingresados a través de las salas de urgencias. Cabe mencionar que no todos los casos de esta base están relacionados con emergencias pues la sala de Urgencias de los hospitales también brinda apoyo a servicios de medicina general, así como ingresos gineco-obstétricos, entre otros.

De este modo, el análisis se realizó exclusivamente sobre 298 mil 496 casos identificados como accidentes, envenenamientos y violencia. Estos casos consideran 174 afecciones principales que tuvieron una mortalidad promedio de 3.1 fallecidos por cada 1,000 casos atendidos y requirieron en promedio 203.2 minutos de atención.

Para estimar el impacto de un minuto de atención en la mortalidad de un accidente se consideraron dos aproximaciones:

En la primera aproximación se totalizó la base de datos de 298 mil 496 casos a nivel de afección principal. Es decir, para cada afección se sumó el número pacientes, el número de defunciones y el número de minutos de atención. Posteriormente, se calculó la tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes, el tiempo promedio de atención y la proporción del número de pacientes por afección. Con este procedimiento se redujo la variabilidad de los tiempos de atención, manteniendo su correlación con la probabilidad de muerte en accidentes. Finalmente, se ajustó una regresión lineal de la tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes sobre el tiempo promedio de atención, utilizando como ponderador la proporción del número de pacientes que presentaron afección. A partir de dicho análisis se estimó que por cada minuto que se reduce la atención de una afección, la tasa de mortalidad por cada 1,000 habitantes se reduce 0.459% (ver Anexo B: Reducción en Mortalidad).

Para la segunda aproximación se consideraron los 298 mil 496 casos tomando como referencia la metodología del análisis de Salt Lake City (Wilde, 2013), donde se utilizó un modelo econométrico en dos etapas.

Primero, asumiendo que cada padecimiento tiene un tiempo de atención distinto y que cada unidad de emergencias cuenta con recursos y especialidades diferenciadas, se ajustó un modelo econométrico para el tiempo de atención. Posteriormente, este modelo fue utilizado para generar una predicción del tiempo promedio de atención para cada registro (RT).

Con el procedimiento anterior se creó una variable instrumental que mantiene la correlación con la probabilidad de muerte en accidentes y reduce el problema de alta variabilidad en los tiempos de atención ocasionada por el tipo afección y unidad en la que se atendió el incidente.

La segunda etapa consistió en estimar un modelo de regresión de la variable binaria que indica si el caso terminó en la muerte del paciente o no sobre la edad del paciente, el tiempo de atención corregido (RT) y el género del paciente. A partir de este segundo análisis se estimó que por cada minuto que se reduce la atención de un accidente, la mortalidad se reduce 0.62246% (Ver Anexo B: Reducción en Mortalidad).

De este modo, utilizando ambas metodologías se llegó a un número similar, en México la reducción de un minuto en el tiempo de atención disminuye la mortalidad entre 0.46% y 0.62%. Por ejemplo, si consideramos que en México la mortalidad en accidentes de tránsito en 2018 fue de 4.5% (Tabla 19), un minuto de reducción en los tiempos de atención podría reducir la mortalidad casi 0.1%.

Tabla 19: Mortalidad en Accidentes de Tránsito en México, 2018

Concepto	Mortalidad
Muertos	4,227
Heridos	89,191
Mortalidad   Accidente	4.50%

Fuente: INEGI

3.1.1.2 *Vidas Salvadas*

Para estimar el número de vidas salvadas se siguió la metodología de estimación de mortalidad por minuto ahorrado acuñada por Wilde (Wilde, 2013) e implementada por la FCC (Federal Communications Commission, 2014). La FCC estimó que la reducción de un minuto en el tiempo de respuesta en las llamadas de emergencia médica debido una mayor precisión de los servicios de ubicación tiene el potencial de salvar 10 mil 120 vidas al año. Esta estimación la obtienen de la siguiente manera:

- i) Se estimó el número de llamadas de emergencias médicas que requieren de una ambulancia, es decir, son urgentes (25 millones).
- ii) Se asumió que 80% de las llamadas médicas urgentes viene de teléfonos móviles.
- iii) Se asumió que únicamente 5% de las llamadas de móviles se ven afectadas por la mejora de un minuto en el tiempo de respuesta debido una ubicación más precisa.

- iv) Se ponderó el resultado de mortalidad de Utah a nivel país, obteniendo un incremento en la probabilidad de supervivencia por minuto ahorrado<sup>14</sup>.
- v) Se calculó el potencial de vidas salvadas multiplicando los factores anteriores<sup>15</sup>.

Para calcular el número de vidas salvadas para cada año en México se siguió el mismo procedimiento:

- i) De las llamadas procedente publicadas por la SESNSP, se obtienen datos de las llamadas médicas críticas<sup>16</sup>, las cuales representaron en promedio 41.9% del total de las llamadas médicas entre 2018 y 2020. La Tabla 20 muestra el detalle de las llamadas médicas críticas.
- ii) Se asumió que 85.8% de las llamadas proviene de teléfonos móviles.
- iii) Al igual que la FCC se tomó el supuesto conservador de que solamente 5% de las llamadas de móviles se ven afectadas por una reducción en el tiempo de respuesta debido a una ubicación más precisa.
- iv) Se utilizaron tres distintos escenarios respecto al incremento de la probabilidad de supervivencia por minuto ahorrado:
  - a. Optimista: 0.68%, el promedio de los resultados de Wilde siguiendo a la FCC.
  - b. Pesimista: 0.021%, resultado del modelo de urgencias descrito con anterioridad.
  - c. Base: 0.35%, promedio de los escenarios optimista y pesimista.
- v) Se calculó el numero potencial de vidas salvadas como la multiplicación de los factores anteriores.

Con lo anterior, y considerando que se reduce el tiempo de respuesta promedio por llamada en aproximadamente 0.51 minutos para el periodo 2021-2030 en el escenario base, se obtiene un promedio de 72 vidas salvadas por año en el escenario base; de 142 en el escenario optimista y de cuatro en el escenario pesimista.

---

<sup>14</sup> Se estima el incremento en la probabilidad de supervivencia en 1.012%. El número total de muertes en Utah al año se estimó en 4,386. Una reducción en el total de muertes de 17% sería un total de 746 vidas. Este resultado se divide entre el tamaño de la muestra del estudio de Wilde, 73,706 para usarlo a nivel país.

<sup>15</sup> Es decir:  $25 \text{ millones} \times 80\% \times 5\% \times 1.012\% = 10,120$  vidas salvadas.

<sup>16</sup> Las urgencias médicas incluyen aquellas clasificadas por el SESNSP como "urgencia por enfermedad general", "Persona inconsciente/urgencia neurológica", "accidente de vehículo automotor con lesionados" y "caída" Incidentes procedentes por tipo Enero-septiembre 2020 (SESNSP, 2017-2020).



Tabla 20: Proyección de llamadas críticas en tiempo: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Llamadas Procedentes	16,138,221	16,049,275	16,286,312	16,448,925	16,607,249	16,761,304	16,911,071
% Llamadas Médicas	13.2%	13.8%	13.4%	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%
Llamadas Médicas	2,124,722	2,216,769	2,187,855	2,215,766	2,237,093	2,257,845	2,278,020
% Llamadas Médicas Críticas en Tiempo	44.72%	43.73%	37.24%	41.90%	41.90%	41.90%	41.90%
Llamadas Médicas Críticas en Tiempo	950,276	969,398	814,735	928,361	937,297	945,991	954,444
% Llamadas de Protección Civil	5.4%	6.5%	6.2%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Llamadas de Protección Civil	876,338	1,039,940	1,001,859	990,303	999,834	1,009,109	1,018,126
% Llamadas de Incendios	37.0%	43.3%	39.7%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
Llamadas de Incendios	324,337	450,135	397,523	396,034	399,846	403,555	407,161

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Llamadas Procedentes	17,056,521	17,197,674	17,334,516	17,467,054	17,595,262	17,719,108
% Llamadas Médicas	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%
Llamadas Médicas	2,297,613	2,316,627	2,335,060	2,352,914	2,370,184	2,386,867
% Llamadas Médicas Críticas en Tiempo	41.90%	41.90%	41.90%	41.90%	41.90%	41.90%
Llamadas Médicas Críticas en Tiempo	962,653	970,620	978,343	985,823	993,059	1,000,049
% Llamadas de Protección Civil	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Llamadas de Protección Civil	1,026,883	1,035,381	1,043,619	1,051,599	1,059,317	1,066,774
% Llamadas de Incendios	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
Llamadas de Incendios	410,663	414,062	417,356	420,547	423,634	426,616

