

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA**



**Facultad de Ingeniería  
Maestría en Gerencia de Ingeniería**

**Elaboración de un modelo de negocio de asistencia a la  
conducción mediante una propuesta de IoT para la prevención  
de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá**

**Área de investigación  
Chía, Enero de 2018**

**Elaboración de un modelo de negocio de asistencia a la conducción mediante una propuesta de IoT para la prevención de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá**

**Juan Carlos Martínez Rojas  
Carlos Eduardo Villalobos Cuadrado**

**Director**

**PhD. Edgar Benítez**

**Facultad de Ingeniería  
Maestría en Gerencia Ingeniería  
Chía, Enero de 2018**

## **Elaboración de un modelo de negocio de asistencia a la conducción mediante una propuesta de IoT para la prevención de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá**

### **RESUMEN**

Mediante el uso de técnicas estadísticas predictivas se analizaron los registros de accidentes de tránsito de los últimos 5 años en Bogotá, lo que permitió identificar que la edad de los conductores, la antigüedad de los vehículos y la hora de ocurrencia, son variables de alta influencia en el gravedad de los siniestros; del mismo modo se ha empleado la geoestadística para mostrar los nodos de concentración espacial con mayor índice de riesgo por muertes o heridos en los accidentes de tránsito de la ciudad. Con base en estos resultados se ha propuesto una solución con herramientas de IoT para evaluar hábitos en tiempo real durante el ejercicio de la conducción vehicular, y al final del proyecto se ha plasmado un modelo de negocio viable a nivel técnico y económico con resultados positivos de VPN y una tasa interna de retorno del 22 %.

### **ABSTRACT**

Through the use of predictive statistical techniques, the traffic accident records of the last 5 years in Bogotá were analyzed, which allowed to identify that the age of the drivers, the age of the vehicles and the time of occurrence, are variables of high influence in the severity of the losses; In the same way, geostatistics has been used to show the nodes of spatial concentration with the highest risk of deaths or injuries in traffic accidents in the city. Based on these results, a solution has been proposed with IoT tools to evaluate real-time habits during the vehicle driving exercise, and at the end of the project a business model has been established, viable at a technical and economic level with positive results of NPV and an internal rate of return of 22 %.

### **Palabras clave:**

Variables de accidentalidad, regresión logística, geoestadística, modelo de negocio.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1 PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Ubicación del problema.....	3
1.3 Planteamiento – Pregunta.....	3
2 JUSTIFICACIÓN.....	4
2.1 Social:.....	4
2.2 Económica:.....	4
3 MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 Marco conceptual.....	6
3.1.1 Transporte urbano.....	6
3.1.2 El sistema de transporte y movilidad en Bogotá.....	6
3.1.2.1 Actores viales.....	7
3.1.2.2 Población de Bogotá.....	7
3.1.2.3 Infraestructura vial de Bogotá.....	7
3.1.2.4 Parque automotor de Bogotá.....	8
3.1.3 Marco regulatorio de movilidad tránsito y transporte en Colombia y en el distrito capital.....	9
3.1.4 Organismos relacionados con la movilidad en Colombia y el distrito capital.....	11
3.1.4.1 Ministerio de transporte.....	11
3.1.4.2 Agencia nacional de seguridad vial.....	11
3.1.4.3 Organismos de tránsito.....	12
3.1.4.4 Secretaria Distrital de Movilidad.....	12
3.1.4.5 Instituto de desarrollo urbano (IDU).....	12
3.1.4.6 Centros de Enseñanza Automovilística (CEA).....	12
3.1.4.7 Centros de Diagnóstico Automotor (CDA).....	12
3.1.5 Seguridad vial.....	12
3.1.5.1 Seguridad vial en Colombia.....	13
3.1.5.2 Plan estratégico de seguridad vial.....	13
3.1.5.3 Plan nacional de seguridad vial.....	13
3.1.6 Accidentes de tránsito en Colombia.....	13

3.1.6.1	Definición de accidente de tránsito .....	13
3.1.6.2	Clases de accidentes de tránsito .....	14
3.1.6.3	Factores que inciden en la accidentalidad .....	14
3.1.7	Modelo de regresión logística.....	15
3.1.7.1	Generalidades del modelo de regresión logística .....	15
3.1.7.2	Condiciones para la aplicación de regresión logística .....	16
3.1.7.3	Ecuación del modelo de regresión logística.....	17
3.1.8	Geoestadística.....	18
3.1.8.1	Definición y objeto de estudio de la geoestadística .....	18
3.1.8.2	El análisis geoestadístico.....	18
3.1.9	Internet de las cosas IoT .....	19
3.1.9.1	Tecnologías ADAS .....	20
3.1.9.1.1	Antecedentes de las tecnologías de asistencia a la conducción .....	20
3.1.9.2	Sistemas de diagnóstico a bordo .....	21
3.1.9.2.1	Antecedentes del sistema OBD .....	21
3.1.9.2.2	Funciones de básicas de un sistema OBD.....	22
3.1.10	Sistemas de información.....	22
3.1.10.1	Tipos de Sistemas.....	22
3.1.10.2	El ciclo de vida del desarrollo de sistemas.....	23
3.1.11	Diseño de productos y servicios .....	23
3.1.11.1	Definición de diseño e innovación .....	23
3.1.11.2	Proceso de innovación y de diseño .....	24
3.1.11.3	Matriz de Pugh .....	24
3.1.11.4	Proceso de Diseño .....	25
3.1.11.4.1	Metodología del proceso del diseño.....	27
3.1.12	Modelos de negocio.....	27
3.1.12.1	Definición de modelo de negocio.....	27
3.1.12.2	Selección de la definición .....	28
3.1.12.3	Componentes elementales del modelo de negocio.....	29
3.1.12.4	Componentes del modelo de negocio de Osterwalder et al .....	29
3.1.12.4.1	Los nueve bloques del modelo de negocio.....	30
3.1.12.5	Diseño del modelo de negocio .....	32

3.1.12.6	Enfoque de Porter para el análisis del entorno.....	33
3.1.12.6.1	Descripción de las fuerzas.....	34
3.1.12.6.1.1	Amenaza de nuevos participantes .....	34
3.1.12.6.1.2	Rivalidad entre empresas existentes.....	34
3.1.12.6.1.3	Amenaza de productos o servicios sustitutos .....	34
3.1.12.6.1.4	Poder de negociación de los compradores.....	35
3.1.12.6.1.5	Poder de negociación de los proveedores.....	35
3.1.12.6.2	El lienzo del modelo de negocio .....	36
3.1.13	Simulación de modelos financieros.....	36
3.1.13.1	Generalidades sobre proyectos de inversión .....	37
3.1.13.2	El ciclo de los proyectos.....	37
3.1.13.3	Flujos de efectivo del proyecto .....	38
3.1.13.4	Métodos para evaluar proyectos de inversión.....	38
3.1.13.5	Relevancia de la evaluación técnica y el uso de modelos de simulación	39
3.1.13.6	La simulación como apoyo en las decisiones financieras .....	40
3.1.13.6.1	Simulación de Montecarlo .....	40
3.1.13.6.2	Simulación de modelos financieros en hojas de cálculo electrónicas	40
3.2	Estado del Arte.....	41
4	OBJETIVOS.....	45
4.1	Objetivo General.....	45
4.2	Objetivos Específicos .....	45
5	METODOLOGÍA .....	46
5.1	Uso de herramientas por objetivo .....	47
6	DESARROLLO Y RESULTADOS .....	48
6.1	Desarrollo Objetivo 1.....	48
6.1.1	Fuente de información .....	48
6.1.2	Tratamiento de los datos.....	48
6.1.3	Descripción de las variables .....	49
6.1.4	Análisis descriptivo .....	50
6.1.4.1	Descripción número de accidentes.....	50
6.1.4.2	Descripción por gravedad de accidentes .....	51
6.1.4.3	Descripción de causa probable de accidente .....	52
6.1.4.4	Descripción de la variable clase de vehículo .....	57

6.1.4.5	Descripción de la variable edad .....	58
6.1.4.6	Descripción de la variable hora.....	68
6.1.4.7	Descripción de la variable antigüedad del vehículo.....	71
6.1.4.8	Descripción de la variable sexo.....	73
6.1.4.9	Descripción de la variable localidad .....	76
6.1.4.10	Descripción de la variable tiempo (clima) .....	79
6.1.4.11	Descripción de la variable tipo de servicio .....	80
6.1.4.12	Descripción de la variable fecha .....	84
6.1.5	Resultados de análisis descriptivo .....	92
6.1.6	Construcción del modelo de regresión logística.....	93
6.1.6.1	Caso de estudio.....	93
6.1.6.2	Identificación y estandarización de las variables .....	93
6.1.6.3	Consideraciones generales .....	95
6.1.6.4	Resultados e interpretación del modelo de regresión logística .....	96
6.1.7	Análisis Geoestadístico .....	100
6.1.7.1	Proceso de geocodificación.....	100
6.1.7.2	Análisis exploratorio de los datos .....	100
6.1.7.3	Análisis estructural.....	102
6.1.7.4	Predicciones y resultados del análisis geoestadístico.....	103
6.2	Desarrollo Objetivo 2.....	104
6.2.1	Metodología para establecer la solución .....	104
6.2.2	Selección de variables de la solución .....	105
6.2.3	Variables relevantes del modelo de regresión logística.....	105
6.2.4	Variables relevantes del análisis geoestadístico .....	105
6.2.5	Definición de Necesidades .....	106
6.2.5.1	Necesidades elementales .....	106
6.2.5.2	Necesidades Deseables.....	106
6.2.6	Alternativas de la solución .....	107
6.2.7	Selección de la alternativa .....	108
6.2.8	Componentes de la Solución .....	109
6.2.8.1	Servicios de valor agregado a la solución .....	112
6.2.9	Resultados de la propuesta de la solución IoT .....	113

6.3	Desarrollo Objetivo 3.....	113
6.3.1	Caso de estudio para construcción del modelo de negocio .....	113
6.3.2	Construcción del modelo de negocio.....	113
6.3.2.1	Análisis de Entorno .....	114
6.3.2.1.1	Fuerzas de la industria.....	114
6.3.2.1.2	Enfoque de Porter para el análisis de la industria del IoT en Colombia 115	
6.3.2.1.2.1	Amenaza de nuevos participantes .....	115
6.3.2.1.2.2	Poder de negociación de los compradores.....	115
6.3.2.1.2.3	Poder de negociación de los proveedores.....	115
6.3.2.1.2.4	Rivalidad entre competidores de la industria .....	116
6.3.2.1.2.5	Amenaza de servicios sustitutos .....	116
6.3.2.1.2.6	Fuerzas que impulsan la competencia en la industria de IoT .....	117
6.3.2.1.3	Tendencias de la industria.....	117
6.3.2.2	Modelo de negocio propuesto .....	121
6.3.2.2.1	Propuesta de valor .....	121
6.3.2.2.2	Segmento de clientes .....	122
6.3.2.2.3	Canales de distribución .....	122
6.3.2.2.4	Relación con los clientes .....	122
6.3.2.2.5	Fuente de ingresos .....	122
6.3.2.2.6	Recursos clave.....	122
6.3.2.2.7	Actividades clave .....	123
6.3.2.2.8	Alianzas clave .....	123
6.3.2.2.9	Estructura de costos.....	124
6.3.3	Modelo Financiero.....	124
6.3.3.1	Presupuesto de Inversiones .....	125
6.3.3.2	Proyección de Ventas .....	127
6.3.3.2.1	Estimación de volumen .....	127
6.3.3.2.2	Estimación de la tarifa.....	127
6.3.3.3	Análisis de depreciación y amortización.....	128
6.3.3.4	Construcción de estado de Pérdidas y Ganancias proyectado.....	128
6.3.3.5	Cálculo del WACC.....	131

6.3.3.6	Construcción del Flujo de Caja Libre del proyecto FLC .....	132
6.3.3.7	Resultados .....	132
6.3.3.8	Sensibilidad .....	133
7	CONCLUSIONES .....	134
7.1	Conclusiones análisis descriptivo .....	134
7.2	Conclusiones planteamiento solución tecnológica .....	134
7.3	Conclusiones modelo de negocio .....	134
7.4	Recomendaciones y trabajo futuro .....	135
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	136
9	ANEXOS .....	139
	ANEXO 1: Código Fuente aplicación geo codificación .....	140
	ANEXO 2: Tablas de Datos y Salida SAS .....	142
	ANEXO 3: Detalle Modelo Financiero .....	143

## LISTAS DE TABLAS

<i>Tabla 1. Inventario de la malla vial de Bogotá 2015</i>	8
<i>Tabla 2. Evolución del parque automotor en Bogotá</i>	8
<i>Tabla 3. Resumen normas de regulación transporte terrestre</i>	9
<i>Tabla 4. Matriz criterios / alternativas Pugh</i>	25
<i>Tabla 5. Ejemplo Matriz de Pugh</i>	25
<i>Tabla 6. Revisión teórica de modelo de negocio</i>	27
<i>Tabla 7. Los Nueve bloques del modelo de Negocio</i>	30
<i>Tabla 8. Trabajos recientes</i>	42
<i>Tabla 9. Resumen variables</i>	49
<i>Tabla 10. Abreviaciones Hipótesis de Causas</i>	53
<i>Tabla 11. Grupos Etarios</i>	58
<i>Tabla 12. Variables modelo regresión logística</i>	93
<i>Tabla 13. Caracterizaciones variables y categoría dicotómica del modelo de regresión logística</i>	95
<i>Tabla 14. Resumen selección de paso a paso</i>	97
<i>Tabla 15. Análisis del estimador de máxima verosimilitud</i>	97
<i>Tabla 16. Estimadores de cocientes de disparidad</i>	97
<i>Tabla 17. Semivariograma empírico</i>	102
<i>Tabla 18. Variables regresión logística medibles solución tecnológica</i>	105
<i>Tabla 19. Variables análisis geoestadístico medibles para solución tecnológica</i>	106
<i>Tabla 20. Matriz de Pugh para alternativas de solución</i>	109
<i>Tabla 21. Servicios de valor agregado</i>	112
<i>Tabla 22. Datos de entrada modelo financiero</i>	124
<i>Tabla 23. Consideraciones del modelo financiero</i>	125
<i>Tabla 24. Detalle presupuesto de inversiones</i>	126
<i>Tabla 25. Estimación de volumen - sector asegurador</i>	127
<i>Tabla 26. Análisis de la tarifa</i>	128
<i>Tabla 27. Valores de salvamento</i>	128
<i>Tabla 28. Estado de pérdidas y ganancias proyectado primer año</i>	129
<i>Tabla 29. Estado de pérdidas y ganancias anual proyectado (Parte 1)</i>	130
<i>Tabla 30. Estado de pérdidas y ganancias anual proyectado (Parte 2)</i>	131
<i>Tabla 31. Descripciones variables WACC</i>	131
<i>Tabla 32. Flujo de caja libre del proyecto</i>	132
<i>Tabla 33. Variables de salida y resultados del modelo</i>	132

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Función lineal modelo de regresión logística – Fuente: (Berlanga Silvente, 2014) .....	17
Figura 2. Ecuación del modelo de regresión logística – Fuente: (Berlanga Silvente, 2014).....	17
Figura 3. Ciclo de vida del desarrollo de sistemas – Fuente: (Kendall, 2005) .....	23
Figura 4. Proceso de Innovación - Fuente: (h2i Institute Human centered innovation, 2016).....	24
Figura 5. Representación gráfica del proceso de diseño – Fuente: (Ulrich, 2005).....	26
Figura 6. Pasos de la etapa del diseño – Fuente: (Ulrich, 2005).....	26
Figura 7. Componentes del modelo de negocio de Osterwalder .....	29
Figura 8. Elementos del modelo de negocio – Fuente: (Osterwalder et al, 2012) .....	32
Figura 9. Elementos del modelo de negocio – Fuente:(Porter, 1979).....	33
Figura 10. Lienzo del modelo de negocio – Fuente: (Osterwalder et al, 2012).....	36
Figura 11. Flujo ciclo de vida de un proyecto.....	37
Figura 12. Proceso metodológico – Fuente: Elaboración propia .....	46
Figura 13. Objetivos y herramientas utilizadas — Fuente: Elaboración propia .....	47
Figura 14. Total accidentes 2012 – 2016.....	51
Figura 15. Gravedad accidentes de vehículos por Año .....	52
Figura 16. Gravedad accidentes de motos por Año.....	52
Figura 17. Pareto principales causas accidentes vehículos por frecuencia.....	54
Figura 18. Pareto principales causas accidentes motos por frecuencia .....	54
Figura 19. Pareto principales causas accidentalidad vehículos con solo daños .....	55
Figura 20. Pareto pprincipales causas accidentalidad motos con solo daños.....	55
Figura 21. Pareto pprincipales causas accidentalidad vehículos con heridos .....	56
Figura 22. Pareto pprincipales causas accidentalidad motos con heridos .....	56
Figura 23. Pareto principales causas accidentalidad vehículos con muertos .....	57
Figura 24. Pareto principales causas accidentalidad motos con muertos.....	57
Figura 25. Pareto accidentalidad por clase de vehículo .....	58
Figura 26. Distribución accidentalidad vehículos de acuerdo con grupo etario .....	59
Figura 27. Frecuencia edad personas en accidentes de vehículos.....	59
Figura 28. Distribución accidentalidad motos de acuerdo con grupo etario.....	60
Figura 29. Frecuencia de edad personas accidentes de motos.....	60
Figura 30. Distribución accidentes con ilesos en vehículos de acuerdo con grupo etario .....	61
Figura 31. Frecuencia edad accidentes de vehículos con ilesos.....	62
Figura 32. Distribución accidentes con heridos en vehículos de acuerdo con grupo etario .....	62
Figura 33. Frecuencia accidentes vehículos con heridos por edad .....	63
Figura 34. Distribución accidentes con muertos en vehículos de acuerdo con grupo etario .....	63
Figura 35. Frecuencia accidentes vehículos con muertos por edad.....	64
Figura 36. Frecuencia accidentes motos con ilesos por grupo etario .....	65
Figura 37. Frecuencia accidentes motos con ilesos por edad.....	65
Figura 38. Distribución accidentes motos con heridos por grupo etario .....	66
Figura 39. Frecuencia accidentes motos con heridos por edad.....	66
Figura 40. Distribución accidentes motos con muertos por grupo etario.....	67
Figura 41. Frecuencia accidentes motos con muertes por edad.....	67
Figura 42. Frecuencia accidentes vehículos por hora de ocurrencia .....	68
Figura 43. Frecuencia accidentes motos por hora de ocurrencia .....	68
Figura 44. Frecuencia accidentes vehículos con solo daños por hora de ocurrencia .....	69
Figura 45. Frecuencia accidentes motos con solo daños por hora de ocurrencia .....	69
Figura 46. Frecuencia accidentes vehículos con heridos por hora de ocurrencia .....	70

Figura 47. Frecuencia accidentes motos con heridos por hora de ocurrencia.....	70
Figura 48. Frecuencia accidentes vehículos con muertos por hora de ocurrencia.....	71
Figura 49. Frecuencia accidentes motos con muertos por hora de ocurrencia .....	71
Figura 50. Accidentes vehículos por rango de antigüedad.....	72
Figura 51. Frecuencia accidentes vehículos por años de antigüedad.....	72
Figura 52. Accidentes motos por rango de antigüedad.....	73
Figura 53. Frecuencia accidentes motos por años de antigüedad .....	73
Figura 54. Frecuencia accidentes de vehículos conductores mujeres por edad .....	74
Figura 55. Frecuencia accidentes de vehículos conductores hombres por edad .....	74
Figura 56. Frecuencia accidentes de motos con conductores mujeres por edad.....	75
Figura 57. Frecuencia accidentes de motos con conductores hombres por edad .....	75
Figura 58. Frecuencia accidentes de vehículos de acuerdo con la localidad .....	76
Figura 59. Frecuencia accidentes de vehículos con ilesos de acuerdo con la localidad .....	76
Figura 60. Frecuencia accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con la localidad .....	77
Figura 61. Frecuencia accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con la localidad .....	77
Figura 62. Frecuencia accidentes de motos de acuerdo con la localidad .....	78
Figura 63. Frecuencia accidentes de motos con solo daños de acuerdo con la localidad .....	78
Figura 64. Frecuencia accidentes de motos con heridos de acuerdo con la localidad.....	79
Figura 65. Frecuencia accidentes de motos con muertos de acuerdo con la localidad .....	79
Figura 66. Accidentes de vehículos de acuerdo con el tipo de tiempo (clima).....	80
Figura 67. Accidentes de motos de acuerdo con el tipo de tiempo (clima) .....	80
Figura 68. Accidentes de vehículos con ilesos de acuerdo con el tipo de servicio .....	81
Figura 69. Accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el tipo de servicio .....	81
Figura 70. Accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el tipo de servicio .....	82
Figura 71. Accidentes de motos de acuerdo con el tipo de servicio .....	82
Figura 72. Accidentes de motos con ilesos de acuerdo con el tipo de servicio .....	83
Figura 73. Accidentes de motos con heridos de acuerdo con el tipo de servicio .....	83
Figura 74. Accidentes de motos con muertos de acuerdo con el tipo de servicio.....	84
Figura 75. Accidentes de vehículos de acuerdo con el día de la semana.....	84
Figura 76. Accidentes de vehículos con solo daños de acuerdo con el día de la semana .....	85
Figura 77. Accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el día de la semana .....	85
Figura 78. Accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el día de la semana.....	86
Figura 79. Accidentes de motos de acuerdo con el día de la semana .....	86
Figura 80. Accidentes de motos con solo daños de acuerdo con el día de la semana.....	87
Figura 81. Accidentes de motos con heridos de acuerdo con el día de la semana .....	87
Figura 82. Accidentes de motos con muertos de acuerdo con el día de la semana.....	88
Figura 83. Frecuencia accidentes de vehículos de acuerdo con el mes del año.....	88
Figura 84. Frecuencia accidentes de vehículos con solo daños de acuerdo con el mes del año .....	89
Figura 85. Frecuencia accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el mes del año .....	89
Figura 86. Frecuencia accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el mes del año.....	90
Figura 87. Frecuencia accidentes de motos de acuerdo con el mes del año .....	90
Figura 88. Frecuencia accidentes de motos con solo daños de acuerdo con el mes del año.....	91
Figura 89. Frecuencia accidentes de motos con heridos de acuerdo con el mes del año .....	91
Figura 90. Frecuencia accidentes de motos con muertos de acuerdo con el mes del año .....	92
Figura 91. Imagen base de datos ingresada a software SAS.....	96
Figura 92. Ratios de probabilidad con límites de confianza de Wald.....	98
Figura 93. Curva ROC para modelo .....	99
Figura 94. Probabilidades predichas .....	99
Figura 95. Distribución espacial del total de observaciones.....	101
Figura 96. Histograma de frecuencia para la distribución del total de puntos .....	102
Figura 97. Semivariograma empírico .....	103
Figura 98. Concentración de puntos de accidentes graves.....	103

<i>Figura 99. Concentración de puntos de accidentes graves con isolíneas .....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 100. Representación gráfica solución propuesta con conexión Bluetooth .....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 101. Representación gráfica solución propuesta con conexión 3G/4G .....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 102. Representación gráfica análisis del entorno .....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 103. Análisis de fuerzas modelo Porter .....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 104. "The Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017": .....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 105. Gráfica dispositivos conectados por persona .....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 106. Tendencia dispositivos conectados a 2021 .....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 107. Tendencia dispositivos conectados a 2021 por ubicación geográfica .....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 108. Importancia de BigData en las industrias.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 109. Lienzo modelo de negocio propuesto .....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 110. Fórmula cálculo WACC .....</i>	<i>131</i>

## INTRODUCCIÓN

La explosión demográfica y el crecimiento en los índices de motorización<sup>1</sup> de los últimos años en Bogotá han generado grandes retos en torno a la movilidad de los ciudadanos, y es que las cifras no son menores, pues en la última década la población se ha incrementado en un 14 % (DANE, 2018), al igual que el nivel de urbanización y el parque automotor, que para el 2015 alcanzó un valor de más de dos millones de vehículos con un incremento del 54 % respecto al 2010 de acuerdo con datos de la secretaria distrital de movilidad, lo cual ha producido mayor congestión en el sistema de movilidad de la ciudad y altos índices por accidentes de tránsito vehicular.

Los accidentes de tránsito causados por los conductores de vehículos son un riesgo de alto impacto en todas las ciudades del mundo, tanto así que para el año 2011 la organización mundial de la salud (OMS) indicó que dos de sus pilares clave para la prevención de accidentes son: el uso de vehículos más seguros y la generación de hábitos de comportamiento humano más seguros.

Basados en estos pilares globales: “vehículos más seguros” y “cultura ciudadana para la conducción”, en el presente trabajo se enmarca una problemática social y económica a causa de los accidentes de tránsito presentados durante los últimos años en la ciudad de Bogotá; se analizan las variables que generan mayor gravedad en los siniestros y se establecen estrategias para abordar soluciones desde el punto de vista de la ingeniería que aportan a la prevención en el entorno de movilidad y tránsito de la ciudad.

---

<sup>1</sup> El índice de motorización es la relación entre la cantidad de vehículos automotores registrados, diferentes a los de las categorías industrial y agrícola, en una determinada unidad espacial de referencia, y la cantidad de habitantes de dicha unidad espacial de referencia, en un periodo determinado de tiempo.

# 1 PROBLEMA

## 1.1 Antecedentes

Según estadísticas del año 2013, en el mundo hay registrados cerca de 1.700 millones de vehículos lo cual es sinónimo de progreso de las economías y genera beneficios a millares de personas y familias permitiendo el acceso a sitios de recreación, educación y empleo entre otros (OMS, 2013); sin embargo la explosión del parque automotor también ha generado otros efectos adversos como la contaminación, la explotación acelerada de recursos fósiles, la contaminación auditiva, la muerte y lesiones como consecuencia de los accidentes de tránsito.

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte en el mundo, se tienen registros que anualmente fallecen cerca de 1,25 millones de personas en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones sufren algún tipo de lesión. Los cinco principales factores de riesgo que afectan a la seguridad vial son la velocidad, la conducción bajo los efectos del alcohol, el uso del casco cuando se circula en motocicleta, el uso del cinturón de seguridad y el uso de sistemas de retención infantil (OMS, 2015).

Adicional a las muertes y lesiones se ha estimado que los accidentes de tránsito tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el PNB (Producto Nacional Bruto) respectivo de cada país y que el transporte vial representa el 14% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero.

Debido a esto organizaciones mundiales como las naciones unidas, el banco mundial y la organización mundial de la salud en conjunto con organizaciones regionales y gobiernos de los países miembros de estas, son conscientes de la necesidad de reducir el número de muertes y lesiones, para lo cual en marzo de 2010 la resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período 2011–2020 como el Decenio de Acción para la Seguridad Vial.

Bajo esta resolución se pide a los Estados Miembros que lleven a cabo actividades en materia de seguridad vial, basados en cinco aspectos particulares: la gestión de la seguridad vial, la infraestructura, la seguridad de los vehículos, el comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito, la educación para la seguridad vial y la atención después de los accidentes.

En Colombia, país miembro de las naciones unidas, alineado a las directrices de este órgano internacional, mediante la Ley 1450 de 2011 definió la seguridad vial como política de estado y como prioridad del gobierno nacional dando lugar a la creación de un Plan Nacional de Seguridad Vial para el periodo 2011 a 2021.

Actualmente se estima que en Colombia existen más de 12 millones de vehículos rodando por las vías del país y la problemática no es ajena, pues según informes para el año 2015 se presentaron 52.690 casos relacionados a accidentes de tránsito que dejaron un total de 6.884 personas fallecidas, aumentando un 7,53 % con respecto al año 2014 y siendo este, el mayor índice de muertes de la última década (IML, 2016, p485).

De igual forma según estudio realizado en 2011, se estimó que el costo promedio total de los servicios médicos hospitalarios de una persona lesionada a causa de un accidente de tránsito en Colombia es de \$ 2.333 700 pesos colombianos a precios de dicho año (Gómez-Restrepo et al., 2014)., Cifra que sumada a los \$ 1.408.415 billones de pesos que pago el sector asegurador por concepto de indemnizaciones de siniestros dan cuenta de parte del impacto económico para el país (Varela & Hernández, 2015).

En el caso particular de Bogotá y de acuerdo con la asociación colombiana de vehículos automotores, en el 2016 la ciudad capital concentró el 50 % del total de vehículos del país, y no solo se ha visto afectada por la accidentalidad en las vías, sino también por ser una ciudad con gran congestión vehicular, lo que se ha traducido en el deterioro de velocidades promedio y tiempos de desplazamiento a pesar de los esfuerzos y las medidas de la administración pública por mejorar los índices de movilidad (Movilidad, 2015).

## **1.2 Ubicación del problema**

Si bien los accidentes de tránsito pueden tener lugar en cualquier vía del país, para efectos de este trabajo solo se tendrá en cuenta el sistema de movilidad, tránsito y vehículos automotores de la clase automóvil, camioneta, motocicleta, bus, camión furgón, campero, microbús y buseta en la ciudad de Bogotá.

## **1.3 Planteamiento – Pregunta**

Partiendo del análisis de datos y con el uso de herramientas tecnológicas, este proyecto buscará dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las variables de mayor impacto de accidentalidad en la ciudad de Bogotá que al ser integradas en una solución tecnológica, permiten obtener una herramienta de prevención y un modelo viable de negocio?

## 2 JUSTIFICACIÓN

### 2.1 Social:

En el mundo según la OMS “todos los años fallecen más de 1,2 millones de personas en las vías de tránsito del mundo, y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales”(OMS, 2009) convirtiéndose así en un tema de salud pública.

Mientras que en Colombia de acuerdo con el informe “Comportamiento de muertes y lesiones por accidentes de transporte” del instituto de medicina legal se tienen registros que durante el año 2015 en Colombia se presentaron 52.690 casos relacionados a accidentes de tránsito y que dejaron un total de 6.884 personas fallecidas, aumentando un 7,53 % con respecto al año 2014 y siendo este, el mayor índice de muertes de la última década (IML, 2016, p485) y la ciudad de Bogotá aporta el 15% con 556 casos mortales (Castillo, 2016).

Este crecimiento que ha tenido la ciudad ha sido uno de los factores para que la movilidad, en términos de velocidades promedio y tiempos de desplazamiento se haya deteriorado, pues se disminuyó en cerca de 5 Km/h la velocidad promedio entre 2005 y 2014 al igual que los tiempos promedio de desplazamiento que aumentaron en el mismo periodo pasando de 51 a 60 minutos a pesar de los esfuerzos de la administración pública para descongestionar las vías (Movilidad, 2015).

### 2.2 Económica:

Desde otro punto de vista, la accidentalidad también representa un impacto económico en la sociedad pues según estudio realizado en 2011, se estimó que el costo promedio total de los servicios médicos hospitalarios de una persona lesionada a causa de un accidente de tránsito en Colombia es de \$ 2.333.700 pesos colombianos a precios de dicho año (Gómez-Restrepo et al., 2014).

Las aseguradoras colombianas están gastando un 11% más de lo que reciben por la ventas de las pólizas de vehículos, para el año 2014 por concepto de primas emitidas las aseguradoras recibieron \$ 2.381.450 billones de pesos, sin embargo pagaron \$ 1.408.415 billones de pesos en siniestros lo cual sumado a los \$ 1.194.865 billones de pesos de gastos administrativos y pago de comisiones dio como resultado una pérdida técnica por \$ 221.829 millones de pesos (Varela & Hernández, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, todo esfuerzo que se realice en pro de la prevención de la accidentalidad impactará positivamente en los entornos sociales y económicos, de modo que

este proyecto buscará contribuir con una propuesta basada en el uso de herramientas de la ingeniería para brindar información, generar conciencia y asistir a los conductores de vehículos para mitigar riesgos de muerte y lesiones por accidentes de tránsito.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Marco conceptual**

De acuerdo con los objetivos definidos para este trabajo el contenido temático se centrará en cuatro áreas básicas: el sistema de movilidad de Bogotá, seguido de herramientas para el tratamiento de datos que incluye regresión logística y geoestadística; el internet de las cosas y finalmente los modelos de negocio; a través de los cuales se analizará una propuesta tecnológica para asistir a conductores de vehículos del transporte terrestre automotor en sus niveles de riesgo y reducción de impacto por accidentalidad mediante la perspectiva gerencial de la ingeniería.

##### **3.1.1 Transporte urbano**

El concepto de transporte urbano aborda el desplazamiento de personas o bienes al interior de las ciudades, las metrópolis y sus límites periféricos a través de los medios apropiados. El banco de desarrollo de América Latina define el transporte urbano como “el conjunto de desplazamientos de personas y bienes, con base en los deseos y necesidades de acceso al espacio urbano, por medio del uso de los diversos medios de transporte” (Fomento, 2011). En un marco general el transporte urbano comprende los sistemas públicos, particulares, colectivos e individuales para el transporte, la infraestructura vial, la seguridad, los entes y las normas regulatorias.

##### **3.1.2 El sistema de transporte y movilidad en Bogotá**

Antes de abordar la descripción del sistema de transporte y movilidad de Bogotá es necesario precisar que el desarrollo de la ciudad se da a través de los lineamientos presentados en cada Plan de Desarrollo que elabora cada administración y por el Plan de Ordenamiento Territorial POT<sup>2</sup>. Dentro del POT se elaboran planes sectoriales como por ejemplo el de la salud, la educación y el Plan Maestro de Movilidad PMM, en el que se formulan parámetros generales y normativas de movilidad.

En el PMM se presentan los elementos del sistema de transporte y movilidad de Bogotá considerando el contexto urbano y regional, la caracterización socioeconómica, la infraestructura vial, el transporte público, el transporte no motorizado, el plan de estacionamiento, el plan de ordenamiento logístico, la logística de la movilidad, la seguridad vial, algunos componentes ambientales y las finanzas públicas, entre otros.

---

<sup>2</sup> La ley 388 de 1997 define el POT como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas actuaciones y normas destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo

Para el presente documento se describirán algunos elementos relevantes del sistema de transporte y movilidad de Bogotá: los actores viales y la situación demográfica de la ciudad, la infraestructura vial, el parque automotor, normatividad aplicable a la movilidad en Colombia y en el distrito capital, los organismos de control y la descripción de la seguridad vial.

### **3.1.2.1 Actores viales**

Según la Ley 1503 de 2011 son actores de la vía todas las personas que asumen un rol determinado, para hacer uso de las vías, con la finalidad de desplazarse de un lugar a otro, por lo tanto, se consideran actores de tránsito y de la vía los peatones<sup>3</sup>, los transeúntes, los pasajeros y conductores de vehículos automotores y no automotores, los motociclistas, los ciclistas, los acompañantes, los pasajeros, entre otros.

### **3.1.2.2 Población de Bogotá**

Bogotá, capital de Colombia se encuentra ubicada en una gran sabana en el centro del país, a 2.600 msnm, es una metrópolis con más de 8 millones de habitantes según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). El organismo calcula que Bogotá crece en 100.000 mil habitantes cada año, con lo que se estima que para el 2020 habrá alrededor de 8 millones trescientos mil habitantes. Este crecimiento se transforma en fuertes presiones y tensiones sociales sobre el uso del suelo, por lo que el sistema de transporte y movilidad urbano juega un papel fundamental ante la coyuntura demográfica.

### **3.1.2.3 Infraestructura vial de Bogotá**

Corresponde al conjunto de elementos físicos construidos bajo ciertos parámetros técnicos que interactúan de manera coherente entre sí, para ofrecer condiciones confortables y seguras en los desplazamientos de los usuarios o vehículos que hacen uso de éstos. Entre los componentes más representativos de la infraestructura vial se encuentran: los puentes vehiculares y peatonales, la estructura de pavimento, ciclo-rutas, separadores centrales, rampas peatonales, muros de contención y demás elementos de la seguridad de apoyo (alumbrado, señalización, dispositivos electrónicos, entre otros).

En cuanto a infraestructura vial el PMM de la ciudad de Bogotá describe el subsistema vial en 4 mallas jerarquizadas y relacionadas funcionalmente por intersecciones así:

- Malla vial arterial principal: es el soporte de la movilidad y accesibilidad metropolitana y regional
- Malla vial arterial complementaria: articula operacionalmente los subsistemas de la malla vial arterial principal, facilita la movilidad de mediana y larga distancia como articulación a escala urbana.

---

<sup>3</sup> Según el Código Nacional de Tránsito, peatón es la persona que transita a pie o por una vía. Según la Ingeniería de Tránsito tradicional, los peatones constituyen prácticamente todo el censo poblacional y se les estudia porque no solamente son víctimas del tránsito, sino también una de sus causas.

- Una malla vial intermedia: constituida por una serie de tramos viales que conectan la retícula que conforman las mallas arterial principal y complementaria sirviendo como alternativa de circulación a éstas. Permite el acceso y fluidez de la ciudad a escala zonal.
- Una malla vial local: establece el acceso a las unidades de vivienda.

De acuerdo con el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), el inventario y diagnóstico de la malla vial en Bogotá a 2015 se muestra a continuación:

Tabla 1. Inventario de la malla vial de Bogotá 2015

Componente del Subsistema vial	Composición Malla Vial (km)	%	Condición de Pavimento					
			Bueno	%	Regular	%	Malo	%
Malla Vial Arterial Principal	2.684	17%	2.013	75%	268	10%	403	15%
Troncal	1.039	7%	789	76%	208	20%	42	4%
Malla Vial Intermedia	3.548	23%	2.164	61%	532	15%	852	24%
Malla Vial Local	8.286	53%	1.906	23%	2.320	28%	4.060	49%
<b>TOTAL SUBSISTEMA VIAL</b>	<b>15.557</b>	<b>100%</b>	<b>6.872</b>		<b>3.328</b>		<b>5.356</b>	

Fuente: Inventario y diagnóstico de la malla vial IDU. Diciembre 2015 - Elaboración Propia

### 3.1.2.4 Parque automotor de Bogotá

Otro aspecto vital en el sistema de movilidad es la cantidad y tipo de vehículos que circulan en la ciudad, y de acuerdo con cifras de la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, el parque automotor registrado ha crecido en un promedio anual de 10 % durante los últimos 10 años. La siguiente tabla muestra la evolución del parque automotor en Bogotá durante los últimos 14 años.

Tabla 2. Evolución del parque automotor en Bogotá

Año	Tipo de servicio				Total	Variación
	Oficial	Público	Particular	Diplomático		%
2002	3.555	84.805	590.939	0	679.299	
2003	6.440	89.210	590.379	0	686.029	0,99%
2004	10.121	91.079	666.528	0	767.728	11,91%
2005	10.515	96.040	732.092	0	838.647	9,24%
2006	10.939	96.805	835.806	0	943.550	12,51%
2007	11.779	98.784	952.135	0	1.062.698	12,63%
2008	12.076	99.219	1.057.390	0	1.168.685	9,97%
2009	10.412	100.814	1.143.631	185	1.255.042	7,39%
2010	13.103	102.408	1.277.419	32	1.392.962	10,99%
2011	13.351	104.298	1.455.062	30	1.572.741	12,91%
2012	13.498	105.630	1.618.834	1	1.737.963	10,51%

2013	14.714	109.279	1.770.681		1.894.674	9,02%
2014	16.385	113.843	1.912.662		2.042.890	7,82%
2015	16.906	113.856	2.017.779		2.148.541	5,17%

Fuente: secretaria distrital de movilidad - Elaboración propia

### 3.1.3 Marco regulatorio de movilidad tránsito y transporte en Colombia y en el distrito capital

A continuación se presenta una compilación de las principales normas que regulan las actividades del transporte terrestre en Colombia y en el distrito capital.

Tabla 3. Resumen normas de regulación transporte terrestre

<b>Disposición Básicas</b>	
Ley 105 de 1993	Dicta disposiciones básicas sobre el transporte, redistribuye competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, reglamenta la planeación en el sector transporte y dicta otras disposiciones
Ley 191 de 1995	Dicta disposiciones sobre Zonas de Frontera
Decreto 2263 de 1995	Reglamenta la Ley 105 de 1993 y modifica el Decreto 105 de 1995
Decreto 2762 de 2001	Reglamenta la creación, habilitación, homologación y operación de los terminales de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera
Decreto 1660 de 2003	Reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población en general y en especial de las personas con discapacidad
Decreto 400 de 2005	Se establecen las condiciones, términos y requisitos para autorizar la internación temporal de vehículos, motocicletas y embarcaciones fluviales menores a los residentes en las Unidades Especiales de Desarrollo Fronterizo y se reglamenta el procedimiento respectivo
Decreto 2028 de 2006	Autoriza el funcionamiento de las Terminales de Transporte de Operación Satélite, Periférica
<b>Estatuto nacional del transporte</b>	
Ley 336 de 1996	Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte
Decreto 3109 de 1997	Reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación
Decreto 1072 de 2004	Reglamenta el Servicio Público de Transporte por Cable de Pasajeros y Carga
<b>Estructura del Ministerio de Transporte</b>	
Decreto 101 de 2000	Modifica la estructura del Ministerio de Transporte y dicta otras disposiciones
Decreto 2053 de 2003	Modifica la estructura del Ministerio de Transporte y dicta otras disposiciones
<b>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros</b>	
Decreto 170 de 2001	Reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros
Decreto 319 de 2006	Adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y dicta otras disposiciones
Decreto 309 de 2009	Adopta el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá, D.C., y dicta otras disposiciones

<b><i>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera</i></b>	
Decreto 171 de 2001	Reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Pasajeros por Carretera
Resolución 995 de 2009	Adopta medidas para la regulación de horarios en la prestación del Servicio Público de Transporte, Terrestre Automotor de pasajeros por Carretera
Resolución 1018 de 2009	Reglamenta el artículo 42 del Decreto 171 de 2001 y adopta otras medidas en materia de Transporte Público de Pasajeros por Carretera
<b><i>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor individual de pasajeros en vehículos taxi</i></b>	
Decreto 172 de 2001	Reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Individual de Pasajeros en Vehículos Taxi
<b><i>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor de carga</i></b>	
Decreto 173 de 2001	Reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Carga
Decreto 4116 de 2004	Se reglamenta la Ley 903 de 2004
Decreto 2085 de 2008	Se reglamenta el ingreso de vehículos al servicio particular y público de transporte terrestre automotor de carga
Decreto 2663 de 2008	Establece criterios en las relaciones entre el remitente y/o generador, la empresa de servicio público de transporte terrestre automotor de carga y el propietario del vehículo y dicta otras disposiciones
<b><i>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor especial</i></b>	
Decreto 174 de 2001	Reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Especial
Decreto 805 de 2008	Se adoptan medidas especiales para la prestación del servicio de transporte escolar
<b><i>Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor mixto</i></b>	
Decreto 175 de 2001	Se reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Mixto
Decreto 4190 de 2007	Establece el procedimiento para otorgar el permiso de prestación del servicio público de transporte terrestre automotor mixto
Decreto 4116 de 2008	Modifica el Decreto 2961 del 4 de septiembre de 2006, relacionado con las motocicletas
Decreto 4125 de 2008	Reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor mixto en motocarro
<b><i>Régimen de sanciones por infracciones a las normas de transporte público terrestre automotor y se determinan unos procedimientos</i></b>	
Decreto 3366 de 2003	Se establece el régimen de sanciones por infracciones a las normas de Transporte Público Terrestre Automotor y se determinan unos procedimientos
<b><i>Fondo nacional para la reposición del parque automotor</i></b>	
Ley 688 de 2001	Se crea el Fondo Nacional para la Reposición del Parque Automotor del Servicio Público de Transporte Terrestre y se dictan otras disposiciones
<b><i>Uso de un dispositivo de localización</i></b>	
Resolución 3666 de 2001	Se reglamenta el uso de un dispositivo de localización a los vehículos de servicio público de transporte de pasajeros por carretera y de carga
<b><i>Medidas especiales para la prevención de la accidentalidad</i></b>	
Resolución 1122 de 2005	Establece medidas especiales para la prevención de la accidentalidad de los vehículos de transporte público de pasajeros y deroga la Resolución número 865 de 2005 y los artículos 1º, 2º y 3º de la Resolución número 4110 de 2004
<b><i>Otras</i></b>	

Ley 1503 de 2011	Promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y dicta otras disposiciones
Ley 1702 de 2013	Se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial y Unidad Administrativa Especial (ANSV), entidad descentralizada, del orden nacional, cuya misión es prevenir y reducir los accidentes de tránsito, coordinar los organismos y entidades públicas y privadas comprometidas con la seguridad e implementa el plan de acción de la seguridad vial del Gobierno
Ley 769 de 2002	Expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y dicta otras disposiciones
Decreto 3039 de 2007	Adopta el Plan Nacional de Salud Pública
Decreto 056 de 2015	Establece las reglas para el funcionamiento de la Subcuenta del Seguro de Riesgos Catastróficos y Accidentes de Tránsito (ECAT), y las condiciones de cobertura, reconocimiento y pago de los servicios de salud, indemnizaciones y gastos derivados de accidentes de tránsito, eventos catastróficos de origen natural, eventos terroristas o los demás eventos aprobados por el Ministerio de Salud y Protección Social...
Decreto 567 de 2006	Se adopta la estructura organizacional y las funciones de la Secretaría Distrital de Movilidad, y se dictan otras disposiciones
Decreto 319 de 2006	Se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones
Resolución 3823 de 2016	Establece el mecanismo para el reporte de información de la atención en salud a víctimas de accidentes de tránsito, así como las condiciones para la realización de las auditorías por las atenciones en salud brindadas a víctimas de estos eventos
Resolución 4040 de 2004	Se adopta el Informe Policial de Accidentes de Tránsito IPAT
Resolución 2273 De 2014	Se ajusta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones

*Fuente:* (Rodríguez, 2010) - Elaboración Propia

### **3.1.4 Organismos relacionados con la movilidad en Colombia y el distrito capital**

#### **3.1.4.1 Ministerio de transporte**

Como lo establece el Decreto 087 de 2011, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país.

El Ministerio de Transporte es la cabeza del Sector Transporte, el cual está constituido por el Ministerio, El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL), la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV).

#### **3.1.4.2 Agencia nacional de seguridad vial**

Es la máxima autoridad para la aplicación de las políticas y medidas de seguridad vial nacional. Coordina los organismos y entidades públicas y privadas comprometidos con la

seguridad vial e implementa el plan de acción de la seguridad vial del Gobierno; su misión es prevenir y reducir los accidentes de tránsito (Ley 1702, 2013).

#### **3.1.4.3 Organismos de tránsito**

“Son unidades administrativas municipales distritales o departamentales que tienen por reglamento la función de organizar y dirigir lo relacionado con el tránsito y transporte en su respectiva jurisdicción” (Código Nacional de Tránsito, 2002).

#### **3.1.4.4 Secretaria Distrital de Movilidad**

De acuerdo con el decreto 567 de 2006, es un organismo del sector central con autonomía administrativa y financiera que tiene por objeto orientar y liderar la formulación de las políticas del sistema de movilidad para atender los requerimientos de desplazamiento de pasajeros y de carga en la zona urbana, tanto vehicular como peatonal y de su expansión en el área rural del Distrito Capital en el marco de la interconexión del Distrito Capital con la red de ciudades de la región central, con el país y con el exterior.

#### **3.1.4.5 Instituto de desarrollo urbano (IDU)**

Es un establecimiento público descentralizado, con personería jurídica, patrimonio propio, autonomía administrativa y domicilio en Bogotá D.C. Fue creado mediante el Acuerdo 19 de 1972 del Concejo de Bogotá D.C. y destinado a ejecutar obras viales y de espacio público para el Desarrollo Urbano de la capital.

#### **3.1.4.6 Centros de Enseñanza Automovilística (CEA)**

De acuerdo con el código nacional de tránsito terrestre, todo centro de enseñanza Automovilística es un establecimiento docente de naturaleza pública, privada o mixta, que tenga como actividad permanente la instrucción de personas que aspiren a obtener el certificado de capacitación en conducción, o instructores en conducción.

#### **3.1.4.7 Centros de Diagnóstico Automotor (CDA)**

De acuerdo con las definiciones de la Ley 769 de 2002 el CDA es el establecimiento de comercio o empresa de naturaleza pública, privada o mixta destinado al examen técnico-mecánico de vehículos automotores y a la revisión del control ecológico conforme con las normas ambientales.

### **3.1.5 Seguridad vial**

“Entiéndase por seguridad vial el conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o de lesión de las personas en sus desplazamientos ya sea en medios motorizados o no motorizados. Se trata de un enfoque multidisciplinario sobre medidas que intervienen en todos los factores que contribuyen a los accidentes de

tráfico en la vía, desde el diseño de la vía y equipamiento vial, el mantenimiento de las infraestructuras viales, la regulación del tráfico, el diseño de vehículos y los elementos de protección activa y pasiva, la inspección vehicular, la formación de conductores y los reglamentos de conductores, la educación e información de los usuarios de las vías, la supervisión policial y las sanciones, la gestión institucional hasta la atención a las víctimas” (Ley 1702, 2013).

### **3.1.5.1 Seguridad vial en Colombia**

La seguridad vial en Colombia es planificada y gestionada a través del plan estratégico y nacional de seguridad vial.

### **3.1.5.2 Plan estratégico de seguridad vial**

“Es el instrumento de planificación que consignado oficialmente en un documento contiene las acciones, mecanismos, estrategias y medidas, que deberán adoptar las diferentes entidades, organizaciones o empresas del sector público y privado existentes en Colombia, encaminadas a alcanzar la Seguridad Vial como algo inherente al ser humano y así evitar o reducir la accidentalidad vial de los integrantes de sus compañías, empresas u organizaciones y disminuir los efectos que puedan generar los accidentes de tránsito” (Decreto 2851, 2013).

### **3.1.5.3 Plan nacional de seguridad vial**

Se trata de un plan, “basado en el diagnóstico de la accidentalidad y del funcionamiento de los sistemas de seguridad vial del país. Determinará objetivos, acciones y calendarios, de forma que concluyan en una acción multisectorial encaminada a reducir víctimas por siniestros de tránsito. La Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) será el órgano responsable del proceso de elaboración, planificación, coordinación y seguimiento del Plan Nacional de Seguridad Vial, que seguirá vigente hasta que se apruebe la Ley y se promulgue un nuevo Plan Nacional de Seguridad Vial” (Ley 1702, 2013).

El objetivo que Colombia adopta sobre seguridad vial, a nivel general es: Reducir del número de víctimas fatales en un 26% por accidentes de tránsito a nivel nacional para el año 2021. (PNSV). Este objetivo supone reducir una media de 5.708 víctimas fatales (promedio del 2005 al 2012), a un número de 4.224 personas fallecidas por esta causa en el año 2021.

## **3.1.6 Accidentes de tránsito en Colombia**

### **3.1.6.1 Definición de accidente de tránsito**

El código nacional de tránsito en su artículo 2 define accidente de tránsito como un “evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él, e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o las vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho”.

Por otro lado, el Ministerio de Salud y Protección Social en Colombia mediante el decreto número 056 de 14 de enero de 2015, define accidente de tránsito como el “suceso ocurrido dentro del territorio nacional, en el que se cause daño en la integridad física o mental de una o varias personas, como consecuencia del uso de la vía por al menos un vehículo automotor”.

### **3.1.6.2 Clases de accidentes de tránsito**

El ministerio de transporte de Colombia a través de la resolución 004040 de 2004 por la cual se adopta el Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT) clasifica los accidentes de tránsito así:

- Atropello: accidente en donde un peatón es objeto de un impacto por un vehículo; es una de las clases de accidente con mayor frecuencia en áreas urbanas.
- Caída de ocupante: se refiere a la caída de un usuario, conductor o pasajero desde un vehículo hacia el exterior, interior o dentro del mismo, sin que ello sea generado por un choque o volcamiento.
- Choque: es el encuentro violento entre dos (2) o más vehículos, o entre un vehículo y un objeto fijo.
- Incendio: se refiere a aquellos casos en que el vehículo sufre conflagración sin que exista accidente previo, producido como consecuencia de fallas eléctricas, mecánicas o similares.
- Volcamiento: es el hecho primario en el cual el vehículo pierde su posición normal durante el accidente y puede quedar de manera lateral o longitudinal; siempre que sus llantas pierdan el contacto con la superficie de la vía.
- Otros – tránsito: se refiere a aquel accidente no asimilable dentro de las cinco situaciones anteriores.

De acuerdo con la escala de gravedad, los accidentes de tránsito pueden clasificarse así:

- Accidentes de daños: cuando se producen perjuicios de origen netamente material.
- Accidentes con heridos / lesionados: además de los daños materiales, el evento puede generar lesiones al menos a una persona y se requiere de asistencia médica.
- Accidentes con muertos: se presenta si en el evento del accidente existe al menos la muerte de una persona.

### **3.1.6.3 Factores que inciden en la accidentalidad**

“Los factores que inciden en los accidentes de tránsito y, por ende en la seguridad del transporte, están relacionados directa o indirectamente con tres elementos básicos: la vía, el vehículo y el hombre; los cuales a su vez interactúan y se relacionan de diferentes formas con otros elementos secundarios: las condiciones climáticas, animales, obstáculos, etc.” (Martínez & Sánchez, 1991).

En cuanto a la vía se resaltan los siguientes aspectos en la influencia de los accidentes: los controles de acceso, la intensidad de tráfico, la velocidad, la sección transversal (anchura de los carriles), las intersecciones y el estado del pavimento.

