



Scientia Et Technica

ISSN: 0122-1701

scientia@utp.edu.co

Universidad Tecnológica de Pereira

Colombia

JORDAN ORDOÑEZ, YULEIDY; LERMA R., LUISA FERNANDA; TORO OCAMPO, ELIANA M.
APLICACIÓN DE CADENAS DE MARKOV CONTINUAS A LAS ESTADÍSTICAS DEL SECUESTRO
EN COLOMBIA

Scientia Et Technica, vol. XIV, núm. 38, junio, 2008, pp. 235-240

Universidad Tecnológica de Pereira

Pereira, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903841>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

APLICACIÓN DE CADENAS DE MARKOV CONTINUAS A LAS ESTADÍSTICAS DEL SECUESTRO EN COLOMBIA

Continuous Markov Chains Applied To Kidnapping Statistics In Colombia

RESUMEN

El secuestro es considerado un delito de lesa humanidad, las estadísticas en Colombia en cuanto a este fenómeno son de las más altas del mundo, infortunadamente es una de las principales fuentes de financiamiento de los grupos insurgentes y de la delincuencia común. En este trabajo se plantea el fenómeno como un proceso de Markov continuo, tomando como base estadísticas disponibles desde el año 1996 a 2006 y se realizan un análisis de ellas a la luz de esta herramienta matemática.

PALABRAS CLAVES: cadenas de markov, estabilidad, matriz de transiciones secuestro, probabilidades de estado estable, tasas de transición.

ABSTRACT

Kidnapping is considered a crime against humanity; the statistics in Colombia about this phenomenon are the highest in the world, unfortunately one of the main sources of financing insurgent groups and common criminals. This paper presents the phenomenon as a continuous Markov process, based on available statistics from 1996 to 2006 and performed an analysis of them using this mathematical tool.

KEYWORDS: Markov chains, steady, transition's matrix, kidnapping, steady state probabilities, transitions rates

YULEIDY JORDAN ORDOÑEZ

Estudiante de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
yulejordano87@hotmail.com

LUISA FERNANDA LERMA R.

Estudiante de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
Luisaf871@hotmail.com

ELIANA M. TORO OCAMPO

Ingeniera Industrial, M. Sc.
Profesor Asistente
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
elianam@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos estocásticos son sucesiones de eventos gobernados por las leyes probabilísticas con múltiples aplicaciones en física, ingeniería, biología, medicina así como también en otras ramas de las matemáticas. El objetivo de este documento es presentar una aplicación de esta herramienta al análisis de una problemática social que afecta de forma estremecedora a la sociedad colombiana, como lo es el secuestro.

El secuestro constituye una violación a los derechos humanos, a la integridad y tranquilidad de los afectados y sus familias. Igualmente, es una violación a los artículos 1, 3, 5 y 9, hallados en la Declaración Universal de los Derechos Humanos adoptada y proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su resolución 217^a (III) del 10 de diciembre de 1948 que rige actualmente [1].

El secuestro no se reduce solamente a la pérdida arbitraria de la libertad por un sector de la sociedad civil, o un resultado más de la lucha política que vive Colombia; sino que es uno de los componentes preponderantes de la guerra. Este enfoque resalta la parte psicológica del enfrentamiento armado, mostrando que el secuestro produce terror en los secuestrados y en quienes lo rodean; desorienta y tiende a provocar inacción y un sentimiento de impotencia en la población civil (Fondelibertad, 1999) [2].

Aquí se pretende hacer un análisis de estas cifras y mostrar el posible panorama al que se pueden enfrentar las personas que lo padecen.

Este trabajo se presenta de la siguiente forma: en la siguiente sección se muestra un panorama de la problemática del secuestro en Colombia, en la sección 3 se plantea el marco teórico de las cadenas de Markov de tiempo continuo, en la sección 4 se explica el caso de estudio así como la definición de los estados del proceso y la construcción de la matriz de transiciones, en la sección 5 se describe el procesamiento matemático de la información, en la sección 6 se presentan los resultados obtenidos, finalmente, se presenta una sección con conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

2. SECUESTRO EN COLOMBIA

Colombia es una nación fuertemente azotada por el secuestro. Tres fuerzas ilegales, conformados por dos guerrillas izquierdistas (FARC,ELN) y los paramilitares que las combaten (AUC), convierten las zonas rurales en territorios que escapan de las fuerzas de seguridad del estado. El negocio del narcotráfico y la delincuencia común hacen de nuestro país uno de los lugares más peligrosos del mundo [1].

