

Utilización del árbol de decisión en la formulación de indicadores estratégicos

Martínez Micakoski, Fernanda, Marcos, Carlos, Lopez Azumendi, Felipe, Ferreyra, Marcelo, Pignanelli, Claudio, Giron, Pablo.*

*Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional.
Racedo 298. fmicakoski@siniestralidadvial.com.ar*

RESUMEN

El objetivo del proyecto de investigación “Siniestros Viales Trenque Lauquen 2012/2013”, en el cual se enmarca éste estudio, es brindar indicadores de gestión que permitan reducir significativamente la gravedad de los traumatismos y muertes causados por los accidentes de tránsito.

En el presente estudio nos hemos propuesto establecer las relaciones entre los factores que intervienen en un siniestro (Humano, Vehicular y Ambiental) y los posibles eventos (Pre-evento, Evento y Post-evento) con el fin de generar los indicadores estratégicos que permitan accionar y monitorear intervenciones prioritarias que reduzcan la morbimortalidad de los traumatismos causados por el tránsito.

El modelo de gestión elegido a tal fin es el árbol de decisión, con el cual comprenderemos mejor las asociaciones de un sistema sumamente complejo y multicausal permitiendo tomar decisiones que mejoren su funcionamiento, según Krajewski [1] “...el árbol de decisión es un modelo esquemático de las alternativas disponibles y de las posibles consecuencias de cada una...”.

Una vez graficado el árbol que contenga los factores y eventos determinaremos la asociación de variables a través del método Chi-Cuadrado, reconociendo aquellas que nos permiten establecer relaciones. Luego determinaremos el valor condicional resultante de la interacción entre cada vinculación, basados en la asignación de probabilidades de ocurrencia obtenidas a través de actividades de investigación.

Las decisiones se tomarán en condiciones de riesgo, contrastando sus resultados con los obtenidos mediante el azar, asumiendo que a medida que aumentan las frecuencias de los eventos disminuye la probabilidad de un desvío de las frecuencias relativas esperadas de los sucesos.

Con éste análisis pretendemos establecer y priorizar indicadores que apoyen la gestión de políticas sanitarias eficientes tendientes a la disminución de un grave problema de salud pública, bajo un enfoque sistemático y una estructura que permita evaluar los resultados de las decisiones tomadas.

Palabras Claves: árbol – decisión – asociación – siniestros – viales - indicadores

1. INTRODUCCIÓN

Los siniestros viales son un problema sanitario que impacta directa e indirectamente en la economía de todos los países del mundo, además de los costos directos que se originan a partir de uno de estos eventos como son los de la atención médica de emergencia, la infraestructura que se daña como en el caso de un semáforo que es impactado por un vehículo; también debemos tener presente los costos indirectos como por ejemplo el tiempo de inactividad de una persona por las lesiones recibidas, la inactividad de un familiar por no poder trabajar normalmente debido a que debe cuidar de un lesionado, las muertes prematuras, etc. Estos aspectos deben contemplarse dentro de la caracterización de esta problemática, claramente la Organización Mundial de la Salud [2] define "... Los traumatismos causados por el tránsito causan pérdidas económicas considerables a las víctimas, a sus familias y a los países en general. Se producen pérdidas a consecuencia de los costos del tratamiento (incluidas la rehabilitación y la investigación del accidente) y de la pérdida o disminución de la productividad (por ejemplo, en los sueldos) por parte de quienes resultan muertos o lastimados, y para los miembros de la familia que deben distraer tiempo del trabajo o la escuela para atender a los lesionados..."

Los siniestros viales ocurren por diversas causas, cuyos orígenes se relacionan a uno o más factores: Humano, Vehículo o Ambiente. Diversas publicaciones hacen referencia a la matriz desarrollada por el Dr. William Haddon, en la que se señalan claramente los momentos en los que transcurre un siniestro conceptualizando los efectos de cada factor. La planificación de medidas preventivas deben sostenerse en un proyecto sistémico, Mohan, Tiwari, Khayesi y Nafukho [3] a través de la Organización Panamericana de la Salud afirman en tal sentido "... La matriz de Haddon es una herramienta analítica que ayuda a identificar todos los factores asociados con un choque. Una vez que se identifican y analizan los diversos factores, se pueden adoptar y priorizar contramedidas adecuadas para aplicarlas tanto en el corto como en el largo plazo..."

A partir de la base de datos que proporciona el estudio "Siniestros Viales 2012/13" realizado en la ciudad de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires tenemos acceso a una serie de variables que nos permiten analizar la secuencia del siniestro.

