

**UNA PROPUESTA DE MODELO DINÁMICO SISTÉMICO DEL CONFLICTO  
ARMADO EN COLOMBIA Y SUS CONSECUENCIAS**

**EDNA KATHERINE CONDE VEGA  
DANIEL FELIPE SALINAS AVILA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROYECTO DE GRADO II  
BUCARAMANGA  
JUNIO, 2019**

**UNA PROPUESTA DE MODELO DINÁMICO SISTÉMICO DEL CONFLICTO  
ARMADO EN COLOMBIA Y SUS CONSECUENCIAS**

**EDNA KATHERINE CONDE VEGA  
DANIEL FELIPE SALINAS AVILA**

**Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas**

**Director  
Jorge Andrick Parra Valencia  
Ph.D. in Engineering**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROYECTO DE GRADO II  
BUCARAMANGA  
JUNIO, 2019**

Bucaramanga, noviembre 04 de 2019

Señores

Sistema de Información Bibliográfica  
Universidad Autónoma de Bucaramanga

Asunto: Carta aval para la entrega de Proyecto de Trabajo de Grado en Biblioteca

Por medio de la presente me permito avalar la entrega del Proyecto de Trabajo de Grado de los estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas, EDNA KATHERINE CONDE VEGA y DANIEL FELIPE SALINAS ÁVILA, titulado "UNA PROPUESTA DE MODELO DINÁMICO SISTÉMICO DEL CONFLICTO ARMADO EN COLOMBIA Y SUS CONSECUENCIAS". El Proyecto de Trabajo de Grado cumple con los requisitos exigidos y fue aprobado mediante sustentación pública el día 14 de junio del presente año.

Cordialmente,



JORGE ANDRICK PARRA VALENCIA  
Director de Proyecto de Trabajo de Grado

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	6
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
3.	OBJETIVOS.....	16
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4.	MARCO REFERENCIAL.....	17
4.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	17
4.2.	MARCO TEÓRICO.....	21
4.3.	MARCO LEGAL.....	23
4.4.	ESTADO DEL ARTE .....	23
5.	METODOLOGÍA .....	30
6.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	32
	MODELO DINÁMICO SISTÉMICO DEL CONFLICTO ARMADO Y SUS EFECTOS EN LA POBREZA.....	32
	HIPÓTESIS DINÁMICA.....	34
	MODELO DINÁMICO SISTÉMICO .....	45
	EVALUACIÓN DEL MODELO.....	46
	EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN DEL MODELO.....	47
	POLÍTICAS DE RESOLUCIÓN O MEJORAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA .....	51
	MODELO DINÁMICO SISTÉMICO Y SUS EFECTOS EN EL NARCOTRÁFICO .....	55
	HIPÓTESIS DINÁMICA.....	57
	MODELO DINÁMICO SISTÉMICO .....	58
	EVALUACIÓN DEL MODELO.....	59
	EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN DEL MODELO.....	59
	POLÍTICAS DE RESOLUCIÓN O MEJORAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA .....	61
7.	DISCUSIÓN.....	62
8.	CONCLUSIONES .....	63
9.	TRABAJO FUTURO.....	64
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	65
11.	ANEXOS.....	70
	LISTADO DE VARIABLES DEL MODELO DE LA TASA DE POBREZA .....	70
	LISTADO DE VARIABLES DEL MODELO DE NARCOTRÁFICO .....	75