### 3.1.1.3 Valor Estadístico de una Vida

Cada vida que se pierde es una tragedia para el individuo, su familia y su comunidad. Adicionalmente, existe un enorme costo para la sociedad debido a la pérdida de productividad. La implementación de AML en México tiene el potencial de reducir el riesgo de muerte de la población mexicana y de salvar vidas. Para estimar los beneficios sociales de la política pública es necesario asignarles un valor monetario para poder cuantificar y comparar los costos y beneficios (Hammit, 2006). Dado que la vida no es un bien intercambiable, no tiene un precio determinado de mercado. Comúnmente, este valor suele estimarse mediante la percepción del valor estadístico de una vida (VEV) y es utilizado como un precio hipotético (Cesar et. al., 2002). El VEV representa el valor monetario percibido por una población ante una reducción en el riesgo de mortalidad o por un número de muertes estadísticas evitadas. Es importante notar que el VEV no es el valor que un analista, el gobierno o un individuo le asigna a una vida, sino que refleja la disposición a pagar (en términos monetarios) de un individuo para reducir su riesgo de muerte (Robinson et. al., 2019). Aunque la reducción del riesgo de muerte no es un bien o servicio adquirible, en ausencia de un mercado real, es posible simular la disposición de pago por este tipo de bien para fines de definición de beneficios y costos de una política pública (INECC, 2017).

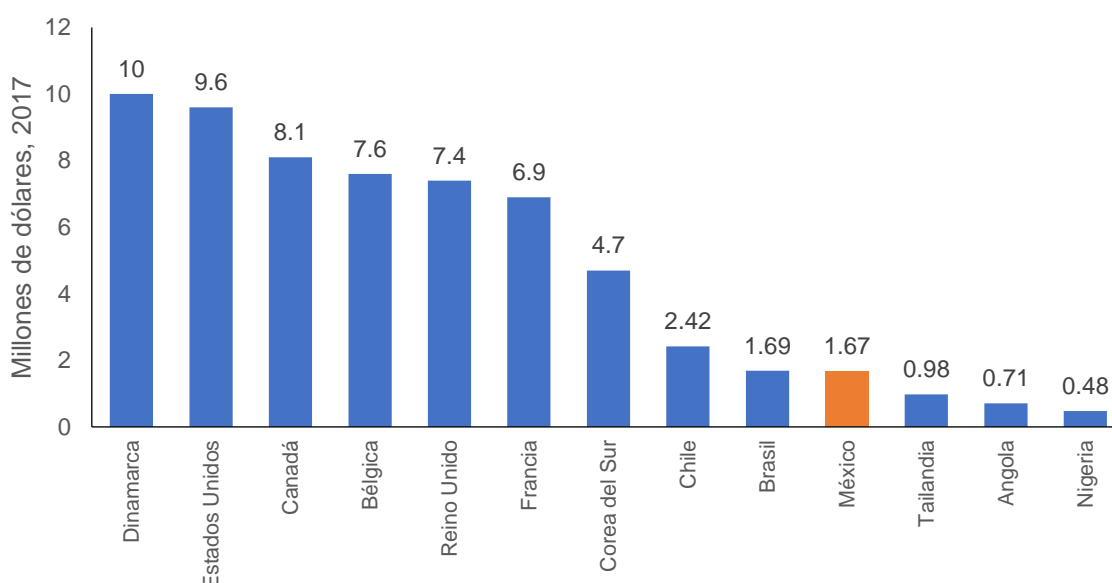
Así, para los bienes y servicios cuya asignación no ocurre en un mercado, los métodos de valuación económica son las principales herramientas para estimar su valor. Los diversos métodos para estimar el VEV son: i) preferencias reveladas; ii) preferencias declaradas y iii) transferencia de beneficios.

Los métodos de preferencias reveladas consisten en utilizar directamente los datos de un mercado real donde el precio de mercado de ese bien se toma como el valor económico. Es una estimación basada exclusivamente en la observación real de cómo los consumidores responden a los cambios en los precios. Para estimar el VEV destaca la técnica de valuación conocida como “salarios hedónicos”, la cual mide la compensación o salario de individuos en trabajos específicos y los riesgos de muerte asociados a dichas ocupaciones (Krupnick et. al., 2006) (Ortiz, Ramon & Markandya, Anil & Hunt, Alistair, 2009). La ventaja de esta técnica viene del hecho que el valor económico utilizado es un precio de mercado determinado. Sin embargo, tiene ciertas limitaciones ya que la disponibilidad de datos es escasa y los beneficios económicos se refieren a la mortalidad por accidentes relacionados directamente por la ocupación, y no por todos los riesgos a los que está expuesta la población.

Los métodos de preferencias declaradas son usados generalmente como alternativas para la valoración económica de bienes que no tienen mercado, como es la reducción del riesgo de muerte. Para la estimación del valor económico del bien no se utiliza el precio o salario de un mercado, sino que se estima mediante encuestas, donde se plantea un escenario hipotético con diferentes alternativas y se les pregunta a los individuos el valor que estarían dispuestos a pagar por cada alternativa (INECC, 2017). En el caso del VEV, la técnica utilizada se conoce como “valuación contingente” en donde se presenta el escenario hipotético con probabilidades de muerte y el individuo contesta el precio que está dispuesto a pagar para reducir o eliminar la probabilidad de muerte. Esta técnica ofrece la ventaja de que el individuo considera directamente su riesgo de muerte, sus ingresos actuales y el resto de sus características socioeconómicas y culturales para declarar su disponibilidad a pagar por la reducción del riesgo de muerte. Sin embargo, las estimaciones de este método están sujetas al diseño de la encuesta, lugar, tiempo y población, además del componente subjetivo de los individuos encuestados.

El método llamado “transferencia de beneficios” adapta los resultados de un país a otro. Estas estimaciones son extremadamente sensibles a los supuestos considerados, pues existen diferencias intrínsecas entre países y contextos. Para evitar riesgos en la estimación debido a las amplias diferencias en las condiciones socioeconómicas, culturales, ambientales y en el periodo de aplicación es necesario incorporar dichas variaciones en la adaptación (World Bank & IHME, 2016). La mayor ventaja de esta técnica recae en que se pueden realizar comparaciones internacionales y no es necesario diseñar e implementar encuestas o estimaciones econométricas con los salarios, sino que simplemente se descansa en resultados avalados previamente por la comunidad internacional. Por ejemplo, la Sociedad de Análisis Costo-Beneficio publica un estudio en el cual se hace una comparación internacional (Viscusi, W., & Masterman, C., 2017) de 189 países y el VEV para cada uno de ellos. La siguiente figura muestra resultados seleccionados de dicho estudio.

Figura 7: Valor Estadístico de una Vida, Transferencia de Beneficios, Millones de dólares 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la sociedad de análisis costo-beneficio (Viscusi, W., & Masterman, C., 2017)

Para México, se hizo una revisión de la literatura existente de las estimaciones de VEV mediante los métodos antes mencionados (ver Tabla 21). Como se puede apreciar, los valores varían ampliamente según el método de estimación. Para el presente estudio, considerando las ventajas y limitaciones de cada uno de los métodos, se tomó el VEV en tres distintos escenarios:

- Optimista – \$1.67 millones de dólares, promedio de las estimaciones para México mediante el método de transferencia de beneficios.
- Pesimista - \$356.56 mil dólares, promedio de las estimaciones para México mediante el método de preferencias declaradas (valuación contingente).
- Base – \$1.01 millones de dólares, promedio de los escenarios optimista y pesimista.