El vehículo es un elemento principal en la accidentalidad, así como los mecanismos en su estructura que requieren de especial cuidado para la prevención de accidentes: el sistema de frenado, las ruedas, los neumáticos, la suspensión, la dirección, la electricidad, la carrocería y la seguridad interior. Todos estos elementos están incluidos dentro del concepto de seguridad activa y pasiva del vehículo al que hacen referencia los fabricantes de automóviles.

La seguridad activa está relacionada directamente con los componentes encargados de mantener el control del vehículo y que suponen que su diseño tiene pocas probabilidades de sufrir un accidente; entre estos se encuentran: sistema de frenos, llantas, climatización, dirección, iluminación y componentes de suspensión.

La seguridad pasiva garantiza que cuando el vehículo sufra un accidente el riesgo de producir daños a los ocupantes sea mínimo y el impacto sea reducido. Los objetos diseñados para proteger la vida de conductores y pasajeros son entre otros: las bolsas de aire, los cinturones de seguridad, los apoyacabezas y el diseño de la carrocería.

Por último, la incidencia del factor humano en la accidentalidad. Las personas tienen alto grado de responsabilidad en el desencadenamiento de accidentes de tránsito, pues requieren de unas condiciones físicas, de conocimiento y de experiencia mínimas en el ejercicio de la conducción. Factores como la fatiga, el sueño, el estado psíquico el uso del alcohol o sustancias psicoactivas afectan la percepción, alteran los sentidos y reducen las reacciones efectivas del conductor.

(Martínez & Sánchez, 1991)

### **3.1.7 Modelo de regresión logística**

#### **3.1.7.1 Generalidades del modelo de regresión logística**

“La regresión logística es una técnica multivariante predictiva de regresión...” (Berlanga Silvente, 2014) de las más empleadas en la producción científica moderna. En un amplio rango de disciplinas científicas, un problema común es como predecir un resultado categórico, cuando hay 2 o más predictores, que quizás o quizás no, son causas del resultado (Menard, 2010).

Precisamente los modelos estadísticos de regresión logística desean conocer la relación entre una variable dependiente o endógena cualitativa dicotómica (regresión binomial) y una o más variables explicativas o exógenas independientes (covariables), ya sean cualitativas o cuantitativas. También es posible analizar una variable dependiente cualitativa con más de dos valores (regresión logística multinomial) (Berlanga Silvente, 2014).

En el análisis de regresión logística la variable dependiente puede ser:

- Dicotómica (dos categorías)
- Politémica (admite varias categorías de respuesta) desordenada
- Politémica nominal (tres o más categorías sin orden inherente entre categorías)

- Politémicas ordenadas u ordinales (tres o más categorías con un orden natural entre ellas).

El modelo combina dos muy diferentes tradiciones estadísticas, la primera es el análisis de tablas de contingencia o tabulaciones cruzadas, en el que todas las variables son medidas en dos categorías, nominales (más de dos categorías sin orden inherente entre ellas), u ordinales (más de dos categorías con algún orden inherente -mayor que - o menor que - entre categorías), y en el que las variables por lo general tienen relativamente pocas categorías distintas (generalmente menos de 10, casi siempre entre 10 y 20).

La segunda tradición es la de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) análisis de regresión múltiple, en el que las variables son típicamente medidas en intervalos, niveles de relación o son incorporadas como variables ficticias (dummy).  
(Menard, 2010)

Por sus características el modelo presume:

- Cuantificar la importancia de la relación existente entre cada una de las covariables y la variable dependiente, lo que lleva implícito también clarificar la existencia de interacción y confusión entre covariables respecto a la variable dependiente, es decir, conocer la **odds ratio** para cada variable explicativa.
- Clasificar individuos dentro de las categorías de la variable dependiente, según la probabilidad que tenga de pertenecer a una de ellas dada la presencia de determinadas covariables.
- Modelar cómo influye en la probabilidad de aparición de un suceso, habitualmente dicotómico, la presencia o no de diversos factores y su valor o nivel.

### **3.1.7.2 Condiciones para la aplicación de regresión logística**

Si se pretende explicar mediante alguna técnica de regresión el comportamiento de una variable endógena en función de los valores que tomen otras variables exógenas suelen utilizarse técnicas de regresión lineal múltiple; sin embargo, el modelo lineal presenta problemas cuando la variable dependiente es binaria para lo cual se usan modelos no lineales.

El modelo de regresión logística se diferencia de la regresión lineal múltiple, en el hecho de que en el primero las variables no deben ser necesariamente cuantitativas y tampoco cumplir supuestos de normalidad.

En el modelo de regresión logística binaria la variable dependiente debe tomar exactamente dos valores (Sí-No, 0-1, Verdadero-Falso, etc.). Las variables independientes pueden estar a nivel de intervalo o ser categóricas; si son categóricas, deben ser variables dummy o estar codificadas como indicadores. Para el presente estudio se aplicará el modelo considerando la variable dependiente dicotómica: accidentes con muertos y/o heridos que se han catalogado como GRAVES y accidentes con ilesos y/o daños que se han clasificado como NO GRAVES, variables que se ampliarán en el capítulo 6.  
(Berlanga Silvente, 2014).

Aunque las condiciones de aplicación son poco restrictivas, es recomendable que el modelo esté teóricamente bien sustentado. Antes de aplicar el modelo, es prudente analizar la relación de la variable respuesta con las variables exógenas y del mismo modo la asociación entre variables explicativas con el fin de interpretar de manera adecuada los coeficientes obtenidos. Este análisis previo fundamentará la elección de las variables independientes que se añadan al modelo (Johnson, 2010).

### 3.1.7.3 Ecuación del modelo de regresión logística

Cualquiera que fuera el tipo de variable dependiente, la ecuación inicial del modelo es de tipo exponencial, si bien su transformación logarítmica (logit) permite su uso como una función lineal.

Función lineal del modelo

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

" $\beta_0$ " y " $\beta_k$ " son los coeficientes estimados a partir de los datos

" $X_k$ " son las variables independientes

Figura 1. Función lineal modelo de regresión logística – Fuente: (Berlanga Silvente, 2014)

A partir de los coeficientes de regresión ( $\beta$ ) de las variables independientes introducidas en el modelo se puede obtener directamente la **odds ratio** OR de cada una de ellas. Si la variable independiente es cuantitativa, la OR que se obtiene representa la probabilidad del evento predicho que tiene un individuo con un valor x frente a la probabilidad que tiene un individuo con valor (x-1), pero si la variable independiente es cualitativa, la regresión logística solo admite categorías dicotómicas, de modo que la OR es el riesgo de los sujetos con un valor frente al riesgo de los sujetos con el otro valor para esa variable.

El modelo se puede escribir de otras formas equivalentes que permiten calcular la probabilidad del proceso binomial para los distintos valores de las variables incluidas en el modelo.

$$p = \frac{1}{1 + e^{-Y}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k}}$$

"Y" es la función lineal del modelo de regresión logística

"e" función exponencial

Figura 2. Ecuación del modelo de regresión logística – Fuente: (Berlanga Silvente, 2014)

(Berlanga Silvente, 2014).

### **3.1.8 Geoestadística**

#### **3.1.8.1 Definición y objeto de estudio de la geoestadística**

Para definir el término, es necesario aclarar que la geoestadística es un campo de la *estadística espacial*, disciplina que reúne un conjunto de metodologías apropiadas para el análisis de datos que corresponden a la medición de variables aleatorias en puntos del espacio de una región (Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias).

La geoestadística “es una rama de la estadística aplicada que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial en ciencias de la tierra. Su objeto de estudio es el análisis y la predicción de fenómenos en espacio y/o tiempo, tales como: ley de metales, porosidades, concentraciones de un contaminante, etc...” (Viera, Martín A. Díaz, 2002).

#### **3.1.8.2 El análisis geoestadístico**

A través de las técnicas de geoestadística se analizan y se predicen valores de una propiedad distribuida en espacio o tiempo (estudio de fenómenos regionalizados). A diferencia de la estadística convencional, los valores de estudio no se consideran independientes, al contrario, se supone de manera implícita que están correlacionados unos con otros, es decir que existe una dependencia espacial que indica que mientras más cercanos estén situados dos puntos están más correlacionados y mientras más separados hay menos relación entre ellos.

A nivel general y con el objetivo de hacer predicción, un análisis geoestadístico está compuesto por:

- El análisis exploratorio de los datos: está basado en técnicas estadísticas convencionales para tratar todo un conjunto de información. Para el presente estudio se analizan datos georreferenciados, teniendo en cuenta las coordenadas de los sitios en donde se presentaron los eventos de interés.  
El despliegue de datos permitirá visualizar la muestra en el espacio, puede trabajarse con proyecciones o vistas en perspectiva a través de mapas de datos y así obtener una idea preliminar de la distribución y continuidad espacial de la variable analizada.
- Fase 1 - Análisis estructural: proceso de estimación y modelación de la función que describe la correlación entre puntos en el espacio, o en otras palabras, la determinación de la dependencia espacial entre los datos medios de una variable (Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias)

En el análisis estructural el variograma o semivariograma, es una de las técnicas básicas para analizar el comportamiento espacial de la variable regionalizada, y representa la autocorrelación de espacio de los puntos de la muestra tomada. Su estimación mide la relación que existe entre los datos de acuerdo con la cercanía entre los sitios.

- Fase 2 - Las predicciones: haciendo uso de la técnica kriging<sup>4</sup> o simulaciones. (Viera, Martín A. Díaz, 2002).

### **3.1.9 Internet de las cosas IoT**

El internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) como evolución de la telemática es considerado como la próxima evolución del internet, y en principio lo que busca es que los objetos comunes como un electrodoméstico para el hogar o un vehículo puedan estar conectados a la red de internet para compartir datos que puedan ser útiles (Evans, Dave CISCO, 2011).

Un ejemplo tangible del IoT es el teléfono móvil, adicional a su función principal de teléfono con el cual se pueden realizar o recibir llamadas, este también está conectado a internet compartiendo datos como por ejemplo la ubicación geográfica. Pero hasta este punto es solo un equipo conectado a internet compartiendo datos, el verdadero sentido del IoT es poder usar los datos que comparte el equipo o artefacto conectado, para este ejemplo, los datos de la posición geográfica pueden ser usados para consultar la predicción del estado del tiempo en esa ciudad.

Si bien no existe un estándar para definir qué es IoT, si es posible afirmar cuales son los elementos mínimos necesarios para que el internet de las cosas se dé: un objeto físico (la cosa), sensores y/o actuadores y por supuesto conexión a internet.

El sensor hace referencia a los datos que puede capturar del entorno el objeto, por ejemplo, un termómetro puede capturar los datos de temperatura de un lugar y el actuador es la salida tangible que se tiene luego de procesar los datos capturados por el objeto sensor, por ejemplo, si los datos de temperatura capturados por el sensor luego de procesarlos sugieren que la temperatura es elevada se podría enviar datos para activar el encendido de un sistema de aire acondicionado.

De esta forma tanto para la captura como para el envío de datos de los objetos, el medio de comunicación debe ser el internet para que encaje dentro del contexto de internet de las cosas (Cassimally, 2014)

El desarrollo de IoT va más allá de la comunicación entre personas, busca establecer una comunicación entre personas y objetos con el ánimo de ser más eficientes en todos los ámbitos de la vida cotidiana: agricultura, medicina, servicios públicos, transporte entre muchos más.

En el campo de la medicina ya existen soluciones de IoT como por ejemplo “Teddy the Guardian” (ID Guardian ltd, 2018), un juguete “Smart” que monitorea la temperatura corporal de los niños y envía notificaciones mediante una aplicación que se instala en el

---

<sup>4</sup> Kriging: expresión anglosajona, procede del nombre del geólogo D.G. Krige, probablemente el primero que hizo uso de la correlación espacial hacia el 1960. Es una técnica de estimación local que ofrece el mejor estimador lineal insesgado de una característica desconocida que se estudia (Viera, Martín A. Díaz, 2002)

teléfono móvil. En el campo de agricultura existen soluciones como Cattle-Watch (www.cattle-watch.com, 2018), una herramienta que mediante el uso de dispositivos envía información del estado del ganado, su ubicación, información relevante de enfermedades y eficiencia reproductiva. En el campo del transporte hay disponibles varias soluciones de IoT, muy comunes entre otras cosas para el seguimiento del transporte de carga, de pasajeros e inclusive seguros voluntarios para vehículos donde el valor de la prima está determinado por el uso del mismo (SL, 2018).

La industria automotriz ha demostrado un progreso relevante impulsado por los principales fabricantes de vehículos, quienes investigan y desarrollan tecnologías que permiten reducir la mortalidad en accidentes de tránsito, dando origen a los sistemas avanzados de asistencia a la conducción, más conocidos como ADAS por sus siglas en inglés (Advanced driver assistance systems).

### **3.1.9.1 Tecnologías ADAS**

De acuerdo con el observatorio de seguridad vial europeo (ERSO) los sistemas ADAS se definen como:

*“...seguridad en vehículos basada en sistemas inteligentes, que podrían mejorar la seguridad vial en términos de prevención de colisiones, mitigación y protección contra la gravedad del accidente y las fases posteriores al choque. ADAS puede, de hecho, definirse como un sistema integrado en el vehículo, o una infraestructura que contribuye en una o todas las fases de un choque (mitigación, protección, respuesta post-evento); por ejemplo, la adaptación inteligente de la velocidad y los sistemas avanzados de frenado para mitigar la gravedad de un accidente. Este texto analiza una serie de medidas que se están promoviendo ampliamente como ADAS, e-Safety o medidas de seguridad activa y los conocimientos sobre los cuales se están desarrollando gradualmente estas tecnologías.”*

(Observatorio Europeo de Seguridad Vial, 2016).

#### **3.1.9.1.1 Antecedentes de las tecnologías de asistencia a la conducción**

La historia de las tecnologías para la seguridad a la conducción puede agruparse en 2 etapas. La primera se ubica desde el año 1950 hasta el año 2000, periodo en el que aparecen los primeros sistemas automáticos como el control de velocidad en 1958, el sistema de bolsa de aire en 1973 o el control de estabilidad electrónica en 1987. Posteriormente, se inicia un segundo periodo tecnológico conocido como el desarrollo de los ADAS y desde su aparición en el año 2000, han permitido que las cifras de muertes en accidentes de tráfico disminuyan hasta 8.7 por cada 100.000 habitantes, según la OMS, en su informe anual de 2013. (Rodríguez G, 2017)

Los conceptos ADAS más conocidos hoy día incluyen entre otros:

- LDW Lane Departure Warning (2005): alerta por salida de carril.
- LKA Lane Keeping Assistance (2014): el asistente para mantenimiento de carril.
- HUD Head Up Display: proyecta en el parabrisas del vehículo, a la altura de los ojos la información más importante del cuadro de instrumentos: velocidad, indicaciones de navegación...de manera que el conductor no tenga que apartar la vista de la vía.
- Detector de ángulo muerto (BLIS): alerta de manera visual o sonora, de la presencia de vehículos en el ángulo muerto.
- Sistema de reconocimiento de señales (TSR): muestra la velocidad permitida en cada tramo, así como las prohibiciones de adelantamiento.
- Frenada automática de emergencia en ciudad (AEB): a bajas velocidades, el sistema puede prevenir colisiones por alcance mediante una frenada automática. Un radar detecta la presencia de obstáculos en la calzada y, en centésimas de segundo, es capaz de analizar si con la velocidad a la que nos movemos y la distancia al obstáculo, la colisión es inminente. Si es el caso, y antes de que el conductor reaccione, el sistema acciona el freno para evitar el golpe.

La convergencia de estas capacidades en un vehículo, que además es dotado con sistemas de planificación para navegación terrestre, hará factible la conducción semiautónoma y completamente autónoma (Rodríguez G, 2017), objetivo de los grandes jugadores en la industria automotriz, de telecomunicaciones y de las tecnologías de la información.

Boston Consulting Group, en colaboración exclusiva con Motor & Equipment Manufacturers Association, han analizado las características ADAS disponibles y han llegado a la conclusión de que, si cada vehículo en la vía estuviera equipado con estos sistemas, y si se utilizaran y mantuvieran adecuadamente, podrían reducir drásticamente los accidentes de tránsito.

### **3.1.9.2 Sistemas de diagnóstico a bordo**

Con la tecnología OBD (On Board Diagnostics) es posible obtener el estado de los sistemas electrónicos del vehículo que reporta la ECU (unidad de proceso electrónico) o en los vehículos más recientes el computador a bordo.

#### **3.1.9.2.1 Antecedentes del sistema OBD**

La estandarización de este sistema comenzó en los Estados Unidos hacia la década del 60, y se desarrolló entre fabricantes, gobierno y otras entidades preocupadas por el medio ambiente. A partir de 1970 se establecieron normas y requisitos de emisiones graduales para el mantenimiento de los vehículos por periodos prolongados de tiempo. Para cumplir con estos estándares, los fabricantes recurrieron a controles electrónicos de la alimentación de combustible y los sistemas de ignición. En 1988, se establece un conector estándar y un conjunto de señales de prueba de diagnóstico, que dio lugar a la primera generación de requerimientos de sistema de diagnóstico a bordo, llamada OBD-I. La segunda versión del sistema de diagnóstico a bordo, llamada OBD-II, es una mejora tanto en capacidad como en normalización respecto a lo que fue la regulación inicial de OBD (Aciti at el, 2017).

### **3.1.9.2.2 Funciones de básicas de un sistema OBD**

El dispositivo OBD II está en la capacidad no solo de medir las emisiones de gas, sino que también identifica fallos del vehículo, cada fallo tiene un código de error asociado y este es capturado por el dispositivo junto con otros datos como las revoluciones del motor, el consumo de combustible en tiempo real (sin que el automóvil lleve equipado ordenador de abordo) o la temperatura del aceite, entre muchos otros parámetros dependiendo del modelo. Los principales fallos son reportados mediante indicadores de luz al conductor del vehículo, lo que se conoce en Colombia como “testigos” los demás permanecen almacenados para ser revisados en el momento de las revisiones regulares de mantenimiento (CA.GOV, 2017).

### **3.1.10 Sistemas de información**

Se denomina sistema de información al conjunto de datos almacenados, la mayoría de veces relacionados entre sí, sujetos a la realización de transacciones en donde existe un usuario en particular, quien posteriormente tomará una decisión determinada. Los Sistemas de Información siempre contarán con 3 fases insustituibles: Entrada de datos, proceso de los mismos y recuperación de la información. (Kendall, 2011).

#### **3.1.10.1 Tipos de Sistemas**

Los sistemas de información se desarrollan para distintos fines, dependiendo de las necesidades de los usuarios humanos y la empresa. Los sistemas de procesamiento de transacciones (TPS) funcionan en el nivel operacional de la organización; los sistemas de automatización de oficinas (OAS) y los sistemas de trabajo de conocimiento (KWS) brindan soporte para el trabajo a nivel del conocimiento. Entre los sistemas de nivel superior se encuentran los sistemas de información administrativa (MIS) y los sistemas de soporte de decisiones (DSS). Los sistemas expertos aplican la experiencia de los encargados de tomar decisiones para resolver problemas específicos y estructurados. En el nivel estratégico de la administración se encuentran los sistemas de soporte para ejecutivos (ESS). Los sistemas de soporte de decisiones en grupo (GDSS) y los sistemas de trabajo colaborativo asistido por computadora (CSCWS), que se describen en forma más general, ayudan en el proceso de toma de decisiones, a nivel de grupo, de la variedad semiestructurada o no estructurada.(Kendall, 2011)

- Sistemas de procesamiento de transacciones (TPS):
- Los sistemas de automatización de oficinas (OAS)
- Los sistemas de trabajo de conocimiento (KWS)
- Sistemas de información administrativa (MIS)
- Sistemas de soporte de decisiones (DSS)
- La inteligencia artificial (AI)
- Los sistemas expertos
- Sistemas de soporte de decisiones en grupo (GDSS)
- Sistemas de trabajo colaborativo asistido por computadora (CSCWS)
- Sistemas de soporte para ejecutivos (ESS)

### 3.1.10.2 El ciclo de vida del desarrollo de sistemas



Figura 3. Ciclo de vida del desarrollo de sistemas – Fuente: (Kendall, 2005)

### 3.1.11 Diseño de productos y servicios

#### 3.1.11.1 Definición de diseño e innovación

El diseño de servicios es una disciplina que permite, a través de una serie de herramientas, concebir el servicio con una visión sistémica, y diseñar los puntos de contacto con el cliente de acuerdo con una propuesta de valor.

De acuerdo con Karl Ulrich diseño e innovación son esfuerzos muy similares, pero hay por lo menos tres distinciones:

1. La innovación suele ser un campo más amplio que el de diseño e incluye el conjunto de actividades entre una solución y una necesidad. El diseño es a menudo una de estas actividades, pero también lo son su lanzamiento al mercado, el tiempo de aceleración de las operaciones y la gestión de las cuestiones reglamentarias.
2. La innovación se considera a menudo como una actividad económica básica cuya unidad de análisis es el sistema de innovación, mientras que el diseño es una actividad típicamente pensada en el nivel de un artefacto o proyecto en particular.
3. El diseño por lo general procede desde la identificación de un vacío hasta la creación de una solución. Innovación frecuentemente puede proceder en la otra dirección, un innovador comienza con una solución nueva o existente y luego busca posibles aplicaciones para esta solución.

Hay una gran cantidad de la solución de problemas que no es diseño propiamente. Sin embargo, gran parte y no menos de la solución de los problemas de la humanidad se

beneficiarían con el proceso del diseño. El sello distintivo del diseño es una exploración de alternativas y la selección cuidadosa de alguna de ellas, un enfoque que tiende a realizarse para una buena resolución de problemas. (Ulrich, 2005)

Para h2i Institute la innovación contempla introducir dinámicas que permiten ir a la velocidad del cambio o una sensibilidad para ver lo que nadie ve y diseño es concebir y dar forma a artefactos (bienes físicos, servicios, software, gráficos, edificios, paisajes, organizaciones y procesos) que resuelven problemas.

### 3.1.11.2 Proceso de innovación y de diseño

La innovación es un proceso que requiere investigar, interpretar, idear, diseñar y validar. A continuación, se muestra el gráfico del proceso propuesto por h2i Institute, donde la actividad de diseño hace parte del desarrollo de innovación.

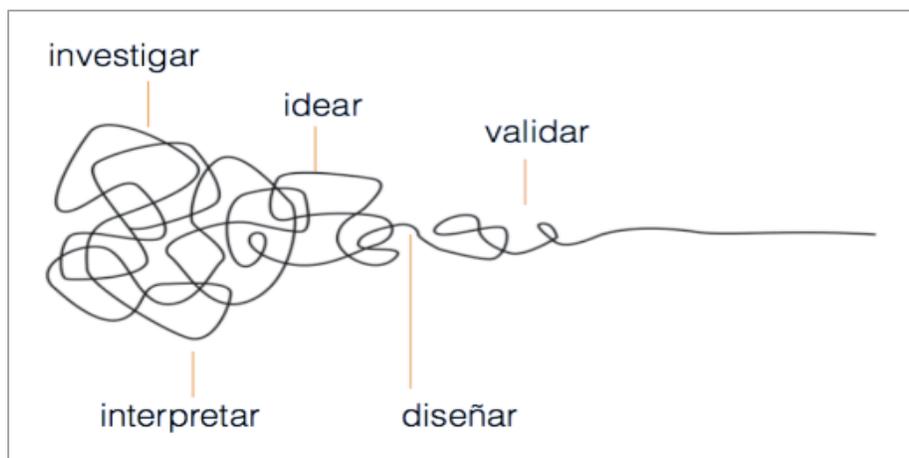


Figura 4. Proceso de Innovación - Fuente: (h2i Institute Human centered innovation, 2016)

En la fase de ideación se pueden usar diferentes técnicas para generar ideas (Divergencia), al igual que para el proceso de evaluación y toma de decisión de la mejor alternativa (Convergencia) antes de la siguiente etapa (Diseño). De acuerdo con el alcance del presente trabajo y como parte del desarrollo de la propuesta de solución tecnológica, se utilizará la herramienta Matriz de Pugh.

### 3.1.11.3 Matriz de Pugh

Se utiliza principalmente para la toma de decisiones sobre el desarrollo de un nuevo producto o servicio, para diferenciar los criterios que van a aportar más valor de una manera cuantitativa, es decir, una manera rápida de poder priorizar las características del producto que se pretende lanzar o mejorar.

La ventaja de la Matriz Pugh es que apoya la toma de decisiones subjetivas de una forma objetiva y cuantitativa basada en criterios. Lo primero que se debe hacer es identificar los criterios y las alternativas de solución:

Tabla 4. Matriz criterios / alternativas Pugh

Ejemplo		Alternativas				
		Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Concepto 5
Criterios	Viabilidad					
	Tiempo Implementación					
	Costo de Desarrollo					
	Beneficio					
	Grado innovación					

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizado este paso, se realiza el estudio comparativo entre las distintas alternativas, aquí se utiliza la primera alternativa como base, es decir, su puntuación va a ser en todos los campos la misma, y en función de esto se compara cada una de las siguientes con la primera para cada uno de los conceptos. La valoración será: +1 si es mejor que el criterio base o -1 si es peor, 0 para el caso de ser similares es importancia.

Al realizar la suma de los valores se obtienen las alternativas de solución:

Tabla 5. Ejemplo Matriz de Pugh

Conceptos (Soluciones)						
Criterios	A	B	C	D	E	F
Reja (Referente)	Solución Cero (Referente)	Concepto de solución 1	Concepto de solución 2	Concepto de solución 3	Concepto de solución 4	Concepto de solución 5
Criterio 1	0					
Criterio 2	0					
Criterio 3	0					
Criterio 4	0					
Criterio 5	0					
Criterio 6	0					
Criterio 6	0					
Suma de +	0					
Suma de 0	7					
Suma de -	0					
Puntaje	0					
Rango	4					
Sigue?						

Fuente: Elaboración Propia

Combinando las mejores alternativas evaluadas se procede a trabajar en el diseño.

### 3.1.11.4 Proceso de Diseño

El proceso de diseño comienza con la percepción de vacíos a partir de las experiencias del usuario, lleva a un plan para el nuevo artefacto y finaliza con la producción del mismo. El modelo de proceso de diseño presentado por Ulrich es el siguiente:

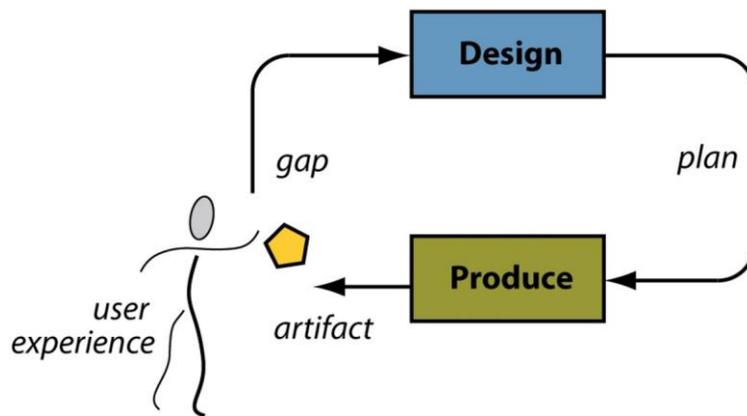


Figura 5. Representación gráfica del proceso de diseño – Fuente: (Ulrich, 2005)

La palabra **usuario**, es una expresión de la técnica en la práctica profesional que presenta sinónimos incorrectos: cliente, partes interesadas, y consumidor. No puede sustituir al *usuario* de forma íntegra incluso el término **humano**, ya que los usuarios pueden ser animales o extraterrestres.

La etapa de diseño puede descomponerse en cuatro pasos:

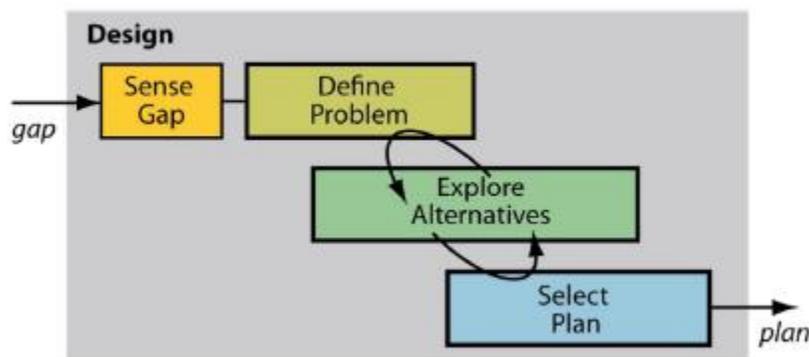


Figura 6. Pasos de la etapa del diseño – Fuente: (Ulrich, 2005)

La figura muestra el diseño como procediendo de izquierda a derecha, desde la brecha hasta planificación. Aunque este flujo general es típico, los pasos rara vez se completaron en una secuencia estricta.

**Sentido de vacío:** el diseño comienza con una percepción de un vacío en la experiencia del usuario. Sin un vacío no hay ningún motivo para el diseño. La diferencia puede ser percibida por los propios usuarios o por los observadores.

**La definición del problema:** es la creación por parte del diseñador de una explicación de por qué el usuario experimenta un vacío. Este diagnóstico puede considerarse como una identificación de las necesidades del usuario que no se satisfacen en el estado actual y/o el reconocimiento de los criterios para una solución de alta calidad.

**Explorar alternativas:** siempre se deben explorar alternativas.

**Seleccionar plan:** la exploración generalmente expone más de una solución, por lo que el diseño requiere algún tipo de evaluación y selección entre las alternativas. Algunos diseñadores consideran muchas alternativas simultáneamente al seleccionar un plan. Otros articulan, valoran y refinan los planes de forma iterativa y seleccionan el primer plan que sea lo suficientemente bueno.

### 3.1.11.4.1 Metodología del proceso del diseño

HCD Human Centered Design es una metodología del proceso del diseño. La técnica ayuda a escuchar las necesidades de las personas de nuevas maneras, crear soluciones innovadoras para satisfacer estas necesidades, y ofrecer soluciones con sostenibilidad financiera.

La etapa final del proceso de innovación, la validación, consiste en transformar toda la investigación, la interpretación de las necesidades y la ideación en un modelo de negocio.

### 3.1.12 Modelos de negocio

#### 3.1.12.1 Definición de modelo de negocio

La profundidad del término varía según el campo de aplicación. La literatura ofrece un sin número de definiciones a través de investigaciones propias del mundo académico y de los negocios. Para realizar una aproximación teórica, en la siguiente tabla se reseñan las declaraciones de algunos autores durante los últimos tiempos:

*Tabla 6. Revisión teórica de modelo de negocio*

Autor	Año	Definición	Extraído de
Porter Michael	1985	"Es una serie relacionada de actividades que crean valor", se representa a través de la cadena de valor de la organización	Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance
Hamel Gary	2000	"Un concepto de negocio que se ha puesto en práctica y actúa en consecuencia"	Leading the revolution
Linder y Cantrell	2000	"Un modelo de negocio operativo es la lógica nuclear de la organización para crear valor. El modelo de negocio de una empresa orientada a los beneficios explica cómo ésta hace dinero"	Changing business models: Surveying the landscape
Amit R, Zott C	2001	"Un modelo de negocio representa el diseño del contenido, la estructura y el gobierno de la transacción para crear valor a través de la explotación de oportunidades comerciales"	Value creation in e-business. Strategic Management

<b>Henry Chesbrough, Richard S. Rosenbloom</b>	2001	Indican que las funciones de un modelo de negocio son: articular la proposición de valor; identificar un segmento de mercado; definir la estructura de la cadena de valor; estimar la estructura de costos y el potencial de beneficios; describir la posición de la empresa en la red de valor y formular la estrategia competitiva.	The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies, Industrial and Corporate Change.
<b>Otto Petrovic , Christian Kittl, Ryan D. Teksten</b>	2001	Un modelo de negocio describe la lógica de un 'sistema de negocios' para crear valor que esté por debajo del proceso actual"	Developing Business Models for eBusiness
<b>Joan Magretta</b>	2002	"Historias que explican cómo la empresa trabaja"	Why Business Models Matter
<b>Osterwalder, Pigneur y Tucci</b>	2005	"Un modelo de negocio es una herramienta conceptual que contiene un conjunto de elementos y sus relaciones permiten expresar la lógica de negocio de una empresa específica. Es la descripción del valor que una empresa ofrece a uno o varios segmentos de clientes y de la arquitectura de la empresa y su red de socios para crear, comercializar, y aportar este valor a la vez que genera un flujo rentable y sostenible de ingresos"	Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept
<b>Scott M.Shafer, H. Jeff Smith, Jane C.Linder</b>	2005	Analizan definiciones publicadas entre 1989 y 2002 y desarrollan un diagrama de afinidad para identificar las cuatro categorías comunes en todas las definiciones: elecciones estratégicas, creación de valor, captura de valor y red de valor.	The power of business models
<b>Tim Clark, Alexander Osterwalder, Yves Pigneur</b>	2012	"Definimos modelo de negocio como la lógica que subyace el sustento económico de las corporaciones, es decir, la lógica que sigue una empresa para obtener ganancias".	Business model you
<b>Thomas Wheelen, J. David Hunger</b>	2013	Estructura donde se identifican diferentes actividades que en una empresa deben realizarse para obtener ganancias, incluye las características estructurales y operativas claves	Administración estratégica y política de negocios

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.12.2 Selección de la definición

Después de hacer la revisión bibliográfica, se puede establecer una definición de modelo de negocio desde una perspectiva general y teniendo en cuenta los factores comunes expresados por las referencias descritas anteriormente: actividades lógicas, creación de valor, propuesta de valor, obtención de ganancias y sistema dinámico. De lo anterior se propone que "Un modelo de negocio es una herramienta que muestra la interacción de los elementos claves de una estructura empresarial para capturar y generar valor a sus interesados".

### 3.1.12.3 Componentes elementales del modelo de negocio

Gary Hamel establece cuatro componentes principales:

- Estrategia básica: como la esencia de la compañía, misión del negocio, el alcance del producto y del mercado y de las bases de diferenciación.
- Recursos estratégicos: capacidades, activos estratégicos y procesos básicos.
- Interfaz con el cliente: ejecución y apoyo, información y percepción, dinámica de las relaciones y estructura de precios.
- Red de valor: red de valor que complementa y amplía sus recursos.

Para Shafer, Smith y Linder (2005) los componentes del modelo de negocio contemplan:

- Decisiones estratégicas: identifica a clientes, propuesta de valor, competencias y capacidades, ingresos / precios, competidores, output, estrategia, marca y diferenciación.
- Creación de valor: relaciona los recursos y los procesos.
- Cadena de valor: identifica a los proveedores, la información de clientes, los flujos de información, de producción y servicios.
- Captación de valor: establece los costos, los aspectos de financiación y beneficios.

Para efectos de este trabajo se selecciona el marco propuesto por Osterwalder et al. (2005) los nueve módulos del modelo de negocio que son: los clientes, el valor añadido, los canales de distribución, relaciones con los clientes, ingresos, recursos clave, actividades clave, asociaciones clave y costos.

### 3.1.12.4 Componentes del modelo de negocio de Osterwalder et al

Basado en la propuesta Balanced Scorecard BSC de Kaplan y Norton (1992) como una herramienta para soportar las decisiones a nivel de la administración estratégica, Osterwalder et al propone que con un modelo de negocio capturado, entendido y descrito es más sencillo identificar los indicadores del sistema de información para monitorear la estrategia BSC basado en las perspectivas financieras, del cliente, de procesos internos y de innovación y aprendizaje. En la siguiente figura se muestra la adaptación de las perspectivas del BSC en el modelo de negocio y sus nueve elementos:

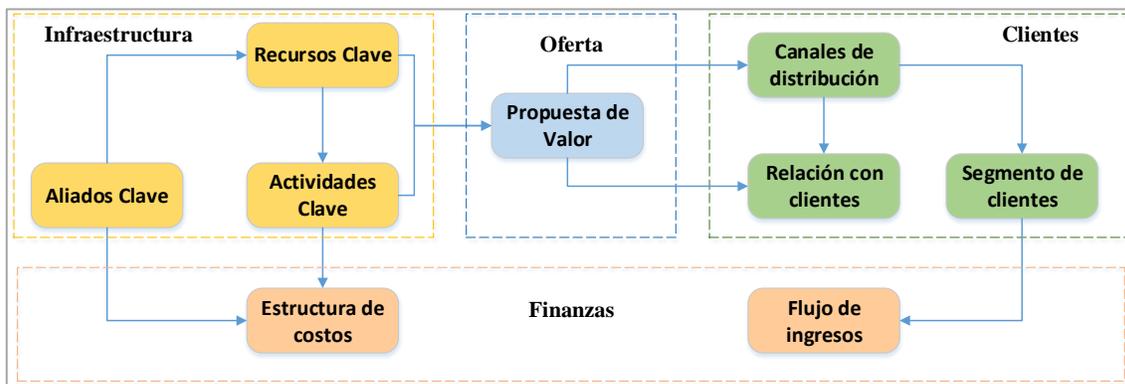


Figura 7. Componentes del modelo de negocio de Osterwalder

Tabla 7. Los Nueve bloques del modelo de Negocio

Área	Elemento	Descripción
<b>Oferta</b>	Propuesta de valor	Es una vista general del conjunto de productos y servicios que son de valor para el cliente.
<b>Cliente</b>	Segmentos de clientes	Son el cliente objetivo al que la empresa quiere ofrecer su propuesta de valor.
	Canales de distribución	Es el medio para ponerse en contacto con el cliente.
	Relaciones con el cliente	Describe el tipo de enlace que una empresa establece con el cliente.
<b>Infraestructura</b>	Actividades clave	Describe las actividades necesarias para crear valor para el cliente.
	Recursos clave	Describe las competencias necesarias para ejecutar el modelo de negocio.
	Aliados clave	Son los acuerdos de cooperación con otras empresas necesarios para crear valor para el cliente.
<b>Finanzas</b>	Estructura de costos	Es la representación monetaria empleada en el modelo de negocio.
	Flujo de ingresos	Describe la forma en que la compañía hace dinero.

Fuente: (Osterwalder y Pigneur, 2010)

### 3.1.12.4.1 Los nueve bloques del modelo de negocio

**Segmentos de Clientes:** estos resultan ser los más importantes dentro del modelo, saber y conocer perfectamente a los clientes. Responde a la pregunta ¿para Quién?

Las organizaciones atienden a uno o varios grupos de clientes, cuando se ofrece servicios a otras organizaciones se conoce como empresas B2B (business-to-business), y cuando atienden a consumidores se les conoce como B2C (business-to-consumer)

Cada cliente puede requerir un canal, valor o relación diferente, y resulta habitual algunos clientes generan más beneficios que otros.

**Propuesta de valor / valor añadido:** aquí es muy importante descubrir cómo se quiere generar VALOR para los clientes, con propuestas novedosas e innovadoras. Responde la pregunta ¿el Qué?

La propuesta de valor no es más que los beneficios aportados por un conjunto de productos o servicios a los clientes, es la capacidad de la organización de ofrecer un valor realmente excepcional. Algunos ejemplos de valor añadido pueden ser: comodidad, precio, diseño, estatus o marca, reducción de costos o reducción de riesgos.

**Canales de distribución:** ¿cómo entregar la propuesta de valor para los clientes?, ¿cómo se hace llegar los productos a los clientes? son preguntas que resuelve este segmento. Los

canales de distribución son el medio por el cual las organizaciones ponen a disposición de sus clientes productos y/o servicios.

Los canales de distribución cumplen las siguientes funciones: dar a conocer los productos o servicios, ayudar a clientes potenciales a evaluar los productos o servicios, proporcionar valor a los clientes, garantizar la satisfacción de los clientes a través de servicios posventa y posibilitar la compra de los clientes.

Algunos canales habituales son: en persona o por teléfono, en las instalaciones del cliente o en la tienda, internet (redes sociales, blogs, correo electrónico, etc.), medios tradicionales (entrega física, televisión, radio, prensa, etc.)

**Relación con Clientes:** ¿qué tipo de relación esperan los clientes, qué relación existe ahora? Las organizaciones deben definir de manera clara el tipo de relación que prefieren con sus clientes: personal, automática, autoservicio, operación única, suscripción, etc. De la misma manera, se debe tener claro el objetivo principal de la relación: captar nuevos clientes, fidelizar a los clientes u obtener mayor ingreso de clientes actuales.

**Flujo de Ingresos:** ¿cuál es el valor que están dispuestos a pagar los clientes por nuestros productos? Las organizaciones deben aceptar los métodos de pago que prefieren los clientes. Se distinguen dos tipos de ingresos básicos 1) pagos puntuales de clientes, 2) pagos periódicos por conceptos de servicios, mantenimiento o posventa.

- Venta directa: los clientes adquieren los derechos de propiedad de un bien físico.
- Alquiler o leasing: consiste en la compra del derecho de uso exclusivo y temporal de un bien.
- Cuota del servicio o uso: aquí se pueden evidenciar por ejemplo los cobros por minuto de las empresas de telefonía, honorarios profesionales con tarifas por hora servicio, o el número de clics o impresiones de vendedores de anuncios como Google.
- Concesión de licencias: los titulares de derechos de propiedad intelectual pueden conceder derecho a sus clientes para utilizar dicha propiedad a cambio de una cuota o licencia.
- Comisiones o corretajes

**Recursos Clave:** ¿qué recursos claves necesito para generar valor en los productos? Los recursos clave pueden definirse como el grupo de elementos que se requieren para desarrollar un producto o servicio que busca suplir las necesidades de un cliente, mercado o público objetivo. (Petrovic et al., 2001). Hay cuatro tipos de recursos clave: humanos, físicos, intelectuales y capital de trabajo “cash”.

**Actividades Clave:** ¿qué actividades claves necesito desarrollar para generar valor en mis productos o servicios? Este término abarca las acciones más importantes que debe tener una organización para que el modelo de negocio funcione: Producción, Venta, Soporte. En términos de estructura empresarial se conocen como: las actividades estratégicas, tácticas y operativas.

**Asociaciones clave:** este bloque es muy importante ya que debemos definir cuáles serán nuestros socios estratégicos en proveedores, clientes y accionistas entre otros. La red de alianzas clave contribuye a la eficacia del modelo de negocio.

**Estructura de Costos:** es muy importante saber que estructura de costos se va a implementar, pues es vital para conocer los beneficios económicos del negocio. La adquisición de recursos clave, la realización de actividades clave y el trabajo con aliados implica egresos de dinero.

Las organizaciones necesitan liquidez para crear y generar valor, mantener las relaciones con los clientes y generar ingresos. Surge el término escalabilidad que se relaciona con los costos y la eficacia del modelo de negocio, y es simplemente una cualidad que permite hacer frente a un incremento de la demanda sin que suponga sobreesfuerzos o afectación de la calidad del producto.

Los nueve elementos gráficamente se ven así:

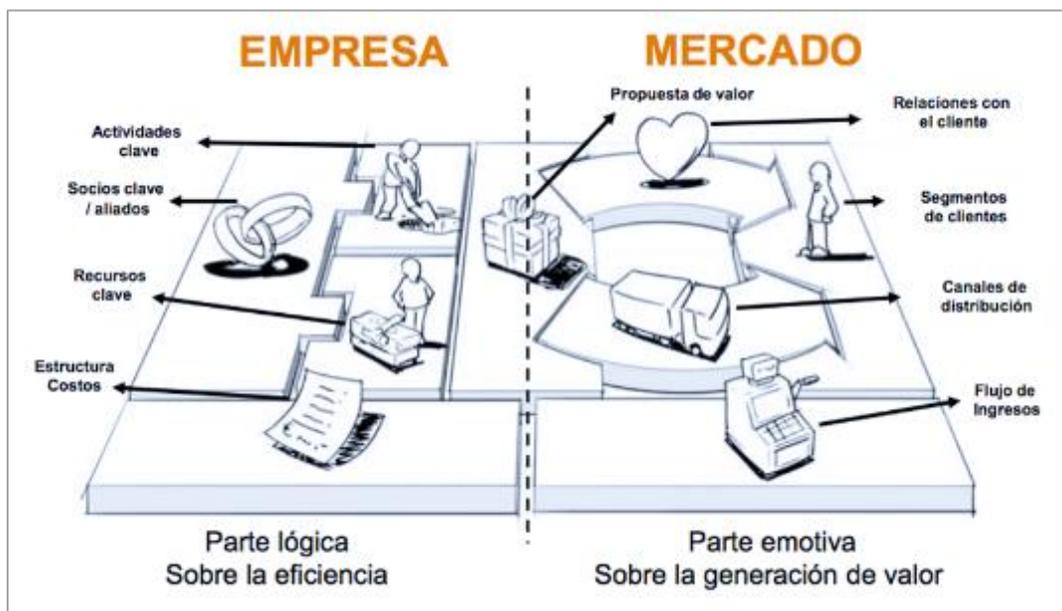


Figura 8. Elementos del modelo de negocio – Fuente: (Osterwalder et al, 2012)

(Osterwalder et al, 2012)

### 3.1.12.5 Diseño del modelo de negocio

El proceso de diseño de modelos de negocio que propone Osterwalder tiene cinco fases: movilización, comprensión, diseño, aplicación y gestión. La progresión a través de estas fases no suele ser tan lineal, por ejemplo, las fases de comprensión y diseño suelen pensarse en paralelo, la creación de prototipos durante la fase de diseño puede generar ideas nuevas que requieran una investigación adicional o un repaso de la fase de comprensión. A continuación, se describe el propósito de cada fase:

- **Movilización:** las principales actividades de esta primera fase son la definición de los objetivos del proyecto, la comprobación de las ideas preliminares, la planificación del proyecto y la formación del equipo.
- **Comprensión:** en esta fase se profundiza en la comprensión del contexto en que se aplicará el modelo. El análisis del entorno de modelo de negocio es una combinación de actividades que van desde estudios de mercado hasta el estudio y la participación de clientes, entrevistas con expertos en el campo o el esbozo de modelos de negocio rivales.

### 3.1.12.6 Enfoque de Porter para el análisis del entorno

Para la evaluación del entorno en que se aplicará el modelo de negocio se puede considerar el enfoque de Michael Porter, una autoridad en materia de estrategia competitiva; quien sostiene que en cualquier industria hay cinco fuerzas competitivas básicas que determinan la sostenibilidad del negocio a largo plazo. La siguiente figura representa el modelo de cinco fuerzas de Porter:

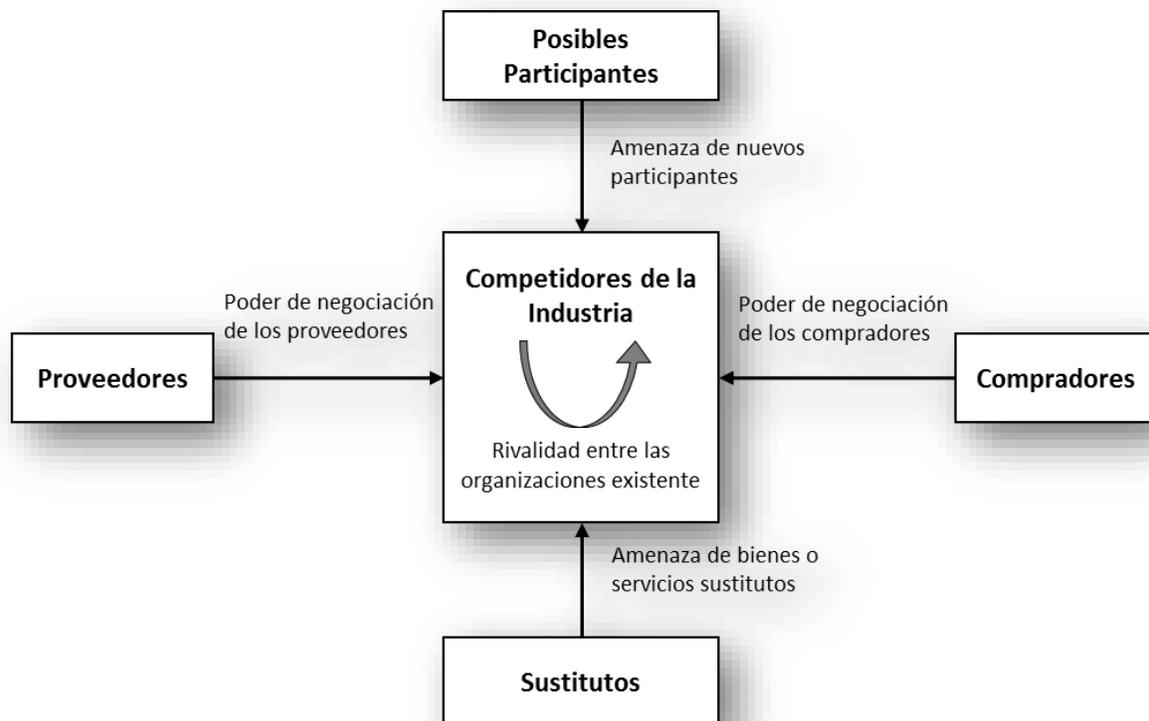


Figura 9. Elementos del modelo de negocio – Fuente:(Porter, 1979)

Para analizar cuidadosamente la industria, el modelo de negocio debe evaluar que tan importante es, para conseguir el éxito, cada una de las cinco fuerzas: la amenaza de nuevos participantes, rivalidad entre empresas existentes, amenaza de productos o bienes sustitutos, el poder de negociación de los compradores y el poder de negociación de los proveedores.

Según el modelo, una fuerza poderosa es considerada como una amenaza porque tiene la posibilidad de reducir los beneficios, en contraposición, una fuerza menor puede ser vista como una oportunidad pues permite al negocio obtener mayores beneficios. En el corto plazo estas fuerzas actúan como limitantes de las actividades de una organización, pero a largo plazo es posible que el negocio a través de sus opciones estratégicas cambie el poder de una o más fuerzas en beneficio propio.

### **3.1.12.6.1 Descripción de las fuerzas**

#### **3.1.12.6.1.1 Amenaza de nuevos participantes**

Los nuevos participantes o nuevos entrantes de una industria generalmente aportan nuevas capacidades, el deseo por tener mayor participación del mercado, y recursos importantes; por lo que son una amenaza para una organización establecida. La amenaza de su ingreso depende de la presencia de barreras de entrada y de la reacción que se espera de los competidores existentes. Algunas barreras de entrada son:

- Economías de escala
- Diferenciación de productos
- Requerimientos de capital
- Costos de cambio
- Acceso a canales de distribución
- Desventajas de costos independientes de la escala
- Políticas gubernamentales

#### **3.1.12.6.1.2 Rivalidad entre empresas existentes**

En la mayoría de las industrias, las empresas dependen unas de otras, una acción competitiva produce un efecto sobre los competidores y a su vez desencadena un contragolpe por contrarrestar dichas acciones, por ejemplo, los descuentos en precios, la introducción de nuevos productos, las campañas publicitarias, entre muchas otras, son acciones que generan ciclos de causalidad. Según Porter la rivalidad intensa se relaciona con varios factores:

- Número de competidores
- Tasa de crecimiento de la industria
- Características del bien o servicio
- Monto de costos fijos
- Capacidad
- Altura de las barreras de salida
- Diversidad de los rivales

#### **3.1.12.6.1.3 Amenaza de productos o servicios sustitutos**

Un bien sustituto es un bien que parece ser diferente, pero puede satisfacer la misma necesidad que otro, en otras palabras, desarrolla las mismas o similares funciones que un

producto de otra industria, por ejemplo, el plástico es un sustituto del aluminio, el té es un sustituto del café, el correo electrónico es un sustituto del fax. Según Porter “los sustitutos limitan los rendimientos potenciales de una industria al colocar un techo a los precios que las empresas que operan en ella pueden cobrar de manera rentable”. En la medida que los costos de cambio de un producto a otro sean bajos los sustitutos pueden producir un fuerte efecto en la industria.

#### **3.1.12.6.1.4 Poder de negociación de los compradores**

Los compradores afectan a una industria, pueden forzar a reducir los precios, requerir mayor calidad y enfrentar a los competidores entre sí. Un comprador o grupo de clientes es poderoso si alguno de los siguientes factores es cierto:

- Un comprador adquiere grandes volúmenes de producto
- Un comprador puede integrarse hacia atrás fabricando el producto por sí mismo
- Los proveedores alternos son numerosos porque no hay diferenciación
- Cambiar de proveedores es poco costoso
- El producto adquirido representa un porcentaje alto de los costos de un comprador
- El comprador obtiene pocos beneficios
- El producto adquirido es poco importante en la calidad final, en el precio o servicios de un comprador

#### **3.1.12.6.1.5 Poder de negociación de los proveedores**

Los proveedores afectan a una industria, a través de su capacidad para aumentar los precios o reducir la calidad de los bienes o servicios que proveen. Un proveedor es poderoso si alguno de los siguientes factores es relevante:

- Algunas empresas dominan en la industria proveedora, pero vende a muchos clientes (industria petrolera por ejemplo)
- Su producto o servicio es único
- Los sustitutos no están fácilmente disponibles
- Los proveedores pueden integrarse hacia adelante y competir con sus clientes actuales
- Los volúmenes de compra son poco atractivos para los proveedores

(Wheelen & Hunger, 2013)

- **Diseño:** los principales desafíos en esta fase son la generación y adopción de modelos innovadores, disruptivos y osados. Aquí, la clave del éxito es un pensamiento expansionista.
- **Aplicación:** es la puesta en marcha y la aplicación efectiva del prototipo del modelo de negocio.

- **Gestión:** incluye la evaluación continua del modelo y el entorno con el fin de aclarar el impacto que podrían tener los factores externos a largo plazo en el modelo y reaccionar al cambio de manera oportuna.