El desarrollo del árbol de decisión identifica las variables asociadas a la hospitalización del siniestrado visualizando los indicadores resultantes, en tal sentido Eppen [4] puntualiza "... Un árbol de decisiones es un dispositivo gráfico para atacar un modelo en el cual se deben tomar decisiones secuenciales, y éstas decisiones están entremezcladas con eventos que tienen varios resultados posibles... la solución del árbol de decisiones proporciona una estrategia óptima; esto es, define la secuencia de acciones que debería adoptarse para cualquiera de la secuencia posible de eventos aleatorios...". En base a ello, identificamos aquellas causalidades que servirán de base para que el Gobierno Municipal, Concejo Deliberante, Entidades de bien público y todos aquellos interesados en resolver el problema sanitario de la siniestralidad vial, desarrollen y pongan en práctica acciones preventivas altamente eficientes.

La selección y adecuación de variables son pasos críticos en el análisis de asociación. Para ello se analizaron cada una de las mismas y en forma individual se resolvieron los ajustes necesarios respecto a los valores nulos que pudieran sesgar nuestro análisis, Ferreyra [5] propone un tratamiento al respecto "...si la cantidad de valores faltantes no es demasiado grande, lo ideal es ignorar las filas que contienen valores faltantes, caso contrario reemplazarlos de manera que se interfiera lo mínimo posible con la estructura interna de los datos..." tengamos presente que una característica de los registros públicos es que frecuentemente son incompletos, es por ello que a ésta actividad le brindamos relevancia durante nuestro estudio.

En base a lo mencionado, en el desarrollo del estudio se profundiza acerca de la utilización del árbol de decisión como herramienta de descripción de un fenómeno y sus características.

2. METODOLOGÍA

Se realiza un estudio transversal, sobre personas siniestradas en la ciudad de Trenque Lauquen durante el año 2012, que fueron registradas por Agentes de Tránsito y personal de Salud del Municipio de la misma ciudad.

Los registros contienen variables que describen a la persona, al modo de desplazamiento y el ambiente en el cual transcurre el evento vial, tomando como base y en forma parcial el Formulario Naranja propuesto por la Agencia Nacional de Seguridad Vial cuyo convenio con la Provincia de Buenos Aires aún no ha sido promulgado.

La identificación de cada variable con el Factor (Humano, Vehículo, Ambiente) y el momento del siniestros (Pre-Evento/Evento/Post-Evento) deriva de la ubicación que se desprende de la Matriz de Haddon (Figura 1)

		Factores		
		Ser humano	Vehículos y Equipo	Entorno
Fase	Antes del choque	<ul style="list-style-type: none"> • Información • Actitudes • Discapacidad • Aplicación de la reglamentación por la policía 	<ul style="list-style-type: none"> • Buen estado técnico • Luces • Frenos • Maniobrabilidad • Control de la velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y trazado de la vía pública • Limitación de la velocidad • Vías peatonales
	Durante el choque	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de dispositivos de retención • Discapacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de retención de los ocupantes • Otros dispositivos de seguridad • Diseño protector contra accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetos protectores contra choques
	Después del choque	<ul style="list-style-type: none"> • Primeros auxilios • Acceso a atención médica 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acceso • Riesgo de incendio 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de socorro • Congestión

Figura 1. Matriz de Haddon

La construcción del árbol comienza con el interrogante a responder, el cual sirve de disparador de una serie de Hipótesis que busquen probar la asociación entre los factores involucrados en los tres momentos del evento y su consecuencia sanitaria. La Figura 2 representa el punto inicial del análisis, siendo el criterio o patrón de referencia la hospitalización del participante del siniestro como único dato sanitario disponible.

Existe relación entre los indicadores de los distintos momentos del evento y la hospitalización de los siniestrados?

Figura 2. Pregunta base de la decisión

Avanzamos en el dibujo de nuestro árbol sumándole el primer conjunto de ramas (Figura 3), las cuales denominaremos primarias y son las que agrupan las variables de acuerdo al factor que se analice.

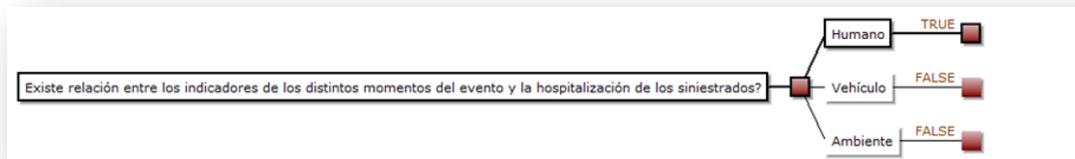


Figura 3. Ramas primarias - Factores

Cada factor se combina con los eventos posibles (Figura 4) formando las ramas que llamaremos secundarias y serán las que contengan las variables que posteriormente analizamos.