El conflicto, arroja un balance escalofriante: sólo desde 1985, más de 60.000 muertos y 4.000 desaparecidos, además de los casi tres millones y medio de desplazados que han abandonado sus hogares para escapar de

extorsiones, chantajes, secuestros y asesinatos [3]. Muchos de los desplazados se han instalado en las afueras de grandes ciudades —popularmente llamados «invasiones»—, donde malviven en pésimas condiciones sanitarias y sociales, pero logran, al menos, escapar de la violencia de las fuerzas involucradas en el conflicto.

Un informe de la Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (Codhes) cifra en cerca de 290.000 el número de desplazamientos forzados durante el año 2004; y más de 150.000 en el primer semestre de 2005[1].

No se debe olvidar el drama de los más de 11.000 niños soldado —una de las cifras más altas del mundo— que, según Human Rights Watch, combaten en uno u otro bando[2].

Todos los grupos se nutren principalmente con dinero del narcotráfico —ya sea por el impuesto revolucionario que imponen a los narcos o por la explotación de los cultivos de coca que existen en sus zonas de influencia—, y de las extorsiones y los secuestros tanto de extranjeros como de nacionales.

Se conocen casos de civiles retenidos por las AUC para trabajar en las plantaciones de coca; incluso pequeños delincuentes realizan secuestros en las zonas urbanas para 'cobrar' después su presa a la guerrilla. Pero la práctica más generalizada y temida es la 'pesca milagrosa': el atraco de vehículos en carreteras solitarias, seleccionan sus rehenes según la marca del vehículo, sus tarjetas de crédito y su aspecto pudiente o acento extranjero [1].

El secuestro es considerado un delito de lesa humanidad, las cifras que maneja Colombia en cuanto a este fenómeno son de las más altas del mundo, infortunadamente es una de las principales fuentes de financiamiento de los grupos insurgentes y de la delincuencia común. En este trabajo se plantea el fenómeno como un proceso de Markov continuo, tomando como base estadísticas disponibles desde el año 1996 a 2006 y se realizan un análisis de ellas a la luz de esta herramienta matemática.

Según información proporcionada por Gustavo Muñoz, director de la Fundación Antisecuestro Nueva Esperanza, más de 13 mil personas han sido privadas de la libertad por la fuerza en los últimos seis años. El 9 por ciento de ellos son niños (junio de 2005). Dicha Fundación, creada en el 2001, también recopiló un listado de 509 casos de plagios cometidos por las autodefensas entre 1996 y 2004. Según dicha fuente, los departamentos más castigados por este flagelo en el país han sido Casanare, Antioquia, Magdalena, Bolívar y Cesar. Fondelibertad (Fondo Nacional para la Defensa de la Libertad Personal), también maneja estadísticas al respecto y señala que las autodefensas ilegales son responsables de 490 secuestros, cometidos entre 1996 hasta julio del 2005

(agosto de 2005). Se estima que a julio de 2005 las Farc mantienen secuestrados a 2500 civiles [3].

En entrevista con Yamid Amat, en El Tiempo, el 20 de julio del 2003, Salvatore Mancuso, ex jefe de las Auc, afirmó: "El secuestro nunca ha sido nuestra política. Luchamos contra él. Infortunadamente, en capturas de guerrilleros que se visten de civil para infiltrarse en la población, cuando los vamos a agarrar, reaccionan. Son dados de baja y los enterramos. A esas personas que desaparecen las creen, a veces, secuestradas" [4].

Según fuentes de familiares de secuestrados, las cifras del secuestro en Colombia están muy por debajo de la realidad. La mayoría de familias afectadas no denuncian, por temor a represalias [4].