En el campo del desarrollo de este trabajo se trabajará con la fase de comprensión y diseño.

### 3.1.12.6.2 El lienzo del modelo de negocio

“El lienzo de modelo de negocio, que describe la interrelación de los nueve componentes de un modelo de negocio, es una técnica eficaz para pintar un cuadro del funcionamiento de las empresas” (Osterwalder et al, 2012).

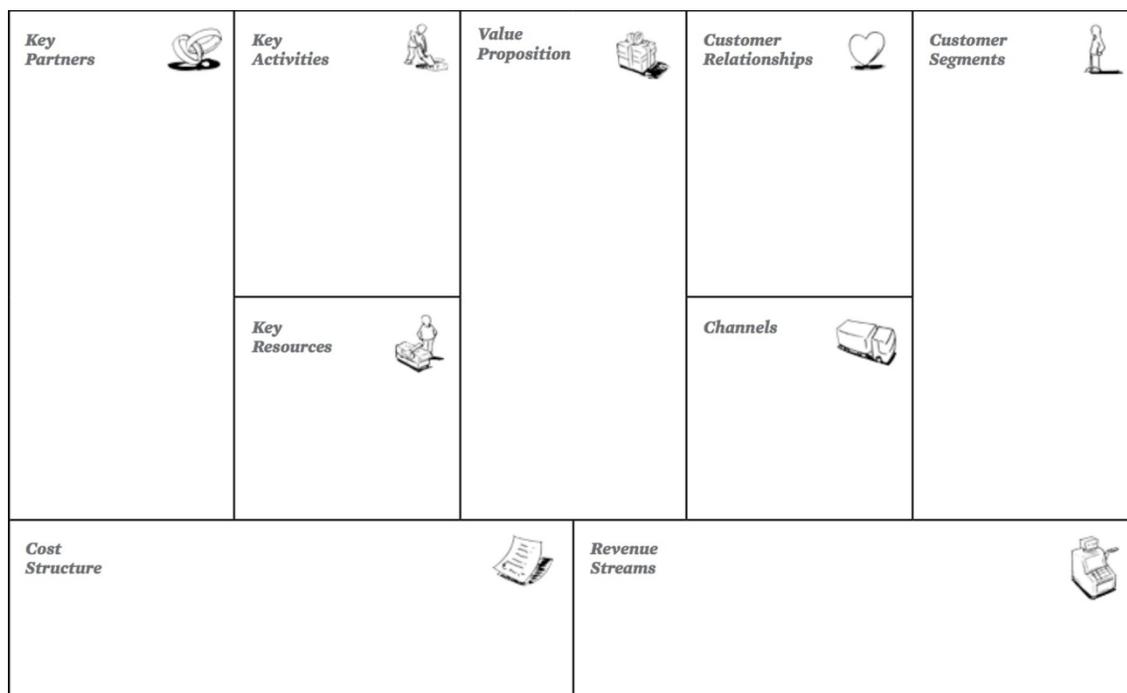


Figura 10. Lienzo del modelo de negocio – Fuente: (Osterwalder et al, 2012).

### 3.1.13 Simulación de modelos financieros

En la definición más corriente se identifica un modelo como la descripción de un sistema o como una representación simplificada de la realidad (Machain, 2015). Desde la teoría general de sistemas los modelos son construcciones diseñadas por un observador que persigue identificar y medir las relaciones sistémicas complejas. Todo sistema tiene la opción de ser representado a través de uno o más modelos. (Arnold & Osorio, 1991).

Parte del objeto de este trabajo es obtener una aproximación de la realidad de un proyecto de inversión de un negocio previamente planeado, es decir, diseñar un modelo de decisión del negocio, teniendo en cuenta por ejemplo pautas de crecimiento, cambios en conductas del consumo del producto, condiciones tecnológicas, o ciertos parámetros de sesgo de tipo económico que intervengan en la evaluación del problema.

### 3.1.13.1 Generalidades sobre proyectos de inversión

De acuerdo con el Project Management Institute PMI un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un bien, servicio, o resultado singular. Un proyecto de inversión se puede describir como un plan al que si se le asigna un determinado monto de capital y se le proporcionan recursos de varios tipos, podrá producir un bien o servicio útil a la sociedad (Orozco, 2010). En términos coloquiales y en el contexto del presente trabajo se entenderá como proyecto a una propuesta de inversión para instalaciones destinadas a proporcionar un servicio tecnológico.

En un proyecto de inversión se debe realizar una programación en el tiempo de una serie de flujos buscando que más adelante se generen beneficios que justifiquen desde el punto de vista económico las inversiones que se realizaron inicialmente (Serrano, 2011).

### 3.1.13.2 El ciclo de los proyectos

Los proyectos per se son únicos y temporales (tienen un principio y un fin) y se llevan a cabo a través de una sucesión de etapas en cada una de las cuales se reduce el grado de riesgo e incertidumbre. El ciclo de vida de un proyecto contiene cuatro grandes etapas: idea, pre-inversión, inversión y operación.

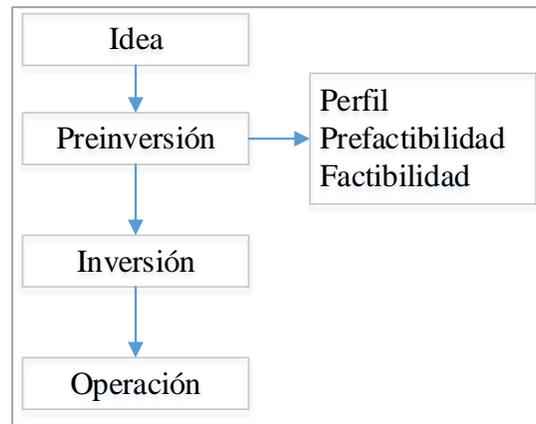


Figura 11. Flujo ciclo de vida de un proyecto

- **La idea:** se identifican los problemas que puedan resolverse y las oportunidades de negocio que puedan aprovecharse.
- **Pre-inversión:** conocida también como la formulación y evaluación, corresponde a todos los estudios que son necesarios realizar antes de tomar la decisión de la inversión, que según la calidad de la información y profundidad de los estudios se realiza a nivel de perfil, prefactibilidad (anteproyecto) o factibilidad (proyecto definitivo).
  - o **La formulación:** es la identificación de un problema o la oportunidad de negocio. Incluye los estudios de mercado; técnicos de ingeniería, tecnología, tamaño y localización; estudios ambientales, administrativos y estudios financieros y de financiación. La formulación de un proyecto se puede realizar en tres niveles:

- **Perfil:** se realiza a partir de información existente de origen secundario revisión bibliográfica relacionada con el proyecto.
- **Prefactibilidad:** se profundiza la investigación en fuentes primarias y secundarias, lo que significa hacer investigaciones de campo.
- **Factibilidad:** se establecen estrategias para la materialización del proyecto.
- **Inversión:** es la etapa en la que se materializan las acciones, que dan como resultado la producción de bienes y servicios, y termina cuando el proyecto entra en operación y genera beneficios.
- **Operación:** es el periodo permanente de producción de productos o prestación de servicios, en donde el proyecto inicia su ciclo de vida útil (tiempo estimado para generar beneficios) que termina al momento de liquidación.

(Orozco, 2010)

### 3.1.13.3 Flujos de efectivo del proyecto

Para encontrar los flujos de efectivo de un proyecto FEP es necesario recordar que los activos tienen tres elementos: flujo de efectivo operativo FEO, gastos de capital GC y cambios en el capital de trabajo neto CCTN. En cuanto se tienen estas estimaciones el flujo de efectivo del proyecto se calcula así:  $FEP = FEOP - CCTN - GC$

**FEO:** aquí se requiere calcular los ingresos menos los costos sin incluir la depreciación. Una manera sencilla de hacerlo es tomar las utilidades antes de intereses e impuestos más la depreciación menos los impuestos.

**Gastos de Capital GC:** el gasto de capital o CAPEX (capital expenditures) es el dinero gastado en activos fijos menos el dinero recibido por la venta de activos fijos.

**Capital de trabajo CT:** además de invertir en activos fijos el proyecto requiere de activos circulantes (incluyen efectivo y activos que se espera convertir en efectivo antes de 12 meses). Por ejemplo, el proyecto necesitará de cierta cantidad de efectivo disponible para pagar los gastos que se presenten, o requerirá de una inversión inicial de inventarios y cuentas por cobrar para cubrir las ventas a crédito.

Con las proyecciones de flujos de efectivo se está en las condiciones de aplicar los diversos criterios económicos para evaluar los rendimientos esperados.

(Ross et al, 2014)

### 3.1.13.4 Métodos para evaluar proyectos de inversión

Determinar de la viabilidad económica de un proyecto de inversión requiere:

- La proyección del flujo de fondos del proyecto durante su vida útil.

- Contar con una tasa de interés que sirva como referencia para decidir si se invierte o no, la cual se conoce como TIO tasa de interés de oportunidad, o la tasa que refleja el costo de oportunidad del inversor.
- La construcción de un conjunto de indicadores para medir su comportamiento económico.
  - **VPN:** el valor presente neto es el resultado algebraico de traer a valor presente todos los flujos (positivos / negativos) proyectados, utilizando una tasa de descuento adecuada. Si el  $VPN > 0$  el proyecto es bueno porque en pesos de hoy, los ingresos son mayores que los egresos, si el  $VPN < 0$  significa que en pesos de hoy los ingresos son menores que los egresos y por tanto el proyecto no debe realizarse, y si el  $VPN = 0$  los ingresos serán iguales a los egresos y financieramente será indiferente para el inversionista. (Baca, 2000)
  - **TIR:** la tasa interna de retorno corresponde a la tasa de interés que hace igual a cero el valor presente neto de un proyecto. Es la rentabilidad de los fondos que realmente se encuentran invertidos en el proyecto.
  - **Periodo de recuperación de la inversión (Payback Period):** es el tiempo que se requiere para recobrar la inversión inicial.
  - **Periodo de recuperación descontado (Discounted Payback Period):** es el tiempo que transcurre hasta que la suma de los flujos de efectivo descontados es igual a la inversión inicial (Ross et al, 2014).
  - **Índice de rentabilidad:** es el valor presente de los flujos de efectivo esperados de una inversión dividido entre el costo.
  - **Relación beneficio costo:** se calcula como la relación entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos para una tasa de interés  $i$ . Cuando la relación beneficio costos es mayor que 1, se justifica el proyecto desde el punto de vista económico.

(Serrano, 2011).

### 3.1.13.5 Relevancia de la evaluación técnica y el uso de modelos de simulación

Más allá de los eventos inciertos, de riesgos e incertidumbres que envuelven un modelo de decisión financiera es de vital importancia la evaluación económico-financiera previa a la toma de decisiones.

Los análisis basados en herramientas estáticas tradicionales no determinan los posibles efectos financieros sobre las variables económicas, cambiarias, monetarias, tributarias, etc., lo cual hace que la decisión de un inversor sea volátil con sensaciones perturbadoras por desvíos inesperados o no contemplados en el modelo; por lo que resulta necesario recurrir a modelos robustos que se basen en probabilidades estadísticas de ocurrencia de las diferentes situaciones que hacen que el marco decisorio se ajuste a un mundo más real de las proyecciones.

Con el avance tecnológico moderno, los métodos probabilísticos y de simulación son imprescindibles a la hora de analizar decisiones financieras que tienen algún grado de

incertidumbre o riesgo, es decir cuando no se conocen con exactitud los resultados durante el horizonte de proyección.

Los modelos de simulación tienen gran aceptación en la comunidad científica, empresarial y académica, pues son una forma de observar patrones de comportamiento de las variables asociadas al modelo.

(Machain, 2015)

### **3.1.13.6 La simulación como apoyo en las decisiones financieras**

Antes de entender como la simulación apoya a la toma de decisiones, es prudente mencionar que la simulación es una técnica para imitar o replicar el comportamiento de sistemas a través del tiempo, mediante un modelo con el soporte de una computadora, y su propósito es evaluar el desempeño del sistema en diferentes condiciones mediante la realización de un conjunto de experimentos.

La utilización de la simulación como apoyo en la toma de decisiones financieras, es una técnica que intenta pronosticar el comportamiento en el tiempo de una situación determinada que encierra un conjunto de variables. Las variables se dividen de acuerdo con el grado de certeza del resultado futuro, por un lado se encuentran algunas constantes, es decir invariables en cada periodo; y por otro elementos aleatorios “estocásticos” que cambiarán en un rango posible de resultados (Machain, 2015).

#### **3.1.13.6.1 Simulación de Montecarlo**

Como lo define Luciano Machain “la técnica Montecarlo es un método numérico de muestreo que tiene como objeto la simulación de miles de escenarios de un problema. Para ello, se vale de distribuciones de probabilidad asignadas a las variables inciertas del modelo en cuestión y se generan números aleatorios de acuerdo con esas distribuciones calculando diferentes combinaciones de escenarios y almacenando los resultados para un análisis posterior”.

#### **3.1.13.6.2 Simulación de modelos financieros en hojas de cálculo electrónicas**

Microsoft Excel es uno de los programas más utilizados por las empresas para realizar cualquier tipo de cálculo. De acuerdo con encuesta realizada por CFO Research Services, el 73 % de los gerentes financieros de las compañías medianas de Estados Unidos recurren a hojas de cálculo para formalizar proyecciones, tareas de planeación o estimaciones presupuestarias.

En general se puede seguir la siguiente metodología para diseñar un modelo de simulación en una hoja de cálculo electrónica con el flujo de fondos proyectado:

- Establecer variables de entrada: se definen ciertas celdas denominadas de entrada o inputs del modelo.

- Ingresar las interrelaciones: estas celdas de entrada son combinadas entre sí mediante una serie de ecuaciones o fórmulas que sirven de vínculos para obtener los resultados finales.
- Establecer las variables de salida: en un modelo financiero las variables de salida pueden ser los indicadores que miden el comportamiento económico del proyecto (VPN, TIR...). Hasta aquí el modelo sigue siendo determinístico y estático.
- La técnica Montecarlo le agregará dinamismo al modelo de decisión. Se deben definir las distribuciones de probabilidad asociadas a cada variable de entrada, que tomarán un valor aleatorio en cada recalcado de la plantilla.
- A través de un complemento de simulación en Ms Excel, se define el número de iteraciones a realizar y se hace ejecución de la simulación.
- Se muestran los resultados de la simulación
- Se analizan los resultados y se valida el modelo.

(Machain, 2015)

Es prudente anotar que para realizar la evaluación económica de un proyecto de inversión el evaluador debe tener ciertos conocimientos acerca de matemáticas financieras, y unos conceptos elementales de estadística, temas que no se detallarán en el marco teórico del presente trabajo.

### **3.2 Estado del Arte**

El uso y desarrollo de nuevas tecnologías en los vehículos surgió con el principal objetivo de generar eficiencias y mejorar la seguridad en los sistemas de movilidad, es por ello que han aparecido varias iniciativas en esta dirección, por ejemplo en Estados Unidos para el año 2003 se creó una alianza entre agencias locales del gobierno, productores de vehículos y diferentes departamentos de transporte con el fin de establecer los lineamientos para la creación de sistemas que permitieran la comunicación de los vehículos y la infraestructura optimizando labores de mantenimiento e incrementando la seguridad.

(Transportation U.S. Department, 2005).

Otras iniciativas privadas también han sobresalido, como por ejemplo Daimler que incorporó a partir de 2013 la conectividad en sus modelos como parte de su estrategia corporativa. Desde el 2016 varios fabricantes de vehículos ya incorporan sistemas electrónicos de asistencia en la conducción: sensores de reversa, asistentes de atención, sensores de distancia, detectores de cambio de carril y asistentes activos de ángulos muertos, entre otros.

En cuanto al uso de herramientas de IoT por otras compañías que participan en la cadena automotriz, se encuentra el sector asegurador, que al igual está aplicando tecnologías para reestructurar su modelo actual de negocio, y es que en sus esquemas actuariales hay factores externos y variables que hoy no son medibles y que pueden influir en la evaluación del riesgo; de modo que, contar con herramientas que permitan tener más detalle de estas variables es una nueva incursión para estas organizaciones.

El caso de uso de tecnologías telemáticas en modelos de seguros voluntarios para autos se encuentra esbozado en un artículo de revista científica en España para el año 2011<sup>5</sup>, donde se propone una aplicación para Smartphone con sistema Android con la que se realiza un monitoreo al vehículo mediante un dispositivo OBD2 para la detección automática de fallos, logrando generar alarmas de accidentes en menos de 3 segundos.

Con respecto al estudio de los datos registrados por accidentes de tránsito, se encontró un trabajo publicado en el año 2015 que realiza un análisis de accidentalidad de diferentes modos de transporte mediante el modelo de regresión de Poisson en diferentes zonas, encontrando que el análisis multivariable es comúnmente usado para predecir accidentes de tráfico.

En el caso de Latinoamérica y realizando revisión bibliográfica se encontraron algunos trabajos relacionados en 2010 en México, donde mediante tecnologías de IoT diseñaron un sistema de información que permite la geolocalización, monitoreo y rastreo para vehículos; en Colombia para el año 2013 se diseñó un sistema de información para seguimiento para vehículos de carga utilizando tecnología GNSS (Global Navigation Satellite System), el cual mostró mejora de un 35 % en los tiempos muertos de los vehículos de la flotilla al igual que una reducción de las llamadas al coordinador de tráfico entre otros.

El trabajo más reciente en Colombia se encuentra en 2017, es un sistema de alarma y monitoreo usando el protocolo de transmisión MQTT, cuyo objetivo principal radica en la presentación de una solución tecnológica que permita reducir los índices de hurtos a automóviles en la ciudad de Bogotá.

Sin embargo, el trabajo encontrado con mayor proximidad corresponde a un estudio presentado en el año 2011 para estimar los factores de riesgo más importantes encontrados en los accidentes donde estén involucradas motocicletas en Bogotá mediante el uso del modelo de regresión logística.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de estos y otros trabajos relacionados, consultados como parte de la revisión del estado del arte:

*Tabla 8. Trabajos recientes*

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Título</b>	<b>Tipo Documento</b>
<b>Daniel Ricardo Martín Niño</b>	2017	Colombia	Sistema de alarma y monitoreo móvil para automóviles implementando el protocolo de transmisión mqtt y mensajería instantánea. (NIÑO, 2017)	Tesis pregrado
<b>Huérfano Daza Jeison Armando, Velasco Pinzón Edgar David</b>	2017	Colombia	Sistema telemático para la integración de información vehicular (Huérfano Daza Jeison Armando, 2017)	Artículo Revista Científica

<sup>5</sup> Providing Accident Detection in Vehicular Networks Through OBD-II Devices and Android-based Smartphones (Jorge Zaldivar, 2011)

<b>Jeisson Armando Huérfano Daza Edgar David Velasco Pinzón</b>	2017	Colombia	Sistema telemático para la integración de información vehicular (Huérfano Daza Jeison Armando, 2017)	Tesis pregrado
<b>Rabi Ouallam Jamladi</b>	2016	España	Sistema de vigilancia y seguimiento de vehículos a través de internet (Jamladi, 2016)	Tesis pregrado
<b>Bermejo Torrent, Miguel</b>	2016	España	Plataformas telemáticas para servicios del transporte (Bermejo Torrent, 2016)	Tesis Maestría
<b>Jaeyoung Lee, Mohamed Abdel-Aty, Ximiao Jiang</b>	2015	Estados Unidos	Multivariate crash modeling for motor vehicle and non-motorized modes at the macroscopic level (Helai Huang, 2015)	Artículo Revista Científica
<b>Siniša Husnjaka, Dragan Perakovića, Ivan Forenbachera, Marijan Mumdzievb</b>	2015	Croacia	Telematics System in Usage Based Motor Insurance (Siniša Husnjaka, 2015)	Artículo Revista Científica
<b>Ivan Rodrigo Venegas Aguilera</b>	2013	Colombia	Uso de tecnología gnss para el seguimiento y control de las actividades de transporte terrestre de carga en Colombia (Venegas Aguilera, 2013)	Tesis Especialización
<b>Jorge Zaldivar, Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano, Pietro Manzoni</b>	2011	España	Providing Accident Detection in Vehicular Networks Through OBD-II Devices and Android-based Smartphones (Jorge Zaldivar, 2011)	Artículo Revista Científica
<b>Diana Patricia Guzmán Alonso</b>	2011	Colombia	Determinación de los factores de riesgo en accidentes donde están involucradas motocicletas en Bogotá (Guzmán Alonso, 2011)	Tesis pregrado
<b>Pachón, Álvaro; Nieto, Carlos Felipe; Velasco, María Lucía</b>	2010	Colombia	Modelos de comportamiento de las redes vehiculares en sus escenarios más representativos, utilizando simulación en la herramienta nctuns sistemas & telemática, vol. 8 (Pachón, Nieto, & Velasco, 2010)	Artículo Revista Científica
<b>Benjamín Blanco Rivera Jennyfer Romero Fortozo</b>	2010	México	Geolocalización, monitoreo y rastreo de vehículos y usuarios móviles (Rivera Blanco & Romero Fortozo, 2010)	Tesis pregrado
<b>Osé Santa, Antonio F. G. Skarmeta, Benito Úbeda</b>	2007	España	Plataforma para el desarrollo de servicios en el ámbito de la telemática de a bordo en vehículos (José Santa, 2007)	Artículo Revista Científica
<b>Liliana Miranda Marín, Wilder Eduardo Castellanos</b>	2006	Colombia	Aplicación telemática para controlar el ingreso y salida de personal militar y visitante de la segunda división del ejército (Marín & Castellanos, 2006)	Artículo Revista Científica

<b>Suarez Florez, Mercedes</b>	2001	Colombia	Los sistemas inteligentes de transporte its (Suarez Florez, 2001)	Artículo Revista Científica
<b>Gabriel Pérez</b>	2001	Chile	Telemática: un nuevo escenario para el transporte automotor (Pérez, 2001)	Artículo Revista Científica

*Fuente:* Elaboración propia

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Estructurar un modelo de negocio mediante una propuesta de internet de las cosas en la asistencia a la conducción vehicular para la prevención de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá.

### **4.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar e identificar las variables con mayor impacto en los accidentes de tránsito vehicular con base en los registros de la secretaria de movilidad de Bogotá.
2. Proponer una solución IoT que brinde asistencia a los conductores de vehículos automotores, teniendo en cuenta las variables de accidentalidad identificadas en el objetivo anterior.
3. Proyectar un modelo de negocio que permita evaluar económicamente la solución IoT propuesta.

## 5 METODOLOGÍA

La metodología general para el desarrollo del trabajo se presenta en la siguiente estructura de descomposición de trabajo:

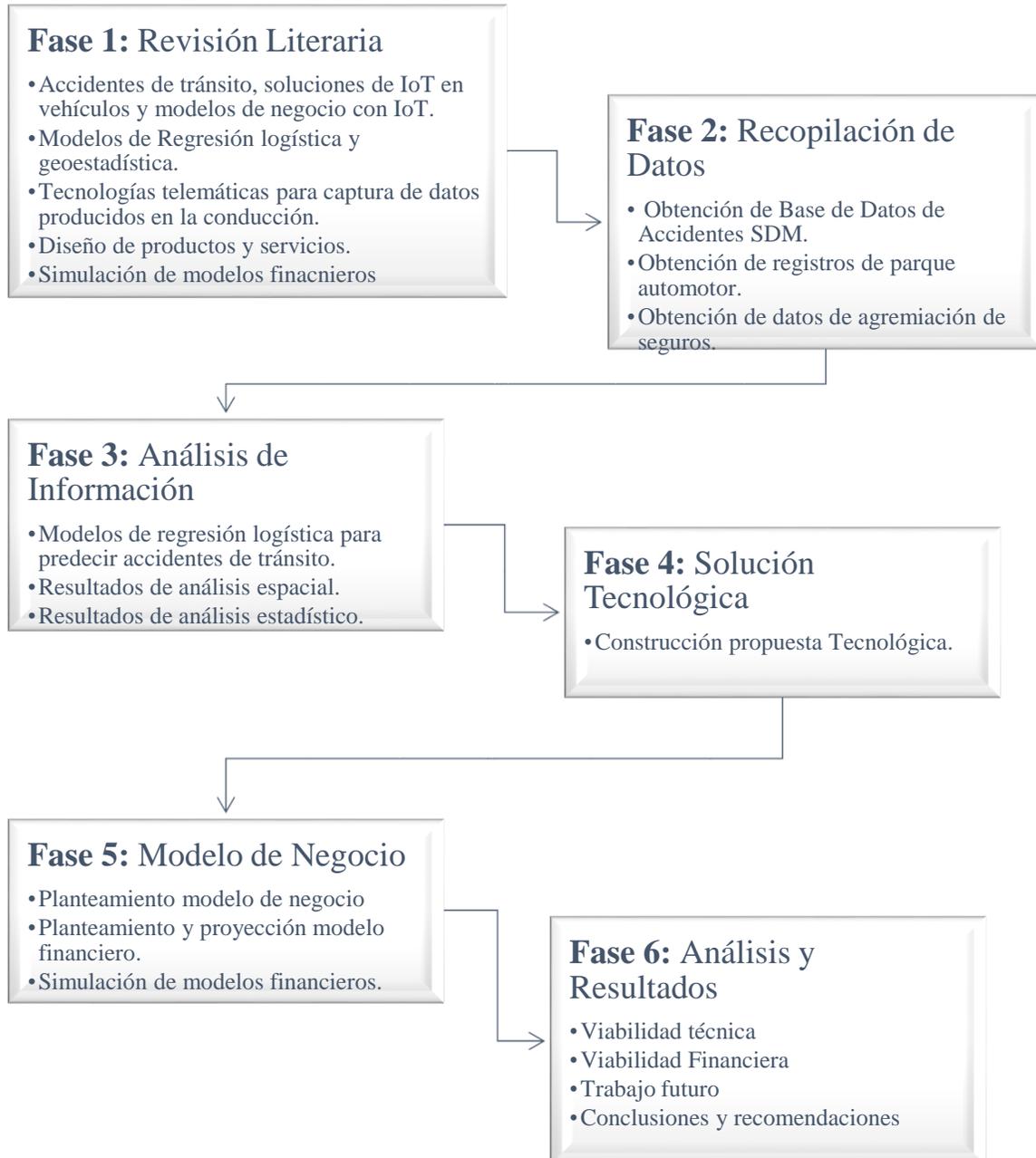


Figura 12. Proceso metodológico – Fuente: Elaboración propia

## 5.1 Uso de herramientas por objetivo

<p><b>Objetivo 1:</b> Caracterizar e identificar las variables con mayor impacto en los accidentes de tránsito vehicular con base en los registros de la secretaria de movilidad de Bogotá.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis descriptivo Univariante</li><li>• Pareto</li><li>• Análisis multivariante a través de Regresión Logística</li><li>• Geostatística</li></ul>
<p><b>Objetivo 2:</b> Proponer una solución IoT que brinde asistencia a los conductores de vehículos automotores, teniendo en cuenta las variables de accidentalidad identificadas en el objetivo anterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Proceso de Innovación y diseño a través de HCD</li><li>• Herramientas convergentes - Matriz de Pugh</li></ul>
<p><b>Objetivo 3:</b> Proyectar un modelo de negocio que permita evaluar económicamente la solución IoT propuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modelo de negocio de Osterwalder</li><li>• Simulación de modelos financieros a través de Real Options y Simulación Montecarlo</li></ul>

Figura 13. Objetivos y herramientas utilizadas — Fuente: Elaboración propia

## **6 DESARROLLO Y RESULTADOS**

### **6.1 Desarrollo Objetivo 1**

Este trabajo inicia con un análisis descriptivo de los registros de accidentes de Bogotá para identificar las variables exógenas que se relacionan con la gravedad de los eventos (accidentes con muertos, heridos, ilesos o pérdidas por daños), construyendo un modelo estadístico a través de la técnica de regresión logística, con la que se evaluarán las hipótesis del impacto de las variables en la gravedad del siniestro. Con los accidentes georreferenciados se realizará un análisis espacial para determinar el nivel de riesgo de los accidentes en términos de muertos y heridos.

#### **6.1.1 Fuente de información**

Para la elaboración de este trabajo se tomó como fuente de información los registros de los accidentes de tránsito ocurridos del año 2012 al año 2016, los cuales fueron suministrados con fines netamente académicos por la secretaria distrital de movilidad de la ciudad de Bogotá (SDM).

La secretaria distrital de movilidad es el ente que ejerce funciones de autoridad de tránsito y transporte en Bogotá y allí se concentran los registros de los accidentes de tránsito capturados en su fuente primaria por personal de la policía de tránsito y transporte de la ciudad a través del IPAT.

#### **6.1.2 Tratamiento de los datos**

La base de datos de la SDM se encontraba organizada en 5 archivos de hojas de cálculo, uno por cada año de información. Cada archivo contaba con una hoja correspondiente a los registros de accidentes y otra con los datos asociados a los conductores involucrados en cada evento.

Los registros se unificaron con la relación de accidentes y conductores de todos los años (2012 – 2016), obteniendo un total de 488.665 registros, discriminados en 169.868 datos generales del accidente y 318.797 registros de conductores. Del total de datos se han retirado 50.456 registros, por tratarse de información de otro tipo de vehículos no incluidos en el alcance de esta investigación, 23.030 correspondían a información de accidentes y 27.426 a información general de conductores.

La muestra objeto de análisis, quedó conformada por un total de 438.209 registros, 146.838 datos referentes a información general de cada accidente y 291.371 datos de conductores.

Con el fin de identificar y caracterizar mejor el comportamiento de cada una de las variables, el análisis fue realizado de manera independiente para los registros de accidentes donde se vieron involucradas MOTOS y para los registros de accidentes donde se vieron involucrados solo VEHÍCULOS.

### 6.1.3 Descripción de las variables

Una vez clasificada la información se realizó el análisis descriptivo de las siguientes variables: fecha, ubicación, modelo del vehículo, clase del vehículo, servicio del vehículo, estado del tiempo, causa probable del accidente, gravedad del accidente, edad del conductor y sexo. En la siguiente tabla se observa un resumen de las variables y el número de registros válidos en cada una de ellas:

*Tabla 9. Resumen variables*

Nombre Variable	No. Registros Vehículos	No. Registros Motos	Descripción
<b>Accidente</b>	108.233	38.605	Corresponde al identificador del accidente, es un número único para cada registro.
<b>Fecha</b>	108.233	38.605	Identifica la fecha en la cual ocurrió el accidente de tránsito.
<b>Gravedad Nombre</b>	108.233	38.605	Corresponde a la gravedad del accidente de acuerdo con tres categorías: solo daños, con heridos o muertos, siendo el accidente de solo daños el de menor gravedad y con muertos el de mayor gravedad.
<b>Dirección</b>	108.233	38.605	Corresponde a la dirección nominal donde ocurrió el accidente de tránsito.
<b>Latitud</b>	93.413	38.573	Este es un dato obtenido luego de procesar la información contenida en el campo dirección e indica una posición geográfica en sentido norte o sur con respecto al paralelo cero o Ecuador
<b>Longitud</b>	93.413	38.573	Este es un dato obtenido luego de procesar la información contenida en el campo dirección e indica una posición geográfica en sentido Este u Oeste con respecto al meridiano cero o meridiano de Greenwich
<b>Localidad</b>	86.528	31.421	Indica la ubicación de acuerdo con la división política de la ciudad de Bogotá, actualmente cuenta con 20 localidades.
<b>Hora Ocurrencia</b>	108.233	38.605	Corresponde a la hora del día en la cual ocurrió el accidente de tránsito.

<b>Tipo Tiempo</b>	108.233	33.024	Hace referencia al estado del clima al momento de ocurrir el accidente teniendo en cuenta 4 estados: normal, lluvia, niebla y viento.
<b>Causa I Descripción</b>	39.557	14.560	Descripción breve de la hipótesis de causa del accidente desde el punto de vista del conductor (uno) involucrado en el accidente.
<b>Causa II Descripción</b>	45.740	12.653	Descripción breve de la hipótesis de causa del accidente desde el punto de vista del conductor (dos) involucrado en el accidente.
<b>Edad</b>	247.873	40.366	Corresponde a la edad de cada uno de los conductores involucrados en el accidente de tránsito.
<b>Grupo Etario</b>	247.873	40.366	Variable construida para agrupar por rango la edad de los conductores involucrados en accidentes de tránsito, distribuyéndolos en 6 grupos: Adolescente, Adulto Joven, Adulto medio, Adultez 1, Adultez 2 y Adulto mayor.
<b>Sexo</b>	247.325	40.319	Es una variable binaria que indica el sexo femenino o masculino del conductor de cada vehículo involucrado en el accidente de tránsito
<b>Antigüedad Vehículo</b>	200.777	33.057	Es una variable de elaboración propia construida restando del modelo del vehículo, el año calendario en el cual ocurrió el accidente de tránsito.
<b>Grupo Antigüedad</b>	200.777	33.057	Es una variable de elaboración propia que agrupa en rangos los años de antigüedad de cada vehículo.
<b>Clase Vehículo</b>	250.765	40.606	Corresponde a la clasificación del vehículo de acuerdo con sus características, se tomaron 6 tipos: Automóvil, Camioneta, Bus, camión o furgón, campero y microbús
<b>Servicio Vehículo</b>	250.744	40.606	Corresponde a la clasificación del vehículo de acuerdo con el servicio que presta, si es público o particular.

*Fuente:* Elaboración propia

#### **6.1.4 Análisis descriptivo**

Tomando como referencia los registros y variables mencionados en la tabla anterior (accidentes de tránsito donde se vieron involucrados vehículos tipo - automóvil, camioneta, bus, camión o furgón, campero, microbús - y motocicletas); se realizó un análisis descriptivo obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

##### **6.1.4.1 Descripción número de accidentes**

Para el periodo en estudio comprendido entre los años 2012 al año 2016 se obtuvo un total de 146.838 registros de accidentes de tránsito, de los cuales el 26% de estos involucraron motos y el 77 % restante vehículos.

De forma general el número de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá muestra un aumento especial del año 2015 al 2016 y este fenómeno es similar en eventos donde se ven involucrados tanto motos como vehículos.

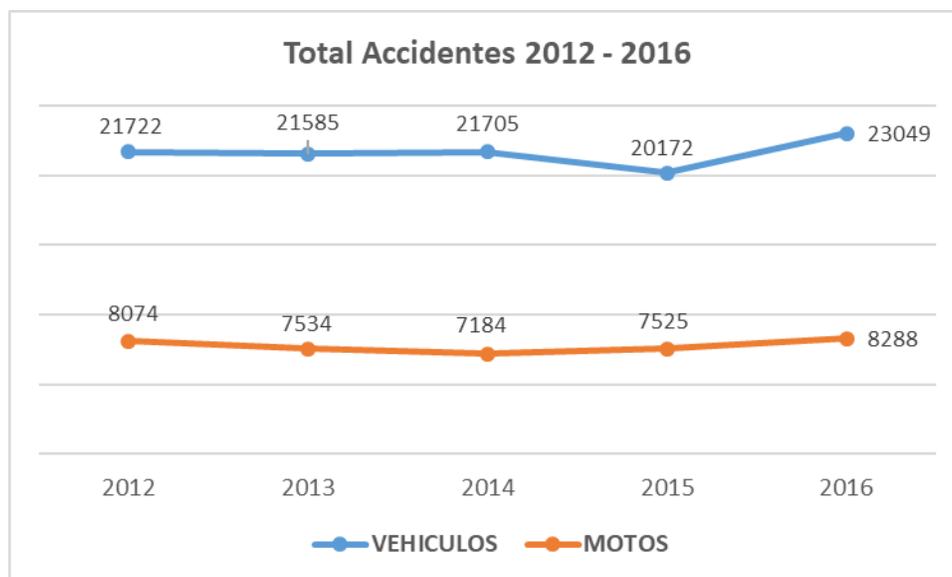


Figura 14. Total accidentes 2012 – 2016

#### 6.1.4.2 Descripción por gravedad de accidentes

Respecto a la gravedad de los accidentes de tránsito, la variable fue analizada según el impacto generado: daños, heridos o muertos.

De acuerdo con el periodo de estudio, los accidentes de vehículos en su mayoría fueron accidentes leves que solo representaron daños, luego se ubicaron los accidentes con heridos y por último con una participación menor o igual al 1 % se ubicaron los accidentes donde resultaron personas fallecidas.

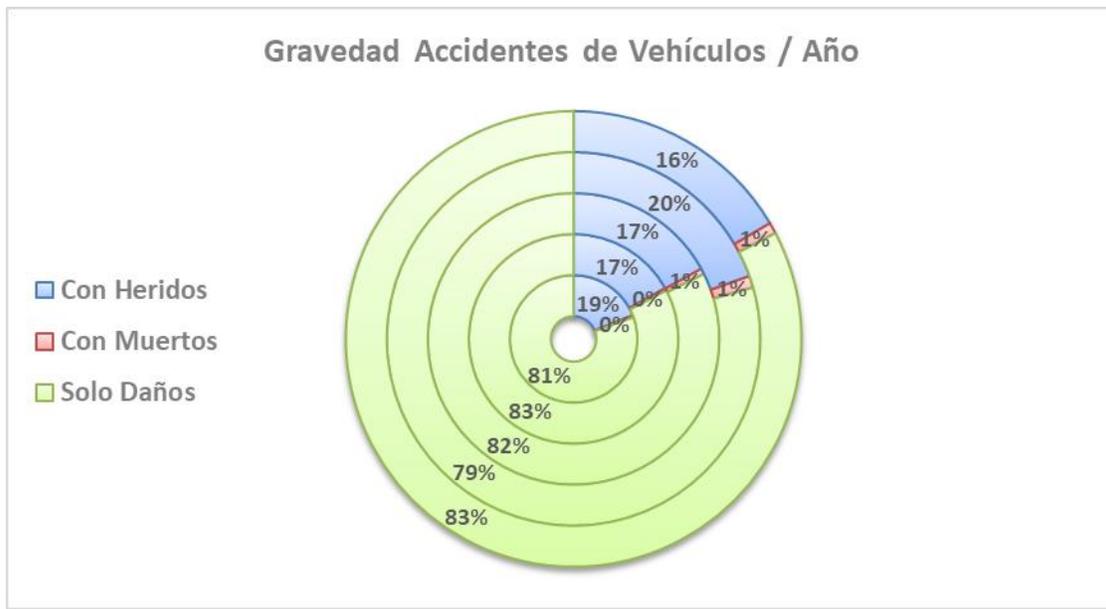


Figura 15. Gravedad accidentes de vehículos por Año

Un comportamiento diferente se evidencia en los accidentes de motos, donde en su mayoría son accidentes que dejaron personas heridas y presentan una mayor proporción de muertes con respecto a los accidentes de vehículos.

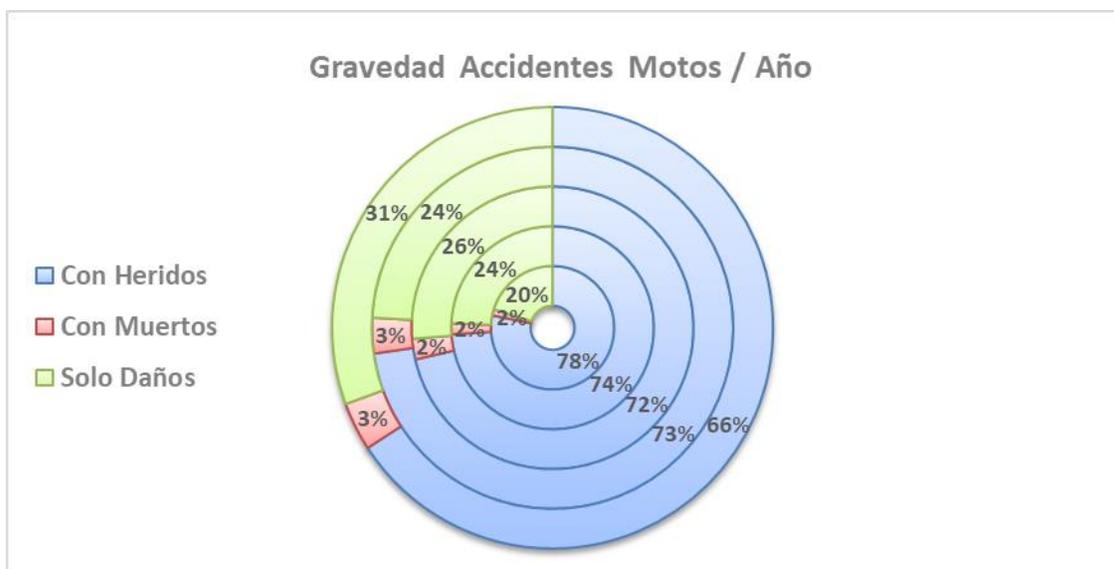


Figura 16. Gravedad accidentes de motos por Año

### 6.1.4.3 Descripción de causa probable de accidente

Dentro de la base de datos algunos registros contaban con una causa probable del accidente, sin embargo, el 55 % de campos en los registros de accidentes de vehículos y el 68 % en los registros de accidentes de motos no tenían información.

El análisis de causas probables se efectuó con una muestra de 112.510 registros y un Pareto 90/10 de acuerdo con frecuencia e impacto. El impacto es determinado por la variable gravedad del accidente (daños, heridos y muertos).

Para ilustrar este comportamiento se tomará como referencia la siguiente tabla de abreviaciones que identifican la causa probable del accidente:

*Tabla 10. Abreviaciones Hipótesis de Causas*

<b>Hipótesis de Causa</b>	<b>Siglas</b>
ADELANTAR CERRANDO	ADE_CER
ADELANTAR INVADIENDO VIA	AD_I_VI
ADELANTAR POR LA DERECHA	AD_P_DE
ARRANCAR SIN PRECAUCION	AR_S_PR
CAMBIO DE CARRIL SIN INDICACIÓN	CA_C_SI
DESOBEDECER SEÑALES	DES_SEÑ
EMBRIAGUEZ O DROGA	EM_O_DR
EXCESO DE VELOCIDAD	EX_D_VE
FRENAR BRUSCAMENTE	FRE_BRU
GIRAR BRUSCAMENTE	GIR_BRU
HUECOS	HUECOS
IMPERICIA EN EL MANEJO	IM_E_MA
NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD	NO_M_DI
NO RESPETAR PRELACIÓN	NO_R_PR
PONER EN MARCHA UN VEHÍCULO SIN PRECAUCIONES	PM_V_SP
REVERSO IMPRUDENTE	REV_IMP
SEMÁFORO EN ROJO	SEM_ROJ
TRANSITAR CON LAS PUERTAS ABIERTAS	TR_C_PA
TRANSITAR DISTANTE DE LA ACERA U ORILLA DE LA CALZ	TR_D_AC
TRANSITAR EN CONTRAVIA	TRA_CON
TRANSITAR ENTRE VEHÍCULOS	TR_E_VE
TRANSITAR POR VIAS PROHIBIDAS	TR_V_PR
TRANSPORTAR OTRAS PERSONAS O COSAS	T_O_POC

*Fuente:* Elaboración propia

### ***Principales causas de accidentalidad de acuerdo con la frecuencia***

De acuerdo con la frecuencia las causas más comunes de accidentes en vehículos fueron no mantener la distancia de seguridad, adelantar cerrando y desobedecer las señales.

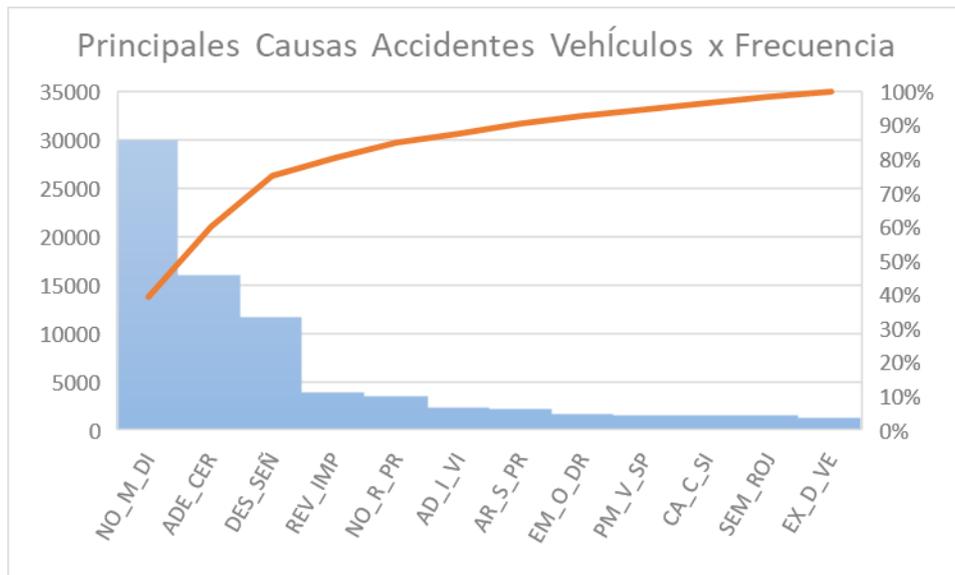


Figura 17. Pareto principales causas accidentes vehículos por frecuencia

En el caso de los accidentes de motos varía el resultado, las principales causas fueron desobedecer señales, seguido de no mantener la distancia de seguridad y adelantar cerrando.

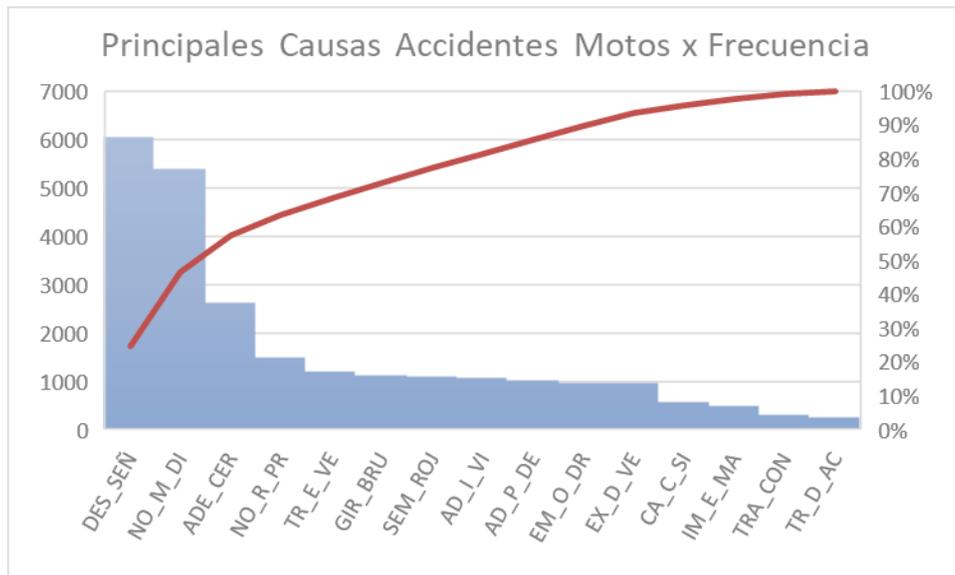


Figura 18. Pareto principales causas accidentes motos por frecuencia

**Principales causas de accidentalidad con gravedad solo daños**

De acuerdo con la gravedad del accidente las principales causas con solo daños en vehículos fueron no mantener la distancia de seguridad, seguido de adelantar cerrando y desobedecer las señales de tránsito.

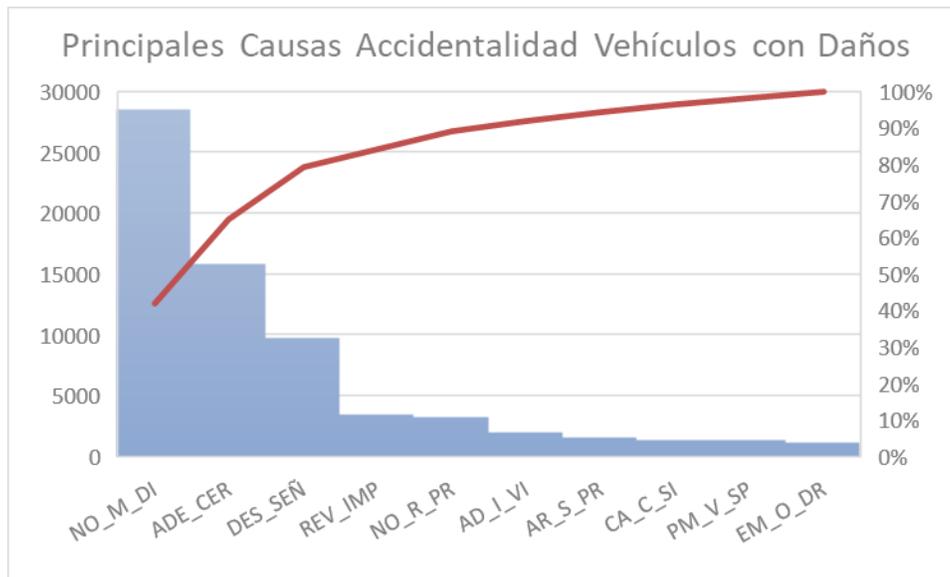


Figura 19. Pareto principales causas accidentalidad vehículos con solo daños

En el caso de los accidentes de motos las principales 3 causas de accidentes con solo daños coinciden con las 3 principales causas de los accidentes de vehículos, pero con un orden diferente, no mantener la distancia de seguridad, seguida de desobedecer las señales de tránsito y adelantar cerrando.

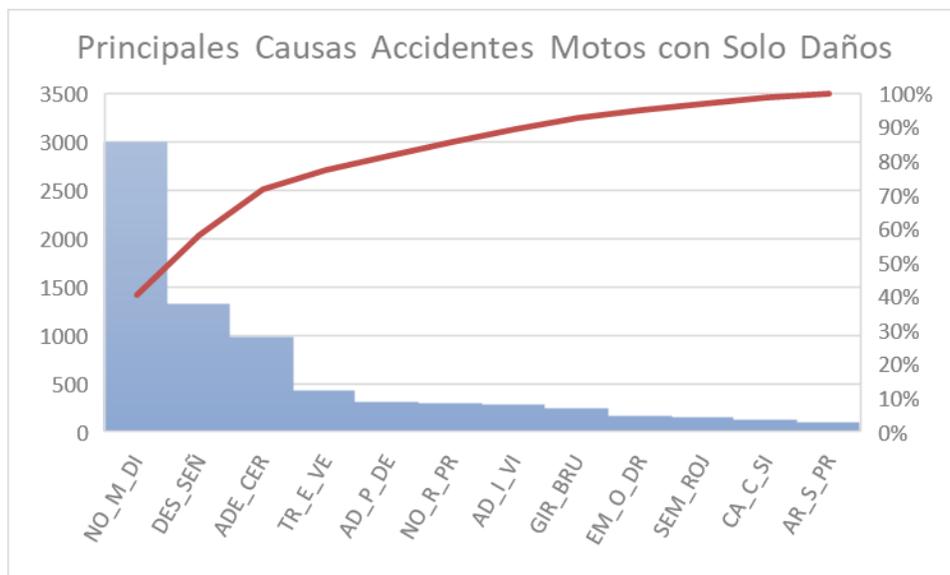


Figura 20. Pareto principales causas accidentalidad motos con solo daños

### **Principales causas de accidentalidad gravedad con heridos**

En los accidentes de vehículos con heridos las principales causas asociadas fueron desobedecer las señales de tránsito, seguida de no mantener la distancia de seguridad y frenar bruscamente.

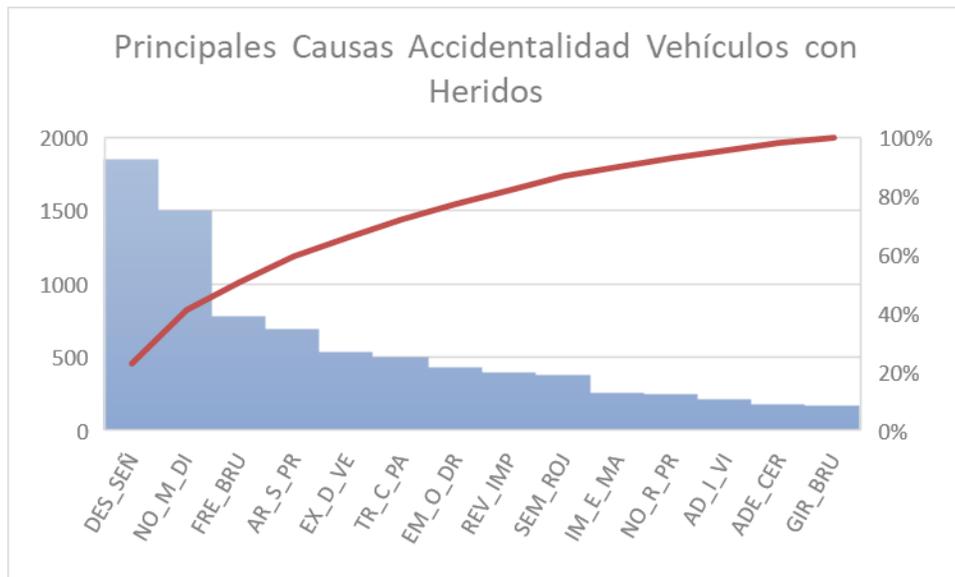


Figura 21. Pareto ppincipales causas accidentalidad vehículos con heridos

Las principales causas de accidentes de motos donde se presentaron personas heridas fueron desobedecer las señales de tránsito, no mantener la distancia de seguridad y adelantar cerrando.