Tabla 21: Revisión de la literatura de estimaciones de VEV para México

#	Artículo	Autor/Institución	Metodología	Año de publicación	Año de la estimación	Valor (000' USD)
1	Improving Air Quality in Mexico City: An economic valuation. (Cesar et. al., 2002)	World Bank – The Mexico Air Quality Management Team	Transferencia de beneficios	2002	2010	1,850
2	Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean. (Cifuentes et. al., 2005)	Banco Inter-Americano de Desarrollo	Preferencias Declaradas - Valuación contingente	2005	2003	506
3	The economic value of fatal and non-fatal occupational risks in Mexico City using actuarial- and perceived-risk estimates. (Hammit, 2006)	Hammit, J. K., e Ibarrarán, M. E. – Health Economics, Wiley	Preferencias Reveladas - Salarios Hedónicos	2006	2002	235-325
4	The Health Cost of Urban Air Pollution. (Sánchez-Triana, E & Johnson, T., 2013)	World Bank - Sustainable Development Department Latin America and the Caribbean Region	Preferencias Declaradas y Reveladas - Valuación contingente, Salarios Hedónicos.	2013	2013	650-1,670
5	The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. (OECD, 2014)	Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo (OECD)	Transferencia de beneficios	2014	2014	1,880
6	The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. (World Bank & IHME, 2016)	World Bank y Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)	Transferencia de beneficios	2016	2014	1,480
7	Estimación del valor de una vida estadística en México: un estudio de valoración contingente. (INECC, 2017)	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC SEMARNAT)	Preferencias Declaradas - Valuación contingente	2017	2014	352.8
8	Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life (Viscusi, W., & Masterman, C., 2017)	Sociedad de Análisis Costo Beneficio	Transferencia de Beneficios	2017	2017	1,671
9	Reference Case Guidelines for Benefit-Cost Analysis in Global Health and Development. (Robinson et. al., 2019)	Harvard-Bill & Melinda Gates Foundation	Transferencia de beneficios	2019	2019	1,477
10	The value of a statistical life in Mexico. (De Lima, 2020)	Marcelo de Lima - London School of Economics & Political Science	Preferencias Declaradas - Valuación contingente	2020	2018	210.88

Con base en lo anterior, se obtuvo un beneficio anual promedio de mil 549 millones de pesos por vidas salvadas para el periodo de 2021 a 2030 en el escenario base; de 5 mil 29 millones de pesos en el escenario optimista y de \$31 millones de pesos en el escenario pesimista.

### 3.1.2 Daños a propiedad y medio ambiente

El segundo beneficio social cuantificable que se identificó fue la reducción en daños a la propiedad. Al reducir el tiempo de respuesta de los servicios de emergencias se pueden evitar daños causados, en particular, por incendios. Se reconoce que ningún incendio es igual a otro y que la volatilidad natural del crecimiento del fuego genera complejidades para predecir si un incendio es controlable, y más aún, estimar los daños que un incendio genere.

#### 3.1.2.1 Revisión de la Literatura

Se revisaron diversos estudios que analizan el efecto monetario de los daños a la propiedad causados por incendios. Los estudios que estiman directamente el valor del daño por minuto son: La EENA. (European Emergency Number Association (EENA), 2017) en el análisis costo beneficio de los servicios de localización en la Unión Europea estima que el valor monetario de los daños causados por un incendio por minuto es en promedio \$2 mil 967 euros (aprox. \$3,600 USD). Lo anterior lo hacen a partir del modelo de Henrik Jaldell (Jaldell, 2017) el cual estudia el tiempo de respuesta en los servicios de rescate por fuego para Suecia y encuentra un resultado similar, valuando los daños por incendio por minuto en \$27 mil 560 Coronas Suecas (SEK) (aprox. \$3,290 USD). Para Nueva Zelanda, Challands (Challands, 2010) estudia la influencia de la velocidad de los servicios de bomberos en el desarrollo de los incendios urbanos y encuentra un beneficio monetario de \$4 mil 24 Dólares Neozelandeses (NZ) (aprox. \$2,850 USD).

También existen estimaciones de daños a la propiedad por incendios a nivel de evento (i.e., no a nivel minuto). Ahrens & Evarts (Ahrens & Evarts, 2020), en un estudio para la Asociación Nacional de Protección contra Fuegos (NFPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos encuentran que el daño promedio para 2019 en fuegos estructurales fue de \$25 mil 518 USD. Por su parte Haynes (Haynes, 2015), en un análisis también para la NFPA, utiliza datos de compañías aseguradoras y encuentra que, para los Estados Unidos, el promedio de daños causados por un incendio (i.e., el promedio de las reclamaciones de seguro relacionadas a incendios) es de aproximadamente \$19 mil 931 USD. Un reporte del *Insurance Journal* de los Estados Unidos (Insurance Journal, 2012) basado en estadísticas de la NFPA, muestra que el daño promedio (obtenido también mediante reclamaciones de seguros) en un incendio casero es de aproximadamente \$30 mil USD. Ahora bien, reconociendo que ningún incendio es igual a otro y las dificultades que esto impone a cualquier predicción relacionada, se puede estimar la progresión de un incendio conforme a las tasas de crecimiento expuestas por *The British Fire Brigades Union* (Fire Brigades Union, 2010)<sup>17</sup>. Asumiendo una tasa de progresión moderada/rápida en los daños (20%), se estima que los daños por minuto de los estudios mencionados ascenderían a un monto aproximado de \$5 mil 104 USD (Ahrens & Evarts, 2020); \$3 mil 968 USD (Haynes, 2015), y \$6 mil USD (Insurance Journal, 2012).

Con esto, el promedio estimado de daños a la propiedad por incendio por minuto en estudios internacionales analizados es de \$4 mil 138 USD (oscilando entre \$3 mil 200 y \$6 mil USD).

---

<sup>17</sup> Aproximación por The British Fire Brigades Union, 2010. El crecimiento del fuego no es lineal. Se aproxima la progresión lineal de manera parsimoniosa con el standard de “se duplica cada minuto” (*Doubles every minute*).

### 3.1.2.2 Estimación para México

Los incendios pueden ser agrupados en dos grandes categorías: urbanos y no urbanos (forestales). Para estimar los daños a la propiedad por incendios se consideraron solamente los incendios urbanos, pues el Comité Nacional Permanente de Peritos en Prevención e Investigación de Incendios (CONAPPII, 2020) indica que 99.7% de los daños reportados a la propiedad por incendio son de tipo urbano.

Si bien se concuerda con el CONAPPII sobre el hecho de que en México existen escasas fuentes de información acerca de los efectos de un incendio, se cuenta con las estimaciones presentadas en la literatura internacional y se encontraron datos parciales para México, con los que se puede hacer una estimación de los impactos monetarios de un incendio urbano promedio.

Se obtuvieron datos estadísticos de siniestros por incendio de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) y de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS). La CNSF (Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, 2019) publica anualmente las cifras reportadas en el Sistema Estadístico del Ramo de Incendio de conformidad con la Circular Única de Seguros y Fianzas. De dicha fuente, se consultó el número de siniestros y el monto pagado por siniestro. Se calculó el promedio de pago por siniestro, el cual para 2019, alcanzó los \$385 mil 875 pesos. Utilizando la metodología descrita anteriormente, y tomando un supuesto más conservador en la progresión del fuego de 5%, el promedio de daños por minuto sería de \$19 mil 293 pesos. Por su parte, la AMIS (Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, 2020) publica el número y el valor monetario de siniestros en el año. Para 2019, el promedio de pago por siniestro es \$382 mil 778.38, lo que resultaría en \$19 mil 138 pesos en daños por minuto. Como se puede notar, estas cifras están alineadas con las estimaciones de los estudios internacionales.

En el presente estudio, se estimaron los daños a la propiedad causados por incendios por minuto como el promedio entre la estimación con datos de la CNSF y la AMIS. Es decir, en \$19 mil 216 pesos por minuto. Cabe notar que las cifras reportadas por la CNSF y la AMIS no incluyen aquellos incendios causados en inmuebles no asegurados, por lo que los daños económicos que se reportan son una parcialidad de los realmente sucedidos y los beneficios sociales de la reducción en el tiempo de respuesta son una cota inferior a los verdaderos.

Al igual que en el caso de vidas salvadas, se siguió la recomendación de la FCC y se asumió que solamente 5% de las llamadas por incendio se ven beneficiadas por mejores servicios de ubicación<sup>18</sup>.

Por otra parte, se tiene identificado que dentro de los tipos de emergencia los incendios forestales son la principal causa de daños al medio ambiente. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018) delinea algunas de las afectaciones de los incendios forestales que incluyen, entre otras:

- El humo contiene carbono y otros elementos que en grandes cantidades son nocivos al medio ambiente.
- La flora queda desprotegida ante enfermedades y plagas.
- Los suelos son más susceptibles a la erosión.
- El hábitat de la fauna silvestre desaparece.

---

<sup>18</sup> Las llamadas por incendio incluyen aquellas clasificadas por el SESNSP como "incendio casa-habitación" y "otros incendios" dentro del tipo de llamada Protección Civil.

- Se desequilibran las cadenas alimenticias
- Con menos plantas que generan oxígeno, el clima se ve alterado.