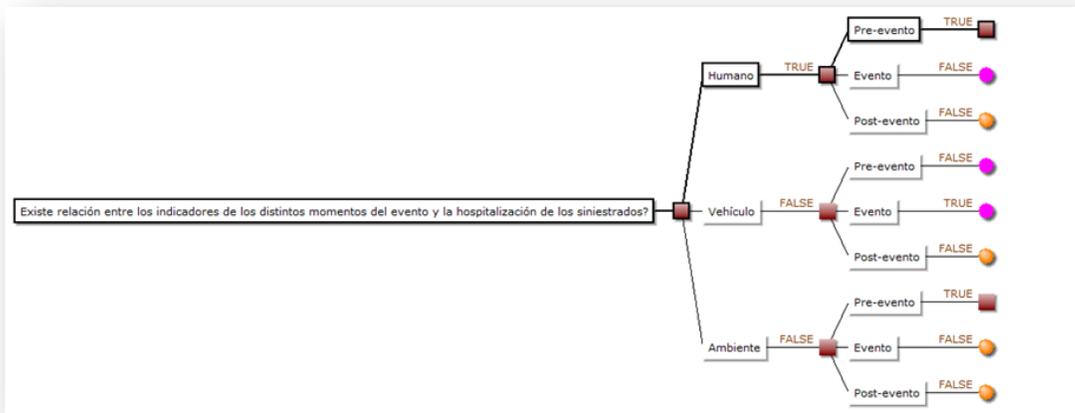


Figura 4. Ramas secundarias - Eventos

Con el objetivo de simplificar la visualización del esquema trabajamos con cada factor en particular. En éste punto apoyamos nuestro análisis en planillas de cálculo que nos permiten agregar o desagregar muy fácilmente las variables.

Durante el año 2012 se registraron un total de 504 siniestros en la ciudad de Trenque Lauquen, las zonas abarcadas en éste estudio son: rural, urbana y rutas 5 y 33. De éstas últimas solo se relevan los tramos que circunvalan la ciudad. Se han detectado hasta 5 participantes en un mismos evento, los cuales obviamente comparten variables ambientales: como son las condiciones climáticas, de luz, calzada, etc. En cambio otras inherentes al factor humano son propias de cada persona: edad, sexo, si resultó hospitalizado, etc. La primera actividad sobre la base de datos es cambiar su eje, como puede apreciarse parcialmente en la Tabla 1. Inicialmente la base toma como clave principal el registro del siniestro en sí mismo, en cambio nuestra pregunta base del árbol refiere indudablemente a la persona (Tabla 2). Es por ello que luego de acondicionarla nuestra clave principal es el participante.

Tabla 1. Vista parcial de la Base de Datos Año 2012

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	idFormTra nsito	mes	dia	hora	minuto	Mañana	Tarde	Noche	Calle	idZona	idLugar ViaPublica	id Tipo Via	id Superficie Via	estado Bueno	estado Baches	estado Ahuellamiento	estado Mojado	es Esc
2	39	1	2	20	30	0	0	1	77	1	3	0	2	1	0	0	0	
3	40	1	26	20	45	0	0	1	32	1	1	0	2	1	0	0	0	
4	42	1	3	15	30	0	1	0	80	1	3	0	4	0	0	1	0	
5	43	1	3	11	40	1	0	0	82	1	3	0	2	1	0	0	0	
6	44	1	4	10	0	1	0	0	18	1	1	0	2	1	0	0	0	
7	45	1	4	18	50	0	1	0	2	1	3	0	2	1	0	0	0	
8	46	1	11	21	50	0	0	1	14	1	3	0	2	1	0	0	0	
9	47	1	13	19	0	0	1	0	86	1	3	0	2	1	0	0	0	
10	48	1	15	18	25	0	1	0	88	2	3	0	4	0	0	1	0	
11	49	1	16	12	20	1	0	0	79	1	3	0	2	1	0	0	0	
12	50	1	16	19	0	0	1	0	43	1	3	0	2	1	0	0	0	
13	51	1	17	12	20	1	0	0	3	3	3	0	4	0	0	1	0	
14	52	1	17	8	0	1	0	0	2	1	1	0	2	1	0	0	0	
15	53	1	18	16	0	0	1	0	21	1	3	0	2	1	0	0	0	
16	54	1	18	10	40	1	0	0	21	1	3	0	2	1	0	0	0	
17	55	1	19	22	45	0	0	1	61	1	3	0	2	1	0	0	0	
18	56	1	20	20	45	0	0	1	2	1	3	0	2	1	0	0	0	
19	57	1	21	7	0	0	0	1	42	1	3	0	2	1	0	0	0	
20	58	1	23	21	35	0	0	1	55	1	3	0	2	1	0	0	0	
21	59	1	24	0	15	0	0	0	1	1	3	0	2	1	0	0	0	
22	60	1	24	23	0	0	0	1	92	1	3	0	2	1	0	0	0	
23	61	1	27	16	40	0	1	0	1	1	3	0	2	1	0	0	0	
24	62	1	27	20	0	0	0	1	1	1	3	0	2	1	0	0	0	
25	63	1	30	18	30	0	1	0	1	1	3	0	2	1	0	0	0	
26	118	1	1	21	40	0	0	1	189	4	1	0	2	1	0	0	0	