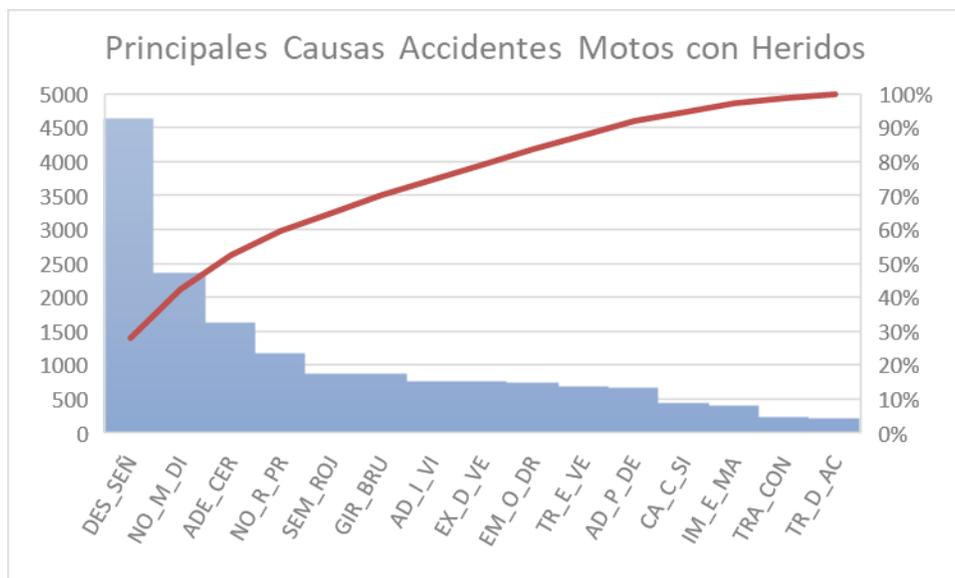


Figura 22. Pareto ppincipales causas accidentalidad motos con heridos

**Principales causas de accidentalidad gravedad con muertos**

Las principales causas de accidentes de vehículos con personas muertas fueron el exceso de velocidad, desobedecer las señales de tránsito y conducir en estado de embriaguez o droga.

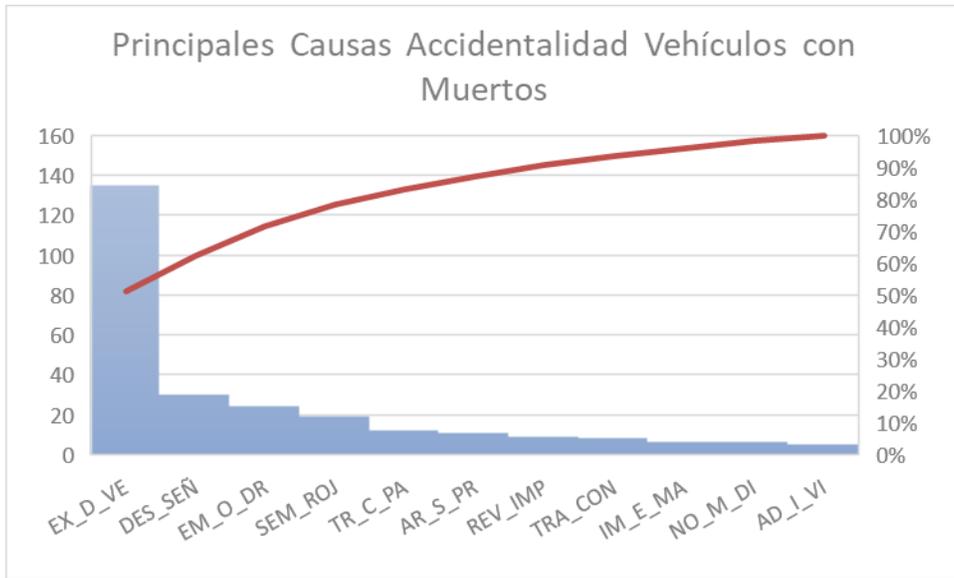


Figura 23. Pareto principales causas accidentalidad vehículos con muertos

En los accidentes de motos donde se presentan muertes, las principales causas fueron el exceso de velocidad, el desobedecer las señales de tránsito y transitar entre vehículos.

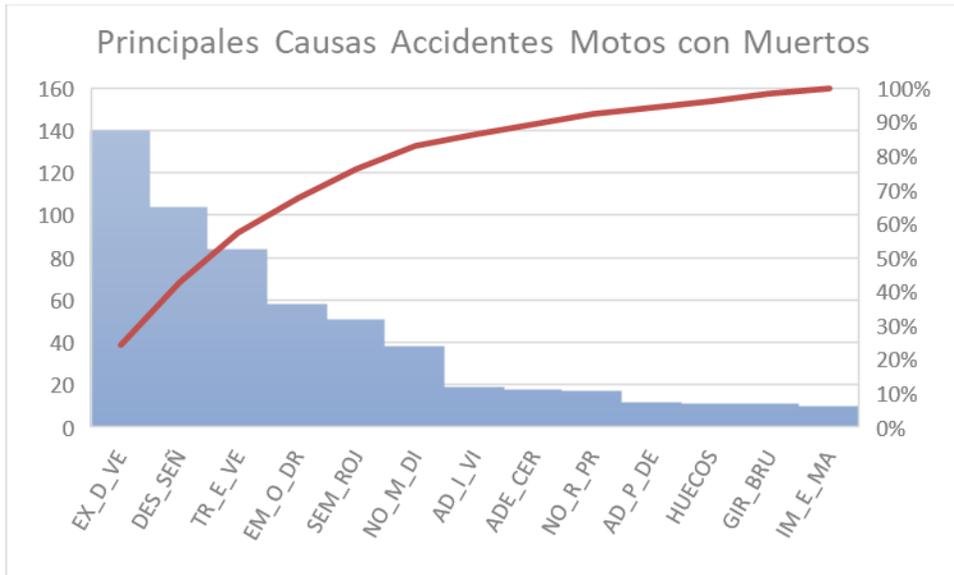


Figura 24. Pareto principales causas accidentalidad motos con muertos

#### 6.1.4.4 Descripción de la variable clase de vehículo

El 90% de los registros de accidentes están compuestos por vehículos de tipo automóvil, camioneta, bus, camión, campero y microbús, siendo el automóvil el más relevante:

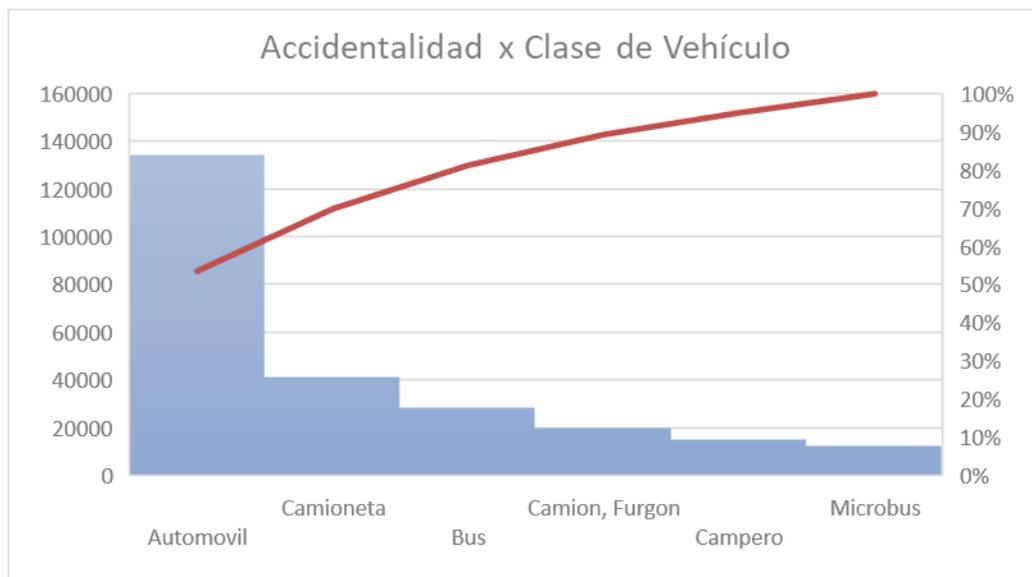


Figura 25. Pareto accidentalidad por clase de vehículo

#### 6.1.4.5 Descripción de la variable edad

Dentro del análisis de la variable edad, solo se tuvieron en cuenta los registros de accidentes de vehículos y motos con edades entre 14 y 84 años, pues registros con edades diferentes podrían representar errores en la captura o digitación de la información.

Para la presentación de los datos de la variable edad y tomando como referencia la distribución de grupos etarios de la OMS se realizó la agrupación de datos de acuerdo con los siguientes rangos de edad:

Tabla 11. Grupos Etarios

No.	Nombre del Grupo	Rango de Edad (En Años)
1	Adolescente	(14-19)
2	Adulto Joven	(20-30)
3	Adulto Medio	(31-40)
4	Adulthood 1	(41-50)
5	Adulthood 2	(51-65)
6	Adulto Mayor	Más de 65

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de la variable edad en vehículos

De acuerdo con el grupo etario, más de la mitad de los accidentes involucró a personas de los grupos adulto joven y adulto medio.

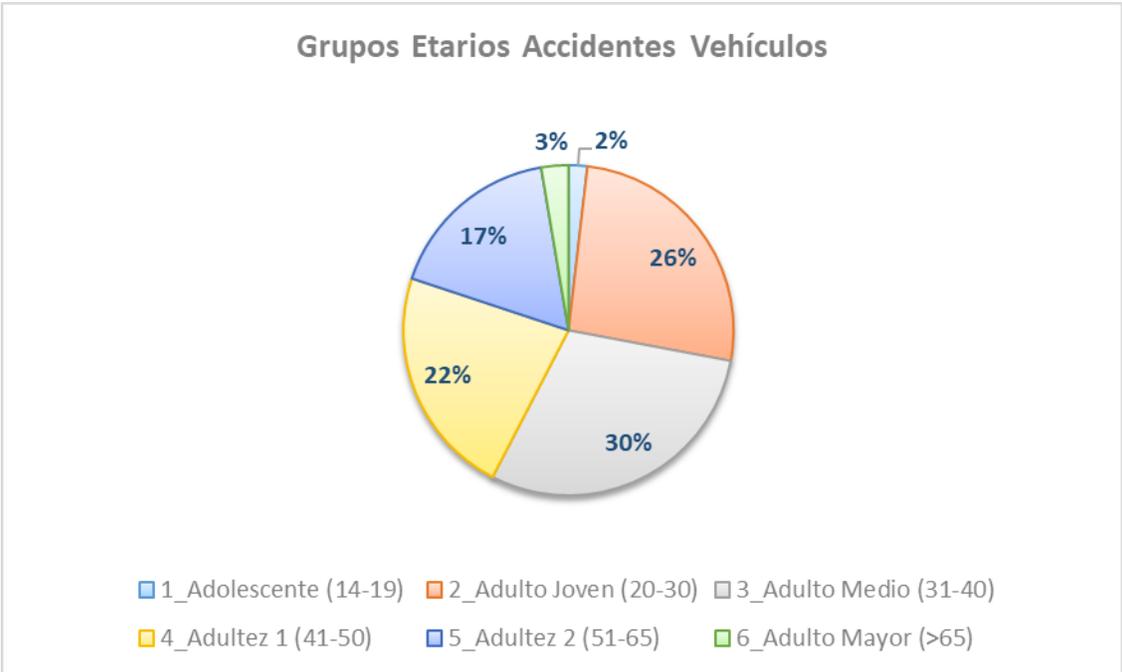


Figura 26. Distribución accidentalidad vehículos de acuerdo con grupo etario

Con una muestra de 247.873 registros, más de la mitad de los accidentes de vehículos involucraron personas entre los 20 y 40 años siendo los 33 años la edad de mayor frecuencia en accidentes de vehículos.

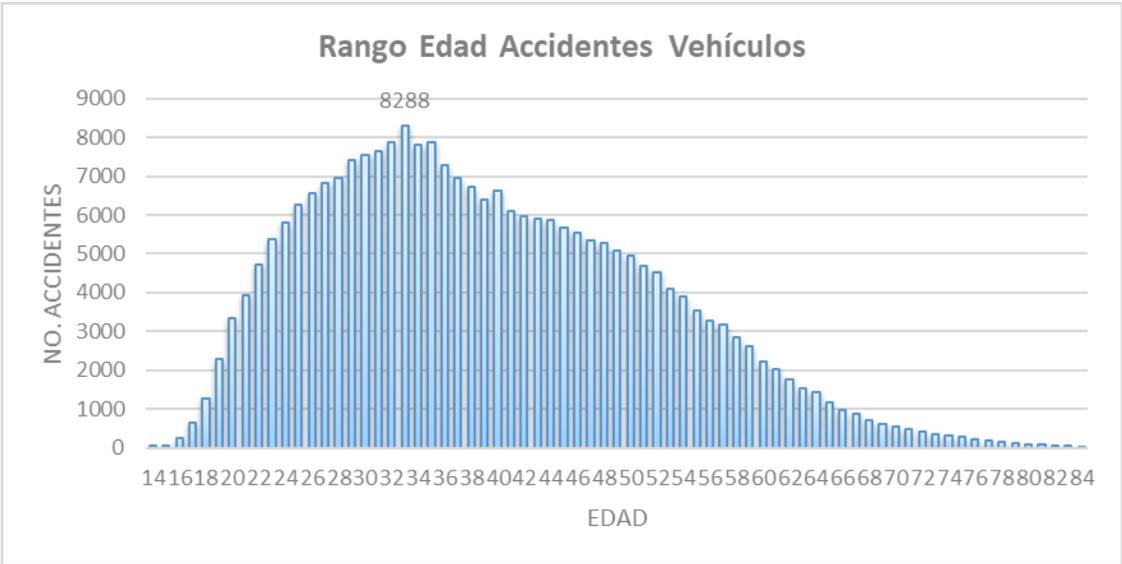


Figura 27. Frecuencia edad personas en accidentes de vehículos

**Descripción de la variable edad en motos**

En el caso de los accidentes de motos la mayor frecuencia de accidentes se vieron involucrados adultos jóvenes con el 58 %, seguido de los adultos medio con el 25 %.

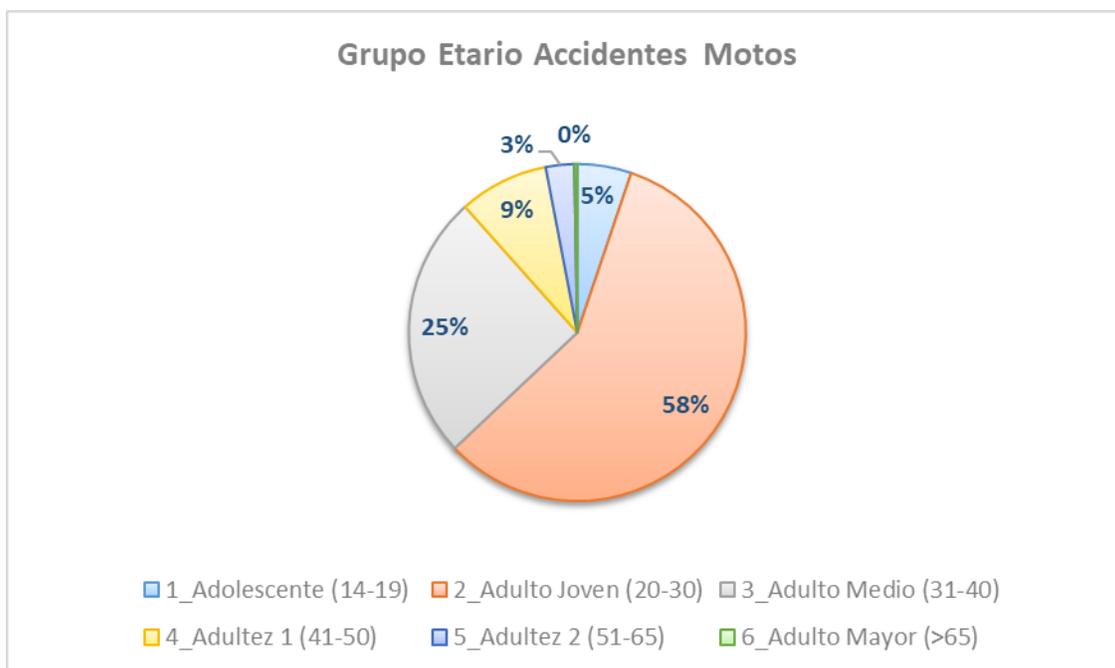


Figura 28. Distribución accidentalidad motos de acuerdo con grupo etario

Con una muestra de 40.366 registros, Los accidentes de motos involucraron personas entre los 20 y 40 años, siendo la edad de 23 años la de mayor frecuencia.

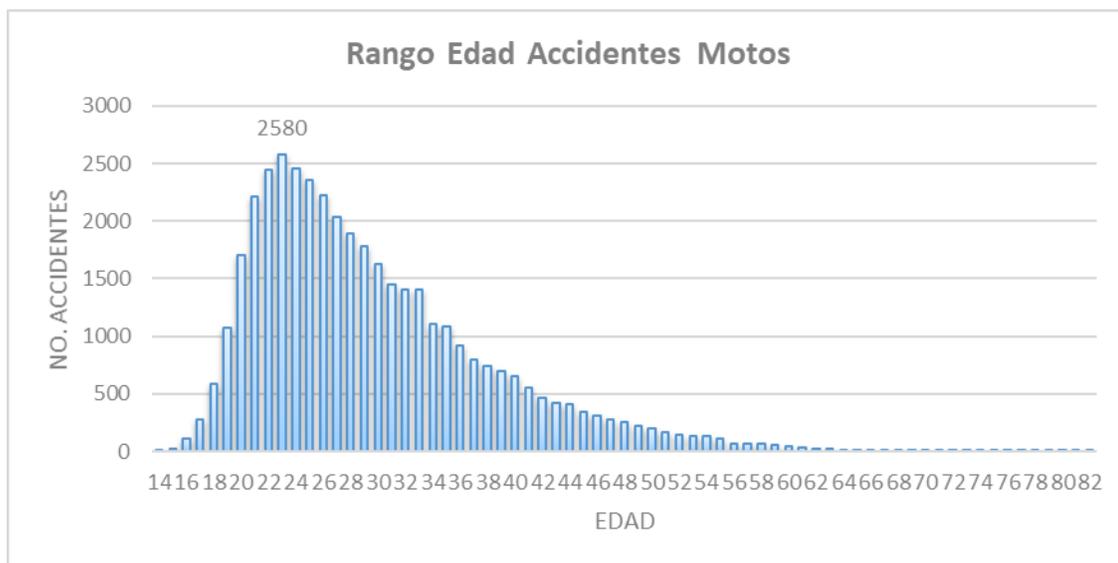


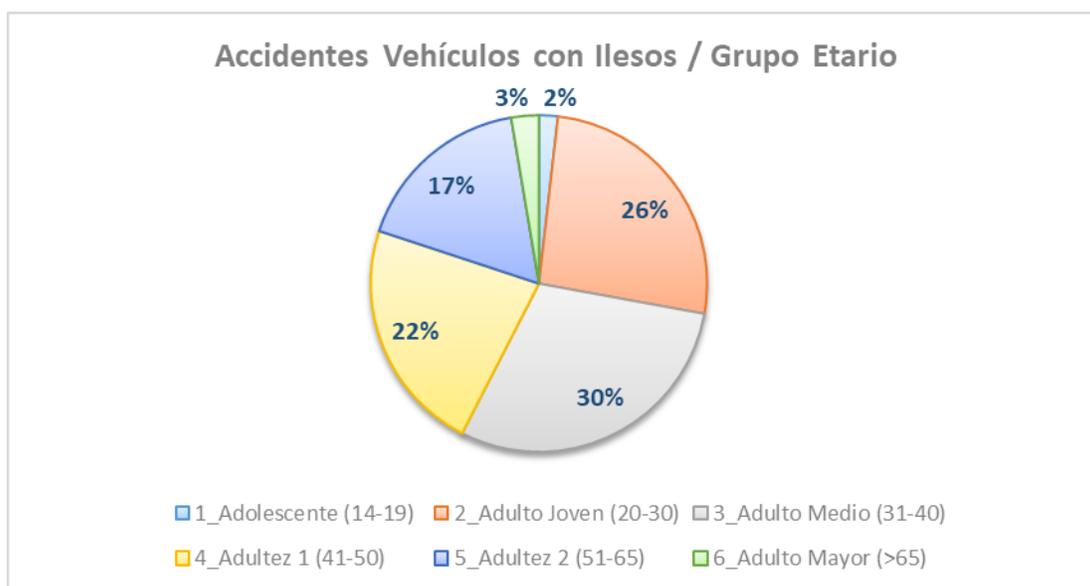
Figura 29. Frecuencia de edad personas accidentes de motos

**Descripción variable edad versus gravedad en vehículos**

Para efectos del análisis de esta variable las personas catalogadas como heridos hospitalizados y heridos valorados fueron unificados bajo la categoría denominada como heridos.

### ***Variable edad versus gravedad - Ilesos***

La relación de grupo etario de las personas involucradas en accidentes de vehículos con respecto a la gravedad “ilesos” indica que los grupos de adulto medio y adulto joven es donde se presentaron más de la mitad de los accidentes con personas ilesas.



*Figura 30. Distribución accidentes con ilesos en vehículos de acuerdo con grupo etario*

Con una muestra de 243.634 registros, el rango de edad de los 20 a los 40 años, es donde mayormente se presentaron accidentes de vehículos con personas ilesas, siendo la edad de 33 años la de mayor frecuencia.

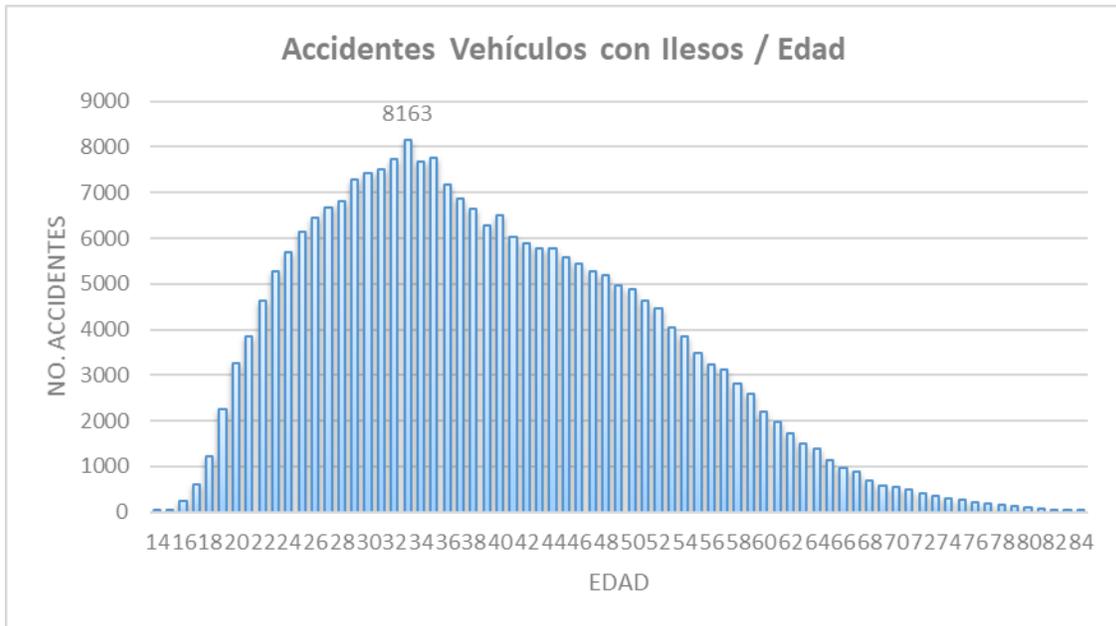


Figura 31. Frecuencia edad accidentes de vehículos con ilesos

**Variable edad versus gravedad - Heridos**

En cuanto a heridos se refiere en accidentes de vehículos estos principalmente se presentaron en adultos jóvenes seguidos de adultos medios.

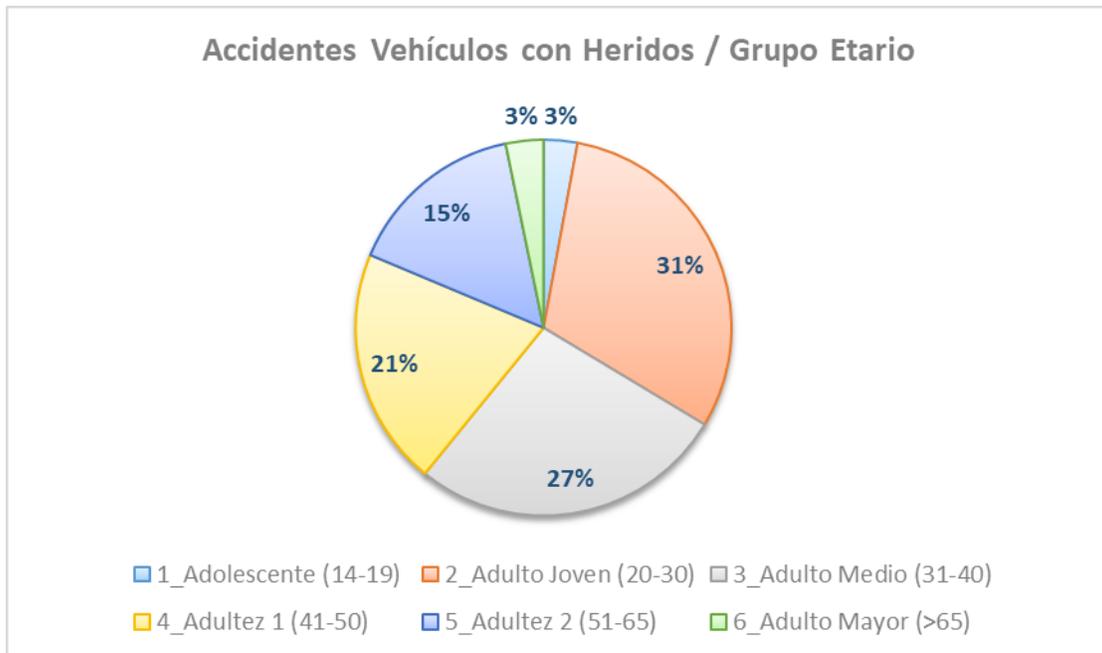


Figura 32. Distribución accidentes con heridos en vehículos de acuerdo con grupo etario

De los 4.132 registros de accidentes de vehículos con personas heridas, el 56 % de estos correspondían a personas entre los 20 y 40 años, siendo la edad de 27 años la de mayor frecuencia.

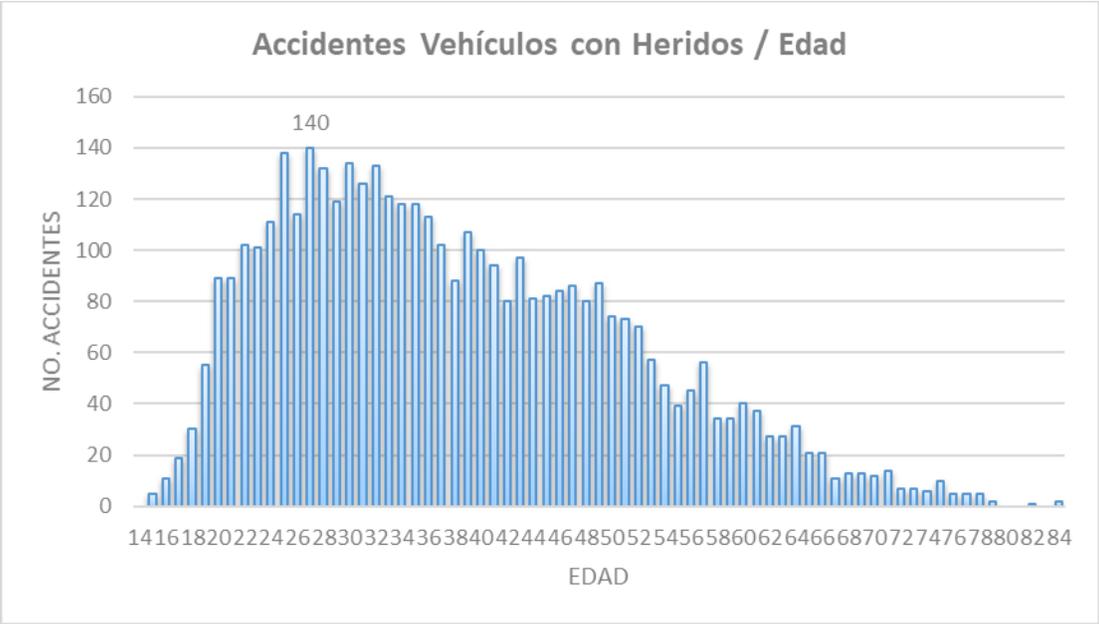


Figura 33. Frecuencia accidentes vehículos con heridos por edad

**Variable edad versus gravedad - Muertos**

El grupo de adulto medio, seguido del grupo de adulto joven es donde se presentaron más de la mitad de las muertes en accidentes de vehículos.

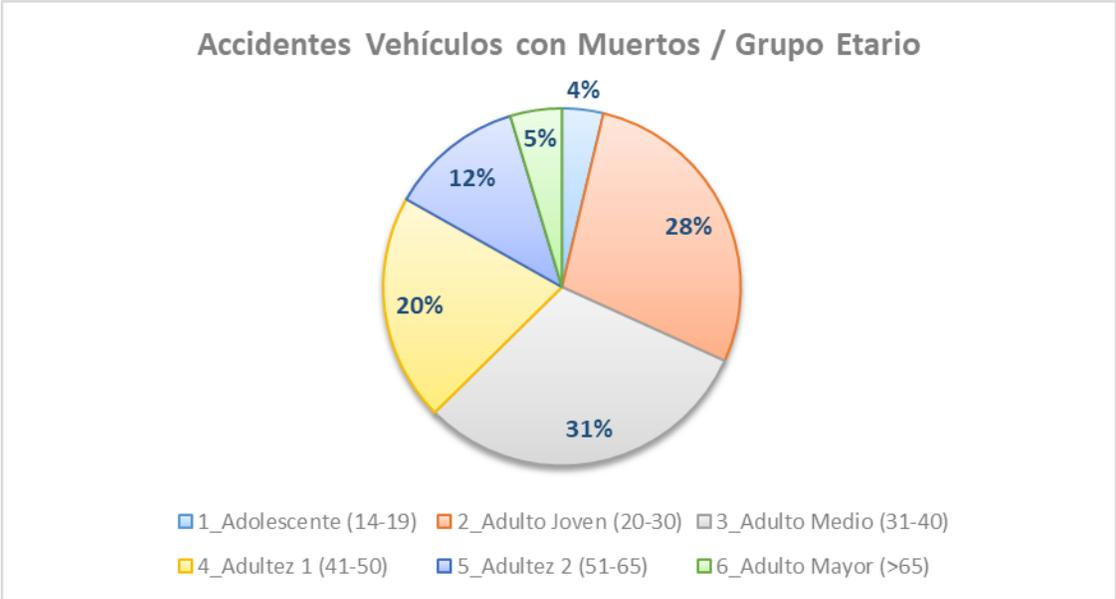


Figura 34. Distribución accidentes con muertos en vehículos de acuerdo con grupo etario

De los 107 registros de accidentes de vehículos en donde se presentaron muertes se observa una variación en las edades donde estos se presentan, sin embargo, se evidencia una mayor frecuencia de accidentes con muertes en la edad de 37 años.

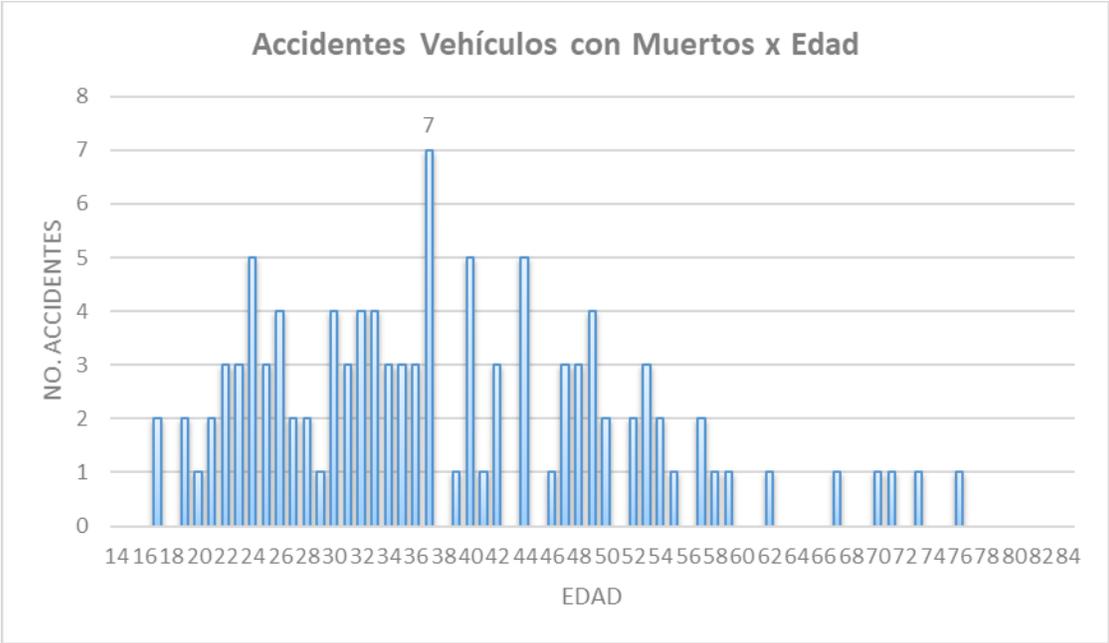


Figura 35. Frecuencia accidentes vehículos con muertos por edad

**Descripción variable edad versus gravedad en motos**

**Variable edad versus gravedad - Ilesos**

En los accidentes de motos más de la mitad de los accidentes donde resultaron personas ilesas hacen parte al grupo de adultos jóvenes.

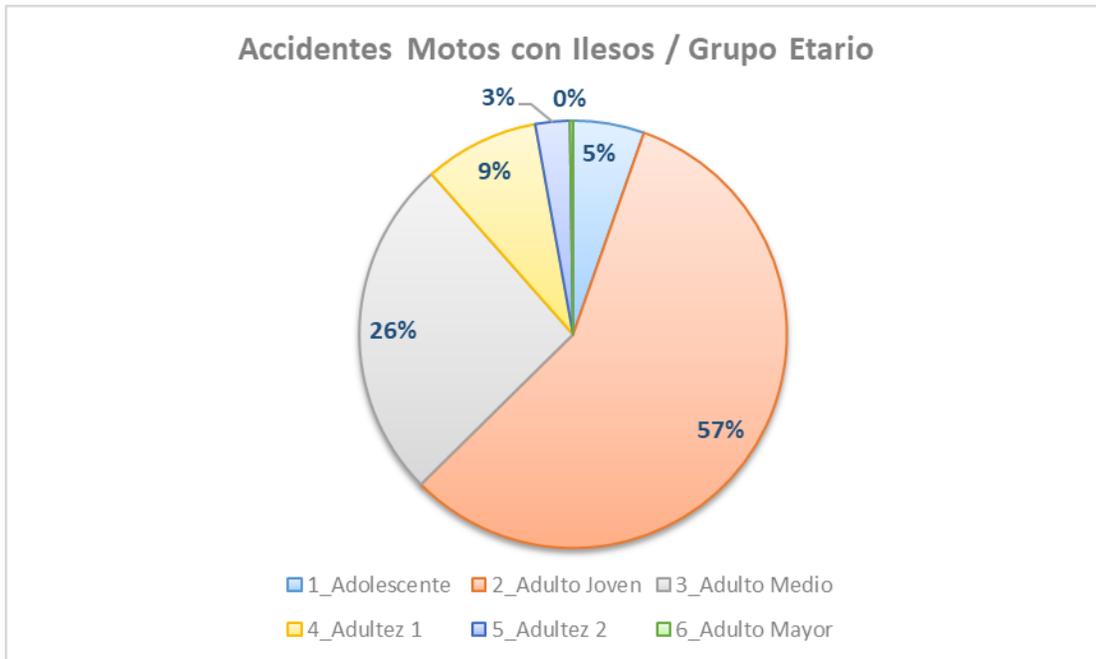


Figura 36. Frecuencia accidentes motos con ilesos por grupo etario

En una muestra de 21.235 registros, el grupo entre los 20 y 30 años presentó mayor frecuencia de accidentes de motos con personas ilesas, siendo la edad de 23 la de mayor relevancia.

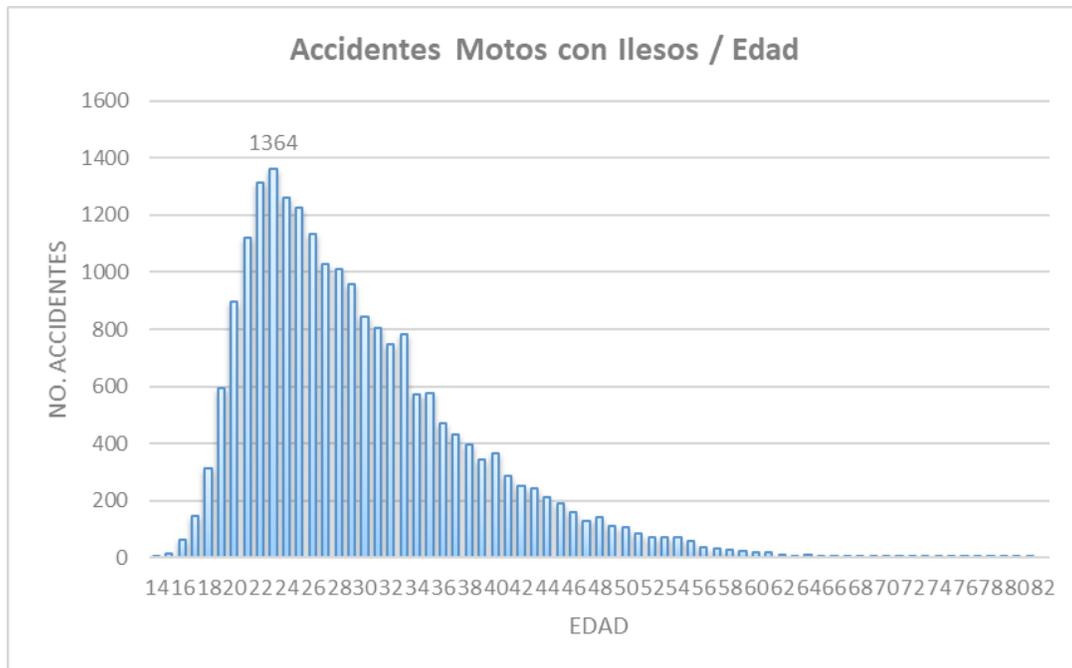


Figura 37. Frecuencia accidentes motos con ilesos por edad

**Variable edad versus gravedad - Heridos**

En accidentes de motos la mayoría de los eventos con personas heridas se presentó en adultos jóvenes.

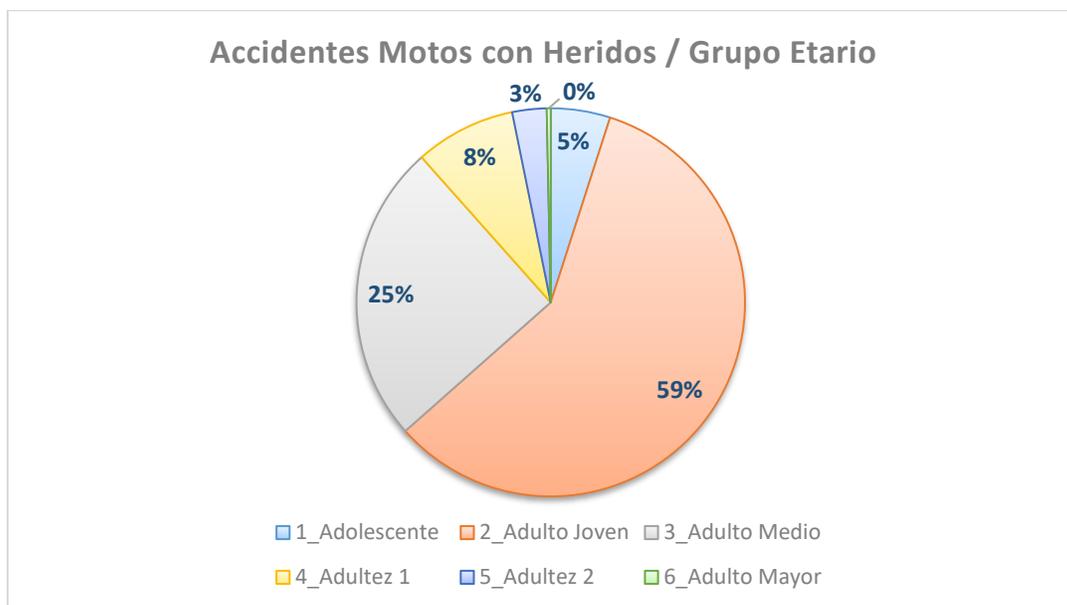


Figura 38. Distribución accidentes motos con heridos por grupo etario

En una muestra analizada de 18.496 registros, al igual que los ilesos, la mayoría de los accidentes de motos con personas heridas se presentó entre el grupo de edad de los 20 y 30 años, siendo la edad de 23 años la de mayor frecuencia.

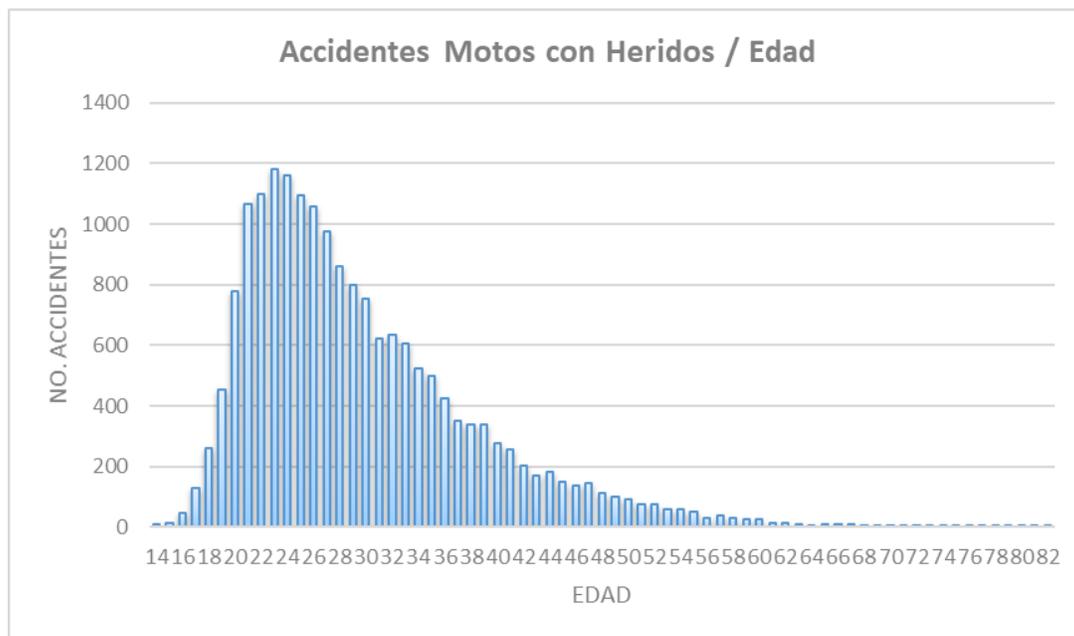


Figura 39. Frecuencia accidentes motos con heridos por edad

**Variable edad versus gravedad - Muertos**

De la misma forma que sucede con los ilesos y heridos, la mayoría de los accidentes de motos donde resultaron personas muertas se encuentra en el grupo de adulto joven.

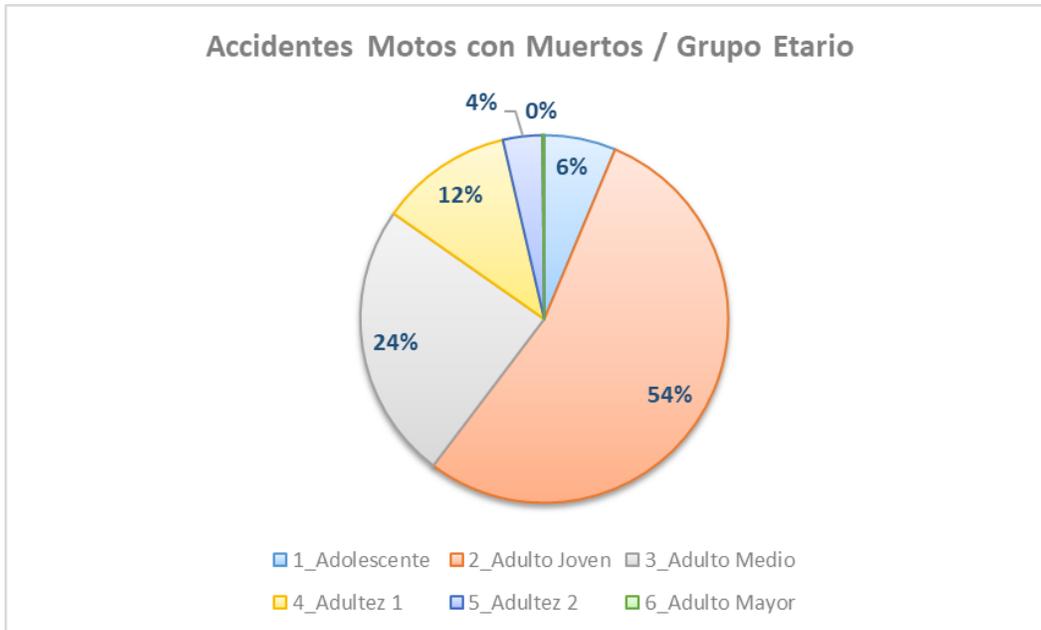


Figura 40. Distribución accidentes motos con muertos por grupo etario

En una muestra de 635 eventos, dentro del grupo de adultos jóvenes muertos en accidentes de motos, la mayoría resultó ser de 25 años.

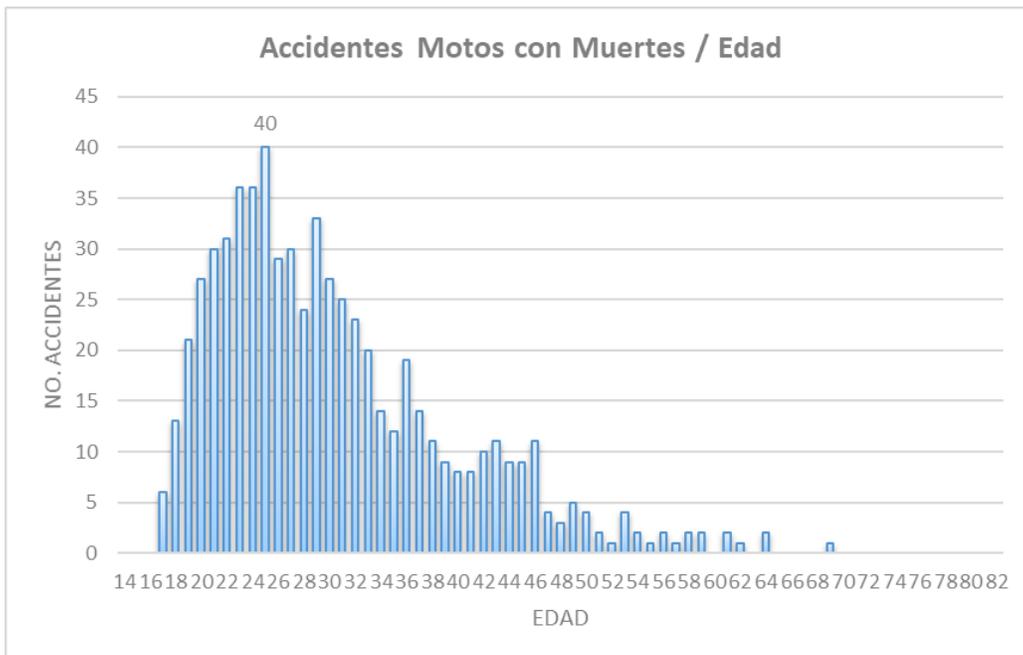


Figura 41. Frecuencia accidentes motos con muertes por edad

### 6.1.4.6 Descripción de la variable hora

De acuerdo con la hora de ocurrencia de accidentes de vehículos se observa que el mayor número de accidentes ocurrió entre las 12:00 del mediodía y las 3:00 pm.



Figura 42. Frecuencia accidentes vehículos por hora de ocurrencia

En cuanto a accidentes de motos, el rango de horas de mayor accidentalidad difiere del de vehículos resultando ser el rango comprendido entre las 6:00 am y las 8:00 am el de mayor frecuencia.

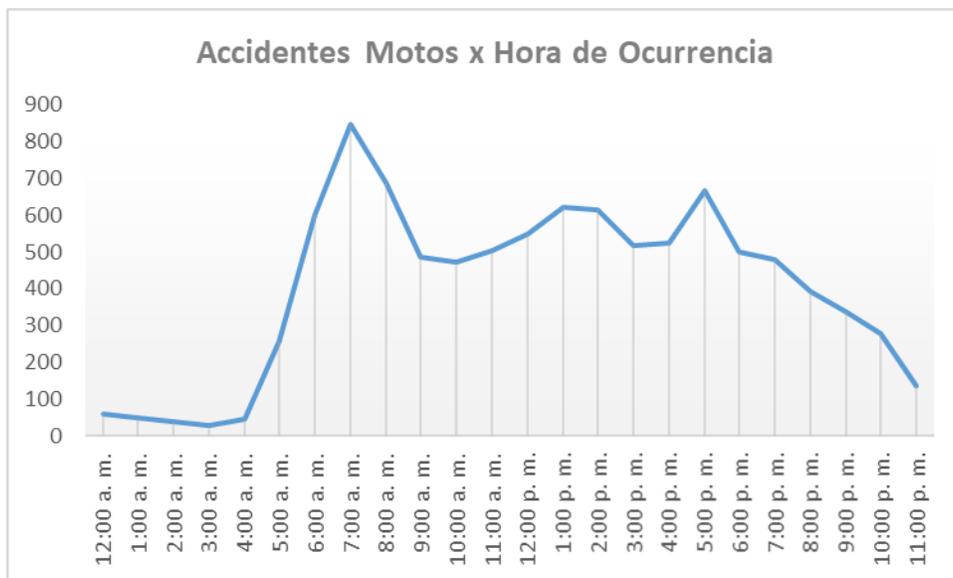


Figura 43. Frecuencia accidentes motos por hora de ocurrencia

De acuerdo con la gravedad, principalmente entre la 1:00 pm y las 2:00 pm es donde mayormente se presentaron accidentes de vehículos con solo daños.

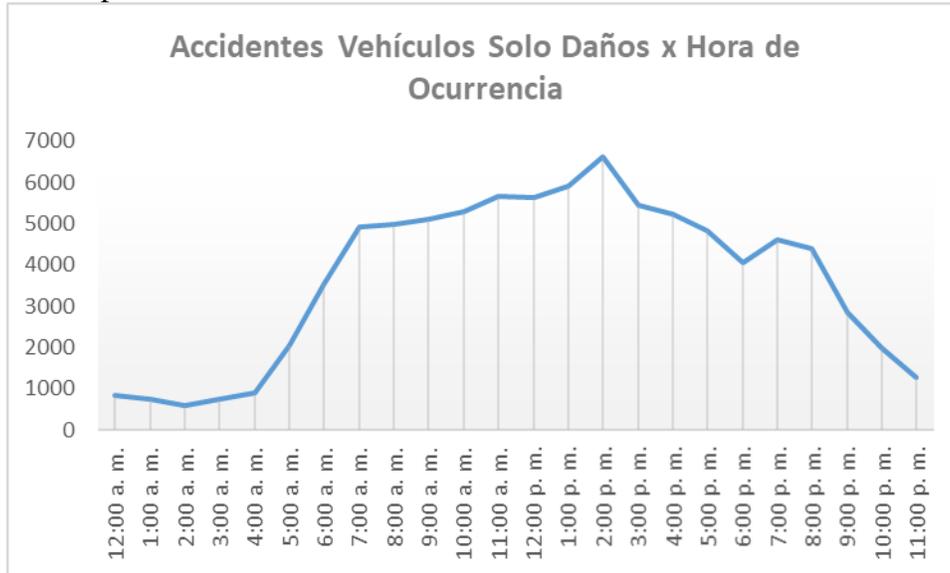


Figura 44. Frecuencia accidentes vehículos con solo daños por hora de ocurrencia

En los accidentes de motos donde se presentaron solo daños, se observa que estos principalmente ocurrieron entre las 6:00 am y 7:00 am.