Adicionalmente, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) reporta que “los incendios de gran magnitud modifican la calidad del aire y generan gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global” (Pérez, 2019). Por su parte GREENPEACE argumenta que “los incendios pueden tener consecuencias devastadoras para [la] biodiversidad en México”.

En 2019, la CONAFOR reportó 7 mil 410 incendios forestales en el país, los cuales afectaron un total de 633 mil 678 hectáreas (CONAFOR, 2020). No se tiene conocimiento de datos para México donde se estime el valor de las pérdidas ambientales por este tipo de incendio. De hecho, la CONAFOR explica que “Un incendio forestal trae consigo más afectaciones de las que se perciben a simple vista, pues hay otros daños que son difíciles de cuantificar.” (CONAFOR, 2010) y recalca que es necesario “desarrollar metodologías y normas para la cuantificación de los efectos [económicos] positivos y negativos del fuego.”

Dado lo anterior, en el presente estudio se reconoce que la reducción del tiempo de respuesta en los servicios de emergencias en México tendría un impacto positivo en el medio ambiente más no cuantificable con los datos y métodos disponibles.

Usando la misma metodología que en la Sección 3.1.1.3 para el caso de incendios urbanos y utilizando las llamadas críticas mostradas en la Tabla 20, se obtiene un beneficio anual promedio de \$167.5 millones de pesos por daños a la propiedad para el periodo 2021-2030 en el escenario base; de \$283 millones de pesos en el escenario optimista y de \$54.7 millones de pesos en el escenario pesimista.

## 3.2 Beneficios Operativos

Estos beneficios están ligados a un aumento en la capacidad de atención de los CALLE. Debido a que los tiempos de despacho se reducen tras la implementación de AML, se estima una reducción en horas hombre. Conforme a la “Norma Técnica para la Estandarización de los Servicios de Llamadas de Emergencia a través del Número Único Armonizado 9-1-1 (Nueve, Uno, Uno)” del SESNSP, un operador puede atender 30 minutos de llamadas de emergencia en una hora.<sup>19</sup> Por tal motivo, la introducción de una técnica más precisa de geolocalización también beneficiará los tiempos de atención de los operadores en cada CALLE. A continuación, se muestran las estimaciones de beneficios operativos por concepto de eficiencias para el escenario base y con sus variaciones respecto a la tasa de crecimiento de llamadas procedentes.

Tabla 22: Proyecciones de eficiencias operativas por CALLE bajo el supuesto: Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y el escenario: Base

	2021	2022	2023	2024	2025
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada (minutos)	0.37	0.48	0.52	0.53	0.53
Llamadas potencialmente geolocalizables con AML	46,528,590	41,722,646	37,767,858	34,405,898	31,666,586
Reducción total en el tiempo de despacho (minutos)	17,155,706	20,152,542	19,570,482	18,114,221	16,727,434
Reducción en horas hombre conforme a la Norma Técnica	571,857	671,751	652,349	603,807	557,581
Costo por hora hombre (MXN) <sup>20</sup>	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	<b>\$12,710,706</b>	<b>\$14,931,068</b>	<b>\$14,499,819</b>	<b>\$13,420,871</b>	<b>\$12,393,398</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada (minutos)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
Llamadas potencialmente geolocalizables con AML	29,369,963	27,382,108	25,670,365	24,172,688	22,846,959
Reducción total en el tiempo de despacho (minutos)	15,522,405	14,470,494	13,562,857	12,768,338	12,064,953
Reducción en horas hombre conforme a la Norma Técnica	517,413	482,350	452,095	425,611	402,165
Costo por hora hombre (MXN)	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	<b>\$11,500,588</b>	<b>\$10,721,225</b>	<b>\$10,048,755</b>	<b>\$9,460,094</b>	<b>\$8,938,954</b>

De acuerdo con las estimaciones anteriores, considerando una tasa constante de llamadas procedentes, los beneficios operativos por la implementación de AML para 2021 son \$12.7 millones de pesos.

<sup>19</sup> Ver Anexo 2, Método C-Erlang para determinación del número de personal. En dicho anexo se muestra que la eficiencia del personal ocupado es de 0.5 horas.

<sup>20</sup> Se tomó como referencia el sueldo de los Enlaces y Operadores del C5 de la CDMX (\$12,636 MXN al mes). Este número se multiplica por un factor de ajuste (1.2665) para incorporar los costos adicionales por prestaciones, seguridad social y retiro. Lo cual da un costo mensual por empleado de \$16,003.49. Finalmente, asumiendo que los CALLE operan 24 horas al día, el costo por hora da \$22.23 MXN por hora.



Tabla 23: Proyecciones de eficiencias operativas por CALLE bajo el supuesto: Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y el escenario: Base

	2021	2022	2023	2024	2025
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada (minutos)	0.37	0.48	0.52	0.53	0.53
Llamadas potencialmente geolocalizables con AML	54,101,455	51,702,573	49,935,612	48,592,709	47,829,734
Reducción total en el tiempo de despacho (minutos)	20,004,838	25,069,143	26,006,020	25,744,741	25,456,921
Reducción en horas hombre conforme a la Norma Técnica	666,828	835,638	866,867	858,158	848,564
Costo por hora hombre (MXN)	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	<b>\$14,821,635</b>	<b>\$18,573,791</b>	<b>\$19,267,926</b>	<b>\$19,074,343</b>	<b>\$18,861,096</b>

	2026	2027	2028	2029	2030
Reducción promedio en el tiempo de despacho por llamada (minutos)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54
Llamadas potencialmente geolocalizables con AML	47,497,691	47,470,904	47,764,839	48,333,215	49,150,377
Reducción total en el tiempo de despacho (minutos)	25,325,070	25,339,588	25,521,408	25,848,845	26,309,045
Reducción en horas hombre conforme a la Norma Técnica	844,169	844,653	850,714	861,628	876,968
Costo por hora hombre (MXN)	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23	\$22.23
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	<b>\$18,763,408</b>	<b>\$18,774,164</b>	<b>\$18,908,875</b>	<b>\$19,151,474</b>	<b>\$19,492,437</b>

Por otro lado, los beneficios son mayores cuando se asume que las llamadas procedentes crecen a una tasa creciente. En este caso, los beneficios operativos para 2021 son \$14.8 millones de pesos.

### 3.3 Beneficios Regulatorios

La implementación de AML, potencialmente, traería consigo una simplificación y reducción en los costos de supervisar los parámetros de precisión de las llamadas de emergencia. Conforme al Acuerdo<sup>21</sup>, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el IFT es la instancia gubernamental encargada de implementar una metodología para evaluar el cumplimiento de los parámetros de precisión y rendimiento relativos a las llamadas de emergencia al 9-1-1.

Según el contrato de “Arrendamiento, sin opción a compra, de equipo de medición para evaluar el cumplimiento de los parámetros de precisión y rendimiento relativos a la localización geográfica en tiempo real de llamadas de emergencia al número 9-1-1 instalado en un vehículo”, el monto destinado para llevar a cabo este ejercicio de monitoreo es de dos millones 973 mil 388 pesos (monto sin IVA). Considerando el IVA y que la duración del contrato es de 26 meses, el IFT tendría un ahorro aproximado de un millón 591 mil 906 por año.

Al respecto, es importante señalar que con la implementación de AML, estos ejercicios de medición tendrán un impacto, por lo que, el Anteproyecto plantea una posible modificación a la Metodología, dando un plazo para ello.

Por otro lado, es posible obtener el desempeño anual de la precisión de AML ya que éstos se encontrarán en un nodo centralizado que emita los reportes.

---

<sup>21</sup> ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite la metodología para evaluar el cumplimiento de los parámetros de precisión y rendimiento correspondientes a la localización geográfica en tiempo real de llamadas de emergencia al número 9-1-1 establecidos en los Lineamientos de colaboración en materia de Seguridad y Justicia, publicados el 2 de diciembre de 2015.

### 3.4 Beneficios por Externalidades y Sinergias

De acuerdo con Thomas Helbling, asesor en el Departamento de Estudios del Fondo Monetario Internacional (FMI) (Helbling, 2010), las externalidades son “los efectos indirectos [que] repercuten en las oportunidades de consumo y producción de terceros, pero el precio del producto no refleja esas externalidades. Por ende, las rentabilidades y los costos privados son diferentes de los que asume la sociedad en su conjunto”. Existen dos tipos de externalidades, las negativas y positivas, por lo que la implementación de técnicas más precisas de geolocalización podría considerarse como un tipo de externalidad positiva, ya que los beneficios sociales son mayores a los beneficios privados.