Tabla 2. Vista parcial de la Base de Datos ajustada por participante

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ
1	causa Maniobra Riesgosa	causa Meteorologia	causa Otros	id Siniestro	id Seguido De	part1 idVehiculo	part hospitalizado	part id Sexo	participante Edad	part Cinturon	part Casco	part LetraUbic Vehiculo	part N° Ubiac Vehiculo
2	0	0	0	0	0	7	1	2	10	0	2	1	0
3	1	0	0	7	0	2	1	2	17	0	1	1	1
4	0	0	0	0	0	1	0	2	22	2	0	3	1
5	0	0	1	3	4	2	1	2	40	0	2	1	1
6	1	0	0	3	4	12	0	1	0	0	1	1	1
7	0	0	0	2	4	12	1	1	46	0	1	1	1
8	0	0	0	3	4	1	0	2	23	2	0	3	1
9	0	0	1	3	4	12	1	1	21	0	1	1	1
10	0	0	0	6	0	1	0	2	48	0	0	3	1
11	0	0	0	3	0	1	0	2	55	2	0	3	1
12	0	0	0	0	0	12	1	2	22	0	1	1	1
13	0	0	1	7	4	1	0	2	32	2	0	3	1
14	0	0	0	0	0	13	0	2	43	2	0	3	1
15	0	0	1	0	4	1	0	2	28	3	0	3	1
16	0	0	0	0	4	2	1	2	15	0	1	1	1
17	1	0	0	0	4	2	1	1	18	0	1	1	1
18	0	0	0	0	4	12	1	2	20	0	1	1	1
19	1	0	0	4	4	2	1	2	16	0	1	1	1
20	0	0	0	7	4	12	1	2	31	0	1	1	1
21	0	0	1	3	4	1	1	2	29	2	0	3	1
22	0	0	0	3	4	2	1	1	23	0	1	1	1
23	0	0	0	3	4	1	1	1	54	2	0	3	1
24	0	0	0	0	0	2	1	2	60	0	1	1	1
25	0	0	0	3	1	1	0	1	72	1	0	3	1
26	0	0	0	2	4	1	1	2	0	3	0	3	1

Avanzando en el desarrollo del modelo, observamos que algunas de las variables primarias merecen ser desagregadas. En nuestro registro existen variables cuyo dato puede variar entre diferentes opciones, por ejemplo: causas aparentes. Los Agentes de Tránsito introducen su observación en ésta descripción pudiendo optar por una o varias de las causas (distracción, maniobra riesgosa, exceso de velocidad, etc.) en cambio en otras el sistema solo les permite optar por una (recta, intersección, etc), es por ello que incluimos en el diseño éstas ramas terciarias (véase un ejemplo en Figura 5) que también requirieron un tratamiento especial.