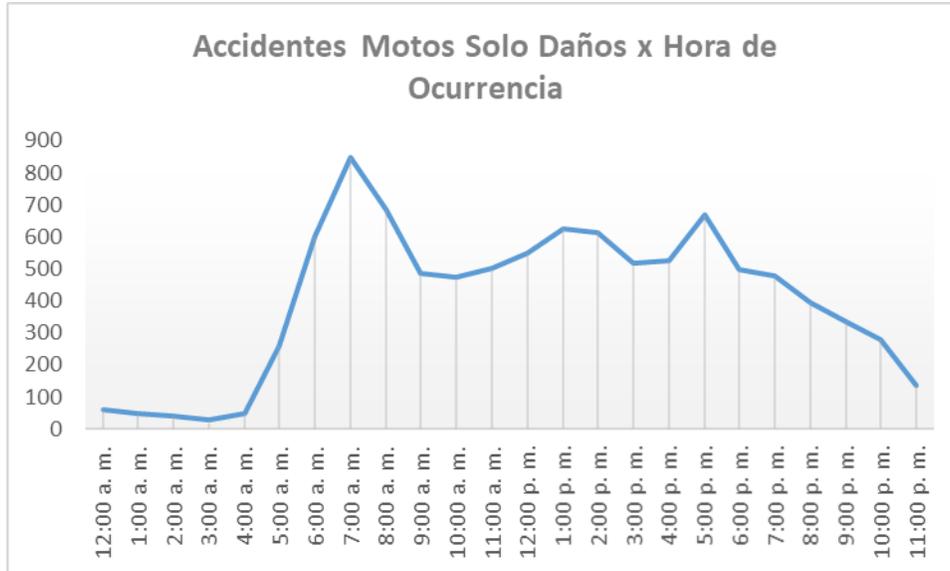


Figura 45. Frecuencia accidentes motos con solo daños por hora de ocurrencia

En los accidentes de vehículos donde se presentaron personas heridas se observa que a altas horas de la noche y en las primeras horas de la madrugada es donde se presenta un menor número de estos.



Figura 46. Frecuencia accidentes vehículos con heridos por hora de ocurrencia

En accidentes de motos donde se presentaron personas heridas se observa que de 6:00 am a 8:00 am es donde más frecuentemente se presentan estos.

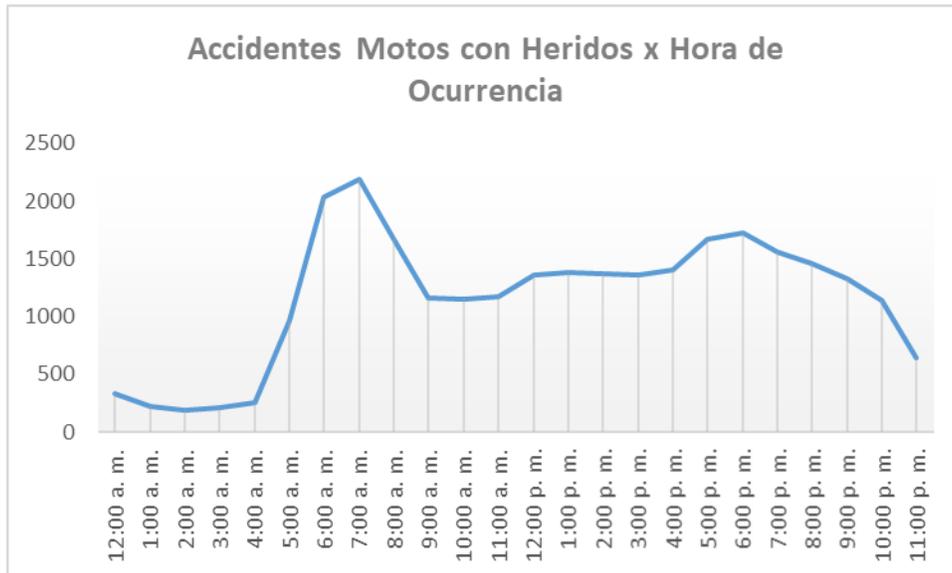


Figura 47. Frecuencia accidentes motos con heridos por hora de ocurrencia

En cuanto a accidentes de vehículos con personas muertas, se observa un pico de este tipo de accidentes cerca de las 11:00 am.

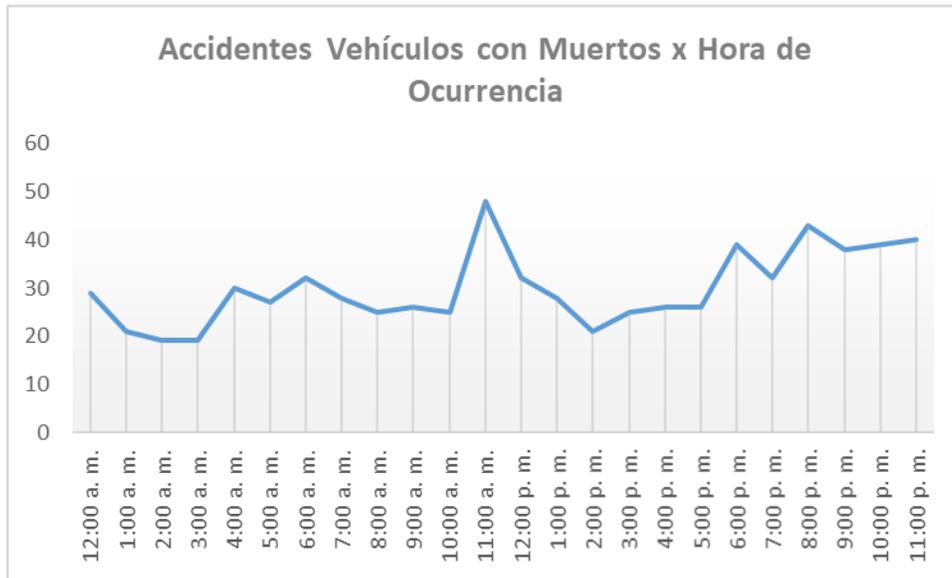


Figura 48. Frecuencia accidentes vehículos con muertos por hora de ocurrencia

En los accidentes de motos se observa un mayor número de estos accidentes cerca de las 6:00 am.

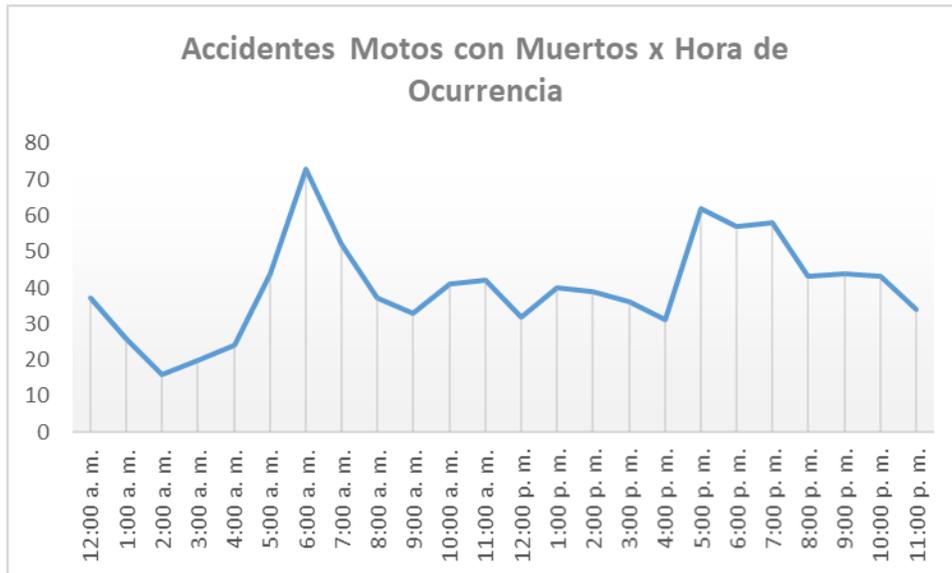


Figura 49. Frecuencia accidentes motos con muertos por hora de ocurrencia

#### 6.1.4.7 Descripción de la variable antigüedad del vehículo

Con relación a los accidentes de vehículos según su antigüedad, se observa que los vehículos con menos de 2 años de antigüedad fueron los de mayor frecuencia, seguido de los vehículos de 3 a 5 años de antigüedad.

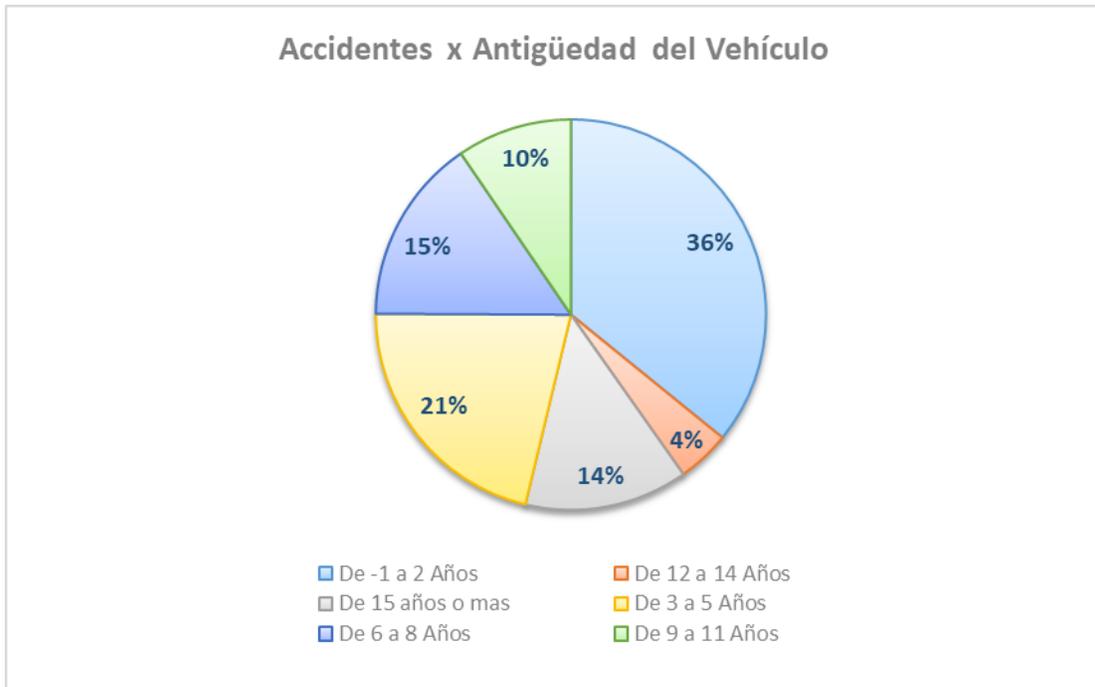


Figura 50. Accidentes vehículos por rango de antigüedad

Los vehículos de un año de antigüedad fueron los de mayor frecuencia de accidentalidad.

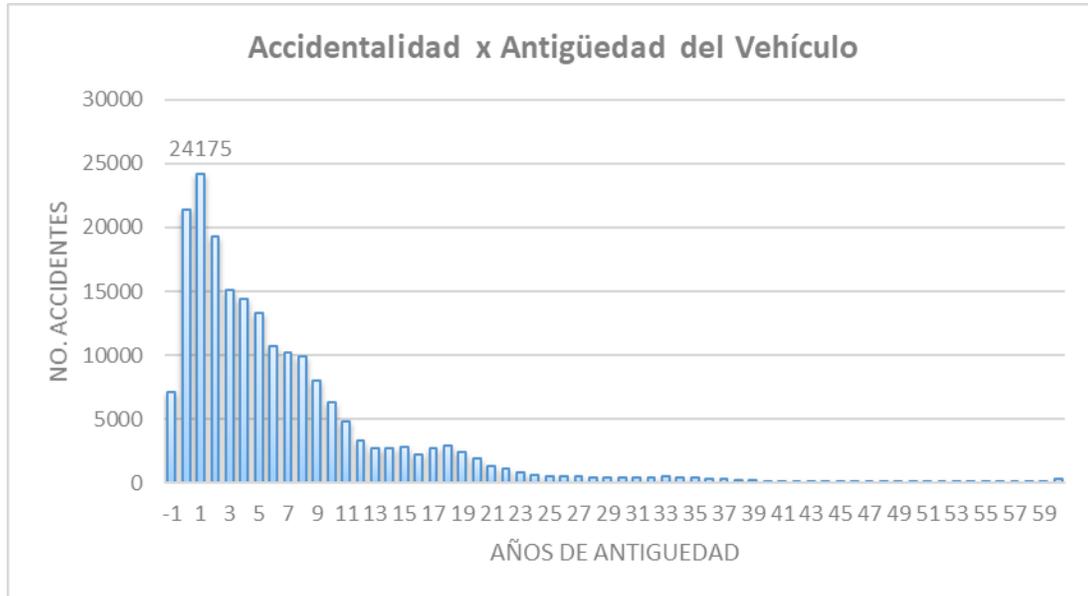


Figura 51. Frecuencia accidentes vehículos por años de antigüedad

En los accidentes de motos, más de la mitad de los accidentes correspondían a motos de menos de 2 años de antigüedad.

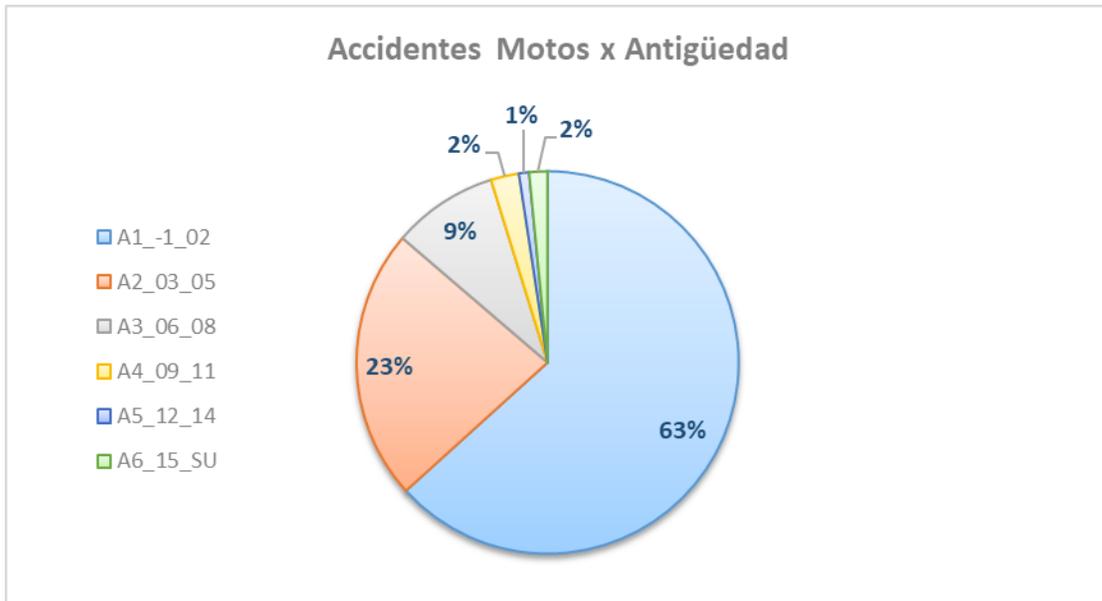


Figura 52. Accidentes motos por rango de antigüedad

Las motos nuevas o último modelo tuvieron mayor frecuencia de accidentalidad.

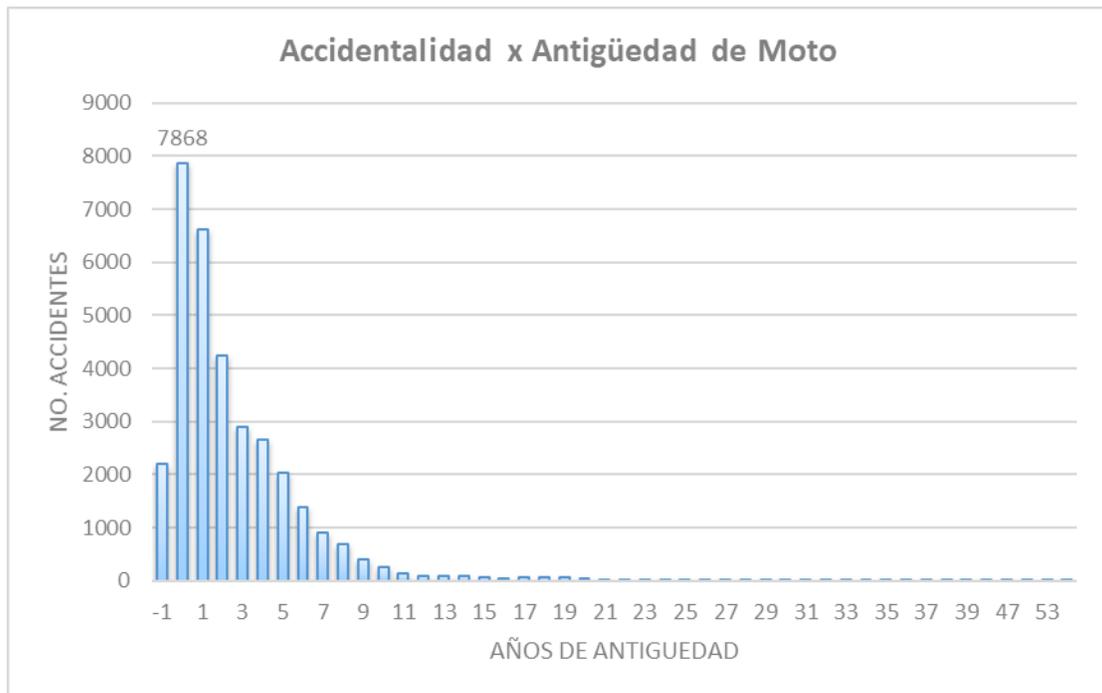


Figura 53. Frecuencia accidentes motos por años de antigüedad

#### 6.1.4.8 Descripción de la variable sexo

En cuanto al sexo, el 89 % de los registros de accidentes involucraron personas de sexo masculino y 11 % corresponde al sexo femenino.

**Descripción variable sexo para vehículos**

Con una muestra de 26.490 registros del total de accidentes de vehículos donde se vieron involucradas mujeres, se observa que la mayor frecuencia de estos se presentó a los 34 años.

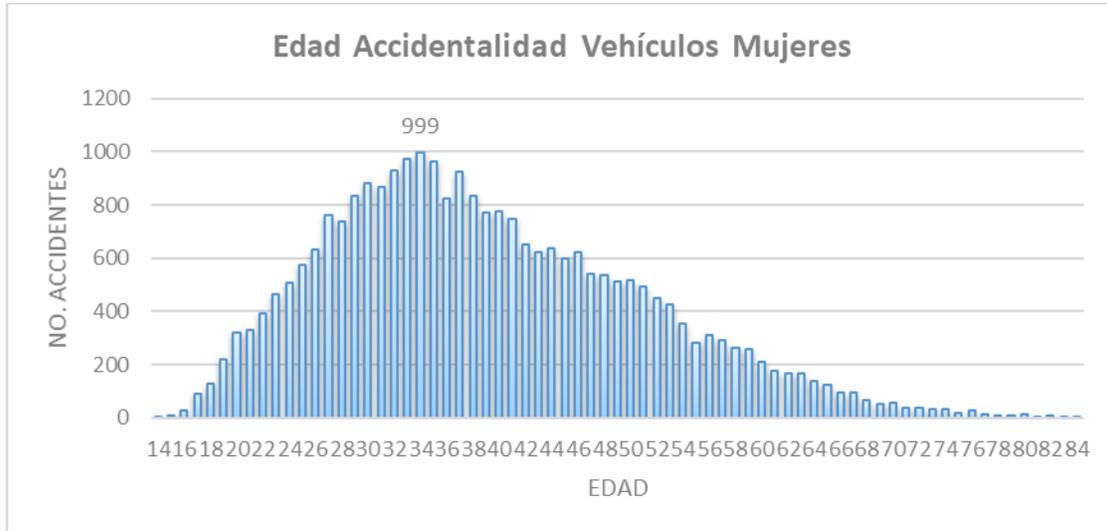


Figura 54. Frecuencia accidentes de vehículos conductores mujeres por edad

En los accidentes de vehículos donde se encontraron involucrados hombres se observa que la mayor frecuencia de estos se presentó a los 33 años, de acuerdo con una muestra analiza de 220.936 datos.

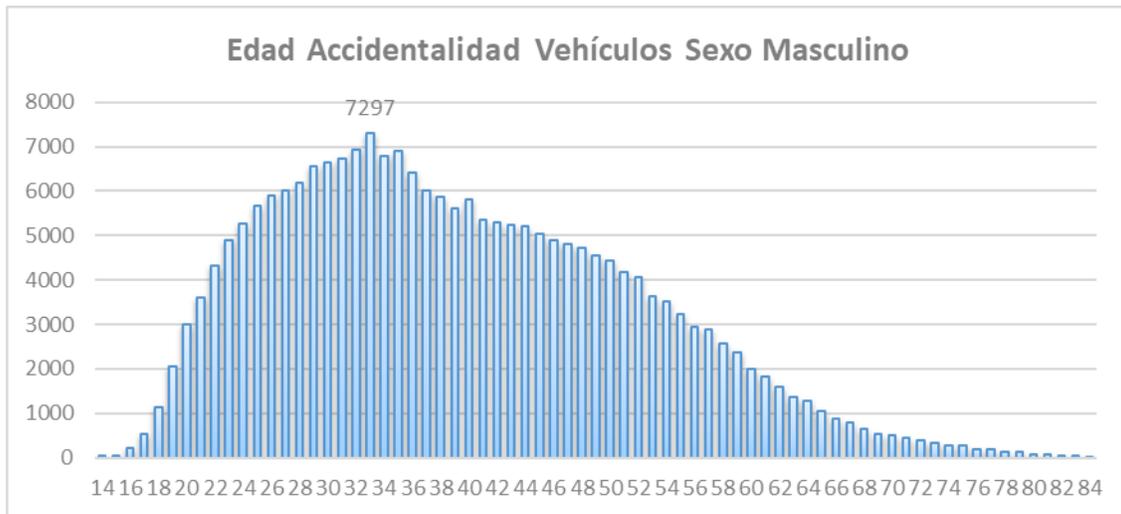


Figura 55. Frecuencia accidentes de vehículos conductores hombres por edad

**Descripción variable sexo para motos**

Del total de accidentes de motos el 94% involucra personas de sexo masculino y solo 6% de sexo femenino.

En una muestra analizada de 2.458 registros, la edad de mayor frecuencia de accidentes de motos donde se vieron involucradas mujeres fue a los 24 años.

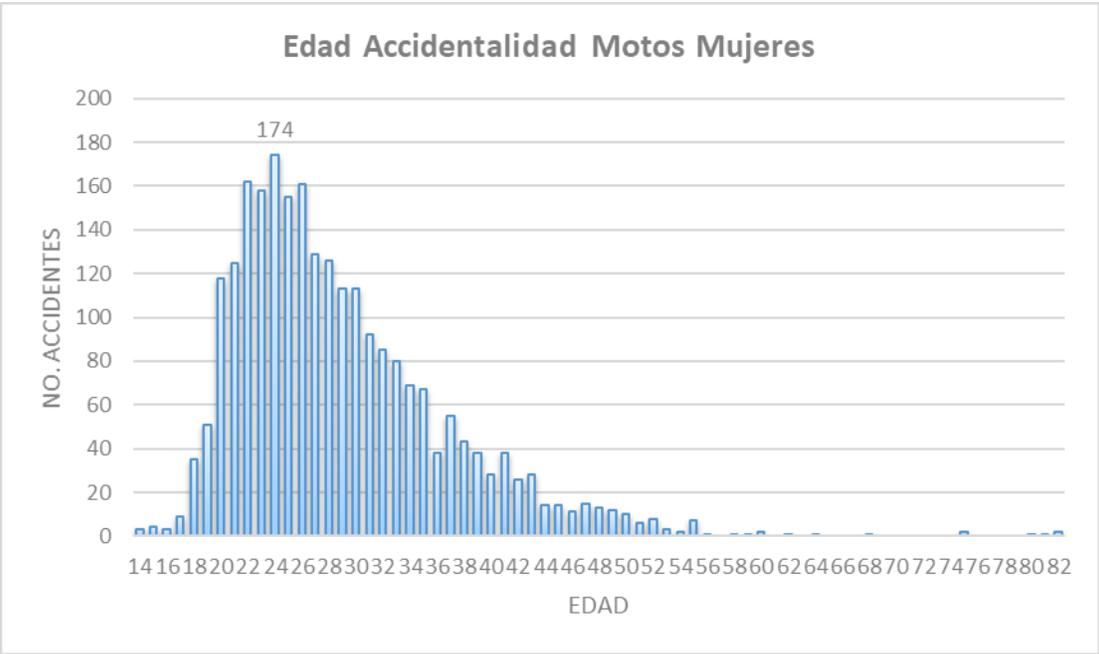


Figura 56. Frecuencia accidentes de motos con conductores mujeres por edad

En los accidentes de motos donde se vieron involucrados hombres, se observa que la edad de mayor frecuencia corresponde a los 23 años en una muestra de 37.861 datos analizados.

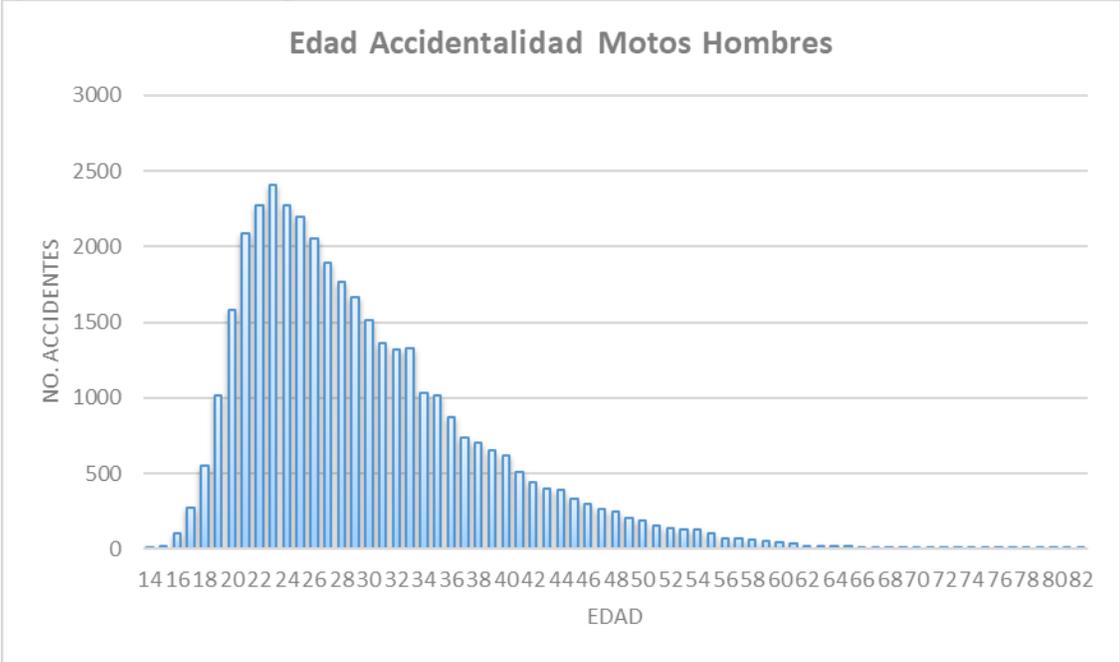


Figura 57. Frecuencia accidentes de motos con conductores hombres por edad

### 6.1.4.9 Descripción de la variable localidad

De acuerdo con la localidad donde ocurrió el accidente, se observa que las localidades de mayor frecuencia de accidentes tanto de vehículos como de motos fueron Usaquén, Engativá y Chapinero.

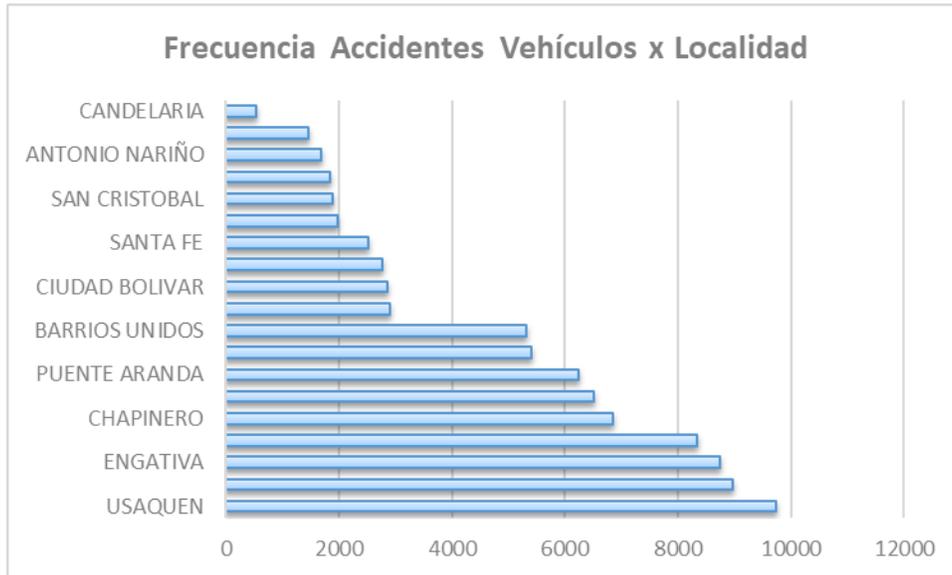


Figura 58. Frecuencia accidentes de vehículos de acuerdo con la localidad

De acuerdo con la gravedad de los accidentes de vehículos, las principales localidades donde se presentaron accidentes con ilesos fueron Usaquén, Engativá y Chapinero.

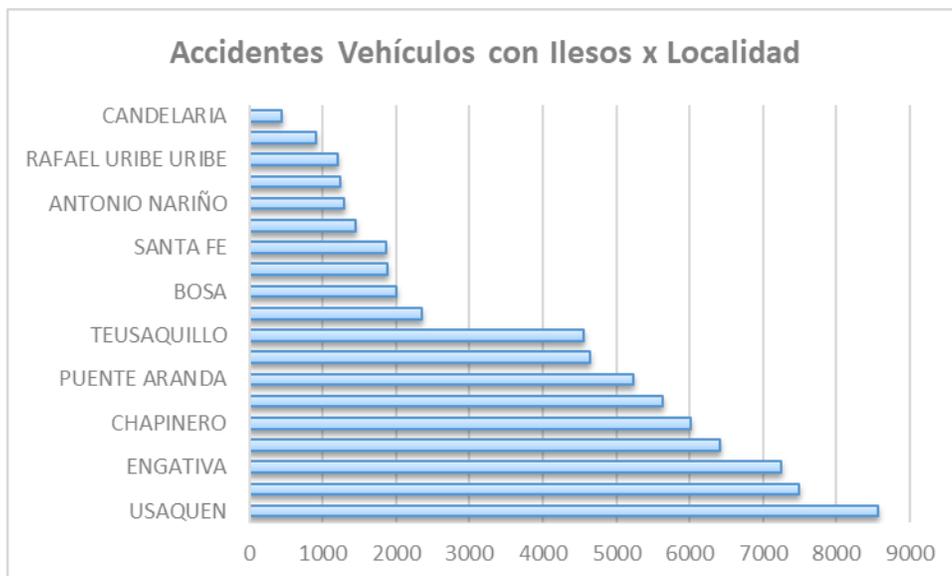


Figura 59. Frecuencia accidentes de vehículos con ilesos de acuerdo con la localidad

De acuerdo con la gravedad de los accidentes de vehículos, las principales localidades donde se presentaron accidentes con heridos fueron Kennedy, Suba y Puente Aranda

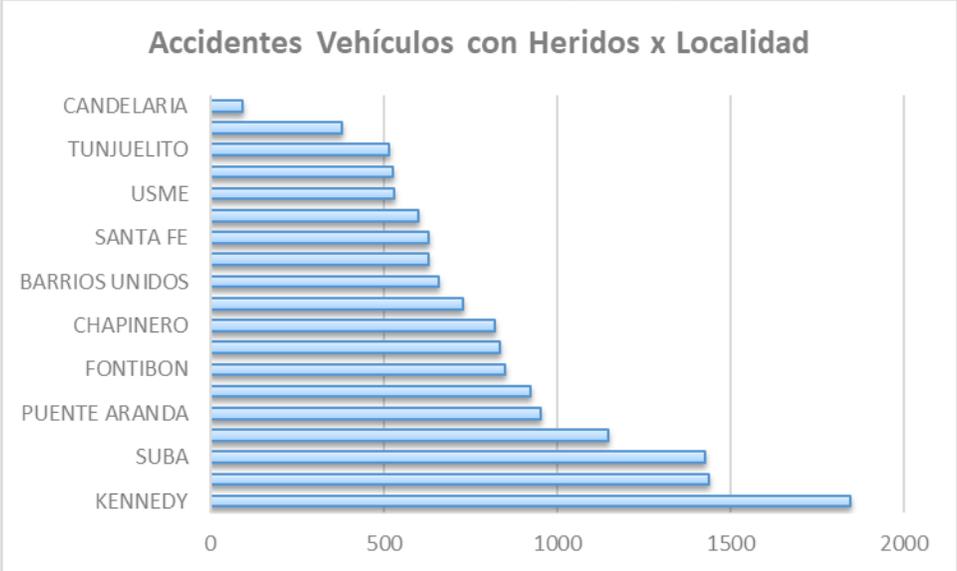


Figura 60. Frecuencia accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con la localidad

Las principales localidades donde se presentaron accidentes de vehículos con muertos fueron Kennedy, Ciudad Bolívar y Puente Aranda.

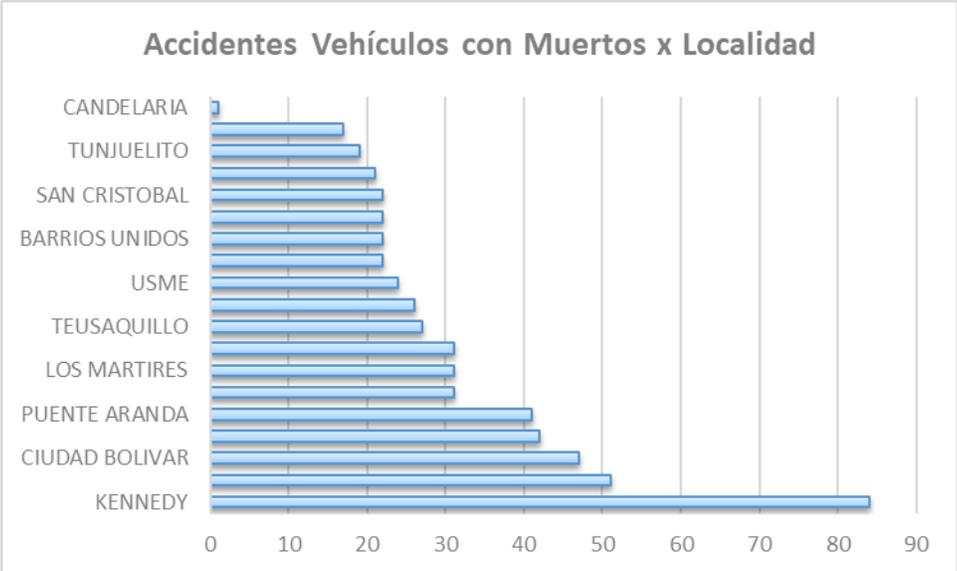


Figura 61. Frecuencia accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con la localidad

En los accidentes de motos las localidades con mayor frecuencia de accidentes fueron Kennedy, Engativá y Usaquén.

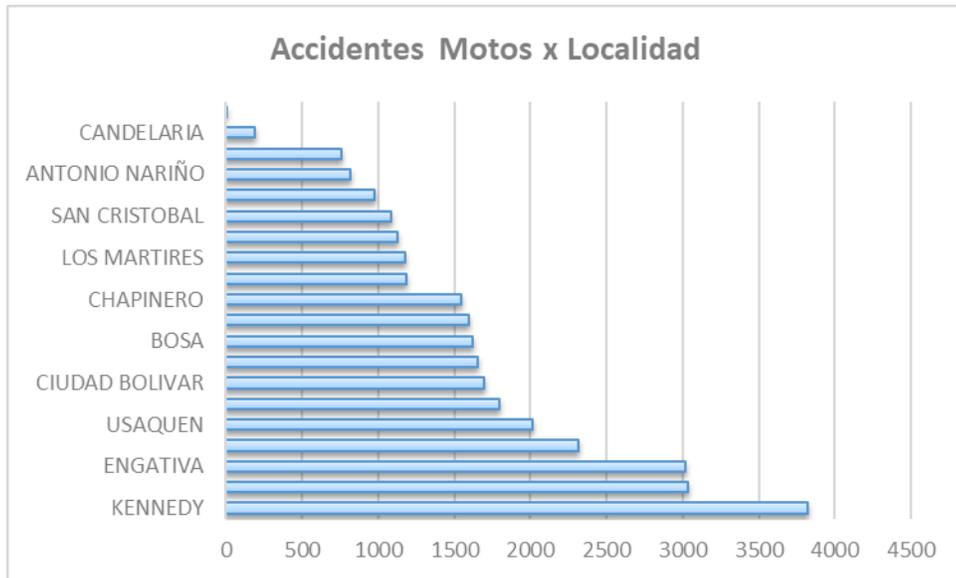


Figura 62. Frecuencia accidentes de motos de acuerdo con la localidad

Las localidades con mayor número de accidentes de motos con solo daños fueron Engativá, Usaquén y Chapinero.

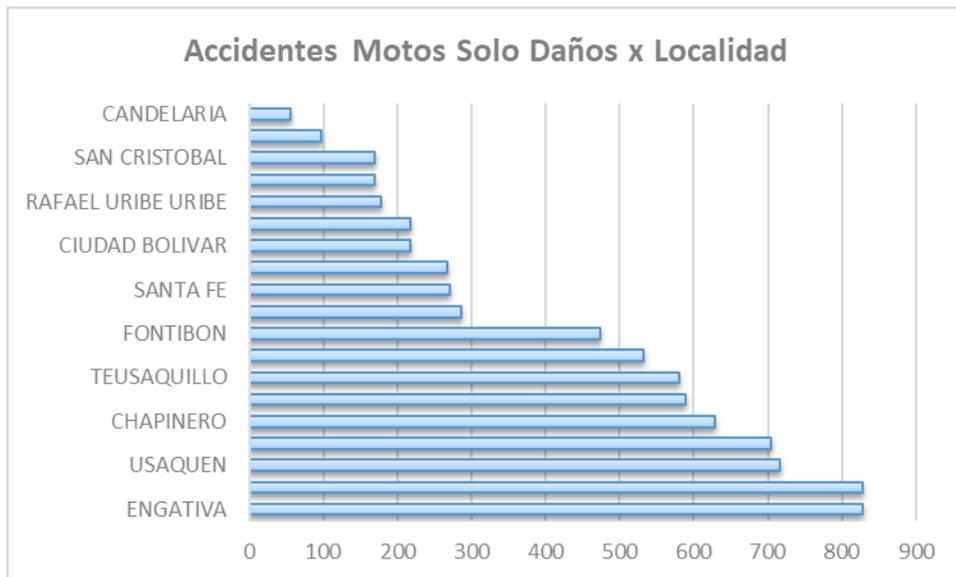


Figura 63. Frecuencia accidentes de motos con solo daños de acuerdo con la localidad

Las localidades con mayor número de accidentes de motos donde se presentaron personas heridas fueron Kennedy, Engativá y Ciudad Bolívar.

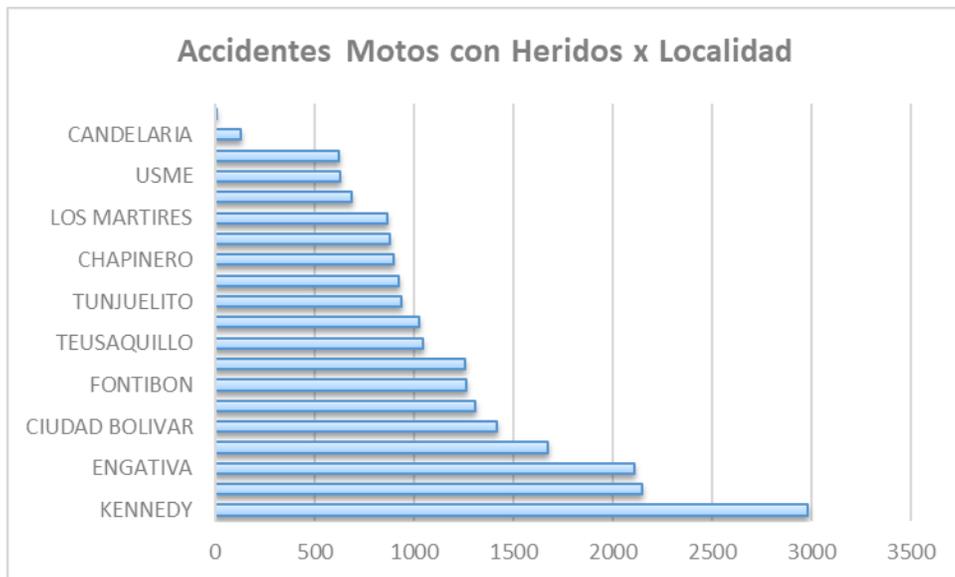


Figura 64. Frecuencia accidentes de motos con heridos de acuerdo con la localidad

Las localidades con mayor número de accidentes de motos donde se presentaron muertos fueron Kennedy, Suba y Fontibón.

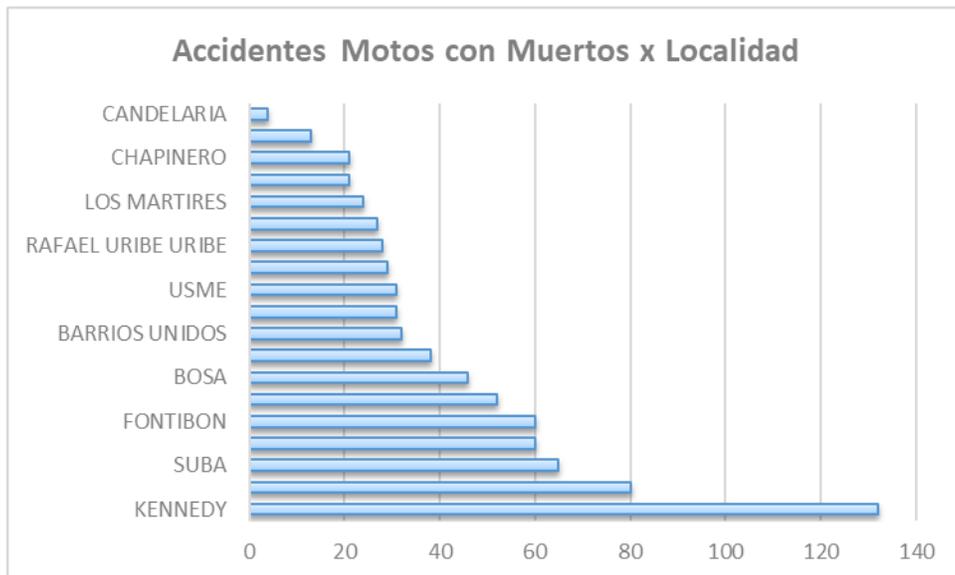


Figura 65. Frecuencia accidentes de motos con muertos de acuerdo con la localidad

#### 6.1.4.10 Descripción de la variable tiempo (clima)

De acuerdo con el tipo de tiempo en la ocurrencia del accidente se encontraron las categorías de normal, viento, lluvia y niebla.

Para el caso de accidentes vehiculares el 95 % de los eventos ocurrieron bajo condiciones de clima de tiempo normal seguido de condiciones lluviosas con el 5 %.

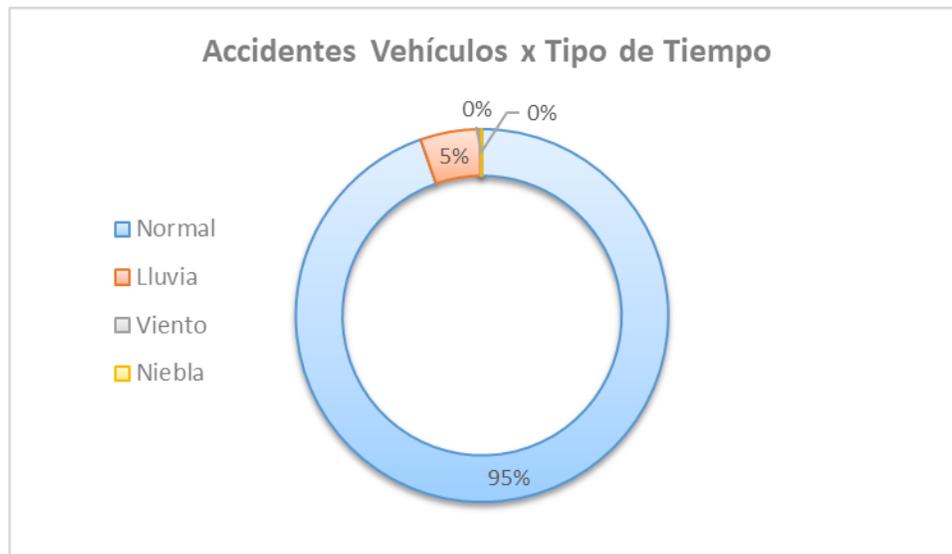


Figura 66. Accidentes de vehículos de acuerdo con el tipo de tiempo (clima)

En los accidentes de motos se presentó un comportamiento similar al de los vehículos con respecto al estado del tiempo donde el 96 % de los accidentes ocurrieron bajo un tipo de tiempo normal y 4 % en condiciones de lluvia.

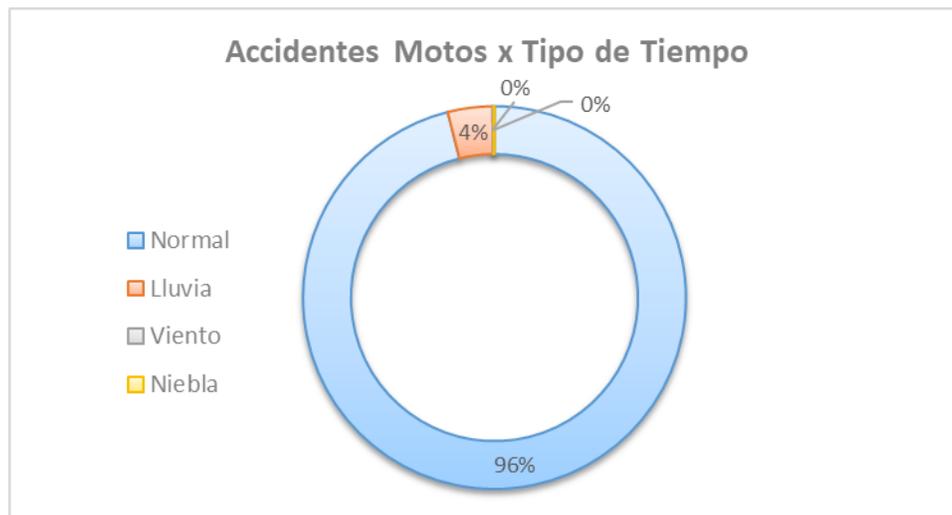


Figura 67. Accidentes de motos de acuerdo con el tipo de tiempo (clima)

#### 6.1.4.11 Descripción de la variable tipo de servicio

En cuanto al tipo de servicio, todos aquellos registros catalogados como servicio escolar y oficial fueron clasificados dentro del grupo de servicio público, al igual que el tipo de servicio oficial fue incluido dentro del grupo de datos de servicio particular<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> De acuerdo con el artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como Servicio Público: vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje.

Teniendo en cuenta estas premisas se encontró que los accidentes de vehículos de servicio público y servicio particular tienen una participación semejante en cuanto a número de accidentes cada uno: 49 % de los registros corresponden a vehículos públicos y el 51 % restante corresponde al servicio particular.

Los accidentes de tránsito menos graves, es decir con personas ilesas se comportan de manera semejante en vehículos de servicio particular con un 51 %, y el 49 % de servicio público 49 %.



Figura 68. Accidentes de vehículos con ilesos de acuerdo con el tipo de servicio

Los accidentes de vehículos que involucran personas heridas tienden a darse con mayor frecuencia en vehículos de servicio particular sin distar mucho de los de servicio público.

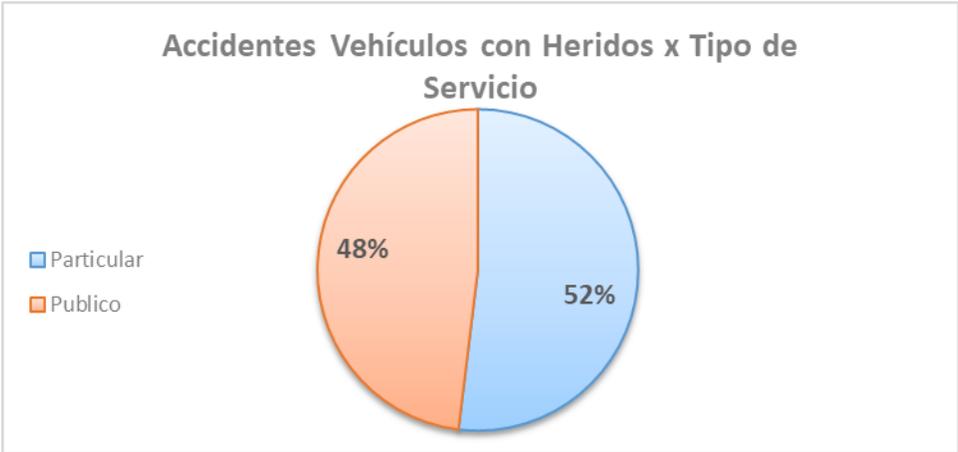


Figura 69. Accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el tipo de servicio

---

Servicio Particular: vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.  
Servicio oficial: vehículo automotor destinado al servicio de entidades públicas.  
Servicio diplomático: vehículo automotor destinado al servicio de funcionarios diplomáticos o consulares.  
Servicio Escolar: vehículo automotor destinado al transporte de estudiantes debidamente registrados como tal y con las normas y características especiales que le exigen las normas de transporte público.

Los accidentes de vehículos más graves, se observa que tienden a presentarse con mayor frecuencia en vehículos de servicio público con respecto a los vehículos de servicio particular.

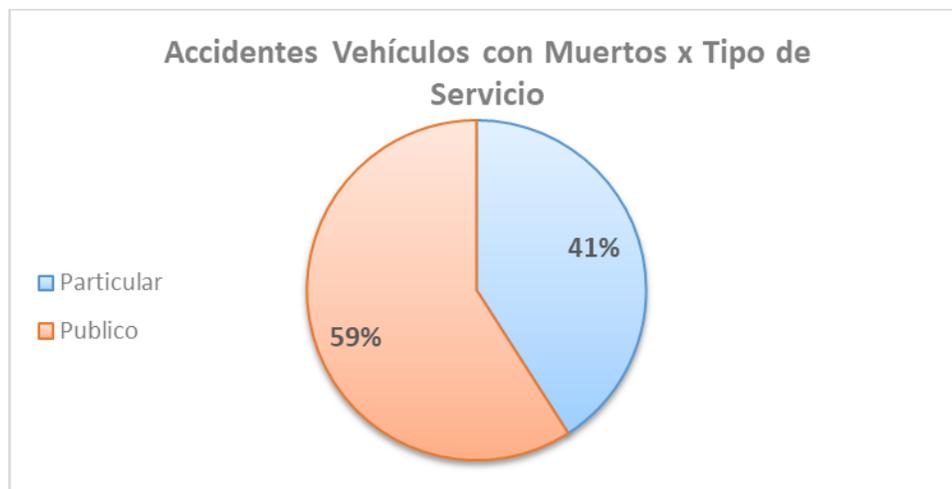


Figura 70. Accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el tipo de servicio

En el análisis de los accidentes que involucraron motos con respecto al tipo de servicio, se observa que la gran mayoría de registros involucran motos de servicio particular.

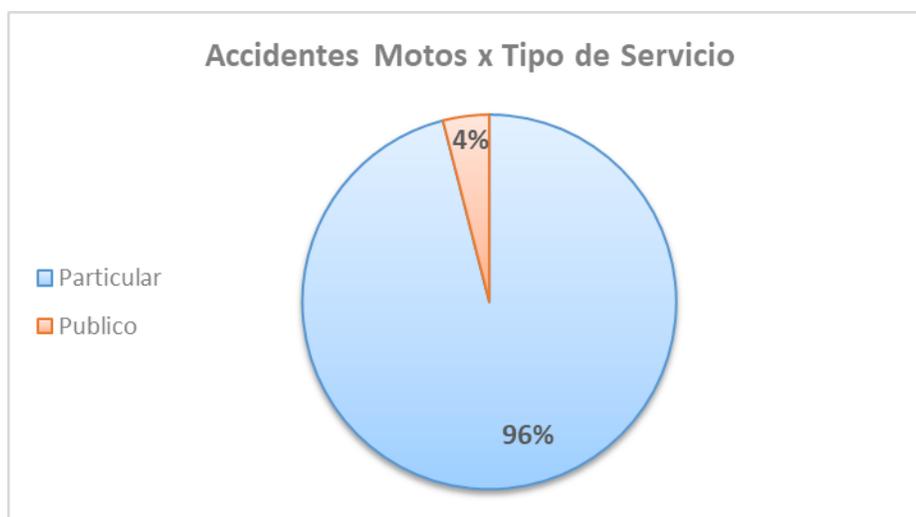


Figura 71. Accidentes de motos de acuerdo con el tipo de servicio

Los accidentes con personas ilesas donde se ven involucradas motos ocurren principalmente en motos de servicio particular.