Por otra parte, de acuerdo con el *Corporate Finance Institute*, la *sinergia* es el concepto de que la totalidad de una entidad vale más que la suma de las partes. “En otras palabras, al combinar dos empresas en una fusión, el valor de la nueva empresa será mayor que la suma de los valores de cada una de las dos empresas que se fusionan” (Corporate Finance Institute, 2020). Existen dos tipos de sinergias: ahorro de costos y mejora en los ingresos.

En el caso concreto del presente estudio, la implementación de AML puede generar las siguientes sinergias:

1. Plan DN-III-E. Dicho plan es un instrumento operativo militar que establece los lineamientos generales de las fuerzas armadas de México para realizar actividades de auxilio a la población afectada por desastres naturales o humanos, optimizando el empleo de los recursos humanos y materiales para su atención. Por tal motivo, la implementación de AML podrá generar una mejora en las actividades de auxilio que realicen las fuerzas armadas y con ello, minimizar el número de víctimas en casos de desastres.
2. Servicios de emergencia respecto a COVID-19. En caso de que una persona sufra de alguna emergencia relacionada con COVID-19, el uso de AML podría brindar información valiosa a los operadores de los servicios de emergencia, misma que se utilizaría para atender a la persona en cuestión.
3. Aseguradoras de automóviles. Tras un siniestro, contar con una geolocalización más precisa de los usuarios que hayan sufrido un siniestro ayudaría a reducir el tiempo de respuesta de los ajustadores. Con ello, las aseguradoras abaratarían costos y la satisfacción de los usuarios aumentaría.
4. Servicios médicos. Dado que el sistema de geolocalización de Apple tiene la capacidad de compartir información médica del usuario, las unidades de emergencia podrían agilizar el diagnóstico de los pacientes en situación crítica.
5. Servicios de transporte privado vía plataformas digitales. Empresas que brindan estos servicios podrían mejorar su atención al cliente con la implementación de AML, pues podrían conectar sus plataformas con el sistema 9-1-1 en caso de emergencia.

### 3.5 Beneficios Totales

En los apartados anteriores se mostraron los distintos beneficios para la implementación y operación del Sistema de Emergencias 9-1-1. Las tablas siguientes muestran una síntesis de los beneficios por la implementación de AML, de 2021 a 2030, tomando en cuenta los distintos supuestos.

Tabla 24: Proyecciones de beneficios con tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes (pesos)

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Beneficios por aumento en el número esperado de vidas salvadas</b>	\$1,051,211,424	\$1,410,905,339	\$1,541,133,010	\$1,584,711,325	\$1,609,529,142
<b>Beneficios por reducción de daños materiales en incendios</b>	\$113,651,938	\$152,540,319	\$166,619,910	\$171,331,388	\$174,014,572
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	\$12,710,706	\$14,931,068	\$14,499,819	\$13,420,871	\$12,393,398

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Beneficios por aumento en el número esperado de vidas salvadas</b>	\$1,629,192,315	\$1,645,208,612	\$1,660,508,229	\$1,674,785,989	\$1,687,931,070
<b>Beneficios por reducción de daños materiales en incendios</b>	\$176,140,460	\$177,872,065	\$179,526,186	\$181,069,829	\$182,491,012
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	\$11,500,588	\$10,721,225	\$10,048,755	\$9,460,094	\$8,938,954

Tabla 25: Proyecciones de beneficios con tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes (pesos)

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Beneficios por aumento en el número esperado de vidas salvadas</b>	\$1,225,791,250	\$1,755,122,957	\$2,047,917,723	\$2,252,262,618	\$2,449,488,440
<b>Beneficios por reducción de daños materiales en incendios</b>	\$132,526,671	\$189,755,477	\$221,411,043	\$243,503,833	\$264,826,943
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	\$14,821,635	\$18,573,791	\$19,267,926	\$19,074,343	\$18,861,096

	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Beneficios por aumento en el número esperado de vidas salvadas</b>	\$2,658,055,266	\$2,880,959,549	\$3,124,600,285	\$3,390,518,260	\$3,680,731,492
<b>Beneficios por reducción de daños materiales en incendios</b>	\$287,376,188	\$311,475,530	\$337,816,798	\$366,566,574	\$397,943,037
<b>Beneficios por incremento en la eficiencia operativa de los CALLE</b>	\$18,763,408	\$18,774,164	\$18,908,875	\$19,151,474	\$19,492,437

A continuación, se muestra el Valor Presente Neto a precios 2020 de las estimaciones de los beneficios (2021-2030) para cada escenario (Ver Anexo A sobre VPN).

Tabla 26: Valor Presente Neto de los beneficios de geolocalización por AML (millones de pesos de 2020)\*

	Tasa de llamadas	
	Constante	Creciente
<b>VPN</b>	\$10,347.72	\$16,141.64

Fuente: Elaboración propia.

\*TSD de 10%.

La tabla anterior muestra que el valor presente de los beneficios totales de geolocalización por AML son mayores en el caso donde la tasa de llamadas procedentes es creciente (\$16 mil 141 millones de pesos).

## 4 Resultados

Después de estimar los beneficios y los costos de la implementación de técnicas de geolocalización con AML, se encontró un beneficio neto en todos los escenarios considerados. En las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos respecto al VPN para cada escenario (base, pesimista y optimista<sup>22</sup>) asumiendo que el número de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes crece a una tasa constante y que la transmisión de la geolocalización es 100% vía SMS. Cabe señalar que se presenta el VPN para el periodo de 2021 a 2030 y a su vez el VPN a perpetuidad (Ver Anexo A), el cual asume que el proyecto tendrá una duración indefinida.

Tabla 27: Valor Presente Neto por escenario bajo el supuesto de una tasa constante de llamadas procedentes y una transmisión 100% SMS

### Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Base

(millones de pesos)

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$20,514.4
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$9,892.0</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$77.0
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$17,801.2</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$138.7
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

### Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Pesimista

(millones de pesos)

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$685.7
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$230.8</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$1.8
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$495.2</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$3.9
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

<sup>22</sup> Los escenarios base, pesimista y optimista se realizaron bajo las definiciones establecidas en la sección 3.

### Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Optimista

(millones de pesos)

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$63,508.0
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$31,510.6</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$245.4
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$55,995.7</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$436.1
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

Dichos resultados muestran que la sociedad mexicana tendría un beneficio neto de al menos \$495 millones de pesos (escenario pesimista). Asimismo, en el mejor de los casos, el beneficio neto ascendería a \$55 mil 995 millones de pesos (escenario optimista). Por otro lado, considerando que las llamadas procedentes muestren una tasa creciente y la transmisión de geolocalización bajo un esquema híbrido, los beneficios netos oscilarían entre mil 345.6 millones y \$102 mil 946 millones de pesos, según el escenario pesimista u optimista (Ver el Anexo C para otros escenarios).

A continuación, se muestra la estimación cuantitativa de los costos y beneficios más significativos derivados de la implementación de AML para los distintos tipos de población, en los tres escenarios antes mencionados (Base, Pesimista y Optimista).

Tabla 28: Valor Presente Neto a 10 años de costos y beneficios por tipo de población para los distintos escenarios bajo el supuesto de una tasa constante de llamadas procedentes y una transmisión 100% SMS

Estimación Cuantitativa - Escenario Base				
Población	Descripción	Costos	Beneficios	Beneficio Neto
Población general	Vidas salvadas y reducción de daños materiales	\$0.00	\$10,262.15	\$10,262.15
CALLE	Beneficios por eficiencia operativa y costos de implementación del AML	\$246.04	\$75.79	-\$170.25
IFT	Simplificación en la supervisión del AML	\$0.00	\$9.78	\$9.78
Operadores Móviles	Costos recurrentes, no recurrentes y de oportunidad	\$209.66	\$0.00	-\$209.66
		<b>Acumulado</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Total</b>
		<b>\$455.70</b>	<b>\$10,347.72</b>	<b>\$9,892.02</b>

### Estimación Cuantitativa - Escenario Pesimista

Población	Descripción	Costos	Beneficios	Beneficio Neto
Población general	Vidas salvadas y reducción de daños materiales	\$0.00	\$507.45	\$507.45
CALLE	Beneficios por eficiencia operativa y costos de implementación del AML	\$238.51	\$72.50	-\$166.02
IFT	Simplificación en la supervisión del AML	\$0.00	\$9.78	\$9.78
Operadores Móviles	Costos recurrentes, no recurrentes y de oportunidad	\$120.38	\$0.00	-\$120.38
		<b>Acumulado</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Total</b>
		<b>\$358.90</b>	<b>\$589.72</b>	<b>\$230.82</b>