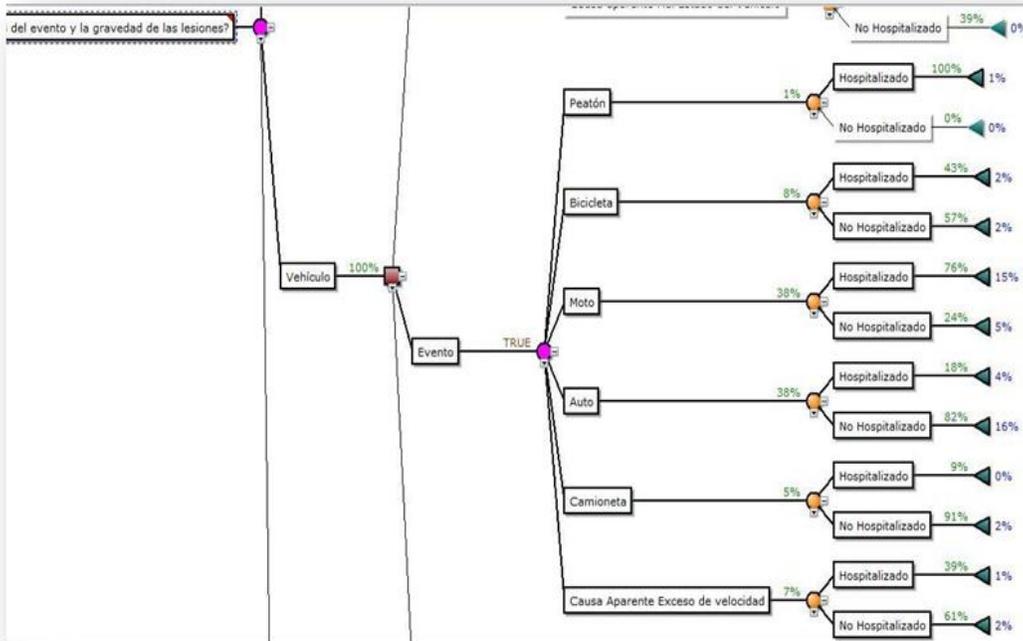


Figura 5. Vista parcial ramas terciarias

Para trabajar simplemente con las planillas de cálculo transformamos los datos de cada variable en forma binaria, acción que nos permitió armar las fórmulas de manera sencilla y sistemáticamente. Siempre basados en el diseño del árbol, tomamos una a una las variables, analizando su estructura y resolvemos qué método aplicar a los valores nulos. Como resultado obtuvimos una base robusta que nos permitió avanzar en la búsqueda de asociación.

La herramienta que elegimos para determinar si las variables se encuentran asociadas es Chi Cuadrado, como afirma Hernandez Arroyo [6] "... Un investigador puede estar interesado en saber, respecto de una población, si dos criterios de clasificación están probablemente relacionados o no... si concluimos que dos criterios de clasificación no están relacionados decimos que son independientes. Dos criterios de clasificación son independientes si la distribución de un criterio no depende de ninguna manera de la distribución del otro...", bajo éste análisis podremos determinar la probabilidad de que las variables estudiadas requieran hospitalización. En el caso de encontrar asociación tomamos la probabilidad derivada de la matriz de contingencia.

Determinamos una Hipótesis de base que será replicada en cada variable analizada, nuestra H_0 es "No existe dependencia entre la variable X y que el participante sea hospitalizado" siendo nuestra H_1 "Existe dependencia entre la variable X y que el participante sea hospitalizado", variable X representa por ejemplo: femenino, usa casco, etc.

Luego calcularemos las frecuencias observadas en cada celda de la matriz, basándonos en la cantidad total de observaciones encontradas para cada combinación fila/columna. Las frecuencias esperadas en cada celda serán el producto entre el total de su renglón y el total de su columna dividido el tamaño total de la muestra.

Los grados de libertad con los que nos aproximamos al estadístico de prueba Chi cuadrado está determinado por (la cantidad de renglones menos uno) por (la cantidad de columnas menos uno). En cuanto al nivel de significancia decidimos marcarlo como 0,05, lo que nos da valor crítico de 3,841

3. RESULTADOS

Un ejemplo concreto en el que se utilizó la base de datos completa es la variable "Femenino", donde se definió:

H_0 = No existe dependencia entre ser Femenino y que el participante sea hospitalizado

H_1 = Existe dependencia entre ser Femenino y que el participante sea hospitalizado

La frecuencia observada de la variable Femenino respecto Hospitalizado se detalla en la Tabla 3:

Tabla 3 Frecuencias Observadas

	Hospitalizado	No Hospitalizado	
Femenino	196	130	326
No Femenino	249	413	662
	445	543	988

La lectura inicial es: el registro total de siniestrados es de 988 personas de las cuales 326 son mujeres, 196 de las mismas terminaron hospitalizadas.

La frecuencia esperada entre ambas variables se observa en Tabla 4:

Tabla 4 Frecuencias Esperadas

	Hospitalizado	No Hospitalizado
Femenino	146,83	179,17
No Femenino	298,17	363,83

En éste caso como en todos los análisis subsiguientes contamos con una matriz de 2 x 2 con 1 grado de libertad para el cual utilizamos un nivel de significancia de 0,05. En base a ello quedó determinado el valor crítico de distribución Chi Cuadrado: 3,84.

Siguiendo el análisis de ejemplo resulta la Tabla 5:

Tabla 5 Resultados chi cuadrado

Chi 2	44,70959909
Grados de libertad	1
Valor crítico	3,84

Al ser el valor obtenido de Chi Cuadrado superior al valor crítico de 3,84, se rechazó la H_0 tomando el valor de la probabilidad (véase Tabla 6) del resultante de la tabla de valores observados:

Tabla 6 Probabilidades asociadas

	Total	% Hosp
Femenino	326	60
No Femenino	662	40

La probabilidad de ser Femenino se calculó como una proporción, la vista parcial en Tabla 7 muestra el resultado. Los atributos Fem: Femenino y part hospitalizado: participante hospitalizado, como cada uno de los atributos que se analizaron, que tomen valor 1 fueron considerados “afirmativo”.