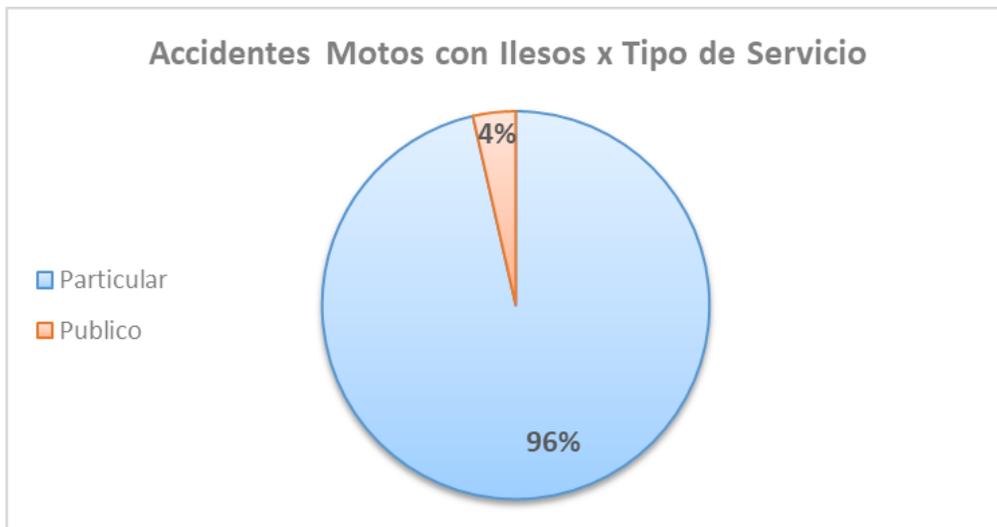


Figura 72. Accidentes de motos con ilesos de acuerdo con el tipo de servicio

Los accidentes con personas heridas donde se ven involucradas motos ocurren principalmente en motos de servicio particular.

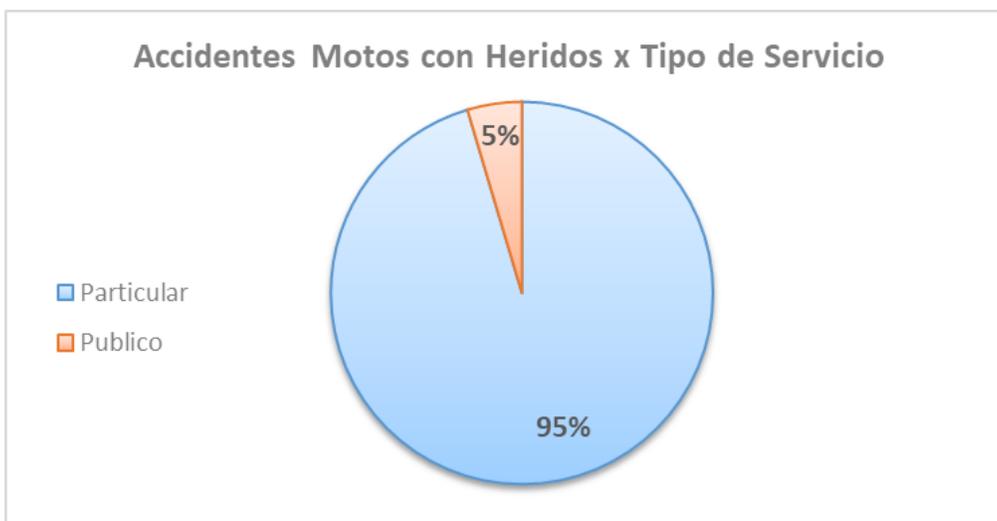


Figura 73. Accidentes de motos con heridos de acuerdo con el tipo de servicio

Los accidentes con personas fallecidas donde se ven involucradas motos ocurren principalmente en motos de servicio particular.

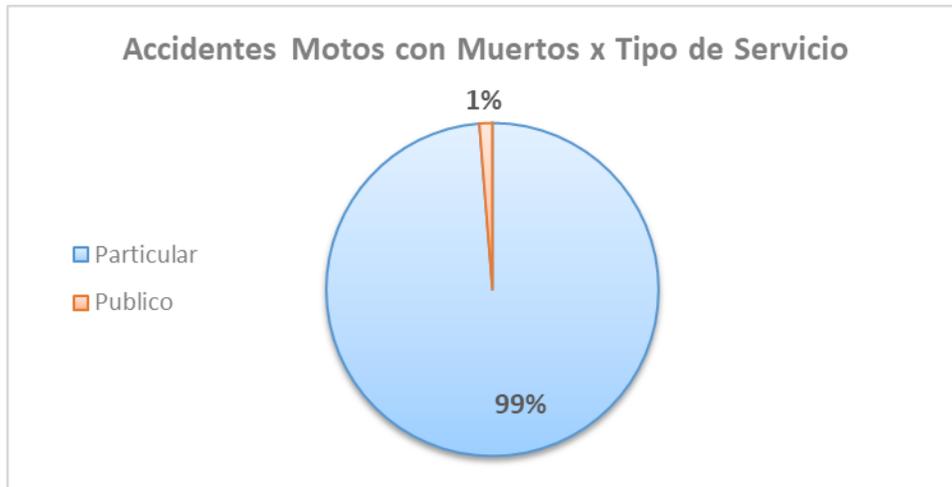


Figura 74. Accidentes de motos con muertos de acuerdo con el tipo de servicio

#### 6.1.4.12 Descripción de la variable fecha

De acuerdo con el día de la semana los accidentes de vehículos tienen un comportamiento similar de lunes a sábado y presentan un menor número los días domingo.

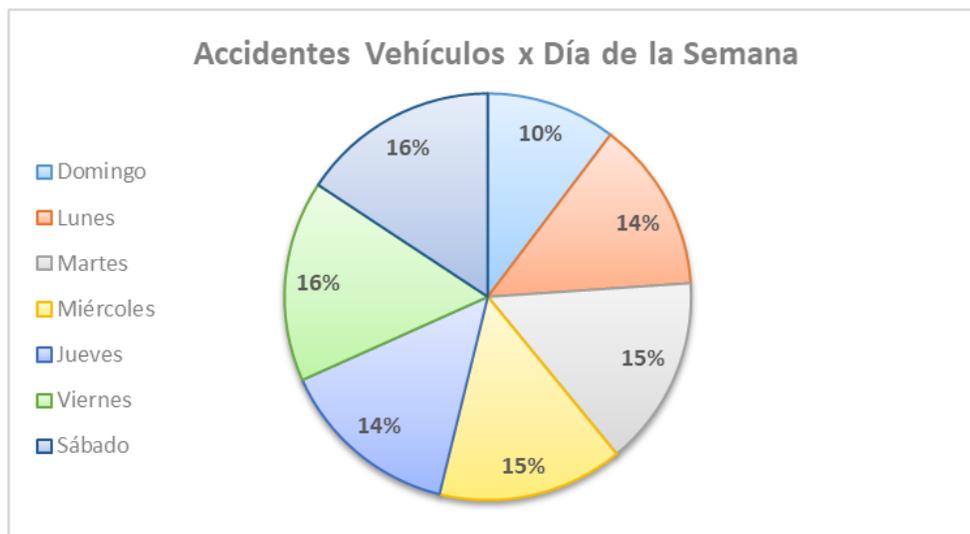
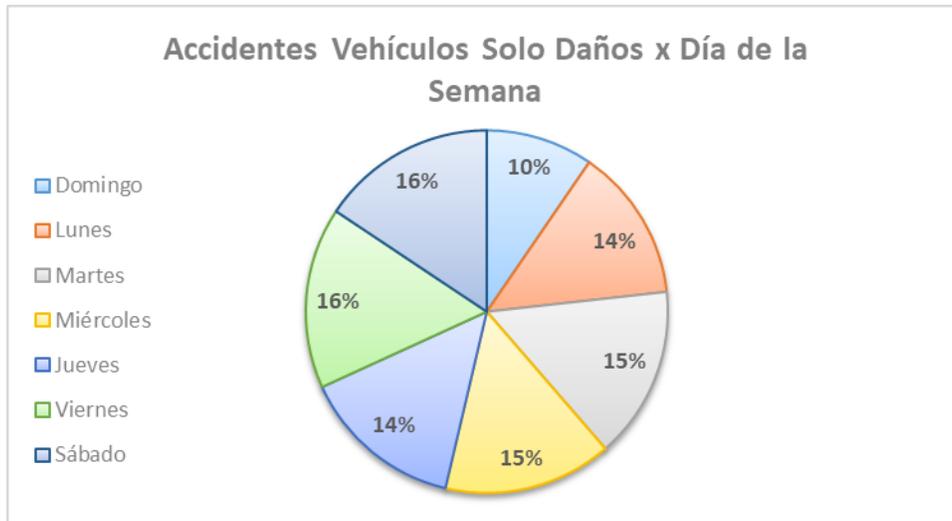


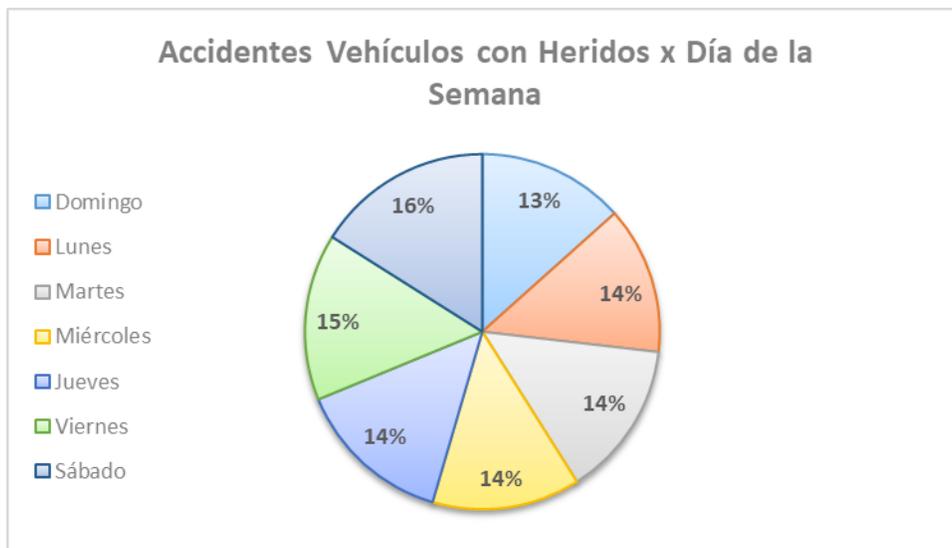
Figura 75. Accidentes de vehículos de acuerdo con el día de la semana

De acuerdo con la gravedad los accidentes de vehículos donde se presentaron solo daños se comportan de manera similar de lunes a sábado y disminuyen los días domingo.



*Figura 76. Accidentes de vehículos con solo daños de acuerdo con el día de la semana*

En cuanto a los accidentes de vehículos con heridos se comportan de manera similar y presentan un leve aumento el sábado y una leve disminución los días domingo.



*Figura 77. Accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el día de la semana*

En los accidentes de vehículos con muertos se observa que los viernes, sábado y domingo ocurren con mayor frecuencia respecto a los otros días de la semana.

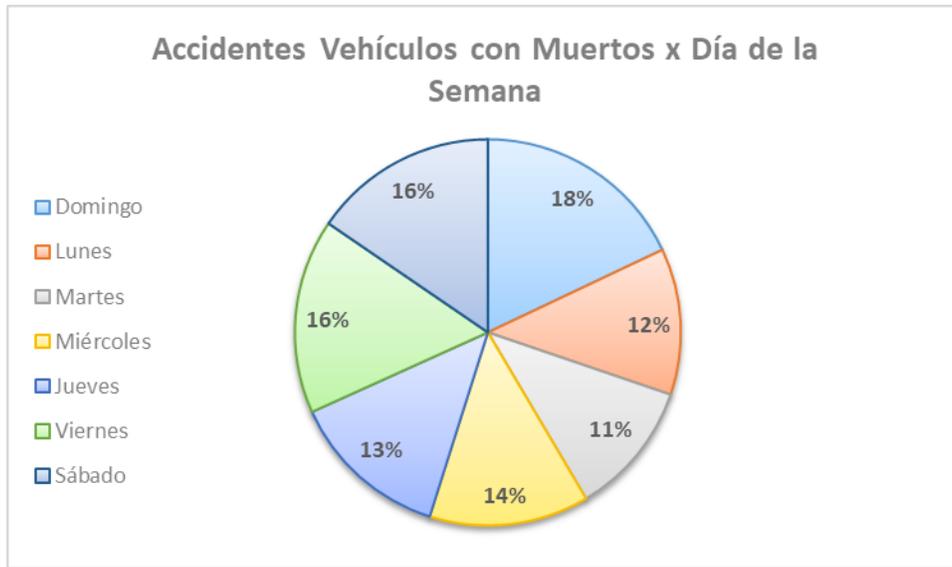


Figura 78. Accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el día de la semana

De acuerdo con los accidentes de motos, en cuanto a frecuencia estos presentan un comportamiento similar a los de los vehículos excepto por el domingo donde se observa una leve disminución.

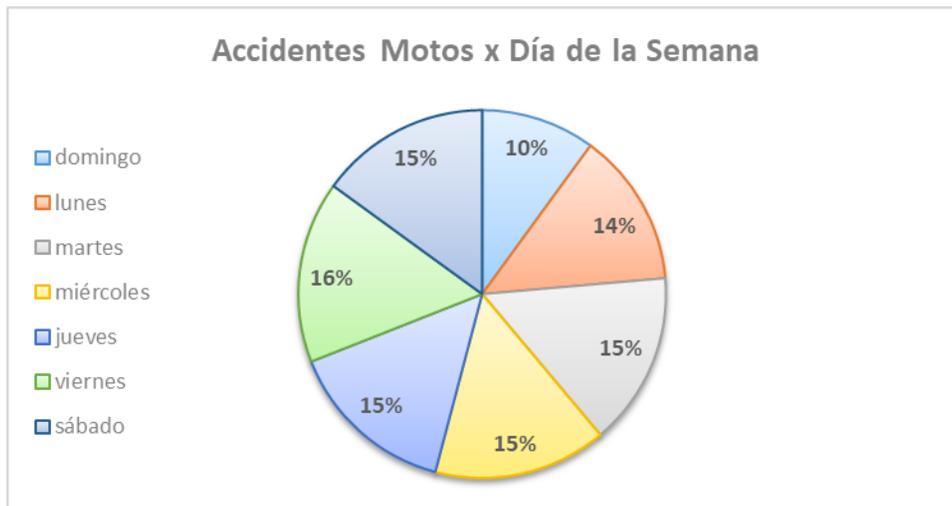


Figura 79. Accidentes de motos de acuerdo con el día de la semana

De acuerdo con la gravedad, los accidentes de motos con solo daños presentan una frecuencia mayor los martes y miércoles con respecto a los demás días de la semana en especial el domingo donde disminuyen a la mitad.

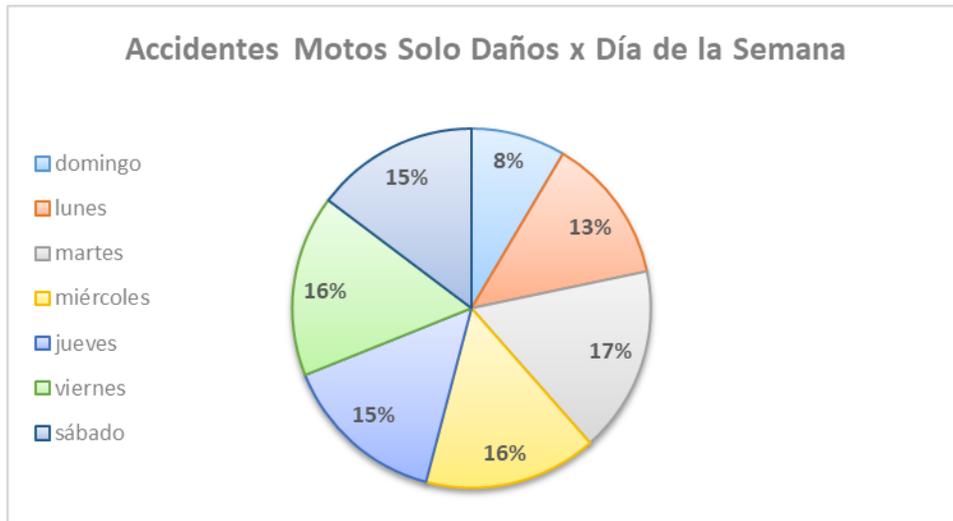


Figura 80. Accidentes de motos con solo daños de acuerdo con el día de la semana

En cuanto accidentes de motos con heridos estos presentan un comportamiento similar de lunes a sábado y los domingos disminuyen.



Figura 81. Accidentes de motos con heridos de acuerdo con el día de la semana

Los accidentes de motos con muertos se presentan un leve aumento los días sábado y viernes con respecto a los demás días de la semana.

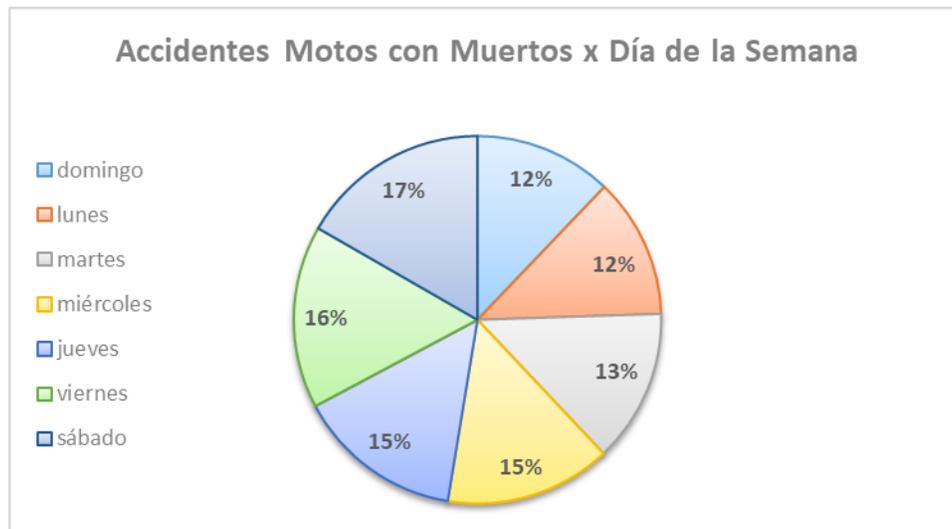


Figura 82. Accidentes de motos con muertos de acuerdo con el día de la semana

### Descripción de la variable mes

De acuerdo con el mes de ocurrencia, los accidentes de vehículos se comportan de manera similar a lo largo del año, sin embargo, se observa un leve aumento para los meses de noviembre, mayo y diciembre y una disminución en el mes de enero.

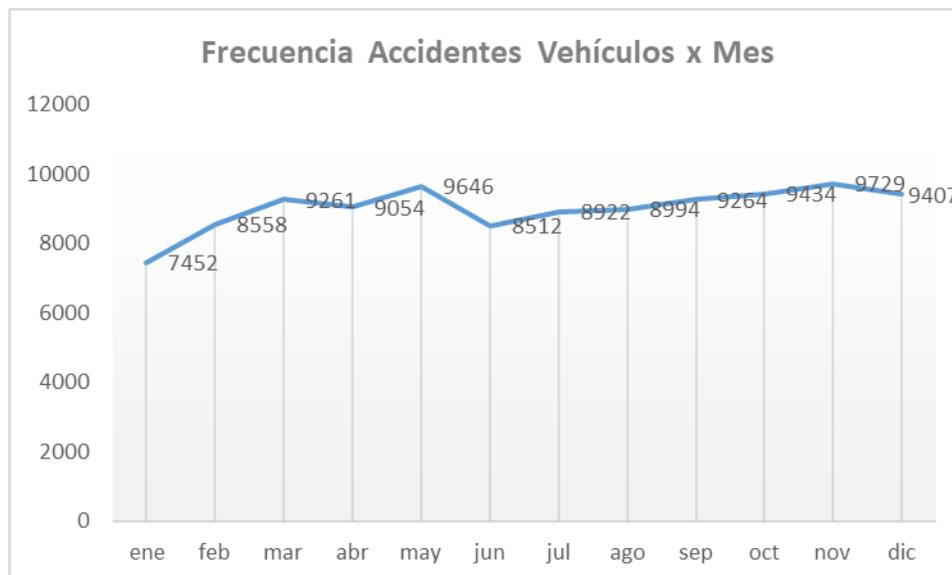


Figura 83. Frecuencia accidentes de vehículos de acuerdo con el mes del año

En cuanto a accidentes de vehículos de gravedad leve (con solo daños) se observa un comportamiento similar durante los meses del año con bajas variaciones, exceptuando los meses de noviembre, diciembre y mayo.

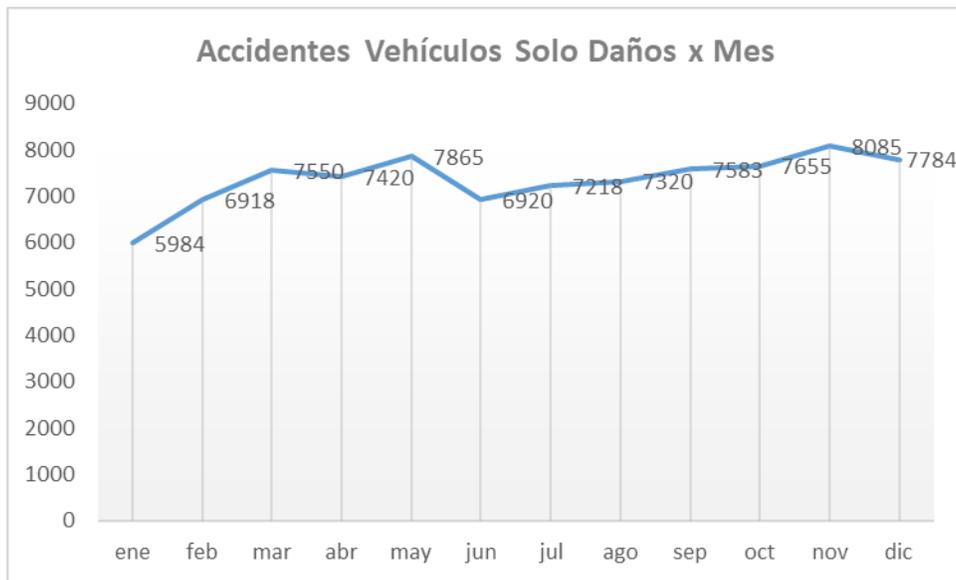


Figura 84. Frecuencia accidentes de vehículos con solo daños de acuerdo con el mes del año

En los accidentes de vehículos con heridos se observa un comportamiento irregular a lo largo del año con picos altos en los meses de mayo y octubre, la igual que un pico bajo en el mes de enero.

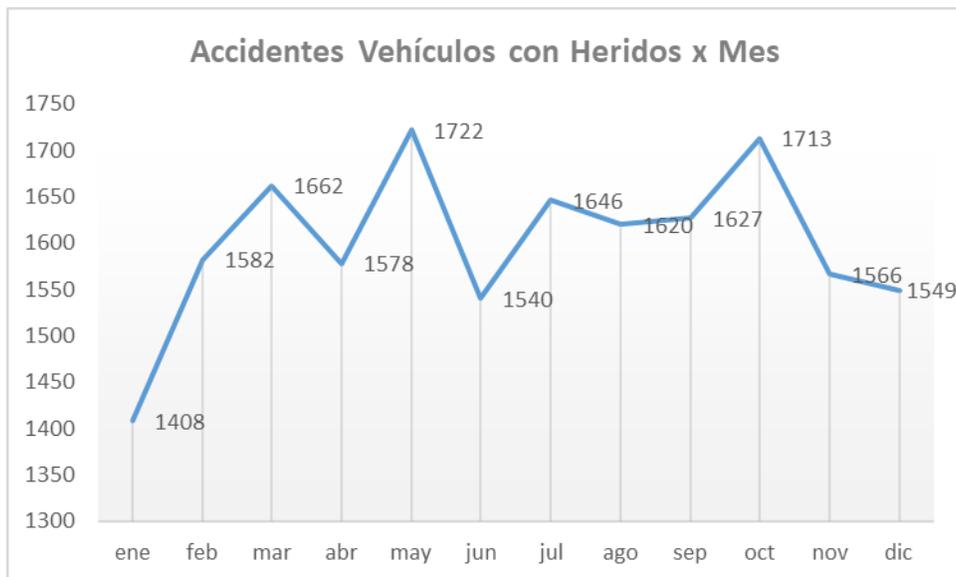


Figura 85. Frecuencia accidentes de vehículos con heridos de acuerdo con el mes del año

En los accidentes de vehículos con personas muertas se observa una mayor frecuencia en los meses de noviembre y diciembre.

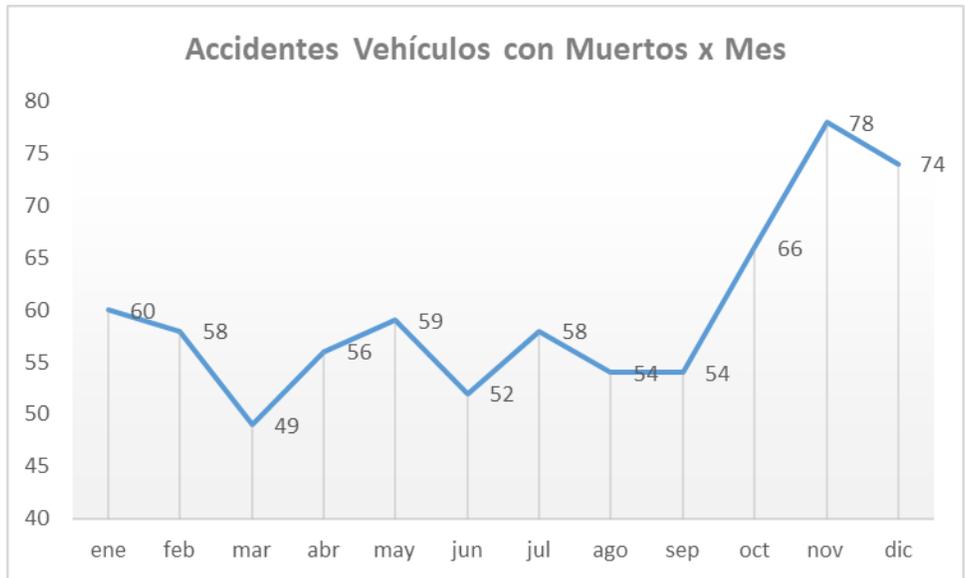


Figura 86. Frecuencia accidentes de vehículos con muertos de acuerdo con el mes del año

Con respecto a la frecuencia de los accidentes de motos se observa un comportamiento similar en todos los meses del año con algunas variaciones a la baja en los meses de enero y diciembre.

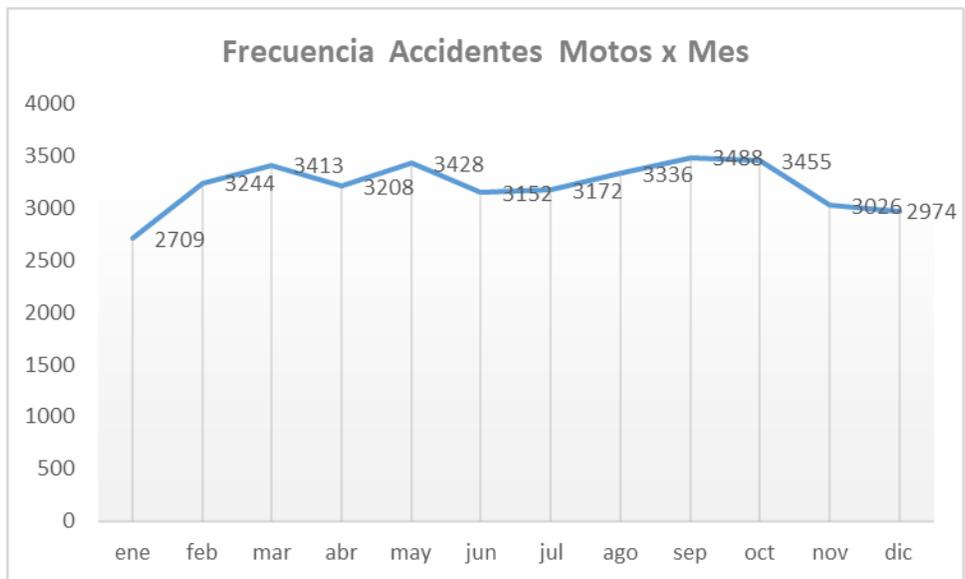


Figura 87. Frecuencia accidentes de motos de acuerdo con el mes del año

Los accidentes de motos con solo daños se comportan de manera similar a través de los meses del año excepto en enero donde presenta una disminución.

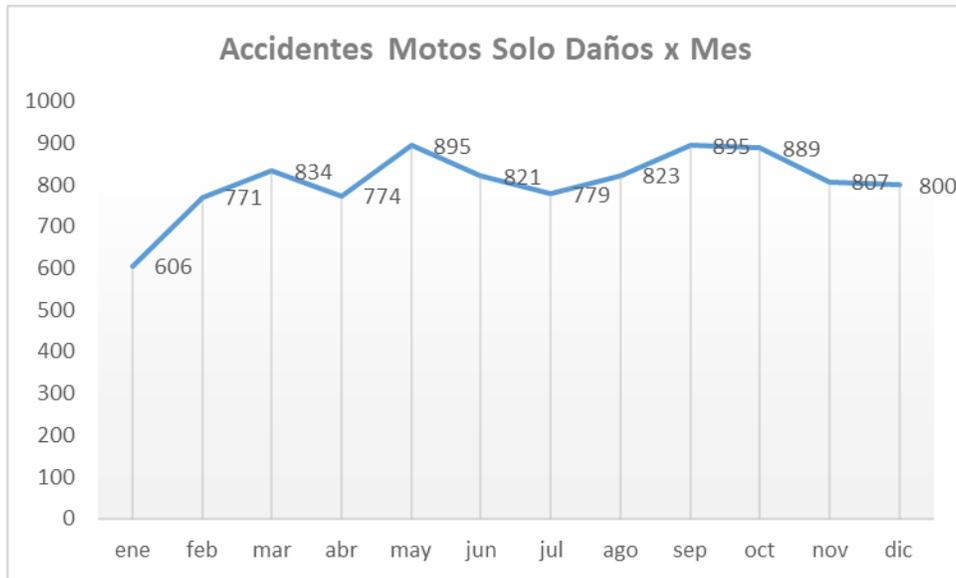


Figura 88. Frecuencia accidentes de motos con solo daños de acuerdo con el mes del año

Los accidentes de motos donde resultaron personas heridas tienen un comportamiento similar durante los meses del año excepto enero y diciembre donde presentan una disminución.

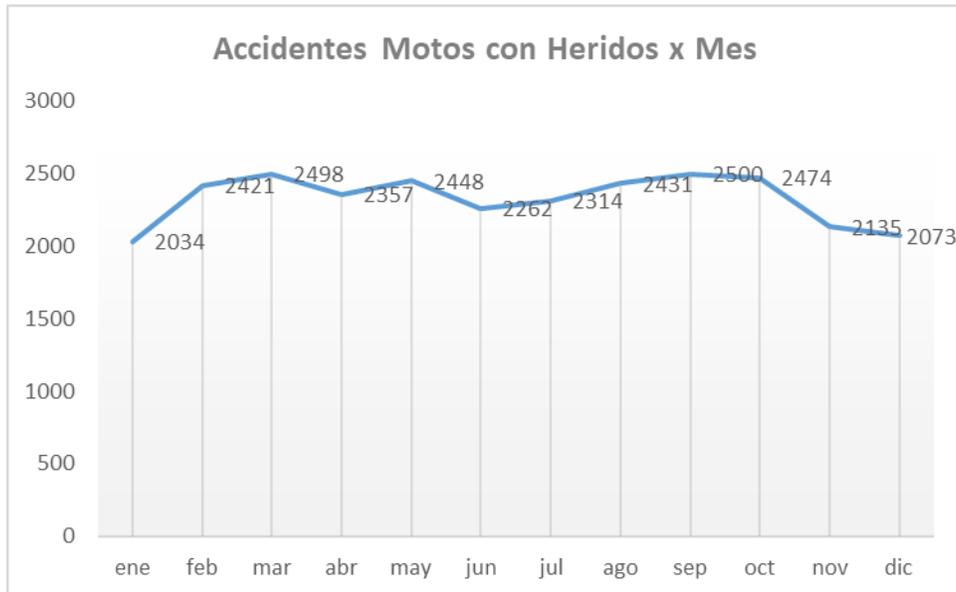


Figura 89. Frecuencia accidentes de motos con heridos de acuerdo con el mes del año

Los accidentes de motos más graves (con muertos) presentan un leve aumento durante el mes de diciembre y una disminución en el mes de febrero.

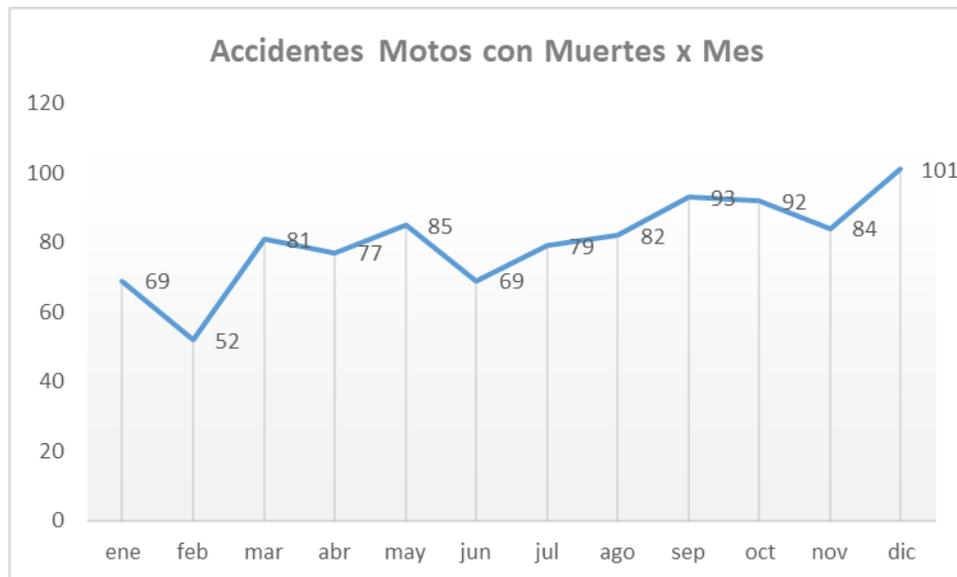


Figura 90. Frecuencia accidentes de motos con muertos de acuerdo con el mes del año

### 6.1.5 Resultados de análisis descriptivo

Del número total de accidentes se observa una tendencia a la baja entre los años 2012 a 2015 seguido de un incremento importante para el año 2016. Al estudiar las variables de manera independiente se observa que los eventos donde se vieron involucradas motos inician con tendencia al alza en el año 2014, un año antes que el incremento de los vehículos.

Los accidentes que involucran motos revistieron mayor gravedad, puesto que durante estos años (2012 – 2016) el porcentaje de accidentes con personas heridas y muertas fue notablemente mayor versus los accidentes de vehículos; sin embargo, las principales causas asociadas fueron exceso de velocidad, desobedecer las señales de tránsito y no mantener la distancia de seguridad.

La edad es un factor que varió su comportamiento en vehículos y motos, pues en vehículos fueron más graves los accidentes en adultos entre los 31 y 40 años, mientras que en accidentes con motos fueron los adultos jóvenes entre los 20 y 30 años los de mayor frecuencia y gravedad.

El tipo de servicio se muestra con más relevancia en los accidentes graves de vehículos, pues en los vehículos de servicio público se presentaron mayor número de accidentes graves con respecto a los de servicio particular. En accidentes donde las motos estuvieron involucradas, el tipo de servicio de mayor frecuencia y gravedad corresponde a motos de servicio particular.

En cuanto a la fecha, los meses de enero y febrero es cuando menor número de accidentes se presentaron y la gravedad tiende a ser mayor en noviembre y diciembre.

Respecto a los días de la semana todos los días presentaron un comportamiento similar excepto por el domingo donde la frecuencia fue menor, aunque los eventos presentaron mayor gravedad, en el caso de las motos la gravedad tiende a ser mayor los días sábado. También se evidenció que las motos tendieron a accidentarse con mayor frecuencia en las primeras horas de la mañana mientras que los vehículos en horas del mediodía, y los accidentes de mayor gravedad fueron más comunes en horas de la noche, sin embargo, se presentaron picos altos de muertes a las 11:00 am para vehículos y alrededor de las 6:00 am para motos.

Con respecto a la antigüedad tanto en vehículos como en motos la mayor frecuencia de accidentalidad se presentó en modelos recientes, sin embargo, para el caso de accidentes de vehículos estos accidentes fueron más graves en los vehículos más antiguos.

Usaquén y Engativá fueron las localidades de mayor frecuencia de accidentalidad en vehículos y motos, sin embargo, los accidentes de mayor gravedad se presentaron en la localidad de Kennedy para ambos casos.

El estado del tiempo no marcó una gran influencia en los accidentes, pues la gran mayoría de los eventos ocurrieron con un estado de tiempo normal.

## 6.1.6 Construcción del modelo de regresión logística

### 6.1.6.1 Caso de estudio

El presente estudio toma como base el marco teórico y el resultado del análisis descriptivo de los registros de accidentes de la SDM descritos en el punto anterior, para evaluar el factor gravedad del accidente: GRAVE / NO GRAVE como variable dependiente dicotómica en la accidentalidad vial de la ciudad de Bogotá, partiendo de las variables que mejor permiten predecir el impacto del evento; en otras palabras la regresión logística es la prueba con la que se validará la hipótesis de relación de cada variable exógena, con la gravedad del accidente.

### 6.1.6.2 Identificación y estandarización de las variables

La siguiente tabla muestra las siglas de las variables ingresadas al modelo, el marco teórico y los resultados del análisis descriptivo, que establecen las hipótesis que se validarán en el modelo logístico.

*Tabla 12. Variables modelo regresión logística*

Id	Descripción	Marco Teórico	Análisis Univariante
IDE	Identificador de Accidente	NA	NA
XNGR	Nivel de Gravedad		

<b>XFDS</b>	Días Fin de Semana	Fines de semana y festivos, temporada de vacaciones es la época del año con mayor número de accidentes graves (Universidad Tecnológica Indoamérica - Ecuador)	Los días de la semana presentaron un comportamiento similar excepto por el domingo.
<b>XMES</b>	Meses de Mayor Accidentalidad		Enero y febrero menor número de accidentes y la gravedad tiende a ser mayor en noviembre y diciembre
<b>XGSER</b>	Gravedad por tipo de Servicio (Público / Particular)		Vehículos de servicio público tienden mayor número los accidentes graves; en motos, el tipo de servicio de mayor frecuencia y gravedad corresponde a servicio particular.
<b>EDA</b>	Edad	Las personas entre los 15 y 29 años son los que tienen mayor probabilidad de muerte en un accidente. (OMS)	En vehículos son más graves los accidentes en adultos entre los 31 y 40 años, mientras que en motos son los adultos jóvenes entre los 20 y 30 años.
<b>ANT</b>	Antigüedad del Vehículo	Según “Análisis estadístico de los comportamientos de riesgo en la conducción y su influencia sobre la accidentalidad” Elena López de Cózar, los vehículos de los infractores accidentados tienen antigüedad mayor a 10 años.	Con respecto a la antigüedad tanto en vehículos como en motos la mayor frecuencia de accidentalidad se presenta en modelos recientes, sin embargo, para el caso de accidentes de vehículos estos accidentes son más graves en los vehículos más antiguos.
<b>GHO</b>	Hora del Día	<b>1:</b> Horas de Mayor congestión: más frecuencia menor gravedad Horas de Menor congestión: menor frecuencia mayor gravedad (SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands) <b>2:</b> Franja horaria más destacada por fallecimientos (18:00 - 20:59) (Universidad Tecnológica Indoamérica - Ecuador)	Las motos tendieron a accidentarse con mayor frecuencia en las primeras horas, Los vehículos en horas del mediodía, y los accidentes de mayor gravedad en horas de la noche, sin embargo, se presentaron picos altos de muertes a las 11:00 am para vehículos y alrededor de las 6:00 am para motos.
<b>MLA</b>	Latitud	Consideradas para análisis Espacial	
<b>MLO</b>	Longitud	Consideradas para análisis Espacial	

*Fuente:* Elaboración propia

La siguiente tabla muestra la caracterización de la variable y la categoría dicotómica ingresada al modelo

Tabla 13. Caracterizaciones variables y categoría dicotómica del modelo de regresión logística

Id	Descripción	Tipo	Dummy / Categorías
IDE	Identificador de Accidente	ID del evento en el modelo	
XNGR	Nivel de Gravedad	Variable cualitativa Endógena dicotómica	0 = {No Grave(Daños, Ilesos)} 1 = {Grave(Muertos, Heridos)}
XFDS	Días Fin de Semana	Cualitativa Independiente Explicativa	0 = {Lun, Mar, Mier, Jue} 1 = {Vier, Sab, Dom}
XMES	Meses de Mayor Accidentalidad	Cualitativa Independiente Explicativa	0 = {Feb, Mar, Abr...} 1 = {Ene, Jun, Dic}
XGSER	Grupo de Servicio (Público / Particular)	Cualitativa Independiente Explicativa	0 = Particular 1 = Público
EDA	Edad	Cuantitativa Independiente Explicativa	0 = { [ 14 ] , [30 - 40]...} 1 = { [ 15 - 29] }
ANT	Antigüedad del Vehículo	Cuantitativa Independiente Explicativa	0 = { [ <= 10 ] } 1 = { [ > 10 ] }
GHO	Hora del Día	Cuantitativa Independiente Explicativa	0 = { } 1 = { [ 6:00 pm - 6:00 am ] }
MLA	Latitud	Cuantitativa Independiente	Datos georreferenciados para análisis espacial
MLO	Longitud	Cuantitativa Independiente	Datos georreferenciados para análisis espacial

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.6.3 Consideraciones generales

- Se eliminaron 22.321 observaciones debido a valores faltantes para la respuesta o variables explicativas.
- La frecuencia de la variable Nivel de gravedad XNGR categoría GRAVE 1 es de: 12.227 registros.
- La frecuencia de la variable Nivel de gravedad XNGR categoría NO GRAVE 0 es de: 47.235 registros.
- Para efectos prácticos, se analizan datos tanto de vehículos como de motos en una sola base.
- Las variables sexo, marca del vehículo, clase del vehículo, tiempo, no se tuvieron en cuenta en el modelo por inconsistencias de registro, proporcionalidad, frecuencias o sustento teórico:

- Variable sexo: el presente estudio no cuenta con el registro de conductores del total de la población, por lo que resulta complejo incluir esta variable en el modelo. Estimar que las personas de un género u otro son propensas a tener un accidente GRAVE o NO GRAVE requiere de una investigación adicional.
- Marca del vehículo: debido a la diversidad de líneas con las que cuenta cada marca no es posible afirmar que una en específico sea más propensa a verse involucrada en accidentes, adicionalmente no se cuenta con el registro de vehículos matriculados en la ciudad de Bogotá para determinar la proporcionalidad de las marcas con mayor exposición al tránsito.
- Clase del vehículo: a causa de información incompleta en la base de datos de la SDM, y por no encontrar soportes teóricos sólidos que ratificaran la influencia de esta variable en un evento de accidente, no se tiene en cuenta en el modelo.
- Tiempo: esta variable no fue contemplada debido a que en la base de datos de la SDM más del 95 % de los registros tiene asociado el mismo valor (clima normal), adicionalmente la fuente obtuvo estos datos de modo manual sin soporte de estaciones de medición climática o similares.

La base de datos ingresada en el software SAS (Statistical Analysis System) es como se muestra en la siguiente imagen:

ID	XFDS	XMES	XGSER	XNGR	EDA	ANT	GHO	TOT	_TYPE_	_FREQ_	MLA	MLO
20096	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	4.7472808	-74.111572
415234	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4.736078	-74.017588
415348	1	1		1	0	0	1	1	0	2	4.63874635	-74.09192555
415349	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	4.64004365	-74.1736986
415350	0	1		1	0	0	1	1	0	1	4.6175728	-74.1399334
415351	1	1	1	1	1	1	0	2	0	2	4.6195533	-74.1117943
415352	1	1	0	0	0	0	0	2	0	2	4.5974776	-74.09270895
415358	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4.7506076	-74.0845161
415359	1	1	0	0	1	0	0	1	0	2	4.5456978	-74.1487187
415360	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4.6279004	-74.143823
415361	1	1		0	0	0	0	1	0	1	4.76476	-74.0445399
415362	1	1		1	0	0	1	1	0	2	4.5547258	-74.09632165
415363	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	4.5903782	-74.1525578
415364	1	1		1	0	0	0	1	0	2	4.6654033	-74.0905541
415365	1	1		0	0	0	1	1	0	1	4.5565812	-74.120935
415366	1	1		1	0	0	0	1	0	1	4.6272185	-74.1884042
415367	1	1		0	0	0	0	1	0	1	4.7430894	-74.0472376
415369	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	4.5827924	-74.099499
415370	1	1		0	0	0	0	1	0	2	4.5901374	-74.0863383
415371	1	1	0	0	1	1	1	1	0	2	4.59494445	-74.1343773
415372	1	1		0	0	0	0	1	0	2	4.6079555	-74.1234698
415373	1	1	1	0	0	1	1	1	0	2	4.6127073	-74.1773468

Figura 91. Imagen base de datos ingresada a software SAS

#### 6.1.6.4 Resultados e interpretación del modelo de regresión logística

Las siguientes tablas y gráficas han sido exportadas de los reportes del paquete estadístico SAS y muestran los resultados del modelo:

Tabla 14. Resumen selección de paso a paso

Resumen de selección de paso a paso							
Paso	Efecto		DF	Número en	Chi-cuadrado de puntuación	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq
	Introducido	Eliminado					
1	ANT		1	1	9714.4113		<.0001
2	EDA		1	2	2243.2100		<.0001
3	GHO		1	3	101.9141		<.0001
4	XGSER		1	4	8.5014		0.0035

Fuente: Elaboración propia – Software SAS

Tabla 15. Análisis del estimador de máxima verosimilitud

Análisis del estimador de máxima verosimilitud					
Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq
Intercept	1	-2.4558	0.0201	14968.3511	<.0001
ANT	1	1.3961	0.0263	2816.2460	<.0001
EDA	1	1.2272	0.0264	2160.5665	<.0001
XGSER	1	0.0778	0.0267	8.4992	0.0036
GHO	1	0.2408	0.0248	94.3525	<.0001

Fuente: Elaboración propia – Software SAS

Tabla 16. Estimadores de cocientes de disparidad

Estimadores de cocientes de disparidad;			
Efecto	Estimador del punto	Límites de confianza al 95% de Wald	
ANT	4.040	3.837	4.253
EDA	3.412	3.239	3.593
XGSER	1.081	1.026	1.139
GHO	1.272	1.212	1.336

Fuente: Elaboración propia – Software SAS

La antigüedad es una variable que aumenta en 4 veces la probabilidad de que el accidente tenga muertos / heridos si se encuentran involucrados vehículos de más de 10 años.

La edad es un factor que aumenta 3,4 veces la probabilidad de que haya gravedad en un accidente de tránsito, en otras palabras, la variable edad incrementa la probabilidad de que ocurra un accidente de tránsito grave si hay personas de entre 15 y 29 años.

La variable día / mes no presentan diferencias significativas entre sí, y no tienen incidencia en la gravedad del accidente.

La variable hora, por el contrario, puede aumentar la probabilidad de que el evento tenga un impacto grave.

### Relaciones de odds o relaciones de disparidad

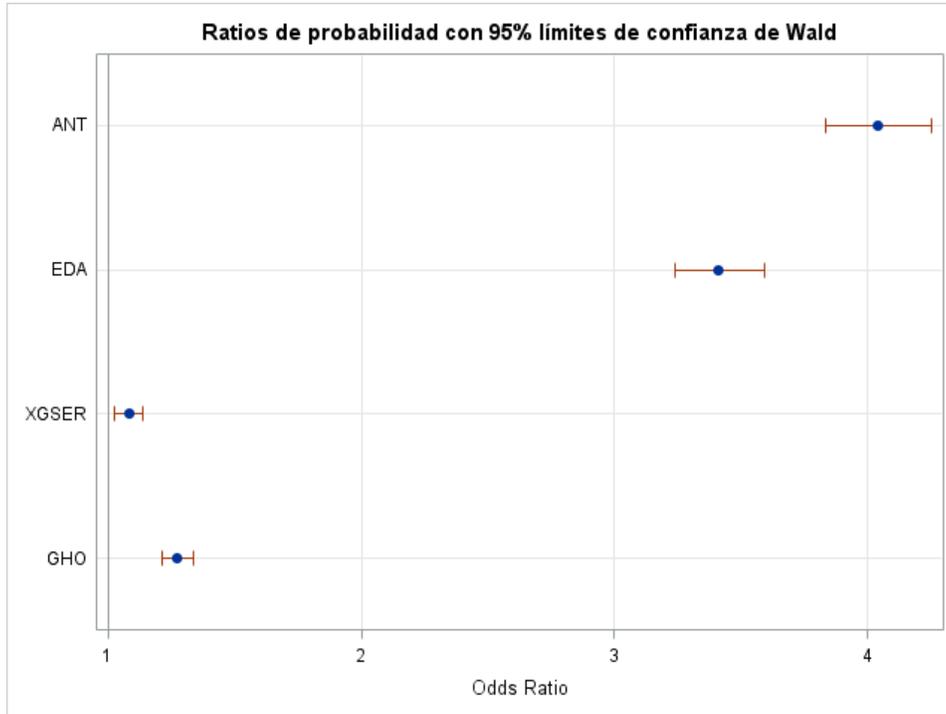


Figura 92. Ratios de probabilidad con límites de confianza de Wald

La gráfica muestra el número de veces que es más probable que ocurra el evento cuando está sometido al factor de riesgo (antigüedad, edad, servicio, hora). Los factores que no se relacionan en el diagrama, no se encuentran asociados al evento gravedad del accidente.

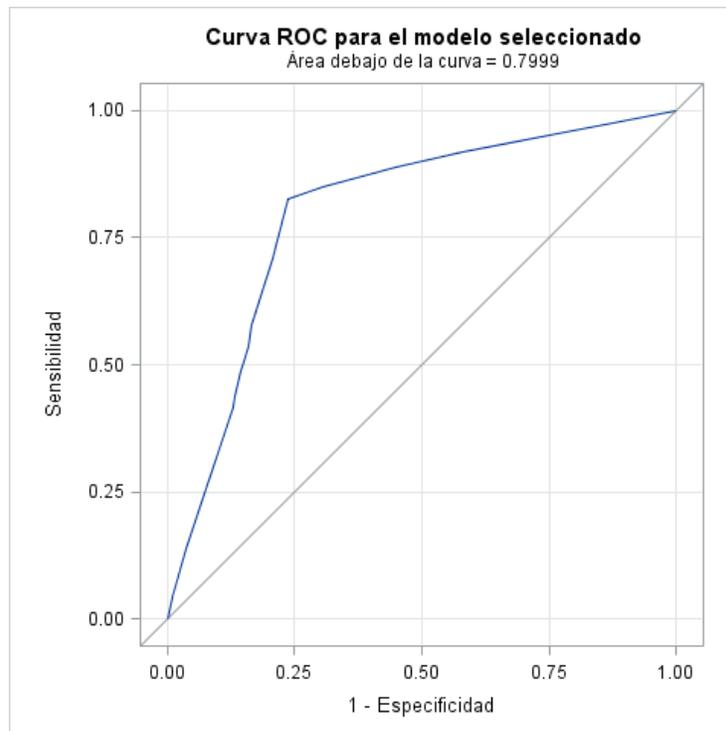


Figura 93. Curva ROC para modelo

“Receiving operating curve” sirve para evaluar la capacidad predictiva del modelo, entre más cercana a 1, el modelo tiene un mayor valor de predicción acertado. (Swets JA, 1988)

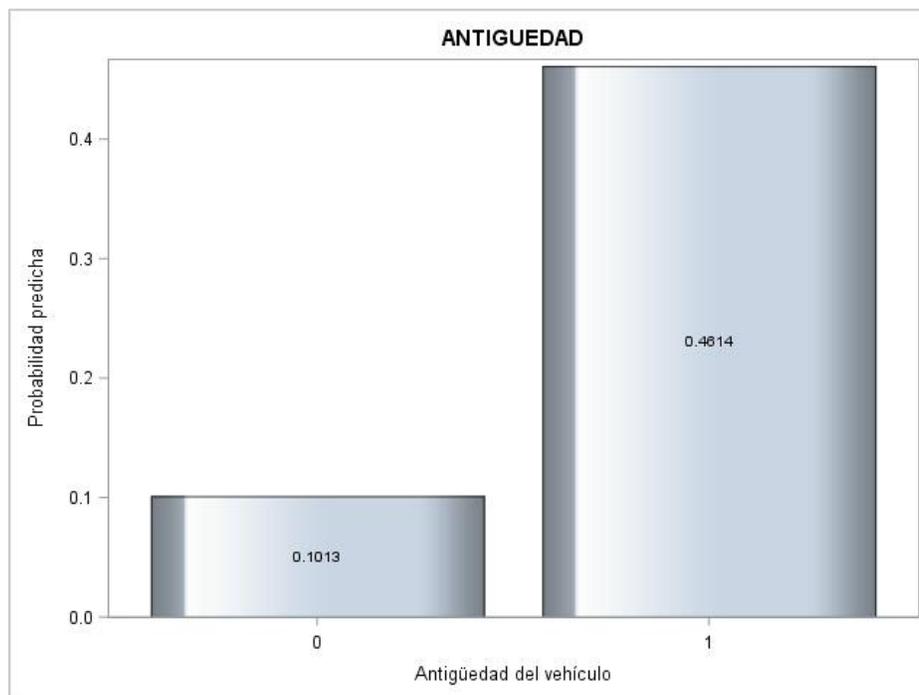


Figura 94. Probabilidades predichas

El modelo seleccionado mostró efectos de los parámetros significativos (ant, edad, gser y gho)  $P < 0.001$  y un valor de curva ROC de 0.80, lo cual de acuerdo a **Swets, 1988** corresponde a una mediana exactitud con utilidad para trabajos de predicción.