Estimación Cuantitativa - Escenario Optimista				
Población	Descripción	Costos	Beneficios	Beneficio Neto
Población general	Vidas salvadas y reducción de daños materiales	\$0.00	\$31,947.43	\$31,947.43
CALLE	Beneficios por eficiencia operativa y costos de implementación del AML	\$250.79	\$77.94	-\$172.85
IFT	Simplificación en la supervisión del AML	\$0.00	\$9.78	\$9.78
Operadores Móviles	Costos recurrentes, no recurrentes y de oportunidad	\$273.75	\$0.00	-\$273.75
		<b>Acumulado</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Total</b>
		<b>\$524.54</b>	<b>\$32,035.16</b>	<b>\$31,510.61</b>

Finalmente, los beneficios cualitativos de la implementación de AML se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 29: Estimación cualitativa de la implementación de AML

Estimación Cualitativa		
Población	Costos	Beneficios
Actores gubernamentales	Algunos actores gubernamentales podrían resistirse a la implementación de AML debido a los costos hundidos de la tecnología por triangulación	La implementación de AML podría generar sinergias en: a) Plan DN-III-E implementado por las Fuerzas Armadas, b) servicios de emergencia respecto a COVID-19, que estarían a cargo del sector salud
Población general	Ninguno	La introducción de AML podría generar sinergias en los siguientes sectores: a) aseguradoras de automóviles, b) servicios médicos privados, e) servicios de transporte vía plataformas digitales



## Referencias

- Ahrens, M., & Evarts, B. (2020). Fire Loss in the United States During 2019. *National Fire Protection Association (NFPA)*. Obtenido de <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/US-Fire-Problem/osFireLoss.pdf>
- America Movil. (2013-2020). *Form 20-F, Annual and Transition Report (foreign private issuer)*. Securities and Exchange Commission (SEC). Obtenido de <https://www.americamovil.com/English/investors/reports-and-filings/sec-filings/default.aspx>
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (2020). *Sistema Estadístico del Sector Asegurador del Ramo Incendio de Daños*. Dirección Ejecutiva de Líneas de Negocio, área de daños y autos. Obtenido de <https://centroestadisticoamis.mx/wp-content/uploads/2020/10/N1-Incendio.pdf>
- ATT. (2013-2020). *Form 10-Q, Annual Report*. Securities and Exchange Commission (SEC). Obtenido de <https://investors.att.com/financial-reports/sec-filings>
- Banco de México. (2020). *Banco de México (Banxico)*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Sistema de Información Económica - Tipos de cambio y resultados históricos de las subastas: <https://www.banxico.org.mx/>
- Blackwell, T. H., & Kaufman, J. S. (2002). Response time effectiveness: comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system. *Academic Emergency Medicine*(9(4)), 288-295. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1197/aemj.9.4.288>
- Blanchard, I. E., et. al. (2012). Emergency medical services response time and mortality in an urban setting. *Prehospital Emergency Care*(16(1)), 142-151. Obtenido de <https://ecfsapi.fcc.gov/file/7521122775.pdf>
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2017). *Cost-benefit analysis: concepts and practice*. Cambridge University Press.
- C.E. McCoy et. al. (2013). Emergency medical services out-of-hospital scene and transport time and their association with mortality in trauma patients presenting to an urban level I trauma center. *Ann Emerg Med*(61), 167-174. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196064412014254>
- Cesar et. al. (2002). Improving air quality in metropolitan Mexico City : an economic valuation (English). *Policy, Research working paper series no. WPS 2785*. World Bank Group. Obtenido de <http://documents.worldbank.org/curated/en/607361468777295667/Improving-air-quality-in-metropolitan-Mexico-City-an-economic-valuation>
- Challands, N. (2010). The Relationships Between Fire Service Response Time and Fire Outcomes. *Fire Technology*, 46(3), 665-676. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/226273683\\_The\\_Relationships\\_Between\\_Fire\\_Service\\_Response\\_Time\\_and\\_Fire\\_Outcomes](https://www.researchgate.net/publication/226273683_The_Relationships_Between_Fire_Service_Response_Time_and_Fire_Outcomes)

- Cifuentes et. al. (2005). Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean. *Interamerican Development Bank*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Urban-Air-Quality-and-Human-Health-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>
- Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. (2019). *Información estadística de Incendio*. Sistema Estadístico del Ramo de Incendio. Obtenido de <https://www.cnsf.gob.mx/EntidadesSupervisadas/InstitucionesSociedadesMutualistas/Paginas/Incendio.aspx>
- CONAFOR. (2010). *Incendios forestales - Guía práctica para comunicadores*. Comisión Nacional Forestal. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- CONAFOR. (2020). *Comisión Nacional Forestal*. Obtenido de PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre\\_de\\_la\\_Temporada\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre_de_la_Temporada_2019.pdf)
- CONAPPII. (2020). *Análisis Estadístico de Lugar y Causa de Incendio*. Comité Nacional Permanente de Peritos en Prevención e Investigación de Incendios. Obtenido de <https://conapci.org/wp-content/uploads/2020/07/Analisis-Estadastico-de-lugar-y-causa-de-incendios-integrado.pdf>
- Corporate Finance Institute. (2020). *Corporate Finance Institute*. . Obtenido de Synergy: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/deals/synergy/>
- Damodaran, A. (January de 2020). *Damodaran Online*. Recuperado el 14 de December de 2020, de Data Archives: [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/dataarchived.html#capstru](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html#capstru)
- De Lima, M. (. (2020). The value of a statistical life in Mexico. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 9(2), 140-166. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21606544.2019.1617196>
- European Emergency Number Association (EENA). (2017). HELP112 project - Cost Benefit Analysis. *European Commision*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/growth/content/help112-project\\_en](https://ec.europa.eu/growth/content/help112-project_en)
- Federal Communications Commission. (2014). Wireless E911 Location Accuracy Requirements. THIRD FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING. *Public Safety and Homeland Security*, 29 FCC Rcd 2374. Obtenido de <https://www.fcc.gov/document/proposes-new-indoor-requirements-and-revisions-existing-e911-rules>
- Fire Brigades Union. (2010). It's About Time. *The Fire Brigades Union*. Obtenido de <https://www.fbu.org.uk/publication/its-about-time-why-emergency-response-times-matter-firefighters-and-public>
- Gonzalez, R. P. et. al. (2009). Does increased emergency medical services prehospital time affect patient mortality in rural motor vehicle crashes? A statewide analysis. *The*

- American journal of surgery*, 197(1), 30-34. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002961008002699>
- Hammitt, J. K. (2006). The economic value of fatal and non-fatal occupational risks in Mexico City using actuarial- and perceived-risk estimates. *Health Economics*, 15(12), 1329-35. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hec.1137>
- Haynes, H. (2015). Fire Loss in the United States During 2014. *National Fire Protection Association (NFPA)*. Obtenido de <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/US-Fire-Problem/Old-FL-LL-and-Cat/osfireloss2015.ashx?la=en>
- Helbling, T. (2010). *¿Qué son las externalidades?* Fondo Monetario Internacional. Finanzas y Desarrollo. Obtenido de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2010/12/pdf/basics.pdf>
- INECC. (2017). Estimación del valor de una vida estadística en México: un estudio de valoración contingente. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Informe final*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/436696/Informe\\_final\\_VEV\\_vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/436696/Informe_final_VEV_vf.pdf)
- INEGI ENDUTIH. (2019). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/>
- Instituto Federal de Comunicaciones (IFT). (2019). *Banco de Información de Telecomunicaciones*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Descarga de Datos - Ingresos e Inversión: <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/descargaArchivos.xhtml>
- Insurance Journal. (2012). Obtenido de <https://www.insurancejournal.com/news/national/2012/10/09/266014.htm>
- Jaldell H. et. al. (2014). Time Is Money, But How Much? The Monetary Value of Response Time for Thai Ambulance Emergency Services. *Value in Health*, 17, 555-560. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1098301514018786>
- Jaldell, H. (2017). How Important is the Time Factor? Saving Lives Using Fire and Rescue Services. *Fire Technology*, 53, 695–708. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-016-0592-4>
- James, G., Witten, D., T., H., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning with applications in R*. Springer.
- Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D. (2015). *Valuation: measuring and managing the value of companies*. McKinsey & Company (6th ed.). New Jersey: Wiley.
- Krupnick et. al. (2006). Willingness to pay for mortality risk reductions: Does latency matter? *Journal of Risk and Uncertainty*, 32(3), 231-245. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11166-006-9521-0>
- Leal, J. (2010). *Análisis Costo Beneficio de Regulaciones Ambientales*. Colombia: Presentación elaborada para el Curso Internacional Planificación y gestión sostenible

de los recursos ambientales y naturales. Obtenido de [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/40547/LEALVIERNES\\_2\\_ANALISIS\\_COSTO\\_BENEFICIO\\_REVISADO.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/40547/LEALVIERNES_2_ANALISIS_COSTO_BENEFICIO_REVISADO.pdf)