Tabla 7 Probabilidad Femenino

Fem	part hospitalizado	Coincidencia Femenino y Hospitalizado	Probabilidad Fem
0	1	0	0,331868132
0	1	0	
0	0	1	
0	1	0	

De ésta manera completamos dentro del árbol las probabilidades obtenidas en Figura 6:

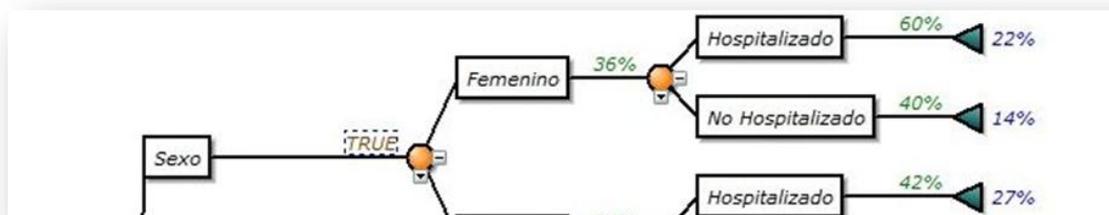


Figura 6. Vista parcial probabilidad Femenino/Hospitalizado – No Hospitalizado

También nos encontramos con atributos que no contaban con registros completos, en los que existían valores faltantes que condicionaban nuestro modelo. Un ejemplo que encontramos en nuestra base de datos se evidenció en la variable “causa aparente”, la misma debía determinarse dentro de la gama de opciones que estaban propuestas (incluimos “otro” como alternativa en caso de no encontrar la definición apropiada, particularmente nunca fue elegida y optamos por eliminar la columna). Como puede apreciarse en la Tabla 8 la fila cuatro no contiene ninguna causa aparente, el tratamiento que le dimos a estos valores nulos fue eliminar la fila completa y trabajar chi cuadrado con el total de datos completos.

Tabla 8 Vista parcial de la base de datos de Causas Aparentes

Con Causa	Alco/Dro	Cansancio	Def Vial	Distra	Enf	Exc Vel	Mal EstVeh	Man Ries	Meteor Adve
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Una vez acondicionada la tabla planteamos las H_1 para cada causa aparente en forma individual, por ejemplo:

H_0 = No existe dependencia entre el uso de Alcohol/Droga por parte del siniestrado y que el participante sea hospitalizado

H_1 = Existe dependencia entre el uso de Alcohol/Droga por parte del siniestrado y que el participante sea hospitalizado

Las Frecuencias observadas se distribuyeron como muestra la Tabla 9

Tabla 9 Frecuencias Observadas

	Hospitalizado	No Hospitalizado	
Alcohol/Droga	15	23	38
No Alcohol/Droga	252	417	669
	267	440	707

La Frecuencia esperada entre ambas variables se muestra en la Tabla 10 y el análisis en Tabla 11

Tabla 10. Frecuencias esperadas

	Hospitalizado	No Hospitalizado
Alcohol/Droga	14,35	23,65
No Alcohol/Droga	252,65	416,35

Tabla 11. Resultados Chi Cuadrado

Chi 2	0,049873648
Grados de lib	1
Valor crítico	3,84

En éste caso el valor crítico superó al obtenido del modelo, es por ello que aceptamos la H_0 . Para los casos en que nos encontramos con variables independientes, la probabilidad que un siniestrado cuya Causa aparente Alcohol/Droga deba ser Hospitalizado estará determinada por la probabilidad de que la Causa Aparente sea Alcohol/Droga por la probabilidad de ser Hospitalizado, en la tabla 12 puede observarse una vista parcial de la tabla donde recortamos las tres primeras filas, de un total de 707, arrojando el siguiente resultado:

Tabla 12. Probabilidad de variables no dependientes

causa Alcohol/Droga	part hospitalizado	Prob Al/Dr	Prob Hosp	Prob(Al/Dr)*Prob(Hosp)
0	1	0,042	0,293	0,012
0	1			
0	0			