Los datos considerados en este trabajo han sido tomados de Fondelibertad de las estadísticas disponibles en su página electrónica. En la tabla 1 se muestra la evolución del secuestro en Colombia durante los últimos 10 años [2].

Año	No de secuestros	Porcentaje
1996	1.038	4%
1997	1.623	7%
1998	2.860	12%
1999	3.204	14%
2000	3.572	15%
2001	2.917	13%
2002	2.882	12%
2003	2.121	9%
2004	1.440	6%
2005	800	3%
2006	687	3%
Totales	23.144	100%

Tabla 1. Evolución del secuestro en Colombia

3. CADENAS DE MARKOV DE TIEMPO CONTINUO

3.1 Proceso Estocástico

Un proceso estocástico es un proceso aleatorio que evoluciona de acuerdo a un parámetro que por lo general es el tiempo. La variable aleatoria X_t que describe el proceso está indexada por el parámetro t ó índice del proceso. Por lo tanto un proceso estocástico es una colección de variables aleatorias definidas sobre un mismo espacio muestral o espacios de estados, los procesos de Markov son un tipo de ellos.

En un proceso de Markov discreto en el estado y continuo en el tiempo, los tiempos de transición entre estados t_{ij} son variables aleatorias continuas que se describen mediante distribuciones de probabilidad.

De manera formal sea $\{X_t\}_{t \geq 0}$ un proceso estocástico de tiempo continuo (es decir $t \in [0, T]$ con $T \in \mathbb{R}$ fijo), que toma valores en un conjunto numerable E . Se dice que el proceso $\{X_t\}_{t \geq 0}$ es una cadena de Markov en tiempo continuo si

$$\forall s, t \geq 0 \text{ y } \forall i, j, x_u \in E \text{ con } 0 \leq u \leq s$$

se cumple que

$$P(X_{t+s} = j / X_s = i, X_u = x_u \forall 0 \leq u < s) = P(X_{t+s} = j / X_s = i)$$

En otras palabras, una cadena de Markov de tiempo continuo es un proceso estocástico que verifica la propiedad markoviana, es decir, que la probabilidad condicional de un futuro estado en el tiempo $t+s$, dado el estado presente en el tiempo s y todos los estados pasados, solo depende del estado presente y es independiente de los anteriores, si además se verifica que

$$P(X_{t+s} = j / X_s = i)$$

es independiente de s entonces se dice que la cadena de Markov tiene probabilidades de transición estacionarias u homogéneas [5].

3.2 Definición De Estados

Estado. Caracterización de la situación en que se halla el sistema en un instante dado; dicha caracterización puede ser tanto cualitativa como cuantitativa.

Clases de estados

Estado Transitorio: Un estado se llama transitorio si existe una probabilidad positiva de no regresar al estado una vez que se sale de él.

Estado Recurrente: Se dice que un estado es recurrente, si después de haber entrado a este estado, el proceso definitivamente regresa a ese estado. Por consiguiente un estado es recurrente si y sólo si no es transitorio.

Un estado absorbente es un estado recurrente.

Estado absorbente: Un estado i es absorbente si después de haber entrado ahí, el proceso nunca saldrá de ese estado, es decir $p_{ii} = 1$.

La recurrencia es una propiedad de clase, es decir todos los estados en una clase son recurrentes o transitorios [6].

3.3 Planteamiento matemático

En el proceso de Markov homogéneo se obtienen las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los estados del sistema como funciones del tiempo que se describen mediante ecuaciones diferenciales lineales ordinarias de coeficientes constantes como se muestra en la Ec (1):

$$\begin{bmatrix} \dot{P} \end{bmatrix} = [P][M] \quad (1)$$

P : Es el vector fila de las probabilidades de cada uno de los estados como función del tiempo.

\dot{P} : Es el vector fila de las derivadas con respecto al tiempo de las probabilidades de cada uno de los estados como función del tiempo.

M : es la matriz estocástica de tasas de transición entre estados y se define como se muestra en (2):

$$\begin{pmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n1} & \cdots & h_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Es una matriz cuadrada donde n indica el número de estados.

h_{ii} : Es el negativo de la sumatoria de toda la fila i .