OECD. (2014). The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. *OECD Publishing*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264210448-en>

Ortiz, Ramon & Markandya, Anil & Hunt, Alistair. (2009). Willingness to Pay for Mortality Risk Reduction Associated with Air Pollution in Sao Paulo. *Revista Brasileira de Economia*, 63, 3-22. Obtenido de <https://www.scielo.br/pdf/rbe/v63n1/a01v63n1.pdf>

Pérez, I. (2019). *Ciencia UNAM-DGDC*. Obtenido de Los incendios forestales que afectan a México: <http://ciencia.unam.mx/leer/935/los-incendios-forestales-que-afectan-a-mexico#:~:text=Un%20incendio%20de%20gran%20magnitud,que%20contribuyen%20al%20calentamiento%20global.&text=%E2%80%9CAdem%C3%A1s%20de%20la%20p%C3%A9rdida%20de,pueblos%20enteros%2C%20casa>

Pons P. et. al. (2005). Paramedic Response Time: Does It Affect Patient Survival? *Academic Emergency Med.*, 12(7), 594-600. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1197/j.aem.2005.02.013>

Portney, P. (2019). Benefit-Cost Analysis. *The Library of Economics and Liberty*. Obtenido de <https://www.econlib.org/library/Enc/BenefitCostAnalysis.html>

PROMTEL. (2019). *Reporte Financiero del Sector de Telecomunicaciones*. Ciudad de México: Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicacion. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/518277/Estudio\\_financiero\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/518277/Estudio_financiero_2019.pdf)

Robinson et. al. (2019). Reference Case Guidelines for Benefit-Cost Analysis in Global Health and Development. *Harvard School of Public Health, OECD, Bill and Melinda Gates Foundation*. Obtenido de <https://sites.sph.harvard.edu/bcaguidelines/>

Sánchez-Triana, E & Johnson, T. (2013). The Health Cost of Urban Air Pollution. *Policy Note. Sustainable Development Department Latin America and the Caribbean Region. The World Bank. The Cost of Air Pollution, A Case Study for the city of Cuenca, Ecuador*. Obtenido de <http://documents1.worldbank.org/curated/en/965761467992459722/pdf/98546-SPANISH-WP-P149172-PUBLIC-Box393197B.pdf>

SEMARNAT. (2018). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de Impactos ambientales que provoca un incendio forestal: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/impactos-ambientales-que-provoca-un-incendio-forestal-142066>

SESNSP. (2017-2020). *Estadística Nacional del Número de Atención de Llamadas de Emergencia 9-1-1*. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. Obtenido de <https://www.gob.mx/911/articulos/estadistica-nacional-del-numero-de-atencion-de-llamadas-de-emergencia-9-1-1?idiom=es>

Simply Wall St. (November de 2020). *Simply Wall St*. Obtenido de Stock Analysis Report, AT&T, America Movil, Telefonica: <https://simplywall.st/about>

- Statista Market Share. (Febrero de 2020). *Statista*. Obtenido de Market share held by leading smartphone brands in Mexico from January 2019 to February 2020: <https://www.statista.com/statistics/867948/market-share-smartphone-brands-monthly-mexico/>
- Telefonica. (2013-2020). *Form 20-F, Annual Report*. Securities and Exchange Commission (SEC). Obtenido de [https://www.telefonica.com/es/web/shareholders-investors/informacion\\_financiera\\_y\\_registros\\_oficiales/20-f-registro-sec](https://www.telefonica.com/es/web/shareholders-investors/informacion_financiera_y_registros_oficiales/20-f-registro-sec)
- Viscusi, W., & Masterman, C. (2017). Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life. *Journal of Benefit-Cost Analysis. Society for Benefit-Cost Analysis*, 8(2), 226-250. Obtenido de [https://law.vanderbilt.edu/phd/faculty/w-kip-viscusi/355\\_Income\\_Elasticities\\_and\\_Global\\_VSL.pdf](https://law.vanderbilt.edu/phd/faculty/w-kip-viscusi/355_Income_Elasticities_and_Global_VSL.pdf)
- Wilde, E. T. (2013). Do emergency medical system response times matter for health outcomes? *Health economics*(22(7)), 790-806. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hec.2851>
- World Bank & IHME. (2016). The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. *World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation*. Obtenido de <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>

## Anexos

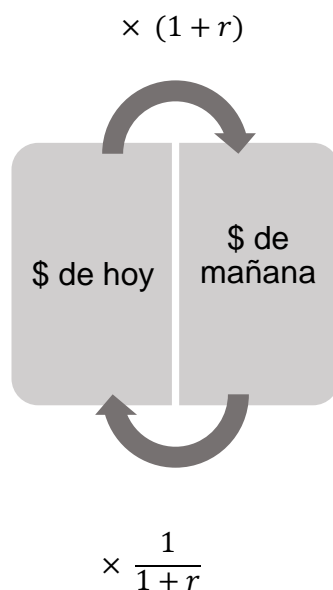
### Anexo A: Valor Presente Neto

El presente anexo muestra los conceptos utilizados, así como la lógica detrás de modelo de Valor Presente Neto (VPN) que se utilizó para el proyecto. Debido a que los beneficios y costos del proyecto ocurren en distintos puntos del tiempo, es necesario tomar en cuenta esa diferencia al evaluar un proyecto.

En términos generales, un peso hoy tiene más poder adquisitivo que el mismo peso al año siguiente. El valor del dinero en el tiempo se refiere a la diferencia de valor entre el dinero de hoy, en cualquiera de sus denominaciones, y el dinero del futuro. Por ejemplo, \$100 pesos de hoy no cuentan con el mismo valor al siguiente año, valen menos. Esa diferencia se debe a que el dinero pierde valor conforme pasa el tiempo.

Entonces, ¿cómo se podría determinar el valor actual de \$100 que recibirán en un año? La respuesta es obtener el Valor Presente de esos \$100. En este ejercicio, se debe descontar esa cantidad con una tasa de interés ("r"), también denominada de descuento, que representa el precio de mercado de hoy para el dinero del futuro, y cuya determinación se explica a continuación.

Figura 8: Valor del dinero en el tiempo



Para obtener el valor actual de \$100 de mañana es necesario descontar por un factor de descuento que es igual a  $\frac{1}{1+r}$  dicha cantidad. Por ejemplo, si tenemos una tasa de descuento de 5%, el valor presente sería el siguiente:

$$VP = 100 * \frac{1}{1 + 5\%} = \$95.23$$

Es decir, \$100 mañana equivaldrían a \$95.23 de hoy.

En el caso de la evaluación de proyectos, para poder comparar flujos de beneficios, costos o de efectivo, generados en distintos periodos de tiempo, se obtiene el valor presente de dichos flujos.

La diferencia entre el valor presente de sus beneficios y el valor presente de los costos asociados al proyecto se define como Valor Presente Neto.

La fórmula es la siguiente:

$$VPN = VP(Beneficios) - VP(Costos)$$

En general, se considera que un proyecto es rentable cuando su VPN es positivo (mayor a cero). Es decir, los beneficios deben de ser mayores a los costos en términos comparables.

Asimismo, el VPN se calcula utilizando los flujos generados durante la vida del proyecto, cuando éste termina generalmente se asume un flujo final equivalente a la venta de los activos fijos como recuperación del capital de trabajo, llamado Valor Terminal (VT). No obstante, cuando el proyecto no cuenta con un periodo definido de tiempo, se asume en general que los flujos continúan a perpetuidad con una tasa constante de crecimiento, la cual está asociada al entorno macroeconómico en el que se desarrolla el proyecto. En el caso de perpetuidad, el VT está dado por la siguiente fórmula:

$$VT = \frac{Flujo (1 + g)}{r - g}$$

Donde:

$VT$  = Valor terminal

$g$  = Tasa de crecimiento

$r$  = Tasa de descuento

$Flujo$  = Último flujo del proyecto

## Anexo B: Reducción en Mortalidad

A continuación, se presenta un extracto de los resultados de la reducción en Mortalidad publicados en el artículo de Wilde (Wilde, 2013) y utilizados por la FCC (Federal Communications Commission, 2014).