En el árbol se incorpora como muestra la Figura 7

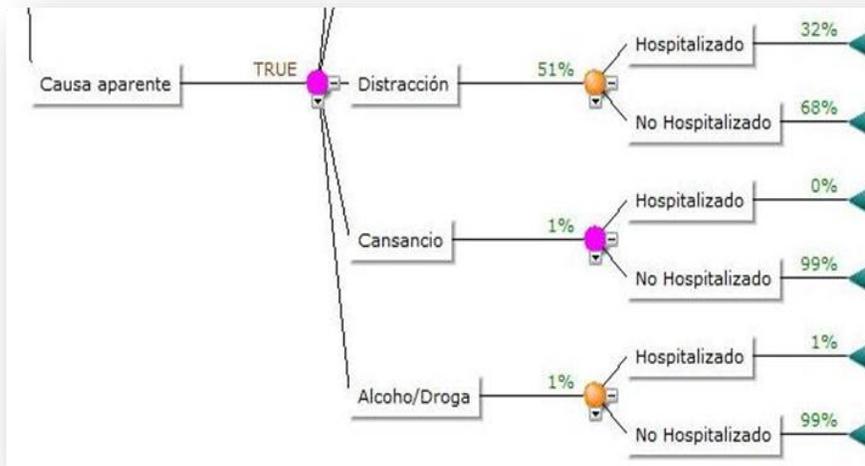


Figura 7. Vista parcial árbol de decisión / Causas aparentes

Otra particularidad que encontramos al realizar el procedimiento para detectar la asociación entre variables, fue que ciertos atributos poseían escasa cantidad de registros. Tal fue el caso de "seguido de", variable que intenta especificar una consecuencia inmediata del impacto que ubicamos dentro del factor "vehículo" en el post-evento.

La misma tiene distintas clasificaciones como por ejemplo: vuelco, explosión, inmersión, etc., nuestra herramienta elegida, el árbol, nos permitió conformar los procesos probabilísticos que no solo utilizaremos para medir evoluciones; también nos sirvió para detectar variables en las que debíamos aplicar algún tipo de reingeniería en sus procesos de formulación o captación de registros.

Esto es muy frecuente, por ejemplo cuando "otros" aparece en gran cantidad de registros, podrían existir una o más opciones relevantes que no han sido tenidas en cuenta al formular el registro. Otro patrón que demuestra nuestra afirmación es "No sabe/No contesta", variable que en muchas oportunidades se capta la mayoría de las respuestas.

En la Figura 8 es posible observar que con círculos color rosa, o en una tonalidad más oscura si el documento se encuentra en blanco y negro, que se marcan las opciones que no contienen ningún registro, por lo tanto no cuentan con las características para analizar posibles asociaciones. Si persistiera la nulidad de datos se deberá revisar la utilidad de contar con estas opciones en el formulario de relevamiento.

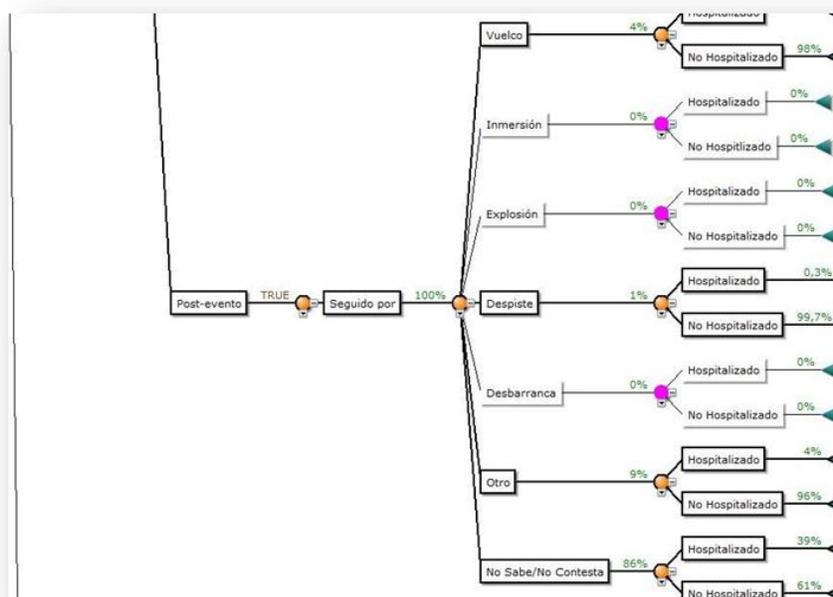


Figura 8. Vista parcial árbol de decisión / Seguido por

La misma Figura 8 nos muestra que No Sabe/No Contesta fue el atributo mas adoptado, con un porcentaje por sobre el resto muy importante. Visiblemente la información que aportó ésta opción no nos ayuda para caracterizar el evento, lo importante es “ver” el inconveniente y evaluar cómo resolverlo o mejorarlo.

Interactuando con las variables que se deseen analizar, obsérvese la Figura 9, es posible evaluar las probabilidades de ocurrencia de cada estado.