## **6.1.7 Análisis Geoestadístico**

### **6.1.7.1 Proceso de geocodificación**

Para el procesamiento de datos utilizando geoestadística fue necesario desarrollar una aplicación para obtener las coordenadas geográficas de cada uno de los registros de dirección utilizando un servicio API de google que permite realizar geo decodificación, este servicio se llama Google Maps Geocoding API el cual proporciona una forma directa de acceder a este servicio a través de una solicitud HTTP.

La aplicación creada para obtener las coordenadas geográficas fue desarrollada en el lenguaje de programación PHP cuyo detalle se encuentran en el anexo 1, esta aplicación utiliza como insumo un archivo plano con las direcciones a consultar y genera un archivo plano de salida con las direcciones y las coordenadas en dos campos, latitud y longitud.

El servicio de geocodificación Google Maps Geocoding API requiere de los siguientes parámetros obligatorios (Geocoding API, s.f.).

- Dirección: dirección a geocodificar debe ser una dirección valida y escrita en el formato utilizado por el servicio postal de cada país.
- Componentes: se puede obtener una salida de geocodificación usando Google Maps Geocoding API, aplicando filtros de componentes como ruta, localidad, área administrativa, código postal, país de forma tal que delimite la búsqueda a un área específica.
- Llave: es un identificador previamente comprado y que sirve como identificador para acceder al servicio.

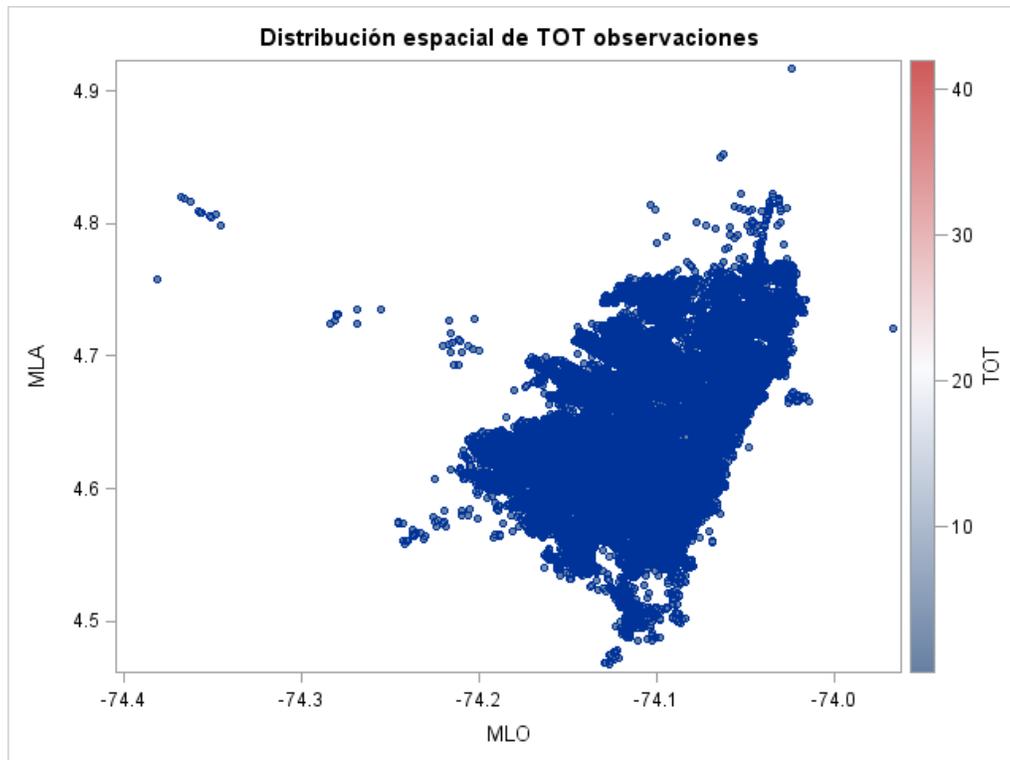
De acuerdo con los requerimientos mencionados, se extrajeron todos los registros de direcciones obtenidos de la base datos de accidentes en un archivo plano para ser procesado en la aplicación, durante este proceso fue necesario realizar varias iteraciones a fin de lograr la mayor cantidad de registros válidos pues las direcciones contenían inconsistencias en su conformación. Al final se procesaron un total de 146.838 registros de direcciones y se obtuvieron coordenadas válidas para 132.018 de ellas.

### **6.1.7.2 Análisis exploratorio de los datos**

Los datos analizados corresponden a información georreferenciada de los sitios en donde ocurrieron los eventos (Accidentes con muertos / heridos) de acuerdo con los registros de la fuente de información de la SDM. A continuación, se muestra el despliegue de los datos (el número de observaciones es de 74.377 registros) a través de un mapa de puntos para visualizar la ubicación de los accidentes en el espacio.

El mapa de datos visualiza la concentración de eventos en la zona geográfica de estudio (Ciudad de Bogotá)

La siguiente figura corresponde a la ubicación espacial en el mapa de la ciudad de Bogotá de cada uno de los puntos donde se presentó un accidente de tránsito de acuerdo con la muestra analizada.



*Figura 95. Distribución espacial del total de observaciones*

A continuación, se presenta el histograma que representa las frecuencias de intervalos de distancias entre los datos:

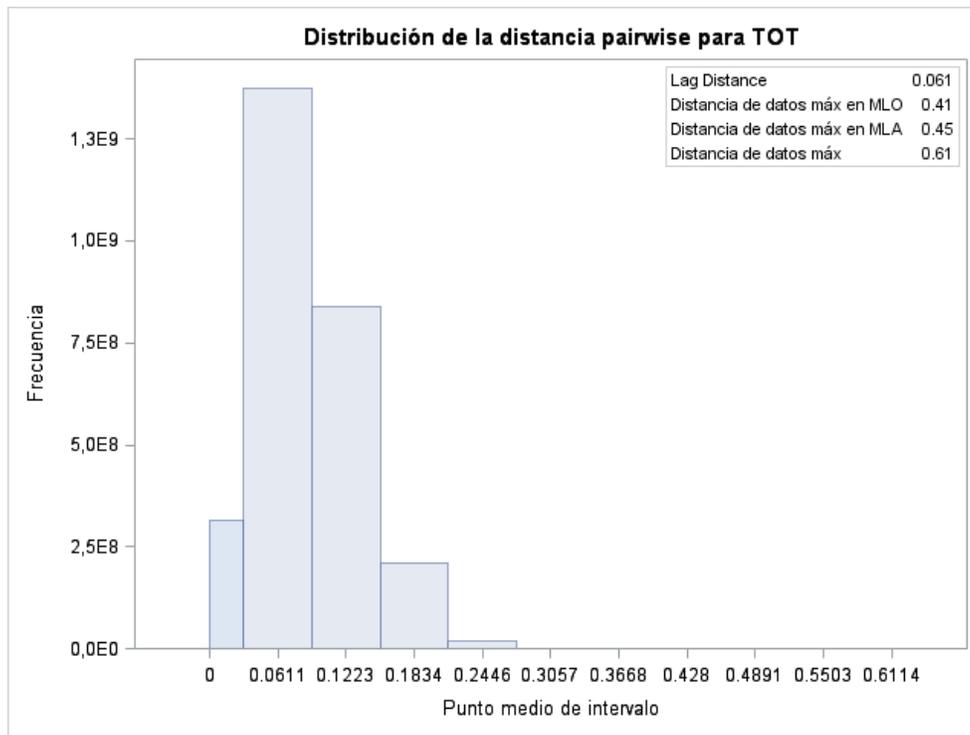


Figura 96. Histograma de frecuencia para la distribución del total de puntos

### 6.1.7.3 Análisis estructural

Estimación del variograma o semivariograma.

El semivariograma experimental se calcula mediante la suma de los cuadrados de las diferencias entre observaciones que se encuentran a una distancia.

Tabla 17. Semivariograma empírico

Semivariograma empírico			
Clase de retardo	Conteo de pares	Distancia media	Semivarianza
0	1.52E8	0.0128	0.809
1	7.97E8	0.0419	0.789
2	9.06E8	0.0792	0.822
3	5.64E8	0.1178	0.849
4	2.53E8	0.1566	0.928
5	7.24E7	0.1952	1.040
6	1.47E7	0.2341	1.067

Fuente: Elaboración propia – Software SAS

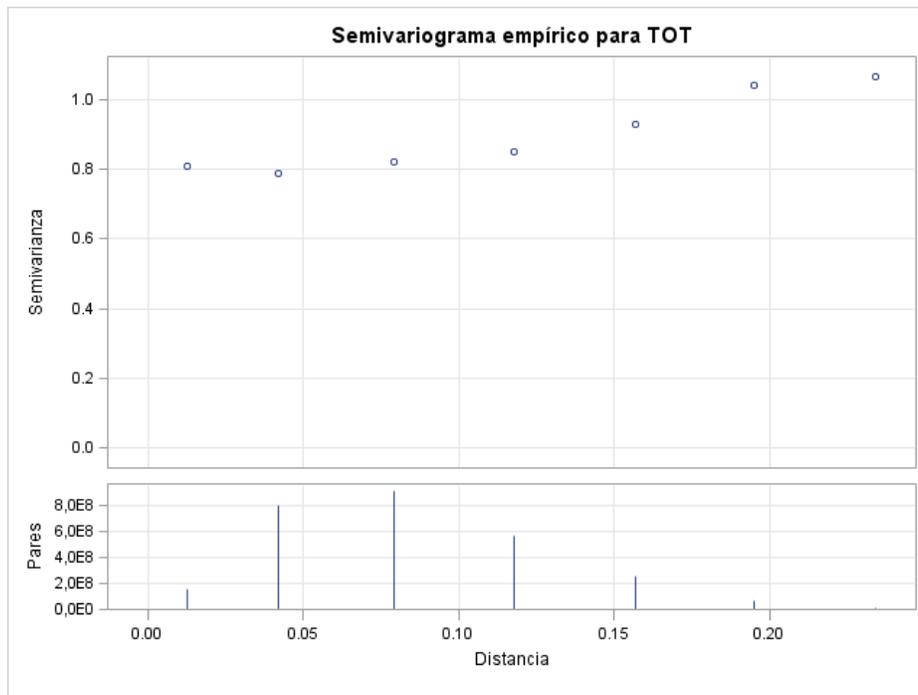


Figura 97. Semivariograma empírico

#### 6.1.7.4 Predicciones y resultados del análisis geoestadístico

Aplicando con la técnica kriging para el modelo de predicciones y utilizando 7.376 observaciones se obtiene:

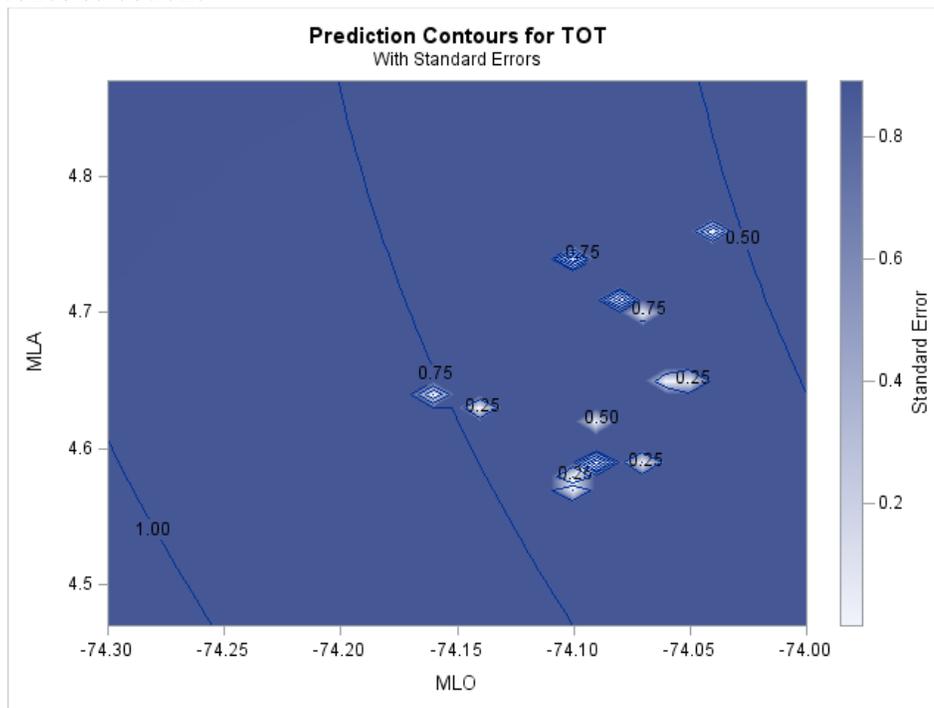


Figura 98. Concentración de puntos de accidentes graves

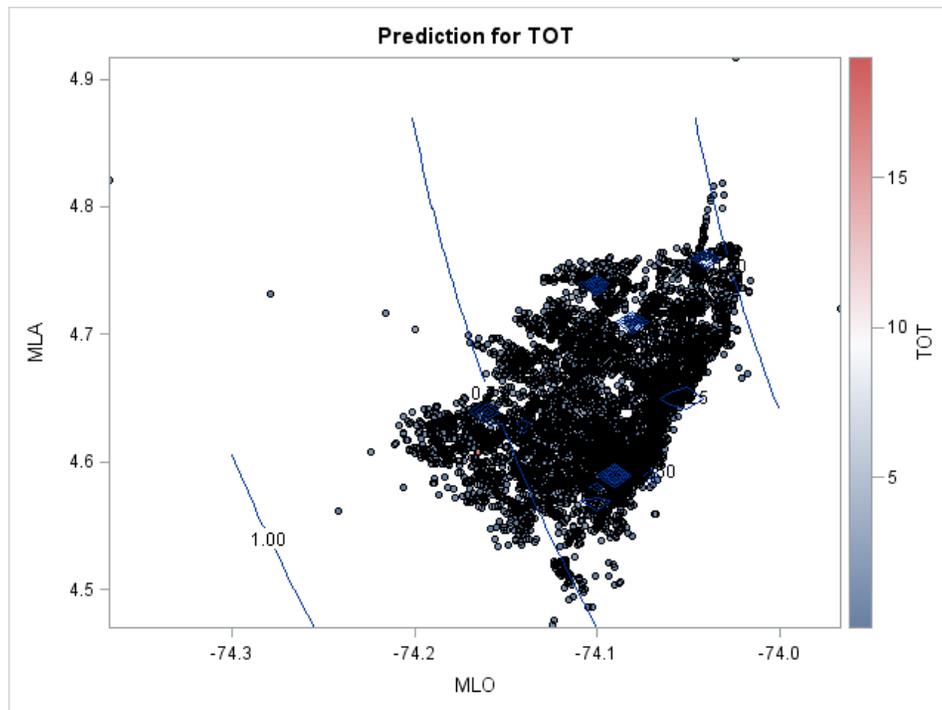


Figura 99. Concentración de puntos de accidentes graves con isólinas

El gráfico de predicción muestra los nodos de ubicación espacial con mayor índice de riesgos por muertes o heridos en un evento por accidente de tránsito en la ciudad de Bogotá.

## 6.2 Desarrollo Objetivo 2

Tomando como partida el análisis realizado en el capítulo anterior, este objetivo pretende plantear una alternativa de solución haciendo uso de tecnologías de la información para la prevención de accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá, manteniendo un enfoque de modelo de negocio que se desarrollará en el siguiente capítulo. La alternativa de solución propuesta se considerará como una fase inicial de la solución y estará enfocada en vehículos automotores de 4 ruedas.

### 6.2.1 Metodología para establecer la solución

Teniendo en cuenta el proceso de innovación desde la perspectiva de Human Centered Desing (HCD) y de acuerdo con el alcance definido, este objetivo se centrará en el desarrollo de la etapa de **ideación**, validando de acuerdo con el resultado del análisis de investigación e interpretación, que las variables que inciden en la gravedad de los accidentes de tránsito de la ciudad de Bogotá puedan ser perfectamente medibles, y controladas a través del uso de la tecnología telemática. En esta fase se considerarán otras variables que puedan agregar valor a la solución tecnológica y ampliar el desarrollo del modelo de negocio.

Posterior a ello se realizará el proceso convergencia de las diferentes alternativas de solución teniendo en cuenta la cobertura de las necesidades previamente plantadas. Al finalizar la

actividad, se analizarán las posibles opciones y se hará la selección y/o combinación de las alternativas utilizando la matriz de Pugh.

### 6.2.2 Selección de variables de la solución

Con el fin de identificar cuáles de las variables resultantes del análisis realizado en el capítulo anterior pueden ser medibles para brindar una solución tecnológica, se listó cada una de ellas describiendo los resultados del capítulo anterior a través de la siguiente matriz:

### 6.2.3 Variables relevantes del modelo de regresión logística

Tabla 18. Variables regresión logística medibles solución tecnológica

Id	Variable	Análisis Univariante	Regresión Logística	Medible	Solución
XGSER	Gravedad por tipo de Servicio (Público / Particular)	Vehículos de servicio público tienden mayor número los accidentes graves; en motos, el tipo de servicio de mayor frecuencia y gravedad corresponde a servicio particular.	Impacta la gravedad del accidente, pues si en el evento hay vehículos de servicio público hay 1,08 veces mayor probabilidad de presentarse heridos o muertos.	SI	Software
EDA	Edad	En vehículos son más graves los accidentes en adultos entre los 31 y 40 años, mientras que en motos son los adultos jóvenes entre los 20 y 30 años.	Relevante en el modelo, pues si el accidente involucra personas con edad entre los 15 y 29 años, puede ser de mayor gravedad	SI	Software
ANT	Antigüedad del Vehículo	Con respecto a la antigüedad tanto en vehículos como en motos la mayor frecuencia de accidentalidad se presenta en modelos recientes, sin embargo, para el caso de accidentes de vehículos estos accidentes son más graves en los vehículos más antiguos.	Relevante dentro del modelo, si el accidente involucra vehículos de 10 años de antigüedad o más, puede presentar mayor gravedad	SI	Software
GHO	Hora del Día	Las motos tendieron a accidentarse con mayor frecuencia en las primeras horas, Los vehículos en horas del mediodía, y los accidentes de mayor gravedad en horas de la noche, sin embargo, se presentaron picos altos de muertes a las 11:00 am para vehículos y alrededor de las 6:00 am para motos.	Relevante en el modelo, si el accidente ocurre en horas de la noche entre las 6:00 pm y las 6:00 am tiende a ser un accidente grave 1,2 veces con > probabilidad de causar muertos o heridos	SI	Software

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.4 Variables relevantes del análisis geoestadístico

Tabla 19. Variables análisis geoestadístico medibles para solución tecnológica

Id	Variable	Análisis Univariante	Geoestadística	Medible	Solución
MLA	Latitud		Se definen zonas con mayor probabilidad de riesgo de accidentes graves. **	SI	Software
MLO	Longitud				

Fuente: Elaboración propia

## 6.2.5 Definición de Necesidades

La definición de necesidades se ha dividido en dos grupos, el primero de ellos corresponde a las condiciones obtenidas como consecuencia de los resultados del análisis anterior y que serán consideradas como necesidades “elementales” en la solución; y un segundo grupo relacionado con los requerimientos “deseables” para la propuesta tecnológica.

### 6.2.5.1 Necesidades elementales

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de la solución tecnológica es ayudar a la prevención de accidentes de tránsito teniendo en cuenta las variables que resultaron relevantes dentro del modelo de regresión logística (EDA, XGSER, GHO y ANT), junto con los puntos de concentración de accidentes graves obtenidos del análisis geoestadístico (MLA y MLO), se han definido las siguientes necesidades de usuario elementales para la solución:

- Captura edad del conductor
- Captura tipo de servicio del vehículo
- Captura antigüedad del vehículo
- Captura posición del vehículo

### 6.2.5.2 Necesidades Deseables

- **Notificaciones de riesgo en tiempo real:** el conductor del vehículo debe recibir notificaciones de nivel de riesgo de acuerdo con sus características personales, las propias del vehículo y la ubicación espacial en tiempo real.

Esta funcionalidad le permitirá conocer que tan riesgoso resulta para él transitar por un lugar de la ciudad y en caso de encontrarse en una zona que represente un riesgo importante el conductor puede tomar más precauciones o buscar de abandonar dicha zona prontamente.

- **Notificaciones de fallas mecánicas:** el usuario (conductor, dueño del vehículo, interesado) debe recibir notificaciones de averías mecánicas detectadas. Si el vehículo genera algún tipo de código de falla, el dispositivo de captura OBD detecta y notifica, para tomar las acciones correctivas necesarias. La captura y alcance de la información de averías mecánicas o electro electrónicas dependerá del computador a bordo del vehículo.

- **Notificaciones de mantenimiento:** el usuario debe recibir alertas de mantenimiento regular del vehículo de acuerdo con la ficha técnica de la marca. Cada vehículo cuenta con un plan de mantenimiento diseñado por el fabricante para que los sistemas operen en óptimas condiciones. Es importante obedecer a las rutinas oportunas de mantenimiento para reducir sobrecostos por averías graves y mitigar el riesgo de sufrir accidentes por fallas de componentes del vehículo.
- **Estadísticas personales:** el conductor debe poder acceder a estadísticas de riesgo personales de acuerdo con sus características y hábitos de conducción. El conocer las estadísticas de riesgo a las cuales el conductor ha estado expuesto podría ayudar a tomar autoconciencia y a tomar mayores prevenciones en los recorridos posteriores.
- **Personalización de notificaciones:** el usuario (conductor, dueño del vehículo, interesado) debe poder personalizar las alarmas o notificaciones que desea recibir. Es importante que el usuario pueda definir cuales notificaciones desea recibir pues se sentirá más a gusto con la solución y hará un mayor uso de esta.
- **Poco espacio físico:** la solución debe usar poco espacio físico dentro del vehículo, conservando estándares de seguridad. El espacio físico que utilice la solución debe ser mínimo pues podría incomodar al conductor, alterar su concentración, ser un distractor, y estéticamente pueda que no sea agradable con el vehículo, desmotivando al usuario a ser uso de ella.
- **Facilidad de uso:** la solución debe ser de fácil instalación y de uso intuitivo, los usuarios de sentirán motivados a instalarla y usarla según la usabilidad.
- **Bajo costo:** La solución debe tener bajos costos de adquisición e implementación.

### 6.2.6 Alternativas de la solución

A continuación se listan las alternativas de solución enfocadas a satisfacer las necesidades elementales y deseables descritas anteriormente usando tecnologías de IoT.

#### - **Alternativa de solución 1: dispositivo conectividad 3G con pantalla**

Esta alternativa propone el desarrollo de una aplicación en la que a través del registro se capturan los datos de edad del conductor, modelo y tipo de servicio del vehículo, definición de ciudad, zona horaria y habilitación de GPS; lo cual permitirá cumplir con las necesidades elementales.

Con respecto a las necesidades deseables se plantea el uso de un dispositivo OBDII con ranura para la instalación de un chip de datos móviles, que estará conectado a un servicio de procesamiento de datos en la nube mediante una conexión de internet móvil y transmitirá en línea los datos de códigos de falla del vehículo cuando se presenten, los kilómetros recorridos y la ubicación.

Una vez el procesamiento sea realizado se enviarán datos de realimentación en línea, que serán mostrados mediante algún diseño de interfaz de usuario dentro del vehículo (dispositivo externo con pantalla).

- **Alternativa de solución 2: dispositivo conectividad bluetooth y App**

Esta alternativa es similar a la anterior, difiere en que no cuenta con un dispositivo externo dentro del vehículo para recibir las notificaciones en línea de la aplicación, a cambio de ello se plantea el uso de un Smartphone, y el dispositivo OBDII con conexión de tipo bluetooth en reemplazo de la ranura para instalación de un chip de servicio de datos móviles.

Las notificaciones se recibirán en una aplicación previamente instalada en el Smartphone del conductor del vehículo, el dispositivo OBDII se conectará mediante tecnología bluetooth al Smartphone, capturará los datos de los códigos de falla del vehículo cuando estos se presenten, así como los kilómetros recorridos. Se transmitirá la información recolectada junto con la ubicación de tránsito, a un servicio de procesamiento de datos en la nube mediante la conexión de internet móvil del Smartphone.

Mediante una App instalada en el Smartphone del conductor, este recibirá las notificaciones visuales y auditivas. Allí mismo podrá acceder a opciones de personalización.

- **Alternativa de solución 3: dispositivo conectividad 3G y App**

Esta alternativa es una combinación de las dos anteriores, la captura de datos para las necesidades elementales se realiza de la misma manera (durante el registro en la aplicación), donde el dispositivo OBDII estará conectado a un servicio de procesamiento de datos en la nube mediante una conexión de internet móvil y transmitirá en línea los datos de códigos de falla del vehículo cuando estos se presenten, los kilómetros recorridos y la ubicación.

Una vez procesados los datos y mediante la App instalada en el Smartphone del conductor, este recibirá las notificaciones visuales y auditivas. Allí mismo podrá acceder a opciones de personalización,

### **6.2.7 Selección de la alternativa**

Para la selección de la alternativa se utilizó la matriz de Pugh y la alternativa de solución denominada “Dispositivo OBD2 + Datos Móviles + Pantalla” se seleccionó como alternativa referencia por tratarse de la más completa de acuerdo con las necesidades planteadas para la solución.

Una vez seleccionada la solución referencia se valoraron las alternativas restantes, resultando con mejor puntuación la alternativa “Dispositivo OBD2 + Bluetooth + App” con un puntaje de 2, como se observa en la matriz de la tabla 12.

Tabla 20. Matriz de Pugh para alternativas de solución

	Alternativas de solución		
	Dispositivo OBD2 + Datos Móviles + Pantalla	Dispositivo OBD2 + Datos Móviles + App	Dispositivo OBD2 + Bluetooth + App
Notificaciones de riesgo en tiempo real	0	0	0
Notificaciones fallas mecánicas	0	0	0
Notificaciones de Mantenimiento	0	0	0
Estadísticas Personales	0	0	0
Personalización de notificaciones	0	0	0
Poco espacio	0	+	+
Facilidad de Uso	0	0	0
Bajo Costo	0	+	++
Suma de +	0	2	3
Suma de 0	0	5	5
Suma de -	0	0	0
Puntaje	0	2	3
Rango	0	2	1

Fuente: Elaboración propia

## 6.2.8 Componentes de la Solución

### Fuentes Externas:

La solución consumirá datos de varias fuentes para realizar el cálculo de estimación de riesgo de cada uno de los usuarios, estas fuentes de datos son las siguientes:

- BD SDM: de esta fuente de datos se recopilará información de los vehículos y personas involucradas en cada accidente de tránsito reportado, estos datos permitirán recalcular periódicamente el comportamiento de los accidentes en la ciudad de Bogotá y realizar nuevas estimaciones de riesgo.
- BD RUNT: esta fuente de datos permitirá mediante la Placa obtener los datos detallados de las características de cada vehículo.

### Registro en APP

Adicional a las fuentes de datos externas también se capturará información de los conductores mediante registro en la APP lo cual permitirá realizar estimaciones de riesgo de acuerdo con sus características personales y las propias de su vehículo.

Los siguientes serán los datos que se solicitarán de forma mandatoria durante el registro de la aplicación:

- Nombres
- Apellidos
- Edad
- Marca vehículo
- Modelo vehículo
- Tipo de servicio del vehículo
- País
- Ciudad
- Zona horaria
- Correo electrónico

### ***Dispositivo OBD***

Otra fuente de datos es el dispositivo de captura OBD que se instalará en cada vehículo asociado. Con este dispositivo se realizará la captura de los códigos de error del vehículo, los cuales cuando sean detectados se notificarán al usuario para que éste tome las medidas correctivas necesarias; de igual modo, se obtendrá la cantidad de kilómetros recorridos para que al cruzar con la ficha técnica del vehículo se permita enviar notificaciones de los mantenimientos preventivos a realizar.

Adicionalmente como el dispositivo contará con módulo GPS, permitirá obtener la ubicación del vehículo y a su vez notificar al usuario el ingreso a una zona de mayor riesgo, a fin de que se tomen mayores precauciones al momento de transitar por ella.

### **Trasmisión de Datos**

La trasmisión de datos entre el dispositivo OBD y la aplicación de procesamiento de datos se realizará usando internet móvil, de este mismo modo se realizará el envío de notificaciones al usuario.

Para las fuentes de datos externas se realizarán mediante internet utilizando conexiones a servicios web ofrecidas por los terceros.

### **Procesamiento**

Para el procesamiento en tiempo real de las fuentes de datos se propone utilizar tecnología de BigData en la nube por el volumen de datos y por tratarse de un servicio web.

## Representación gráfica de la solución:

En las figuras 100 y 101 se observa la representación gráfica de cómo funcionaría la solución propuesta con cada uno de sus componentes.

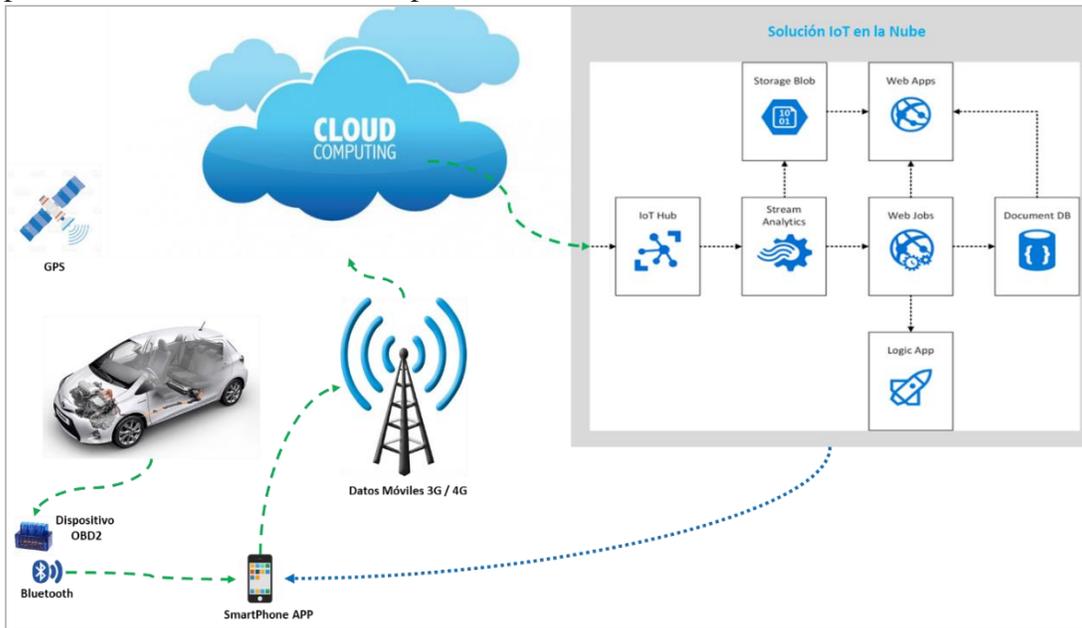


Figura 100. Representación gráfica solución propuesta con conexión Bluetooth

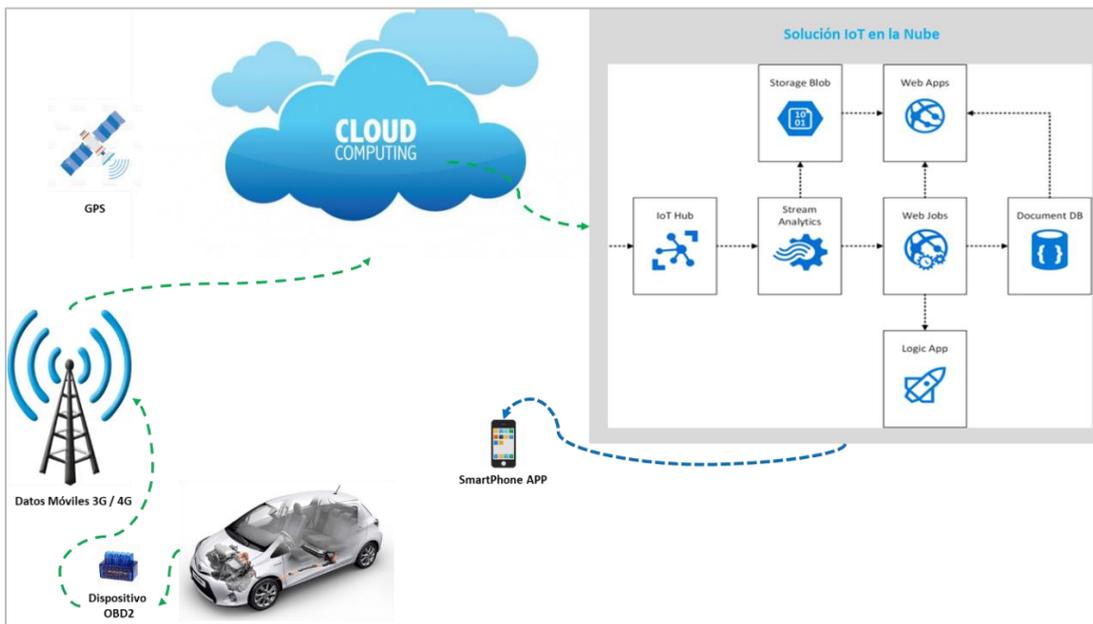


Figura 101. Representación gráfica solución propuesta con conexión 3G/4G

### 6.2.8.1 Servicios de valor agregado a la solución

Los servicios de valor agregado son aquellos servicios que pueden ser utilizados para crear valor a otros interesados en la solución, y serán fuente de ingresos en el modelo de negocio proyectado (este numeral se ampliará en el siguiente capítulo).

Con el análisis de los datos capturados se podrían ofrecer paquetes de información útiles a compañías del sector automotriz, sector asegurador, talleres de reparación y/o entidades públicas.

En el caso del sector asegurador es común que cada compañía realice sus propios estudios actuariales para determinar el nivel de riesgo de sus clientes, teniendo en cuenta variables demográficas, lugares de tránsito, características de los vehículos, entre otras; sin embargo estos complejos modelos no consideran todas las variables que intervienen en la accidentalidad, por lo que resultaría interesante contar con información extra en tiempo real acerca del estado del vehículo y hábitos de conducción de los asegurados.

Para algunas marcas automotrices, talleres de reparación y de servicios posventa, también podría resultarles útil tener la información acerca del estado real de los vehículos, monitoreando necesidades de mantenimiento y ofreciendo sus servicios de manera oportuna y ágil.

En materia de seguridad y movilidad, a las autoridades competentes les sería muy útil obtener información en tiempo real de la ubicación de un accidente, recopilar información veraz de los eventos, hacer seguimiento a siniestros por hurtos, reducir los tiempos de atención entre otras.

Estos servicios, si bien están contemplados para generar viabilidad económica de la solución, también son componentes que podrían incidir positivamente en el comportamiento de la accidentalidad generando cultura preventiva y de autocontrol.

En la siguiente tabla se relacionan los servicios identificados que pueden ser ofrecidos con los datos capturados y tratados.

*Tabla 21. Servicios de valor agregado*

<b>Servicios de Valor Agregado</b>			
<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Interesado</b>
<b>1</b>	<b>Scoring de Riesgo personalizado</b>	De acuerdo con las variables capturadas, estimar un factor de riesgo que le sea útil a las aseguradoras para iniciarse en modelos de seguros telemáticos.	Asegurador
<b>2</b>	<b>Rastreo Vehicular</b>	En eventos de robo de vehículos brindar acceso a la ubicación o última ubicación reportada del vehículo.	Asegurador Sector Privado Particulares

3	Tracking Eventos del Vehículo	El tracking de eventos del vehículo puede ser utilizado por las aseguradoras dentro de la investigación de siniestros	Asegurador
4		El tracking de eventos del vehículo puede ser utilizado por los talleres de reparación para ofrecer servicios posventa	Sector automotriz Talleres de Servicio Concesionarios
5	Flujo Vehicular x Zonas	Para estudios comerciales se puede brindar información sobre las zonas y horarios de mayor flujo de vehículos.	Comercio en General

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.9 Resultados de la propuesta de la solución IoT

- Se determinó que todas las variables requeridas dentro de las necesidades elementales tanto como en las necesidades deseables pueden ser medibles mediante herramientas de IoT, como por ejemplo la edad del conductor que puede ser capturado mediante una solución de software, o las fallas de error del vehículo mediante un dispositivo OBDII.
- Resulta posible plantear una propuesta de solución tecnológica teniendo en cuenta que las variables a intervenir pueden ser capturadas y tratadas usando IoT, de forma tal que integre componentes de software como una aplicación para Smartphone y componentes de hardware como el dispositivo de captura de códigos de error del vehículo.
- Para la medición de variables elementales obtenidas del análisis de regresión logística y geoestadística no es necesario el uso de dispositivos OBD, este dispositivo se plantea para variables de valor agregado a la solución.

## 6.3 Desarrollo Objetivo 3

### 6.3.1 Caso de estudio para construcción del modelo de negocio

Hasta aquí se han evaluado las variables que impactan en la gravedad de los accidentes de tránsito de acuerdo con los registros de la SDM y con base en ello se ha estructurado una solución tecnológica, lo cual se convierte en instrumento para definir un modelo de negocio evaluando económicamente el proyecto de su implementación.

### 6.3.2 Construcción del modelo de negocio

De acuerdo con el marco teórico se trabajará en las fases de *comprensión*: investigación y análisis de los elementos necesarios para el diseño y *diseño*: convertir la información de la fase de comprensión en el prototipo del modelo de negocio.

### 6.3.2.1 Análisis de Entorno

Parte fundamental de la fase de comprensión es el análisis del entorno a nivel estratégico sobre el cual se basará el modelo de negocio. Para ello se utilizará la herramienta estratégica análisis de entorno (Osterwalder y Pigneur, 2010).

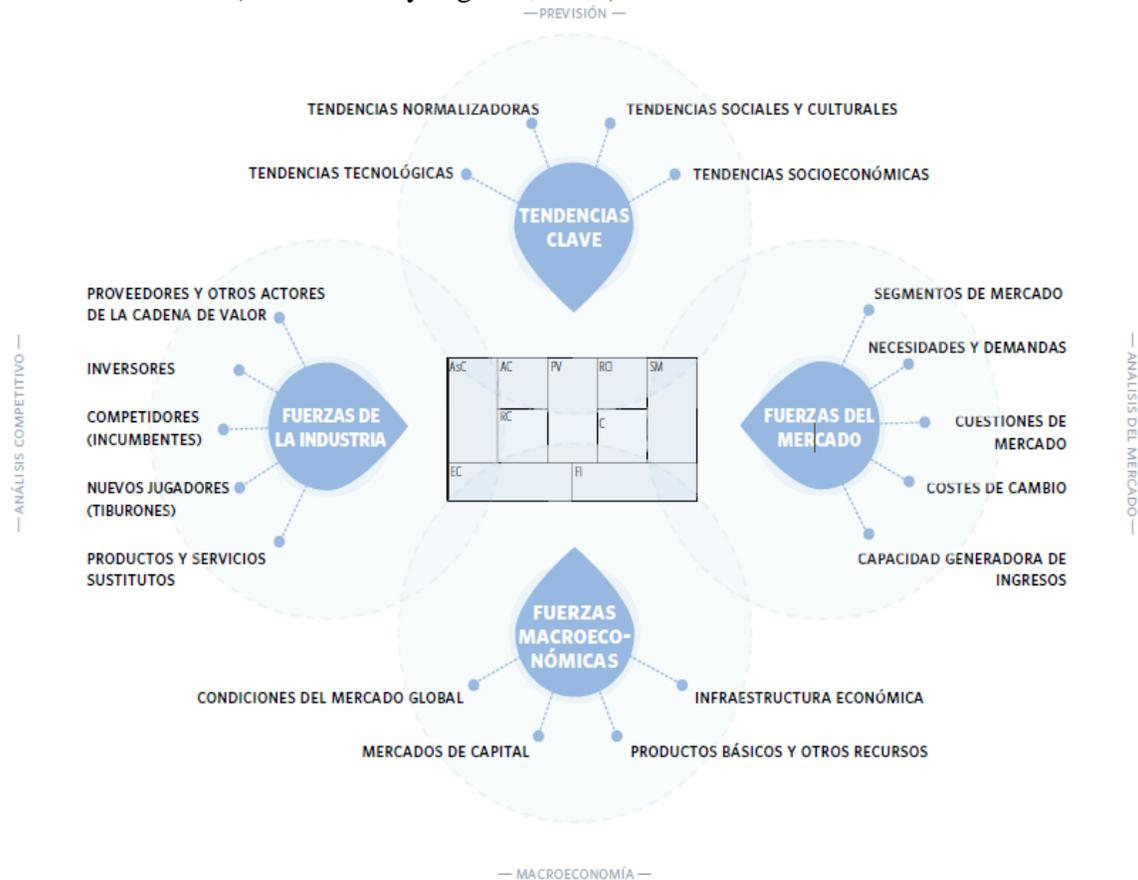


Figura 102. Representación gráfica análisis del entorno

#### 6.3.2.1.1 Fuerzas de la industria

Las fuerzas de la industria (*grupo de empresas que elaboran un producto o servicio similar*) provienen del enfoque de Porter, una autoridad en materia de estrategia competitiva, quien sostiene que una organización se interesa mucho por la intensidad de la competencia de su industria y este nivel está determinado por fuerzas competitivas básicas: la amenaza de nuevos entrantes, el poder de negociación de los compradores, el poder de negociación de los proveedores, la amenaza de bienes o servicios sustitutos y los competidores de la industria.

Para analizar cuidadosamente la industria del Software y Servicios de TI en Colombia se presenta el enfoque de Porter

### **6.3.2.1.2 Enfoque de Porter para el análisis de la industria del IoT en Colombia**

#### **6.3.2.1.2.1 Amenaza de nuevos participantes**

Los nuevos participantes de una industria por lo general aportan nuevas capacidades, su deseo por ganar mayor participación en el mercado y recursos importantes. La amenaza de su ingreso depende de la presencia de barreras de entrada y de la reacción que se espera de los competidores existentes.

Los requerimientos de capital: son una barrera de entrada en la industria por la necesidad de invertir enormes recursos financieros en el desarrollo de la solución tecnológica planteada.

Los costos de cambio: pueden ser una barrera de entrada, si remplazar las soluciones tecnológicas ya establecidas en el mercado genera un alto costo de transición.

La amenaza de nuevos entrantes podría considerarse de **NIVEL MEDIO**, si bien en la actualidad no se tiene conocimiento de empresas en Colombia que ofrezcan un servicio idéntico, por tratarse de tecnologías de software y servicios de TI organizaciones con gran músculo técnico-financiero pueden ingresar al medio.

#### **6.3.2.1.2.2 Poder de negociación de los compradores**

Los compradores afectan a una industria a través de su capacidad para reducir los precios, exigir mayor calidad, mayor volumen y enfrentar a competidores entre sí. La industria del IoT para la solución tecnológica en análisis, podría tener un grupo de compradores con **NIVEL ALTO** de poder de negociación:

Las compañías aseguradoras, el sector automotriz u otros interesados adquirirían una gran cantidad del servicio.

Por tratarse de clientes tipo B2B y compañías internacionales con fortaleza técnica-financiera, tendrían la alternativa de integrarse hacia atrás fabricando el producto por sí mismos o traer el desarrollo de sus países de origen de forma rápida.

#### **6.3.2.1.2.3 Poder de negociación de los proveedores**

Los proveedores afectan a una industria a través de su capacidad para aumentar los precios o reducir la calidad de los bienes o servicios adquiridos. Entre los proveedores clave de la solución propuesta se encuentran:

- Proveedores de tecnología IoT Cloud (Microsoft – Azure, Amazon – Amazon Web Services)
- Proveedores de Dispositivos OBD
- Proveedores de Telecomunicaciones (Claro, Movistar, Tigo)

Se considera como una fuerza de **NIVEL BAJO** pues no existe un único proveedor para cada segmento, hay productos sustitutos fácilmente disponibles, adicionalmente el sector de tecnología IoT es la industria en auge en Colombia y por ende puede brindar precios favorables y escalables en la medida que se incremente el uso.

#### **6.3.2.1.2.4 Rivalidad entre competidores de la industria**

En la mayoría de las industrias las organizaciones dependen unas de otras, se espera que una acción competitiva produzca un efecto entre los competidores y origine en otros esfuerzos por contrarrestar dichas actuaciones. Según Porter, la competencia intensiva se relaciona con la presencia de varios factores: el número de competidores, la tasa de crecimiento en la industria, las características del bien o servicio, la capacidad, las barreras de salida, los costos fijos y la diversidad de los rivales.

Algunos elementos para determinar la rivalidad en la industria de IoT:

- Existen competidores en la industria con soluciones de similares características
- Hay una tasa de crecimiento rápido en la industria, compañías de telecomunicaciones y grandes jugadores están desarrollando esta línea de negocio.
- Las barreras de salida son bajas en la industria, no hay estudios contundentes o una caracterización específica del sector que mida una eventual deserción.
- Hay organizaciones con fuertes aliados y alta capacidad para desarrollar soluciones de IoT
- Teniendo en cuenta los segmentos de mercado en los que se pretende participar (industria automotriz, sector asegurador y entidades oficiales) algunos de los actores principales son: Solutek, Ar-Smart, Identidad Technologies, Zebra Technologies, Claro, Telemetrik, entre otros.

#### **6.3.2.1.2.5 Amenaza de servicios sustitutos**

Un servicio o bien sustituto, es aquel que parece ser diferente, pero podría satisfacer la misma necesidad que otro. De acuerdo con Porter “lo sustitutos limitan los rendimientos potenciales de una industria al colocar un techo a los precios que las empresas que operan en ella pueden cobrar de manera rentable”, lo que quiere decir que en la medida en que los costos de cambio sean bajos, los bienes sustitutos podrían producir un fuerte efecto en la industria.

Actualmente no se tiene información de un producto que cumpla estrictamente con los servicios ofrecidos por la solución tecnológica propuesta, sin embargo, hay algunos dispositivos que capturan datos en el ejercicio de la conducción de vehículos automotores de 4 ruedas, con sitios web y aplicaciones móviles para visualizar la información recolectada. Con lo anterior se determina que la amenaza de servicios sustitutos es de **NIVEL BAJO**.

### 6.3.2.1.2.6 Fuerzas que impulsan la competencia en la industria de IoT

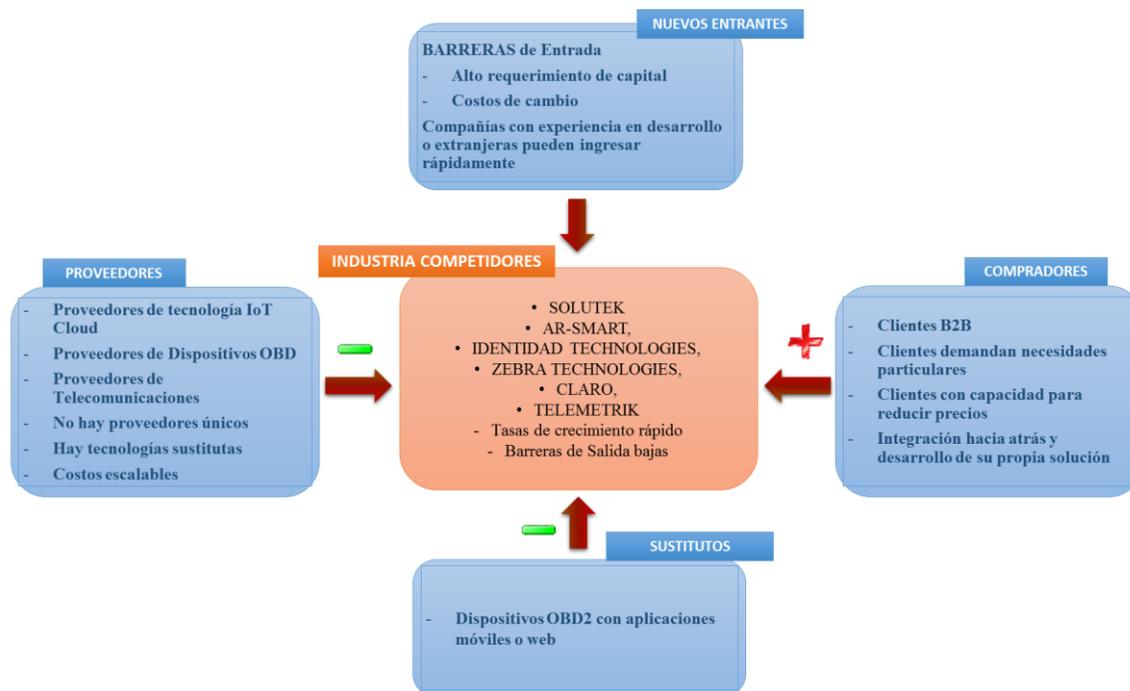


Figura 103. Análisis de fuerzas modelo Porter

### 6.3.2.1.3 Tendencias de la industria

El Internet of Things (IoT) se ha convertido rápidamente en una de las expresiones más familiares, y quizás las más publicitadas a través de negocios y tecnología. Los dispositivos conectados, cambiarán drásticamente la forma de interacción actual de las personas con las computadoras, de esto deriva la producción de nuevos datos provenientes de dispositivos conectados proyectando nuevos servicios, una mejora en la eficiencia de las respuestas al cliente y modelos de negocios más competitivos.

De acuerdo con el ciclo de sobre expectativa de Gartner<sup>7</sup> para tecnologías emergentes en 2017, hay 3 mega tendencias tecnológicas: la inteligencia artificial, experiencias inmersivas de forma transparente y plataformas digitales.

Las plataformas de IoT ya han pasado por la primera fase, o fase de lanzamiento, se encuentran en la fase de pico de “expectativas sobredimensionadas” y se espera que lleguen a la fase de “meseta productiva” (cuando sus beneficios puedan ser demostrados, y la tecnología se vuelva cada vez más estable) en un plazo de 2 a 5 años.

<sup>7</sup> Es una representación gráfica de un patrón común que surge con cada nueva tecnología u otra innovación. Cada año, Gartner crea más de 90 Hype Cycles en varios dominios como una forma para que los clientes sigan la madurez tecnológica y el potencial futuro. Las cinco fases en el ciclo son el disparador de la tecnología, el pico de las expectativas infladas, el valle de la desilusión, la pendiente de la iluminación y la meseta de la productividad.

En la figura 104 se muestra “The Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017”:

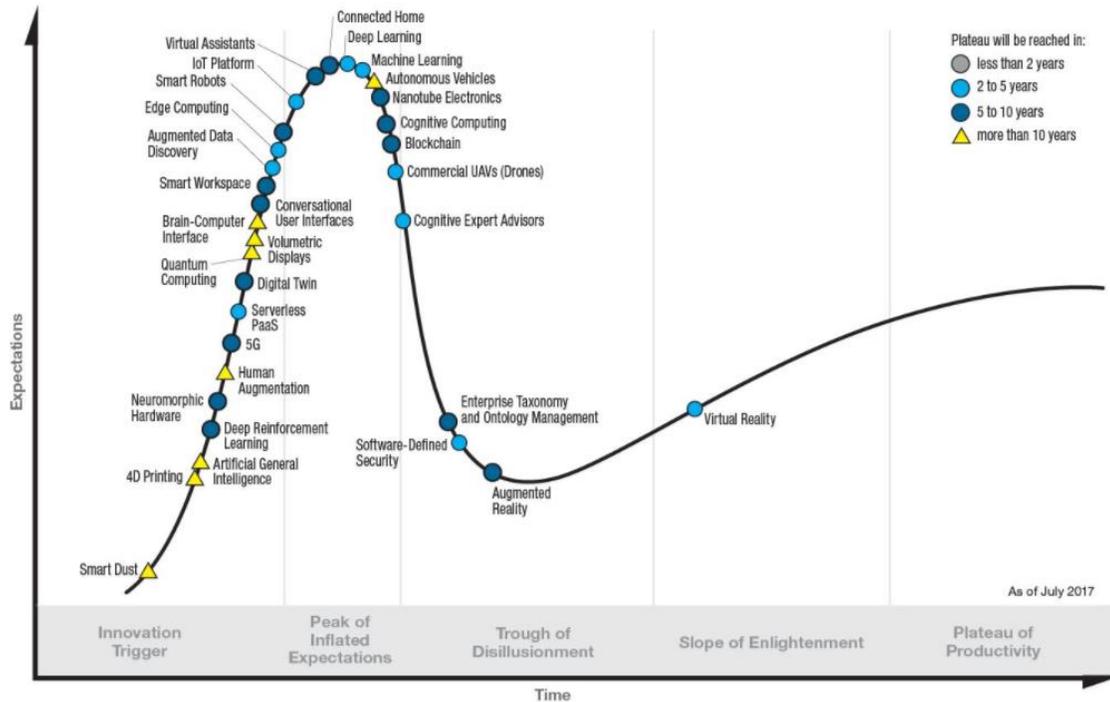


Figura 104. “The Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017”:

Dentro de las tendencias de la industria para el IoT, la primera y más importante de ellas es el crecimiento de la cantidad de equipos y dispositivos que año tras año mejoran su tecnología para poder ser parte de la red. Según cifras de Cisco IBSG el número de dispositivos conectados por persona se muestra en el siguiente gráfico:

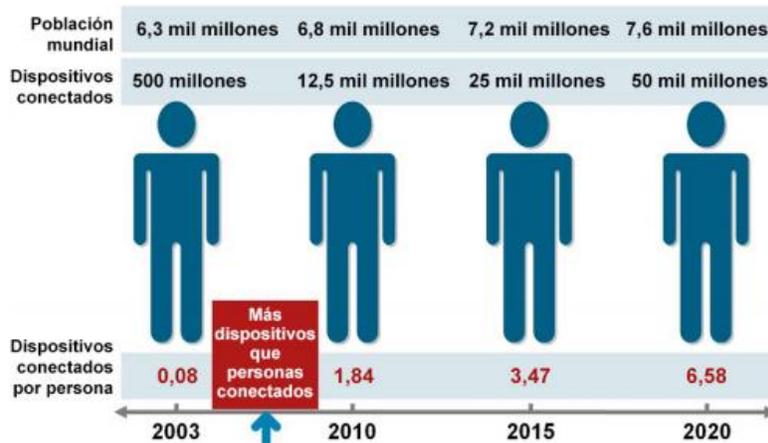


Figura 105. Gráfica dispositivos conectados por persona

De acuerdo con un estudio elaborado por ERICSSON, entre el 2015 y 2021 se espera que se presente un crecimiento a una tasa anual compuesta de crecimiento (CAGR) del 23 %, lo que representa cerca de 16 mil millones de equipos listos para IoT de un total de 28 mil millones de dispositivos conectados para el año 2021.