Tabla 30: Extracto de la Tabla III. Coeficiente de la regresión reducida de la mortalidad sobre la distancia, la regresión por OLS de la mortalidad sobre el tiempo de respuesta, y la regresión de la mortalidad sobre la distancia y la variable instrumental para el tiempo de respuesta.

	Variable dependiente				
	1 día	2 días	30 días	90 días	1 año
Regresión reducida de la mortalidad sobre la distancia	0.015 (0.0083)	0.0342 (0.0123)*	0.078 (0.0177)*	0.1112 (0.0200)*	0.1392 (0.0232)*
Regresión OLS de la mortalidad sobre el tiempo de respuesta	0.0077 (0.0063)	0.0058 (0.0069)	0.0205 (0.0124)	0.0276 (0.0149)	0.0157 (0.0176)
Regresión de la mortalidad sobre la distancia y la VI para el tiempo de respuesta	0.1363 (0.075)	0.3099 (0.1139)*	0.708 (0.1648)*	1.0084 (0.1854)*	1.2617 (0.0209)*
Media de la variable dependiente	1.6932%	1.9741%	4.2819%	5.9520%	9.7713%

Notas: Todas las especificaciones incluyen un grupo de características, hora, semana, semana por hora, mes, padecimiento, e indicadores de clima. Los errores robustos estándar se incluyen entre paréntesis. \* Indica significancia al 5%. Fuente: (Wilde, 2013)



Tabla 31: Reducción en la mortalidad por cada minuto que se reduce el tiempo de respuesta

	Variable dependiente				
	1 día	2 días	Mortalidad a 30 días	90 días	1 año
Regresión de la mortalidad sobre la distancia y la VI para el tiempo de respuesta	0.1363	0.3099	0.708	1.0084	1.2617
Media de la variable dependiente	1.6932%	1.9741%	4.2819%	5.9520%	9.7713%
Reducción con respecto a la mortalidad media (%)	8%	16%	17%	17%	13%
Tamaño de la muestra (N=73,706)					

Tabla 32: Reducción en la probabilidad de muerte por cada minuto que se reduce el tiempo de respuesta

	Tipo de Mortalidad				
	1 día	2 días	30 días	90 días	1 año
Casos en Salt Lake City (SLC)	73,706	73,706	73,706	73,706	73,706
Muertes en Salt Lake City (SLC)	1,248	1,455	3,156	4,387	7,202
Vidas salvadas en SLC	100	228	522	743	930
Reducción en la probabilidad de muerte por cada minuto ahorrado	0.1363%	0.3099%	0.7080%	1.0084%	1.2617%

Tabla 33: Resultados de regresión de la mortalidad por cada 1,000 casos y los minutos promedio de atención en accidentes atendidos por el sistema de salud de México

	Estimador	Error Std.	Valor t
Intercepto	0.246773	1.081505	0.228
Tiempo de atención	0.014234***	0.003885	3.664
	Media*	Min.	Max.
Mortalidad por cada 1,000 casos	3.1	0.04	857.14
Minutos de atención en Urgencias	203.2	28.5	7459.7

\*\*\*Indica significancia al 1%

Tabla 34: Resultados de regresión de la mortalidad sobre género, edad y los minutos promedio de atención en accidentes atendidos por el sistema de salud de México

	Estimador	Error Std.	Valor t
Intercepto	0.0004712*	1.97E-04	2.395
SEXO = 2 (Feminino)	-0.002494***	2.11E-04	-11.805
Edad	0.00007711***	4.88E-06	15.798
Tiempo de atención (RT)	0.00001954***	9.42E-07	20.748
	Media*	Min.	Max.
Mortalidad (Alta por Defunción=1, Alta por otro caso=0)	0.003139	0	1
Minutos de atención en Urgencias (RT)	71.051	0.329	3738.274

\*\*\*Indica significancia al 1%

## Anexo C: VPN con otros escenarios

### Tasa constante de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y transmisión híbrida

#### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Base**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$20,560.6
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$9,937.0</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$77.4
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$17,864.0</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$139.1
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

#### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Pesimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$693.7
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$238.1</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$1.9
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$505.6</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$3.9
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

#### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Optimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$63,589.8
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$31,593.3</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$246.1
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$56,109.9</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$437.0
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y transmisión 100% SMS

**Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Base**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$45,265.7
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$15,631.7</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$121.8
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$33,083.6</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$257.7
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

**Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Pesimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$2,032.6
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$544.2</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$4.2
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$1,327.9</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$10.3
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

**Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Optimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$139,014.5
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$49,159.1</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$382.9
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$102,755.2</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$800.3
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

## Tasa creciente de llamadas procedentes por cada 100 mil habitantes y transmisión híbrida

### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Base**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$45,369.4
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$15,697.6</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$122.3
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$33,189.5</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$258.5
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Pesimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$2,050.6
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$555.0</b>
VPN per cápita: 10 años*	\$4.3
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$1,345.6</b>
VPN per cápita: perpetuidad*	\$10.5
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

### **Valuación del Beneficio (Costo) Neto - Optimista**

*(millones de pesos)*

Tasa de descuento	10%
Tasa de crecimiento de Largo Plazo	1.0%
Valor Terminal @ 2030	\$139,198.1
<b>Valor Presente Neto: 10 años</b>	<b>\$49,279.5</b>
VPN per cápita: 10 años	\$383.8
<b>VPN: perpetuidad</b>	<b>\$102,946.4</b>
VPN per cápita: perpetuidad	\$801.8
*Asumiendo una población de 128.4M de habitantes	

## Anexo D: Regresión Gama Lasso

Los modelos de regresión lineal son comúnmente utilizados para describir la relación entre una variable dependiente ( $Y$ ) y un conjunto de variables independientes ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ) (James, Witten, T., & Tibshirani, 2013). El modelo lineal estándar es de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

En donde  $\beta_0$  es conocido como intercepto,  $\beta_i$  es el parámetro o coeficiente asociado a la variable independiente  $X_i$  y  $\varepsilon$  representa un error aleatorio con media cero y varianza constante.

El método más común para estimar el valor del intercepto y los coeficientes asociados a las variables independientes es conocido como Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Como su nombre lo indica, este método estima los coeficientes ( $\hat{\beta}^{MCO}$ ) a través de una optimización matemática que tiene como objetivo minimizar la suma de los errores al cuadrado, tomando como error, para cada uno de los elementos en la muestra, a la diferencia entre el valor real de  $Y$  y el valor estimado con la regresión lineal. Es decir, se minimiza la siguiente función objetivo:

$$\min \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{1i} - \dots - \beta_p X_{pi})^2$$

En la práctica, MCO es un método de optimización simple e intuitivo, pero deja de lado dos puntos importantes: la selección de las variables independientes y la exactitud en las predicciones del modelo. No obstante, actualmente existen métodos alternativos, como *lasso* (*least absolute shrinkage and selection operator*), que permiten realizar el ajuste de regresiones lineales tomando en cuenta en la optimización la selección de variables independientes, la regularización o sobreajuste y por ende mejoran la exactitud en las predicciones y la interpretación de los modelos.

En el caso particular de *lasso*, los coeficientes ( $\hat{\beta}_\lambda^L$ ) son estimados a través minimizar la siguiente función objetivo:

$$\min \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{1i} - \dots - \beta_p X_{pi})^2 + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j|$$

Como se puede observar, la optimización por *lasso* es similar a la optimización por MCO, pero agrega un término adicional ( $\lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j|$ ) que tiene como objetivo penalizar el sobreajuste. De este modo, cuando  $\lambda > 0$ , la optimización por *lasso* realiza no sólo la minimización de los errores, sino la selección de las variables, forzando que muchos de los coeficientes tiendan a cero conforme  $\lambda$  es mayor. En este sentido, elegir el valor de  $\lambda$  es crucial cuando se realiza la optimización por *lasso*, pero los algoritmos actuales permiten iterar sobre dicho valor al momento de hacer la estimación de los parámetros. En los modelos *lasso* ajustados para el presente análisis se iteró sobre 1,000 valores positivos para  $\lambda$  y se tomó como modelo final aquel que tuvo el valor mínimo de la función objetivo.