Cada fila de la matriz deben sumar cero.

h_{ij} : Es la tasa de transición desde el estado i hacia el estado j .

La solución del sistema entrega una parte constante que indican las probabilidades de estado estable que son independientes de las condiciones iniciales del proceso y una parte transitoria que se utiliza para realizar proyecciones de corto plazo.

La solución del sistema de ecuaciones diferenciales (3) se puede resolver usando dos métodos, aquí se presenta uno de ellos.

$$[P(t)]^t = \sum_{i=1}^n c_i * v_i * e^{\lambda_i * t} \quad (3)$$

Donde.

$$[P(t)]^t = \text{se reemplaza por } P(0)$$

Y representa el vector de condiciones iniciales para $t=0$.

λ_i : Es el valor propio i de la matriz M .

v_i : Es el vector propio columna asociado con el valor propio i .

c_i : Es una constante a ser determinada por medio de las condiciones iniciales.

Un aspecto importante a determinar antes de intentar solucionar el sistema de ecuaciones es identificar si este es estable. Esto se puede establecer encontrando los valores propios de la matriz M . En caso contrario la metodología no se puede aplicar. Un proceso de Markov continuo en el tiempo tiene solución, estable, si y solo si todos los valores propios de M están ubicados en el lado izquierdo del plano complejo [7].

3.4 Frecuencia de ocurrencia de un estado i (f_i)

La frecuencia con que se presenta un estado i , representa la cantidad de veces que se presenta un estado del proceso, en el tiempo, según la Ec(4). La frecuencia de ocurrencia de un estado se calcula mediante el producto de la probabilidad de estado estable del estado i por la

sumatoria de las tasas de salida desde ese estado hacia los otros [6].

$$f_i = P_i(\infty) * \sum_{j=1}^n h_{ij} \quad (4)$$

3.5 Tiempo medio para entrar en un estado absorbente

Para procesos aleatorios que tienen estados absorbentes, se puede determinar el tiempo medio o esperado para entrar en dicho estado absorbente [7].

El procedimiento es:

1. se calcula la matriz $A = [M+I]$. I es una idéntica $n \times n$.
2. Halla Q , la matriz que resulta de eliminar en A la fila y la columna que corresponden al estado absorbente.
3. Hallar $N = [I - Q]^{-1}$
4. El tiempo medio para entrar en el estado absorbente dado que el proceso comenzó en el estado i es la suma de los términos de la fila i de la matriz N .

4. CASO DE ESTUDIO

4.1 Definición de estados

Se tomó como base la información estadística que aparece en [2] página electrónica de Fondeliberad (Fundación País Libre) entre los años 1996 al 2006, ellas incluyen datos de secuestrados por cada uno de los grupos, datos de personas liberadas, así como el número de personas asesinadas en cautiverio. Con base en ello se definieron 5 estados que conforman el conjunto de estados E y representan la situación en la que puede encontrarse un individuo que ha sufrido un plagio. Los estados considerados inicialmente son:

ESTADO 1: estar secuestrado por las FARC.

ESTADO 2: estar secuestrado por el ELN.

ESTADO 3: estar secuestrado por los Paramilitares.

ESTADO 4: estar secuestrado por otros grupos.

ESTADO 5: estar en libertad.

Se debe aclarar que en el estado 4, se tuvieron en cuenta: grupos sin identificar, familiares, etc.

El estado 5 representa las personas que estando libres fueron secuestradas o que estando secuestradas fueron liberadas.

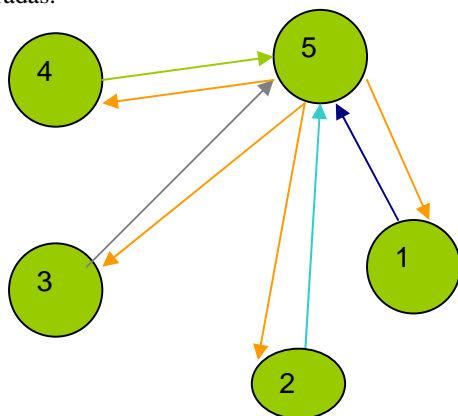


Figura 1. Diagrama de Transiciones

Estados recurrentes: {1, 2, 3, 4, 5}

Estados transitorios: ninguno

Estados absorbentes: ninguno

4.2 Construcción de la matriz de transiciones

Con base en la información presentada año por año obtenida de [2] y resumida en la tabla 2 se contabilizaron el número de personas que pasaron desde el estado i y hacia el estado j durante los 11 años de la observación, desde 1996 hasta 2006, si se explica la posición $h_{15} = 4125/11$, de la figura 2, indica que 4125 personas que estaban en el estado 1 pasaron al estado 5 en el periodo evaluado.