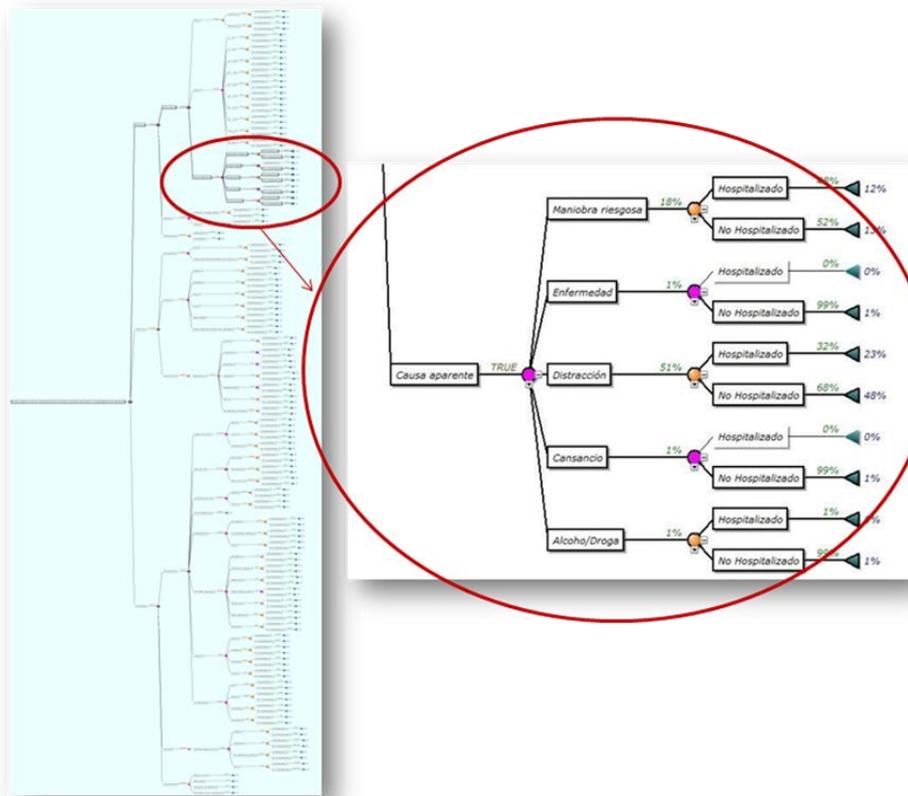


Figura 9. Vista completa del árbol de decisión

4. CONCLUSIONES

La toma de decisiones se ve simplificada con la utilización de un modelo como el árbol de decisión, debido a que es posible partir de la probabilidad de ocurrencia, como ejemplifica la figura 6, trazando de derecha a izquierda el camino hacia las causas que afectan nuestras futuras elecciones.

Se justifica ampliamente dedicarle el tiempo necesario a la preparación de variables ya que los valores esperados obtenidos serán definitorios al momento de establecer prioridades en función del seguimiento o la intervención sobre factores críticos (el humano, el vehículo o la persona). Como muestra la figura 7, si se desea establecer una acción efectiva sobre las personas en el momento previo al siniestro vial se deberá actuar sobre aspectos que producen distracciones en los conductores. No es casualidad que el uso del celular esté científicamente comprobado como elemento causal de colisiones.

El árbol nos permite trabajar con un concepto dinámico de indicadores estratégicos los cuales son clasificados según su relevancia. La flexibilidad de éste modelo tiene la capacidad de adaptarse a diferentes ámbitos como son los Agentes Controladores del Tránsito, Agentes Sanitarios y referentes de la planificación urbana de la ciudad permitiendo medir resultados de intervenciones puntuales. Un ejemplo de ello es el mayor control que hace personal de Tránsito sobre motociclistas y el uso del casco o sobre automóviles y las velocidades máximas permitidas. Como puede observarse en la Figura 8 son los valores esperados más altos en hospitalizaciones según los distintos modos de desplazamiento.

En definitiva, el árbol de decisión se configura como un modelo ideal para formular indicadores estratégicos en el estudio de la siniestralidad vial en el cual se esquematizan factores intervinientes y consecuencias y las probabilidades asociadas.

5. REFERENCIAS.

- [1] *Krajewski, Lee J; Ritzman, Larry P. (2000). Administración de operaciones: estrategia y análisis. México. 5ta Edición. Pearson Educación. México.*
- [2] *Gacetilla de prensa (2012). Traumatismos causados por el tránsito. Nota descriptiva: 358. www.who.int*
- [3] *Mohan, Dinesh; Tiwari, Geetam; Khayesi, Meleckidzedeck; Nafukho, Fredrick (2008). Prevención de lesiones causadas por el tránsito. Washington, D.C. (Publicación Científica y Técnica No. 630) ISBN 978 92 75316306*
- [4] *Eppen, G.D. (2000) Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa. México. 5^{ta} Edición Prentice – Hall. México*
- [5] *Ferreya, M., Consultor en Business Intelligence y Data Mining. (2007) ¿Qué hacer con los NULLS? www.powerhousedm.blogspot.com.ar*
- [6] *Hernandez Arroyo, E. (2006) Manual de Estadística. Universidad Cooperativa de Colombia. Colombia. ISBN 958-8325-03-3*