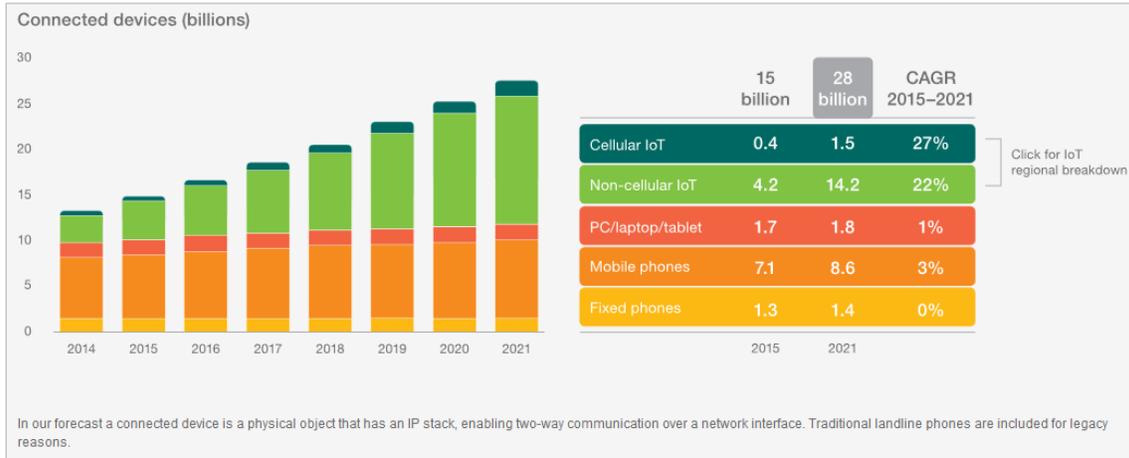


Figura 106. Tendencia dispositivos conectados a 2021

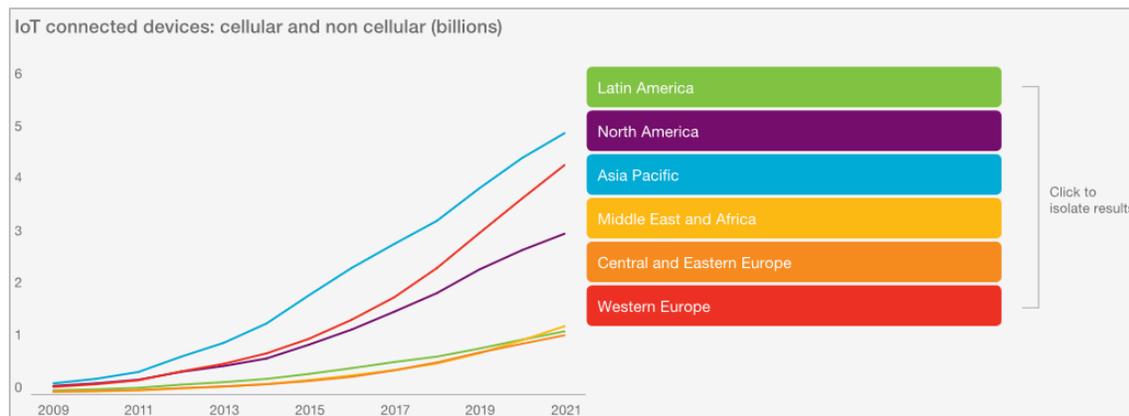


Figura 107. Tendencia dispositivos conectados a 2021 por ubicación geográfica

(Ericsson, s.f.)

No solamente se proyecta a smartphones, también incluye otros dispositivos, lo que hace atractivo el desarrollo de esta industria.

Unido a este crecimiento, también se presentan nuevas tendencias de conexión, desarrollo de protocolos, dominios y aplicaciones necesarias para ir más allá del M2M<sup>8</sup> a conexión avanzada de dispositivos, sistemas y servicios.

Derivado de las tendencias de fabricación de dispositivos preparados para IoT, se presenta la gran cantidad de información que estos van a manejar, por lo que se presentará un incremento de necesidad de transmisión de datos y de análisis de los mismos, reflejado en el soporte a la producción y el servicio al cliente. Una integración de IoT con BIG DATA.

<sup>8</sup> Machine To Machine

Actualmente INTEL, ha desarrollado las placas GALILEO y EDISON, con el fin de recolección de datos de diversos sensores para aplicaciones del público en general. La importancia del análisis y uso de BIG DATA para la toma de decisiones de las empresas hace ver otro campo de acción en esta industria y es que como lo refleja la gráfica siguiente, muchas de los principales grupos industriales dan prioridad a el análisis de datos para evaluar su funcionamiento, desempeño o cambio de estrategias.

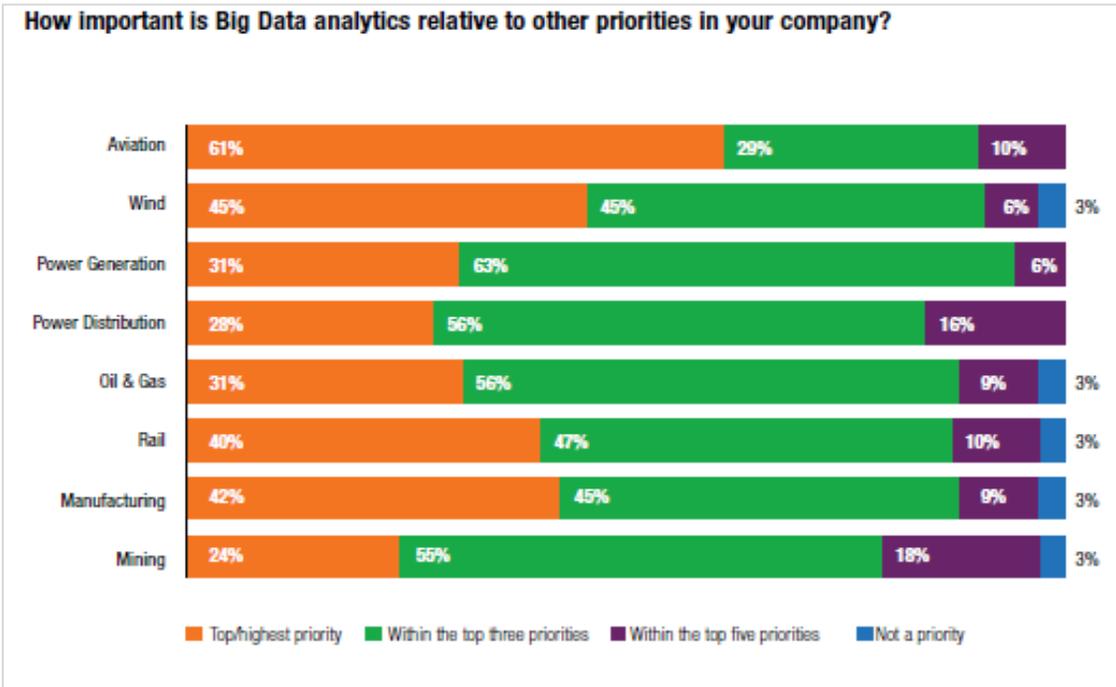


Figura 108. Importancia de BigData en las industrias

(Accenture, 2015).

Otra tendencia de la industria aparece debido al incremento de aplicaciones industriales de automatización, proyectada a la disminución de costos, mejorando el manejo de desviaciones en tiempo real respecto a resultados y objetivos, lo cual permite elaborar requerimientos más exactos como cliente y mejorar la respuesta y exactitud como proveedores. Dispositivos y sensores económicos conectados a otros más complejos como turbinas, motores, o plantas, entre otros, permitirán a las cadenas de suministro correr en forma más eficaz gracias al manejo de BIG DATA.

La tendencia del incremento de desarrollo de App de la mano con la implementación de IoT, ya están generando ingresos, otras estadísticas muestran los porcentajes de industrias claves para el desarrollo de aplicaciones hacia IoT; hogares inteligentes 19 %, wearables 13 %, automotriz 11 % y deportes / acondicionamiento físico 11 % quedando el sector público en un 4 %, entre otras.

El panorama luce esperanzador para quienes apuestan por el IoT, sin embargo, también hay brechas a analizar y por qué no transformarlas de amenazas a oportunidades; uno de estos aspectos proyectados como amenazas y que también pueden ser tendencias durante el

desarrollo de IoT es lo concerniente a la seguridad, la privacidad y manejo de datos, los retos más importantes en el desarrollo de esta industria.

Gartner Inc. espera ver 20 mil millones de cosas conectadas a Internet para el año 2020. Estos artefactos no son dispositivos de propósito general, como teléfonos inteligentes y PC, sino objetos con funciones especiales, como máquinas expendedoras, motores a reacción, automóviles conectados y un sinnúmero de Otros ejemplos. El IoT tendrá un gran impacto en la economía al transformar muchas empresas en empresas digitales y facilitar nuevos modelos de negocios, mejorar la eficiencia y aumentar el compromiso de los empleados y los clientes (Gartner Inc).

### 6.3.2.2 Modelo de negocio propuesto

En la siguiente figura se muestra el modelo de negocio propuesto de acuerdo con la solución tecnológica planteada.

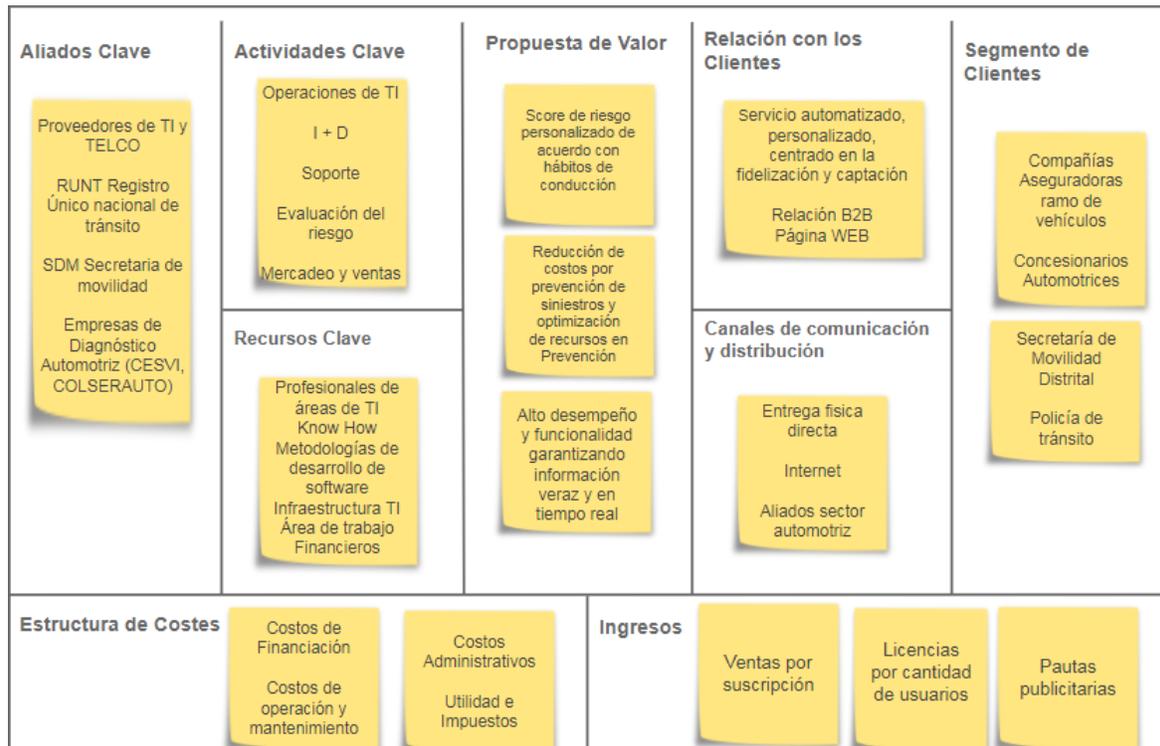


Figura 109. Lienzo modelo de negocio propuesto

#### 6.3.2.2.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor apunta a tres elementos puntuales:

- La novedad, un score personalizado de los usuarios de acuerdo con sus hábitos de conducción y teniendo en cuenta las variables que inciden en el impacto de accidentes de tránsito.
- La reducción de costos

- El alto desempeño y la funcionalidad

#### **6.3.2.2.2 Segmento de clientes**

Los clientes seleccionados para la solución tecnológica son:

- Compañías aseguradoras en el ramo de vehículos
- Concesionarios automotrices
- Policía de tránsito y transporte de la ciudad de Bogotá
- Secretaria distrital de movilidad

#### **6.3.2.2.3 Canales de distribución**

Los canales elegidos son: propios, y a través de compañías que están al final de la cadena productiva del sector automotriz (comercialización, reparación y servicios posventa), contemplando las siguientes fases:

- Conciencia: cómo se enteran los clientes de la aplicación tecnológica.
- Evaluación: cómo ayudamos a los clientes a evaluar la solución y adaptarla a sus requerimientos.
- Compra: cómo ayudamos al cliente a acceder a los servicios.
- Envío: cómo asegurar que la infraestructura del cliente reciba la propuesta de valor
- Posventa: cómo garantizar el soporte posventa, la fiabilidad y disponibilidad de la solución.

#### **6.3.2.2.4 Relación con los clientes**

La relación con los clientes será Business to Business, por medio de servicio automatizado o personalizado

#### **6.3.2.2.5 Fuente de ingresos**

El flujo de ingresos del modelo provendrá de tres esquemas principalmente: ventas por suscripción / licencias por cantidad de usuarios o pautas publicitarias.

#### **6.3.2.2.6 Recursos clave**

Los recursos fundamentales para entregar la propuesta de valor se encuentran discriminados en las siguientes categorías:

- Físicos
  - o Toda la infraestructura tecnológica
    - Software para diseño y desarrollo
    - Software Office
    - Hardware
    - ERP
    - Redes de telecomunicación
  - o Áreas de trabajo
- Intelectuales

- Know How: conocimiento de la industria y del desarrollo Core del negocio
- DB Accidentes de tránsito RUNT
- Metodologías, procedimientos y estándares para el desarrollo de la solución.
- Humanos
  - Director de proyecto
  - Ingeniero de documentación
  - Desarrollador líder de proyecto (Senior)
  - Back desarrollador (Medio)
  - Desarrollador front (Interfaz)
  - Diseñador gráfico
  - I + D ingeniero (Innovation)
  - Ingeniero financiero
  - Ejecutivo comercial especializado (Customer)
  - Científico de datos
- Financieros
  - Líneas de crédito
  - Capital de trabajo
  - Capital social - aporte de socios
  - Utilidades retenidas

#### **6.3.2.2.7 Actividades clave**

Las actividades consideradas clave en el modelo son:

- Servucción: todas las operaciones de TI para desarrollar la aplicación y ajustarla a las necesidades particulares de los clientes
- I+D: estrategia funcional que se ocupa de la innovación, la escalabilidad y adaptación a nuevas tecnologías
- Mercadeo y ventas
- Evaluación del riesgo: actividad para evaluar las metodologías y modelos usados como base en el algoritmo de la solución.
- Soporte: servicio de posventa, crítico en soluciones con disponibilidad 24 7

#### **6.3.2.2.8 Alianzas clave**

Los aliados clave considerados en el modelo son:

- Proveedores de servicios de tecnologías de la información y telecomunicaciones
- Organizaciones oficiales**
- La SDM, si bien puede verse en el modelo como cliente, es un aliado que permite acceder al registro de los accidentes de tránsito de la ciudad.
- El RUNT, quien permite acceder a la información del parque automotor registrado en la ciudad
- Alianzas con empresas no competidoras, que permitirían ser canal de distribución y comercialización de la solución. (Caso Waze, Tappsi, Uber...)

### 6.3.2.2.9 Estructura de costos

La estructura de costos del modelo planteado comprende:

- Costos Financieros
  - o Interés por apalancamiento de terceros
  - o Cuatro por mil
  - o Otros gravámenes
- Impuestos
  - o Renta
  - o CREE
  - o Industria y comercio
- Costos de operación
  - o Salarios de talento humano
  - o Consumibles
  - o Infraestructura tecnológica (telecomunicaciones, hardware, software, almacenamiento, redes)
- Administrativos
  - o Salario personal administrativo
  - o Mercadeo y publicidad
  - o Alquiler oficinas
  - o Amortización y depreciación
  - o Comisiones de ventas
- Utilidad

### 6.3.3 Modelo Financiero

De acuerdo con el modelo de negocio planteado, se elabora un modelo financiero con la siguiente información de entrada:

Tabla 22. Datos de entrada modelo financiero

Datos del Modelo		
Proyección de FC (años)	5	años
Impuestos corporativos	33%	
Estructura de Capital	65%	
Tasa de cambio Euro	\$ 3.490,00	
Tasa de cambio Dólar	\$ 2.805,00	
Tasa de Descuento FC		
- Rendimiento esperado TIO	21,19%	
- Costo de la deuda (Tasa fija)	14,00%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Consideraciones del modelo financiero

<b>Consideraciones</b>		
Factor Prestacional	54%	
Gastos varios (2% de total ventas)	2%	
<b>Depreciación</b>		
Intangibles	5,00	Años
Equipos de computación y comunicación	5,00	Años
Construcciones y edificaciones	5,00	Años
Diferidos	-	Años
<b>Ventas al final del proyecto</b>		
Venta de CT (90% del valor en libros)	90%	
Intangibles	50%	

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Son variables de entrada consideradas para evaluar los impactos sobre los indicadores económicos en la etapa de simulación, las siguientes:

- El volumen estimado de las ventas
- El precio de venta por usuario registrado
- Costo de dispositivo hardware OBD

### 6.3.3.1 Presupuesto de Inversiones

Se estima que el desarrollo de la aplicación tendrá una duración de 8 meses, tiempo en el que se ejecutarán la mayor parte de las inversiones, el capital de trabajo se considera para el inicio de la fase productiva.

En la siguiente tabla se describe el detalle del presupuesto de inversiones, que asciende a una suma de mil seiscientos treinta y siete millones de pesos MCTE.

Tabla 24. Detalle presupuesto de inversiones

Detalle de Inversiones	Q	Vlr Unit	Vlr Total \$
Base de datos de accidentalidad (costo por registro)	160.000	0,30	48.000
Capital de trabajo	1	200.000.000	200.000.000
Crecimiento de CT (10% anual)		10%	
<b>Instalaciones</b>			
Red Eléctrica	1	8.000.000	8.000.000
Puestos de trabajo	24	700.000	16.800.000
Adecuaciones Locativas	1	10.000.000	10.000.000
<b>Hardware y Software (Plataforma como servicio)</b>			
PCs	24	1.600.000	38.400.000
Computadoras de alta potencia Ambiente de desarrollo ( $Q = hr \times Req$ )	6.820	1,012 €	24.086.856
Impresora	3	4.000.000	12.000.000
Servidores de aplicaciones ( $Q = hr \times Req$ )	5.683	0,920 €	18.247.619
Servidores Procesamiento de datos ( $Q = hr \times Req$ )	2.273	1,189 €	9.434.019
Servidor de desarrollo ( $Q = hr \times Req$ )	2.273	0,920 €	7.299.047
Costos almacenamiento en la nube	5	900 USD	12.622.500
<b>Licenciamiento</b>			
Ms Visio	1	162 USD	454.410
Ms Project	2	370 USD	2.075.700
Ms Acces (Data Base)	5	150 USD	2.103.750
MS Office (Outlook, Word, Excel, PowerPoint y ERP)	24	250 USD	16.830.000
	1		500.000.000
<b>Telecomunicaciones</b>			
Copia de seguridad	1	1.200 USD	3.366.000
Red de Telecomunicación	24	700.000	16.800.000
Routers w/Firewall	2	500 USD	2.805.000
Switches	2	700 USD	3.927.000
Costos de conexión telefónica	1	5.000 USD	14.025.000
<b>Equipo de Proyecto DESARROLLO DE PRODUCTO</b>			
Director del Proyecto	8	6.000.000	73.920.000
Ingeniero de documentación	6	3.000.000	27.720.000
Desarrollador Senior	8	5.500.000	67.760.000
Back desarrollador y soporte (2)	12	3.000.000	55.440.000
Desarrollador front (Interfaz)	3	3.000.000	13.860.000
Diseñador Gráfico	6	3.000.000	27.720.000
Científico de datos	6	3.000.000	27.720.000
<b>Servicios (<math>Q = hr \times Req</math>)</b>			
Business Architecture	983	45 USD	124.084.224
Application Architecture	983	35 USD	96.509.952
Data Architecture	983	30 USD	82.722.816
Technology Architecture	983	25 USD	68.935.680
<b>Inversión Requerida COP (miles)</b>			<b>1.585.718</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3.2 Proyección de Ventas

#### 6.3.3.2.1 Estimación de volumen

Con base en el mercado asegurador del ramo de vehículos - cliente objetivo, el parque automotor por clase (vehículo, camioneta, campero), y de tipo servicio particular registrado en la ciudad de Bogotá, se estima la cantidad de usuarios del modelo:

Tabla 25. Estimación de volumen - sector asegurador

Periodo	% Objetivo	Usuarios	Q Y
1	0,00%	-	
2	0,00%	-	
3	0,00%	-	
4	0,00%	-	
5	0,00%	-	
6	0,50%	3.288	
7	0,55%	3.617	
8	0,70%	4.603	
9	0,90%	5.918	
10	1,30%	8.548	
11	1,80%	11.836	
12	2,00%	13.151	
Y1			50.961
Y2	12,00%		78.903
Y3	15,00%		98.628
Y4	20,00%		131.504
Y5	25,00%		164.380

Fuente: Elaboración propia

#### 6.3.3.2.2 Estimación de la tarifa

Debido a que no hay registros de servicios tecnológicos con alcance similar, la tarifa se calcula de acuerdo con un porcentaje que se obtendrá por el valor de las primas canceladas por celebraciones de contrato de seguros voluntarios todo riesgo, teniendo en cuenta la información suministrada por FASECOLDA asociación gremial “Valor medio de las primas en el ramo de vehículos en Colombia - registros del año 2016”.

El valor medio de la prima de seguros para el 2016 fue de \$ 1.154.000 COP, se estima que un 5 % se obtendría por la suscripción anual de la solución (con derecho a registro de 2 usuarios por vehículo). La siguiente tabla muestra el análisis de las tarifas propuestas (en miles COP):

Tabla 26. Análisis de la tarifa

Análisis Tarifa	
Media	57,5
Mediana	56,5
Desviación estándar	2,9
Varianza de la muestra	8,6
Rango	9,2
Mínimo	54,6
Máximo	63,8
Cuenta	12,0

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3.3 Análisis de depreciación y amortización

Se han clasificado los activos considerando:

- Los intangibles (Software, bases de datos, otros) se amortizan durante el ciclo de vida del proyecto
- Los equipos de computación y comunicación se deprecian en 5 años
- Las construcciones y edificaciones se deprecian en 5 años
- Para algunos activos clasificados como diferidos no se aplica depreciación

Dentro de los supuestos se considera que, del capital de trabajo al final del proyecto se obtendrá el 90 % del valor en libros y de los activos intangibles el 50 % del valor de inversión, con lo cual se tiene un valor percibido de salvamento en el último periodo del flujo de fondos así:

Tabla 27. Valores de salvamento

Activo	Inversiones	Valor en libros	Valor de Mercado	Arreglos	Valor venta neta	Utilidad de venta de activos
Intangibles	516.878	8.615	258.439		258.439	249.824
Capital de trabajo	200.000	292.820	263.538		263.538	-29.282
				Beneficio de activos		220.542
				Impuestos 33%		72.779
				<b>After Tax Salvage</b>		<b>449.198</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3.4 Construcción de estado de Pérdidas y Ganancias proyectado

A continuación se muestra un resumen del estado de PYG proyectado del primer año

Tabla 28. Estado de pérdidas y ganancias proyectado primer año

En miles

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>INGRESOS</b>	-	-	-	-	-	188.964	207.872	264.538	340.112	491.260	680.224	755.798
<i>Ingreso Operacional</i>	-	-	-	-	-	188.964	207.872	264.538	340.112	491.260	680.224	755.798
<i>Otros Ingresos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>COSTO DE VENTAS</b>	35.402	35.402	35.402	35.402	35.402	141.859	157.882	182.828	216.098	282.637	365.823	399.093
<i>Materia Prima</i>	-	-	-	-	-	83.186	91.510	116.456	149.725	216.264	299.451	332.720
Base datos RUNT y SDM	-	-	-	-	-	986	1.085	1.381	1.775	2.564	3.551	3.945
Dispositivos OBD2	-	-	-	-	-	82.200	90.425	115.075	147.950	213.700	295.900	328.775
Instalación OBD2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maquinaria y equipos</i>	752	752	752	752	752	20.326	20.326	20.326	20.326	20.326	20.326	20.326
<b>OPERACIÓN (Plataforma como servicio)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Servidores de Aplicación	-	-	-	-	-	10.357	10.357	10.357	10.357	10.357	10.357	10.357
Servidores Procesamiento de datos	-	-	-	-	-	6.693	6.693	6.693	6.693	6.693	6.693	6.693
Servidor de desarrollo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos almacenamiento en la nube	-	-	-	-	-	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525
<b>TELECOMUNICACIONES</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copia de seguridad	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Red de Telecomunicación	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
Routers w/Firewall	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Switches	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Costos de conexión telefónica	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
<i>Mano de Obra Directa</i>	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	38.346	46.046	46.046	46.046	46.046	46.046	46.046
<b>GASTOS</b>	79.022	79.022	79.022	79.022	79.022	135.652	136.030	137.163	138.675	141.698	145.477	146.988
<i>Gastos Administrativos</i>	27.772	27.772	27.772	27.772	27.772	42.051	42.429	43.563	45.074	48.097	51.876	53.388
<b>EBITDA</b>	- 114.424	- 114.424	- 114.424	- 114.424	- 114.424	- 88.546	- 86.040	- 55.453	- 14.660	66.926	168.924	209.717

Fuente: Elaboración propia

El estado de pérdidas y ganancias proyectado para el ciclo de vida del proyecto (5 años) se muestra en detalle en el siguiente esquema.

*Tabla 29. Estado de pérdidas y ganancias anual proyectado (Parte 1)*

*En miles*

Periodo	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
<b>INGRESOS</b>	<b>2.928.768</b>	<b>4.625.309</b>	<b>5.838.274</b>	<b>7.935.518</b>	<b>9.919.398</b>
<i>Ingreso Operacional</i>	2.928.768	4.534.616	5.668.227	7.557.636	9.447.045
<i>Otros Ingresos</i>	-	90.692	170.047	377.882	472.352
<b>COSTO DE VENTAS</b>	<b>1.923.229</b>	<b>2.718.711</b>	<b>3.220.618</b>	<b>4.056.763</b>	<b>4.893.040</b>
<b>Materia Prima</b>	<b>1.289.313</b>	<b>1.996.246</b>	<b>2.495.288</b>	<b>3.327.051</b>	<b>4.158.814</b>
Base datos RUNT y SDM	15.288	23.671	29.588	39.451	49.314
Dispositivos OBD2	1.274.025	1.972.575	2.465.700	3.287.600	4.109.500
Instalación OBD2					
<b>Maquinaria y equipos</b>	<b>146.043</b>	<b>169.913</b>	<b>172.777</b>	<b>177.160</b>	<b>181.674</b>
<b>OPERACIÓN (Plataforma como servicio)</b>					
Servidores de Aplicación	72.497	86.997	88.737	91.399	94.141
Servidores Procesamiento de datos	46.851	56.222	57.346	59.066	60.838
Servidor de desarrollo	-	-	-	-	-
Costos almacenamiento en la nube	17.672	17.672	17.672	17.672	17.672
<b>TELECOMUNICACIONES</b>					
Copia de seguridad	2.020	2.020	2.020	2.020	2.020
Red de Telecomunicación	5.040	5.040	5.040	5.040	5.040
Routers w/Firewall	281	281	281	281	281
Switches	281	281	281	281	281
Costos de conexión telefónica	1.403	1.403	1.403	1.403	1.403
<b>Mano de Obra Directa</b>	<b>487.872</b>	<b>552.552</b>	<b>552.552</b>	<b>552.552</b>	<b>552.552</b>
Científico de Datos	83.160	83.160	83.160	83.160	83.160
Especialista en Seguridad de la información	83.160	83.160	83.160	83.160	83.160
Asistente de soporte	25.872	44.352	44.352	44.352	44.352
Líder Proyectos	46.200	92.400	92.400	92.400	92.400
Desarrollador Senior	83.160	83.160	83.160	83.160	83.160
Desarrollador Back	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440
Desarrollador Front	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440
Ingeniero Documentación	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 30. Estado de pérdidas y ganancias anual proyectado (Parte 2)

<b>GASTOS</b>	<b>1.376.794</b>	<b>1.699.424</b>	<b>1.699.424</b>	<b>1.699.424</b>	<b>1.699.424</b>
<b>Nómina</b>					
CEO	110.880	221.760	221.760	221.760	221.760
Director TI	53.900	92.400	92.400	92.400	92.400
Asistentes TI	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440
Director I+D	53.900	92.400	92.400	92.400	92.400
Gerente Operaciones	75.460	129.360	129.360	129.360	129.360
Líder TH	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440
Asistente TH	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720
Director Admón Finanzas	53.900	92.400	92.400	92.400	92.400
Auxiliar Administrativo	10.780	18.480	18.480	18.480	18.480
Asistente contable	22.176	22.176	22.176	22.176	22.176
Director Mercadeo y Ventas	92.400	92.400	92.400	92.400	92.400
Asistente Mercadeo	16.170	27.720	27.720	27.720	27.720
Ejecutivo Especializado	55.440	55.440	55.440	55.440	55.440
Ejecutivo II	32.340	55.440	55.440	55.440	55.440
<b>Software (Mantenimiento)</b>	<b>195.508</b>	<b>195.508</b>	<b>195.508</b>	<b>195.508</b>	<b>195.508</b>
Ms Visio	5.453	5.453	5.453	5.453	5.453
Ms Project	24.908	24.908	24.908	24.908	24.908
Ms Acces (Data Base)	15.147	15.147	15.147	15.147	15.147
MS Office (Outlook, Word, Excel, PowerPoint y OneNote)					
ERP	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
<b>Gastos Administrativos</b>	<b>465.339</b>	<b>465.339</b>	<b>465.339</b>	<b>465.339</b>	<b>465.339</b>
<b>EBITDA</b>	<b>- 371.254</b>	<b>207.174</b>	<b>918.233</b>	<b>2.179.331</b>	<b>3.326.934</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3.5 Cálculo del WACC

El promedio ponderado del costo de capital se estima para trabajar los descuentos del flujo de caja libre del proyecto, es decir con una tasa del 15,57 % ea, se realizarán los cálculos de los criterios económicos.

La fórmula aplicada es:

$$WACC = K_e \frac{CAA}{CAA + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{CAA + D}$$

Figura 110. Fórmula cálculo WACC

Donde,

Tabla 31. Descripciones variables WACC

Ke	Costo del capital propio	21,19%
CAA	Monto del capital aportado por los accionistas	961.041
D	Monto de la deuda financiera	624.677
Kd	Costo de la deuda financiera	14,00%
T	Tasa a impuesto	33,00%

<b>WACC</b>	<b>16,54%</b>	EA
<b>WACC</b>	<b>1,28%</b>	EM

### 6.3.3.6 Construcción del Flujo de Caja Libre del proyecto FLC

Tabla 32. Flujo de caja libre del proyecto

Miles

<b>Precios Constantes</b>						
Year	0	1	2	3	4	5
INGRESOS		2.928.768	4.625.309	5.838.274	7.935.518	9.919.398
COSTOS		1.923.229	2.718.711	3.220.618	4.056.763	4.893.040
DEPRECIACION		124.567	124.567	124.567	124.567	124.567
<b>UT BRUTA</b>		<b>880.972</b>	<b>1.782.031</b>	<b>2.493.089</b>	<b>3.754.188</b>	<b>4.901.791</b>
GA OPERACIONALES		1.376.794	1.699.424	1.699.424	1.699.424	1.699.424
<b>UT OPERACIONAL</b>		<b>-495.821</b>	<b>82.607</b>	<b>793.666</b>	<b>2.054.764</b>	<b>3.202.367</b>
GA FINANCIEROS						
<b>UT ANTES IMPUESTOS</b>		<b>-495.821</b>	<b>82.607</b>	<b>793.666</b>	<b>2.054.764</b>	<b>3.202.367</b>
IMPUESTOS	33%	0	-136.361	261.910	678.072	1.056.781
<b>UT NETA</b>		<b>-495.821</b>	<b>218.968</b>	<b>531.756</b>	<b>1.376.692</b>	<b>2.145.586</b>
%		-16,93%	4,73%	9,11%	17,35%	21,63%
Capital Trabajo		-200.000	-20.000	-22.000	-24.200	-26.620
S (Ingresos final proyecto)						449.198
<b>Inversiones</b>						
Ingresos		2.928.768	4.625.309	5.838.274	7.935.518	10.368.596
Egresos		3.500.022	4.301.774	5.203.951	6.458.459	7.675.865
<b>Flujo de fondos</b>		<b>-1.585.718</b>	<b>-571.254</b>	<b>323.535</b>	<b>1.477.059</b>	<b>2.692.731</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3.7 Resultados

Las variables de salida y resultados del modelo se presentan a continuación:

Tabla 33. Variables de salida y resultados del modelo

<b>RESULTS</b>		
[1]	<b>PAY-BACK</b>	<b>3,8</b> Años
[2]	<b>ROI</b>	<b>31,22%</b>
[3]	<b>COST - BENEFIT RATIO</b>	<b>1,13</b>
[4]	<b>NPV</b>	<b>616.670</b>
[5]	<b>Profitability INDEX</b>	<b>1,39</b>
[6]	<b>Internal Rate of Return</b>	<b>24,62%</b>

Fuente: Elaboración propia

- En el escenario planteado el proyecto se debe aceptar, tiene una Tasa Interna de retorno del 24 %, (mayor a la tasa de descuento).
- El VPN del flujo es positivo.
- EL periodo de recuperación de la inversión es de 3,8 años.

- La relación Beneficio costo es mayor a 1, lo que indica que a valor presente los flujos de ingresos son mayores a los egresos.
- No se analiza FCI flujo de caja de inversionista
- El modelo financiero, bajo condiciones externas normales, es un modelo viable económicamente.

#### **6.3.3.8 Sensibilidad**

- Los resultados son sensibles al costo de MP (Dispositivo OBD2), un valor mayor a 25 m COP impactaría negativamente el flujo de caja, si el resto de variables conservaran su comportamiento.
- Con una tarifa menor a 56 m COP, los indicadores económicos del proyecto no cumpliría con la expectativa de TIO de 16 %.

Para detallar el modelo y validar la sensibilidad de las variables de entrada sobre los resultados, se anexa hoja de cálculo “Modelo Financiero”

## **7 CONCLUSIONES**

### **7.1 Conclusiones análisis descriptivo**

- La base de datos de información de accidentes de tránsito de Bogotá presenta algunos errores de registro, campos vacíos e información errada de personas, vehículos, ubicación y medio ambiente; el procedimiento debe ser tecnificado a través del uso de herramientas tecnológicas.
- El hecho de encontrar correlaciones espaciales en el número de accidentes por sitio, valida la pertinencia de un modelo de pronóstico que utilice dispositivos de ubicación espacial que alerte a los usuarios que están ingresando a una zona de alta accidentalidad, no obstante, se espera que este mapa puede variar su comportamiento por mejoras en la malla vial, señalización, estrategias de sensibilización o por uso de la aplicación.
- El escenario con mayor probabilidad de gravedad de accidente se da para personas jóvenes, con vehículos de más de 10 años de antigüedad, de servicio público que transitan en horas de la noche lo que coincide con variables de tipo demográfico y características del vehículo, contrario con las variables relacionadas con periodos de vacaciones, fines de semana y días feriados. De acuerdo con esto uno de los grupos de interés podría ser el gremio de taxistas.

### **7.2 Conclusiones planteamiento solución tecnológica**

- Las variables identificadas dentro del análisis de regresión logística y geoestadística son medibles mediante el uso de herramientas de IoT, lo cual permitió plantear una solución tecnológica que no solo integra estas variables, sino que también permite tomar otras variables adicionales para prestar servicios de valor agregado como el monitoreo en tiempo real del estado mecánico del vehículo.

### **7.3 Conclusiones modelo de negocio**

- Se encuentra que dentro de los aliados estratégicos se podría realizar interacciones con otras plataformas como Waze, Tapssi, Uber.
- Es prudente realizar un estudio de mercado para identificar nuevas necesidades y estimar la demanda específica del servicio.
- El modelo de negocio evaluaría su impacto, si logra demostrar reducciones en los índices de accidentes, no obstante, estos indicadores pueden cambiar dadas las dinámicas de las relaciones de las variables.

- El modelo de negocio incluye funcionalidades adicionales en la solución tecnológica, lo cual permite incluir otros grupos de interés diferentes a los interesados en reducir la accidentalidad.

#### **7.4 Recomendaciones y trabajo futuro**

- Involucrar variables sociales y psicológicas dentro del estudio podría fortalecer el análisis de riesgo en los accidentes de tránsito de la ciudad.
- Automatización: plantear y desarrollar una solución que permita capturar datos de registros de accidentalidad con mejor calidad, ayudará a ser más precisos y a involucrar otras variables al estudio. La captura y el registro automático de los datos de un accidente de tránsito no está contemplado en la solución, reemplazar la manera en que se realiza el IPAT sería un complemento tecnológico a la propuesta.
- Contemplar en el estudio la población total de vehículos que circulan en el tránsito de la ciudad, puede permitir incluir variables como la marca y línea del vehículo.
- Plantear una solución tecnológica de este tipo para otra configuración de vehículos, como las motocicletas, podría ser muy útil en la prevención de accidentes.
- Identificar fuentes de información de otras ciudades y países podría contribuir a plantear un modelo de negocio para un mercado global.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture. (2015). *Industrial Internet Insights Report*.
- Aciti at el, C. -U.-T. (2017). Prototipo de sistema de captura y monitoreo de datos OBDII de vehículos. *Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*.
- Arnold & Osorio, M. -F. (1991). Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. *Departamento de Antropología Universidad de Chile*.
- Baca, C. G. (2000). *Ingeniería Económica*. Bogotá: Fondo Educativo Panamericano.
- Berlanga Silvente, V. &. (2014). Cómo obtener un modelo de regresión logística binaria con SPSS. *REIRE. Revista D'Innovació I Recerca En Educació, REIRE*, Vol. 7, num. 2.
- Bermejo Torrent, M. (2016). *Plataformas telemáticas para servicios del transporte*. UNIVERSIDAD DE JAÉN, Maestría en Ingeniería del Transporte Terrestre y Logística. España: UNIVERSIDAD DE JAÉN.
- CA.GOV. (2017). Obtenido de <https://www.arb.ca.gov/msprog/obdprog/obdprog.htm>
- Cassimally, A. M. (2014). *Desing the Internet of Thins*.
- Contact, M. (24 de Junio de 2015). *65% de apps para IoT ya generan ingresos reales*. Obtenido de <http://mundocontact.com/65-de-apps-para-iot-ya-generan-ingresos-reales/>
- DANE. (13 de 01 de 2018). Obtenido de Estimaciones y proyecciones de la población de Colombia: [geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoEstimaciones](http://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoEstimaciones)
- Ericsson. (s.f.). *Welcome to Ericsson Mobility Report*. Obtenido de Ericsson Mobility Report - Ericsson - Ericsson [https://www.ericsson.com/mobility-report?gclid=Cj0KEQjwj7q6BRDcxfg4pNTQ2NoBEiQAzUpuW7JTjQ3\\_ANxqEuxYQgm7eYNKWWhbARJW2W2IN8SnIZYQaAlrG8P8HAQ](https://www.ericsson.com/mobility-report?gclid=Cj0KEQjwj7q6BRDcxfg4pNTQ2NoBEiQAzUpuW7JTjQ3_ANxqEuxYQgm7eYNKWWhbARJW2W2IN8SnIZYQaAlrG8P8HAQ)
- Evans, Dave CISCO. (2011). *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*.
- Fomento, C. A. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Recuperado el 2017, de [www.caf.com/publicaciones](http://www.caf.com/publicaciones)
- Gartner Inc. (s.f.). *Leading the IoT - Gartner Insights on How to Lead in a Connected World*.
- Geocoding API. (s.f.). Obtenido de <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/intro?hl=es-419>
- Guzmán Alonso, D. P. (2011). *Determinación de los factores de riesgo en accidentes donde están involucradas motocicletas en Bogotá*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE INGENIERÍA - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL. Bogotá D.C.: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. doi:<http://hdl.handle.net/10554/7261>
- h2i Institute Human centered innovation. (2016). *Innovación centrada en el ser humano*.
- Helai Huang, H. Z. (2015). Multivariate crash modeling for motor vehicle and non-motorized. *ELSEVIER - Accident Analysis & Prevention - Volume 78*, 78, 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.03.003>

- Huérfano Daza Jeison Armando, V. P. (21 de FEBRERO de 2017). Sistema telemático para la integración de información vehicular. *Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD*, 7. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/5326>
- ID Guardian Ltd. (2018). *teddytheguardian.com*. (I. G. Ltd, Editor, & I. G. Ltd, Productor) Obtenido de <http://teddytheguardian.com/>
- Jamladi, R. O. (2016). *Sistema de vigilancia y seguimiento de vehículos a través de internet*. Universidad de Vigo, Escuela de Ingeniería de Telecomunicación. España: Universidad de Vigo.
- Johnson, D. E. (2010). *MÉTODOS MULTIVARIABLES APLICADOS AL ANÁLISIS DE DATOS*. México: S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Jorge Zaldivar, C. T. (2011). Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones. *IEEE*, 813-819. doi:10.1109/LCN.2011.6115556
- José Santa, A. F. (2007). Plataforma para el Desarrollo de Servicios en el Ámbito de la Telemática de a Bordo en Vehículos. (U. d. Murcia, Ed.) *A Non sTop workerS research group*, 4. Obtenido de <https://ants.inf.um.es/~josesanta/doc/JITEL2007.pdf>
- Kendall, K. E. (2005). *Análisis y Diseño de Sistemas*. Pearson.
- Machain, L. (2015). *Simulación de modelo financieros*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Marín, L. M., & Castellanos, W. E. (2006). Aplicación telemática para controlar el ingreso y salida de personal militar y visitante de la segunda división del ejército. (G. d. GNET, Ed.) *Academia*, 4. Obtenido de [http://www.academia.edu/8016177/Aplicaci%C3%B3n\\_Telem%C3%A1tica\\_para\\_controlar\\_el\\_ingreso\\_y\\_salida\\_del\\_personal\\_militar\\_y\\_visitante\\_de\\_la\\_segunda\\_divisi%C3%B3n\\_del\\_ej%C3%A9rcito](http://www.academia.edu/8016177/Aplicaci%C3%B3n_Telem%C3%A1tica_para_controlar_el_ingreso_y_salida_del_personal_militar_y_visitante_de_la_segunda_divisi%C3%B3n_del_ej%C3%A9rcito)
- Martínez & Sánchez. (1991). *SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE*. BOGOTÁ: UNISUR.
- Menard, S. W. (2010). *LOGISTIC REGRESSION From Introductory to Advanced Concepts and Applications*. Los Angeles: SAGE.
- NIÑO, D. R. (2017). *SISTEMA DE ALARMA Y MONITOREO MÓVIL PARA AUTOMÓVILES IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN MQTT Y MENSAJERÍA INSTANTÁNEA*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, FACULTAD TECNOLÓGICA - INGENIERIA TELEMÁTICA. BOGOTA D.C.: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Observatorio Europeo de Seguridad Vial. (2016). *Sistemas ADAS*.
- Orozco, M. J. (2010). *Evaluación Financiera de Proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Osterwalder et al. (2012). *Business Model You*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Osterwalder y Pigneur. (2010). *Generación de modelos de negocio*. DEUSTO.
- Pachón, Á., Nieto, C. F., & Velasco, M. L. (2010). Modelos de comportamiento de las redes vehiculares en sus escenarios más representativos, utilizando simulación en la herramienta NCTUns. (S. & Telemática, Ed.) *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 8, 13-25. Obtenido de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=411534382001>
- Pérez, G. (2001). Telemática: un nuevo escenario para el transporte automotor. (C. -N. Unidad, Ed.) *CEPAL - Comisión Económica para América Latina*, 60. Obtenido de <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/7809/LCL1593P-Serie30.pdf>

- Rivera Blanco, B., & Romero Fortozo, J. (2010). *Geolocalización, monitoreo y rastreo de vehículos y usuarios móviles*. Instituto Politécnico Nacional. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Rodríguez G, C. H. (2017). Sistema avanzado de asistencia a la conducción para entornos interurbanos. *Universidad Carlos III de Madrid*.
- Rodríguez, H. J. (2010). *SISTEMA NORMATIVO DE TRANSPORTE TERRESTRE EN COLOMBIA*. ADITT.
- Ross et al, W. -J. (2014). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. México DF: Mc Graw Hill.
- Serrano, R. J. (2011). *Matemáticas financieras y evaluación de proyectos*. Bogotá: Alfaomega grupo.
- Siniša Husnjaka, D. P. (2015). Telematics System in Usage Based Motor Insurance. (ELSEVIER, Ed.) *ELSEVIER - Procedia Engineering*, 100, 816-825. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.436>
- SL, N. C. (2018). *NextAuto*. (N. C. Telemáticos, Editor) Obtenido de <http://nextauto.es/>
- Suarez Florez, M. (2001). Los sistemas inteligentes de transporte ITS. (U. Militar, Ed.) *Revista Universidad Militar*, 0. doi:<https://doi.org/10.18359/rcin.1378>
- Transportation U.S. Department, P. F. (2005). *Vehicle Infrastructure Integration*.
- Ulrich, K. T. (2005). DESIGN Creation of artifacts in society. Pennsylvania.
- Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. (s.f.). *INTRODUCCIÓN A LA GEOESTADÍSTICA*. Bogotá.
- Veeduría Distrital. (2000). Presente y futuro de la movilidad urbana en Bogotá: Retos y realidades. En *Presente y futuro de la movilidad urbana en Bogotá: Retos y realidades* (pág. 223). CEJA.
- Venegas Aguilera, I. R. (2013). *Uso de tecnología gnss para el seguimiento y control de las actividades de transporte terrestre de carga en Colombia*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, ESPECIALIZACION GERENCIA DE LOGISTICA INTEGRAL. Bogotá D.C.: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- Viera, Martín A. Díaz. (2002). Geoestadística Aplicada. *Instituto de Geofísica, UNAM*.
- [www.cattle-watch.com](http://www.cattle-watch.com). (2018). [www.cattle-watch.com](http://www.cattle-watch.com). Obtenido de <http://www.cattle-watch.com>

## **9 ANEXOS**

## ANEXO 1: Código Fuente aplicación geo codificación

El siguiente código PHP fue utilizado para la conversión de direcciones reales a coordenadas geográficas a fin de desarrollar el análisis geoestadístico trabajado en el primer objetivo.

Esto teniendo en cuenta que los registros de accidentes obtenidos de la data entregada por la SDM solo contaban con direcciones reales y no con coordenadas.

```
<?php
//
//Aplicación conversión de direcciones en coordenadas usando API de Google
//Desarrollado por: Jeffrey Cortés Cuesta
//
    date_default_timezone_set('America/Bogota');           //Definicion Zona Horaria
//
//-----Validacion pre-requisitos, archivo entrada y archivo de salida-----
//
    try
    {
        $inicio = date("Y-m-d H:i:s");
        $data = file("BD_Direcciones.txt");
        if(file_exists("BD_Direcciones_result.txt"))
        {
            unlink("BD_Direcciones_result.txt");
        }
//
//-----Inicio proceso de lectura archivo de direcciones a convertir-----
//
        $fh = fopen("BD_Direcciones_result.txt", "a");
        echo $inicio." -> Iniciando Proceso.....<br>";
        fwrite($fh, ":[INICIO]:[".$inicio."].\r\n");
        foreach($data as $line)
        {
            $direccion = trim($line);
            $resultado = "";
//
//-----Consulta de servicio de google para obtener las coordenadas-----
//
                $geo =
file_get_contents('https://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?address='.urlencode($direccion).'&sen
sor=false&key=AlzaSyDIGXXXXXBZvNomWM30jfvIVG_u19qOH4');
                $geo = json_decode($geo, true);
                $status = $geo['status'];
                $ListDirs = $geo['results'];
                if ($status == 'OK') {
                    if(count($ListDirs) > 0)
                    {
//
//-----Almacenar resultados obtenidos de logitud y latitud en variables-----
//
                        $latitud = $ListDirs[0]['geometry']['location']['lat'];
                        $longitud = $ListDirs[0]['geometry']['location']['lng'];
                        $resultado =
[".$direccion.";[".$latitud.";[".$longitud."];
                    }
                }
            }
        }
        $resultado = [".$direccion.";[".$status."];[]";
//

```



## **ANEXO 2: Tablas de Datos y Salida SAS**

### **Tabla de datos para modelado en software SAS:**



Anexo2aTabla de  
Datos\_Modelo.xlsx

### **Archivo de Salida modelo software SAS:**



Anexo2b  
Salida\_Modelado\_S/

## **ANEXO 3: Detalle Modelo Financiero**



Anexo3. Detalle  
Modelo\_Financiero.

## Apéndice A: Glosario de Términos

A continuación se listan algunas definiciones de terminología usada en el marco conceptual, de acuerdo con el código nacional de tránsito ley 769 de 2001:

**Comparendo:** Orden formal de notificación para que el presunto contraventor o implicado se presente ante la autoridad de tránsito por la comisión de una infracción.

**Conductor:** Es la persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo.

**Infracción:** Transgresión o violación de una norma de tránsito. Habrá dos tipos de infracciones: simple y compleja. Será simple cuando se trate de violación a la mera norma. Será compleja si se produce un daño material.

**Licencia de conducción:** Documento público de carácter personal e intransferible expedido por autoridad competente, el cual autoriza a una persona para la conducción de vehículos con validez en todo el territorio nacional.

**Licencia de tránsito:** Es el documento público que identifica un vehículo automotor, acredita su propiedad e identifica a su propietario y autoriza a dicho vehículo para circular por las vías públicas y por las privadas abiertas al público.

**Línea de vehículo:** Referencia que le da el fabricante a una clase de vehículo de acuerdo con las características específicas técnico-mecánicas.

**Marcas viales:** Señales escritas adheridas o grabadas en la vía o con elementos adyacentes a ella, para indicar, advertir o guiar el tránsito.

**Matrícula:** Procedimiento destinado a registro inicial de un vehículo automotor ante un organismo de tránsito en ella se consigna las características, tanto internas como externas del vehículo, así como los datos e identificación del propietario.

**Multa:** Sanción pecuniaria. Para efectos del presente código y salvo disposición en contrario, la multa debe entenderse en salarios mínimos diarios legales vigentes.

**Organismos de tránsito:** Son unidades administrativas municipales distritales o departamentales que tienen por reglamento la función de organizar y dirigir lo relacionado con el tránsito y transporte en su respectiva jurisdicción.

**Peatón:** Persona que transita a pie o por una vía.

**Registro nacional automotor:** Es el conjunto de datos necesarios para determinar la propiedad, características y situación jurídica de los vehículos automotores terrestres. En él se inscribirá todo acto, o contrato providencia judicial, administrativa o arbitral, adjudicación, modificación, limitación, gravamen, medida cautelar, traslación o extinción del dominio u otro derecho real, principal o accesorio sobre vehículos automotores terrestres para que surtan efectos ante las autoridades y ante terceros.

**Señal de tránsito:** Dispositivo físico o marca especial. Preventiva y reglamentaria e informativa, que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías.

**Tráfico:** Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un periodo determinado.

**Tránsito:** Es la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada abierta al público.

**Vehículo:** Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada abierta al público.