Situación	1996-2006	
Liberado	12.865	55.59%
Rescatado	4.350	18.80%
Cautivo	3.181	13.74%
Muerto cautivo	1.254	5.429%
Liberado presión	795	3.44%
Fuga	365	1.58%
Mediación	334	1.44%
Total	23.144	100%

Tabla 2. Datos de secuestro de 1996-2006

$$M = \begin{bmatrix} 1 & \begin{bmatrix} -4125 & 0 & 0 & 0 & 4125 \\ 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \end{bmatrix} \\ 2 & \begin{bmatrix} 0 & -3499 & 0 & 0 & 3499 \\ 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \end{bmatrix} \\ 3 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & -513 & 0 & 513 \\ 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \end{bmatrix} \\ 4 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -4728 & 4728 \\ 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \end{bmatrix} \\ 5 & \begin{bmatrix} 6727 & 5379 & 1165 & 9404 & -22675 \\ 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Figura 2. Matriz de transiciones

Valores propios de la matriz de las tasas de transición:

$$\lambda_1 = -2431.6 \quad \lambda_2 = -400 \quad \lambda_3 = -336.9 \quad \lambda_4 = 0 \quad \lambda_5 = -61.4$$

Los valores propios obtenidos indican que se puede continuar con el análisis.

A través de ecuaciones diferenciales se pueden encontrar las probabilidades de cada estado a largo plazo.

Para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales se requiere de un vector de probabilidad inicial que se definió de la siguiente forma: El primer año es 1996 y se cuenta con un dato de 1598 personas que se encuentran clasificadas en los 5 estados así: 227 están en el estado 1, 192 en el estado 2, 5 en el estado 3, 614 en el estado 4 y 560 en el estado 5 con el que se obtuvo el siguiente vector.

$$V = [0.14 \quad 0.12 \quad 0.0031 \quad 0.38 \quad 0.35]$$

Inicialmente las probabilidades indican que si una persona es secuestrada el 38% de los secuestrados estarían en manos de otros grupos, mientras que la menor estaría dada por el 0.31% estar secuestrado por los paramilitares.

5. RESULTADOS

5.1 Ecuaciones de probabilidad

Con base en el vector de probabilidades iniciales y resolviendo el sistema de ecuaciones diferenciales se encuentran las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los estados como función del tiempo que consta de una parte transitoria (términos acompañados por la variable t) y de otra de estado estable (términos constantes).

$$\begin{aligned} P_1(t) &= -0.0566e^{-2431.6t} - 0.1011e^{-400t} + 0.0368e^{-336.9t} + 0.1921e^{0t} + 0.0689e^{-61.4t} \\ P_2(t) &= -0.044e^{-2431.6t} - 0.02471e^{-400t} - 0.0596e^{-336.9t} + 0.1811e^{0t} + 0.0673e^{-61.4t} \\ P_3(t) &= -0.0085e^{-2431.6t} - 0.0012e^{-400t} - 0.000836e^{-336.9t} + 0.2675e^{0t} - 0.2538e^{-61.4t} \\ P_4(t) &= -0.0817e^{-2431.6t} + 0.123e^{-400t} + 0.0213e^{-336.9t} + 0.2348e^{0t} + 0.0822e^{-61.4t} \\ P_5(t) &= 0.1904e^{-2431.6t} + 0.00414e^{-400t} + 0.0023e^{-336.9t} + 0.1178e^{0t} + 0.0353e^{-61.4t} \end{aligned}$$

Probabilidades de estado estable y frecuencia

Estado i	$P_i(\infty)$	$f_i(\text{veces} / \text{año})$
1 FARC	0.1921	72.037
2 ELN	0.1811	57.6
3 AUC	0.2675	124.65
4 OTROS	0.2348	100.69
5 LIBRE	0.1178	242.83

Tabla 3. Probabilidades, frecuencia y duración

Estos resultados presentados en la tabla 3 se muestra que si una persona sufre un plagio las probabilidades estado estable muestran que la probabilidad de que sea a manos de las FARC es del 19.21%, a manos del ELN es del 18.11%, a manos de las AUC es del 26.75%, por otros grupos es de 23.48% y la probabilidad de quedar libre después de un plagio es del 11.78%.

La frecuencia representa el número de secuestros por año, lo que indica que las AUC son la organización que más número de secuestros realiza por año, seguida de otros grupos sin identificar y que se realizan en promedio 242 liberaciones por año.

5.3 Tiempo medio para entrar a un estado absorbente

Para analizar el tiempo medio en que el sistema tarda en llegar a un estado absorbente, se le asigna a la matriz de transiciones que se venía trabajando un nuevo estado, en este caso se trata de, “ser asesinado”, que para nuestro

trabajo se comporta como un estado absorbente, este estado incluyen las personas que mueren en cautiverio.

- Estado 1: estar secuestrado por las FARC
- Estado 2: estar secuestrado por el ELN
- Estado 3: estar secuestrado por los Paramilitares
- Estado 4: estar secuestrado por otros grupos
- Estado 5: estar libre
- Estado 6: ser asesinado

Para formar la nueva matriz de transición considerando el nuevo estado que es ser asesinado por cualquiera de los grupos insurgentes se le agrega una fila de ceros. La nueva columna tiene las cantidades de los secuestrados que fueron asesinados en cautiverio en los 11 años, por las diferentes fuerzas ilegales, datos obtenidos de [2].

Cuando se tiene la matriz con el vector absorbente Figura 3, se elimina la fila y la columna pertenecientes a ese vector con lo que se obtiene la matriz Q .

Siguiendo el procedimiento planteado en la sección 3.5 se obtiene la matriz N mostrada en la figura 4.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ -405 & 0 & 0 & 0 & \frac{4125}{11} & \frac{341}{11} \\ 0 & \frac{-3633}{11} & 0 & 0 & \frac{3499}{11} & \frac{145}{11} \\ 0 & 0 & \frac{-626}{11} & 0 & \frac{513}{11} & \frac{124}{11} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{-5361}{11} & \frac{4728}{11} & \frac{644}{11} \\ \frac{6727}{11} & \frac{5379}{11} & \frac{1165}{11} & \frac{9404}{11} & \frac{-22675}{11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 3. Matriz de transiciones aumentada

$$N = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 406 & 0 & 0 & 0 & \frac{-4125}{11} \\ 0 & \frac{3644}{11} & 0 & 0 & \frac{-3499}{11} \\ 0 & 0 & \frac{637}{11} & 0 & \frac{-513}{11} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{5372}{11} & \frac{-4728}{11} \\ \frac{-6727}{11} & \frac{-5379}{11} & \frac{-1165}{11} & \frac{-9404}{11} & \frac{22675}{11} \end{bmatrix}^{-1}$$

Figura 4. Matriz N

La inversa de la matriz N aparece en la figura 5.

$$1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5$$

$$N = \begin{bmatrix} 0.0098 & 0.0072 & 0.0089 & 0.0085 & 0.0049 \\ 0.0076 & 0.0105 & 0.0093 & 0.0089 & 0.0051 \\ 0.0064 & 0.0063 & 0.0251 & 0.0075 & 0.0043 \\ 0.0070 & 0.0069 & 0.0085 & 0.0102 & 0.0047 \\ 0.0080 & 0.0078 & 0.0097 & 0.0093 & 0.0053 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 0.0393 \\ 0.0414 \\ 0.0496 \\ 0.0373 \\ 0.0401 \end{matrix}$$

Figura 5. Tiempos medios para ser asesinado

Los tiempos promedios para entrar al estado absorbente se calculan sumando las filas de la matriz N como se presentada en la figura 5.

En la tabla 4 se presenta el tiempo promedio en días para ser asesinado si se es objeto de un plagio de acuerdo al grupo que ejecute la acción.

Para el estado 1 se obtiene de la siguiente forma:
 $0.0393 * 360(\text{días/año}) * (11 \text{ años}) = 155.62$

Secuestrado por	Tiempo promedio en ser asesinado (DÍAS)
FARC	155.62
ELN	163.94
PARAMILITARES	196.41
OTROS GRUPOS	147.70

Tabla 4. Tiempo promedio en ser asesinado.

Estos tiempos medios indican que los paramilitares son los que menos secuestrados asesinan, le siguen el ELN y los que más secuestrados asesinan son en su orden las FARC y otros grupos.

6. CONCLUSIONES

Sí se observan las cifras de la tabla 1 se podría decir que el fenómeno del secuestro en los 11 años analizados no es un proceso estable, pues tiene un comportamiento creciente entre 1998 y 2000 y luego decrece de 2001 a 2006, pero debido a que lo que se está modelando es la participación de grupos en el secuestro, este aspecto es el que debe ser estable, es decir a pesar de la variación en la cifra total de secuestros, la participación de los grupos es la misma, es decir las tasas de transición son constantes, esto valida la aplicación del modelo.

Dentro del análisis realizado se utilizaron las cifras disponibles entre 1996 y 2006, pero queda un manto de duda sobre ellas porque según Mancuso, jefe de las autodefensas, en declaraciones de prensa indica que muchos de los reportados como secuestrados en realidad son muertos enterrados en fosas comunes y adicionalmente habrán muchos secuestros que no aparecen dentro de las estadísticas oficiales.

Según los datos recogidos se observa que las mayores tasas de secuestro se presentan entre 1995 y 2004, los años 2005 y 2006 presentan un descenso en estas cifras,

de acuerdo a las autoridades esta disminución se debe a políticas gubernamentales y de seguridad.

El secuestro como fuente de financiamiento es muy atractiva para cualquier organización delincriminal y por tanto seguirá estando en el abanico de opciones para ellas, la única arma de la que dispone la sociedad es evitar situaciones de riesgo en las que pueda ser objeto de él.

En trabajos posteriores se puede incluir dentro del estudio las zonas que se ven mas afectados, así mismo analizar características como la edad, las profesiones de los secuestrados y la influencia del gobierno en todos los procesos de liberación.

La metodología utilizada puede ser aplicada en otros temas que también son de igual interés en nuestra sociedad tales como: el desplazamiento, el reclutamiento de personas en las filas de grupos insurgentes, los desmovilizados, entre otros y que servirían como herramientas de análisis para los entes gubernamentales.

Los resultados obtenidos pueden ser sujeto de comparación con otras técnicas de pronósticos como: series ARIMA, redes neuronales, redes neurodifusas; con el fin de evaluar su validez y confiabilidad.

7. AGRADECIMIENTOS

Loa autores quieren expresar sus agradecimientos al grupo de Planeamiento en Sistemas Eléctricos de la Universidad Tecnológica de Pereira y en especial al profesor Carlos Julio Zapata quien orienta el curso de Confiabilidad y Procesos Estocásticos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] http://www.elmundo.es/documentos/2003/04/Guerras_olvidadas/colombia.html
- [2] http://www.antisecuestro.gov.co/documentos/7_16_2007_4_58_07_PM_CifrasHistoricas.pdf
- [3] http://www.lasvocesdelsecuestro.com/secuestrados_view.asp?id=997
- [4] www.mediosparalapaz.org/?idcategoria
- [5] Vega, María Valentina. Cadenas de Markov de tiempo continuo y aplicaciones. Monografía. Licenciatura en matemática. Universidad de la República de Uruguay, 2004.
- [6] Billinton, R. Allan. R. Reliability evaluation of engineering systems: concepts and techniques. Pitman Advanced publishing program, Boston 1982
- [7] Zapata, Carlos Julio. Análisis Probabilístico y Simulación. Maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira. 2007.