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Leyes relacionadas con el conflicto armado en Colombia .....	23
Tabla 2 Estado del arte .....	24
Tabla 3 Análisis de los artículos seleccionados .....	28
Tabla 4 Parámetros para la formulación del modelo en cinco escenarios diferentes.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Total nacional de víctimas del conflicto armado colombiano hasta la fecha .....	7
Figura 2. Tipología del conflicto a lo largo del territorio colombiano .....	12
Figura 3. Colombia en la clasificación mundial del índice de Paz Global 2018 .....	13
Figura 4. Colombia en la clasificación regional (Sudamérica) del índice de Paz Global ...	14
Figura 5 Árbol de problemas.....	15
Figura 6 Ejemplo de Diagrama causal .....	18
Figura 7 Ejemplo de Modelo en Dinámica de Sistemas o Diagrama de Forrester.....	18
Figura 8 Modo de referencia Poder Guerrilla .....	32
Figura 9 Modo de referencia Poder Paramilitar.....	33
Figura 10 Modo de referencia Poder Ejército.....	33
Figura 11 Masacres ocasionadas por los grupos armados entre los años 1980 y 2012...	35
Figura 12 Número de eventos por hecho ocasionado por los grupos armados .....	35
Figura 13 Cifra total de víctimas por hecho.....	36
Figura 14 Mapa de desplazamiento forzado en el conflicto armado en Colombia .....	37
Figura 15 Evolución de las principales modalidades de violencia del conflicto armado....	37
Figura 16 Modelo de toma de decisiones.....	40
Figura 17 Hipótesis dinámica Incidentes de Orden Público.....	41
Figura 18 Modelo dinámico sistémico de los incidentes de orden público.....	41
Figura 19 Miembros de Grupos Ilegales .....	42
Figura 20 Miembros de la Fuerza Pública.....	43
Figura 21 Incidentes de Orden Público .....	43
Figura 22 Hipótesis dinámica del conflicto armado relacionada con la pobreza. ....	44
Figura 23 Diagrama de Forrester del conflicto armado relacionado con la pobreza .....	46
Figura 24 Evaluación de unidades del modelo: Unidades OK.....	47
Figura 25 Resultados de la simulación: Poder Guerrilla .....	48
Figura 26 Resultados de la simulación: Poder Ejército .....	48
Figura 27 Resultados de la simulación: Poder Paramilitar .....	49
Figura 28 Resultados de la simulación: Incidentes de orden público .....	49
Figura 29 Resultados de la simulación: Tasa de desplazamiento .....	50
Figura 30 Resultados de la simulación: Tasa de pobreza .....	50
Figura 31 Resultados de la simulación de políticas: Poder Guerrilla .....	51
Figura 32 Resultados de la simulación de políticas: Poder paramilitar .....	52
Figura 33 Resultados de la simulación de políticas: Poder Ejército.....	52
Figura 34 Resultados de la simulación de políticas: Incidentes de Orden Público .....	53
Figura 35 Resultados de la simulación de políticas: Tasa de desplazamiento .....	53
Figura 36 Resultados de la simulación de políticas: Tasa de pobreza .....	54
Figura 37 Modo de Referencia Poder Estado .....	55
Figura 38 Modo de Referencia Narcotráfico.....	56
Figura 39 Modo de Referencia Poder Grupos Armados Ilegales .....	56
Figura 40 Hipótesis dinámica del conflicto armado relacionada con el narcotráfico. ....	57
Figura 41 Diagrama de Forrester del conflicto armado relacionado con el narcotráfico ...	58
Figura 42 Evaluación de parámetros del modelo: Unidades OK .....	59
Figura 43 Resultado de las simulaciones: Grupos armados ilegales.....	60
Figura 44 Resultados de la simulación: Estado.....	60
Figura 45 Resultados de la simulación: Narcotráfico.....	61

## 1. INTRODUCCIÓN

Conflicto hace referencia a alguna forma de fricción o discordia que surge dentro de un grupo (Real Academia Española, 2017).

Puede definirse como una situación o como un tipo de comportamiento que ocurre cuando dos o más partes involucradas están en oposición como el resultado de la incompatibilidad en objetivos, actividades, o interacciones.

Se han realizado múltiples investigaciones con el fin de caracterizar el término, después de revisar un gran número de ellas, el autor Rahim (2010) concluyó que un conflicto se caracteriza por los siguientes elementos:

- Un conflicto incluye oposición de intereses entre individuos o grupos en una situación de suma cero, que es aquella donde la ganancia o pérdida de un individuo se equilibra con la ganancia o pérdida de otro individuo;
- Los intereses en oposición deben ser reconocidos para que el conflicto exista;
- El conflicto involucra creencias que frustran los intereses del otro;
- El conflicto es un proceso, este se desarrolla entre las relaciones existentes de individuos o grupos y refleja sus interacciones pasadas y el contexto en el cual toman lugar; y, por último
- Implica acciones unilaterales o bilaterales que en efecto producen la frustración de los objetivos del otro.

Un conflicto armado incluye los elementos mencionados anteriormente y además el uso de armas u otras medidas de destrucción.

Dependiendo del contexto territorial en que se desarrolle puede tratarse de un conflicto armado nacional o internacional.

El derecho internacional humanitario (DIH) define un conflicto armado nacional como:

Conflicto armado que se desarrolle en el territorio de una Alta Parte Contratante entre sus fuerzas armadas y fuerzas armadas disidentes o grupos armados organizados que, bajo la dirección de un mando responsable, ejerzan sobre una parte de dicho territorio un control tal que les permita realizar operaciones militares sostenidas y concertadas. (Comité Internacional de la Cruz Roja CICR, 2008)

Gran cantidad de países alrededor del mundo se ven afectados por conflictos armados internos.

Las naciones siguen gastando enormes cantidades de recursos en crear estrategias para contener la violencia, pero los resultados no se ven reflejados.

Colombia es un claro ejemplo de esto. El conflicto armado colombiano es una problemática nacional con dificultades en su esclarecimiento que data de los años 50 y que se presenta hasta la actualidad.

Conforme a las cifras presentadas por la Unidad de Víctimas el conflicto ha ocasionado un aproximado de 9 millones de víctimas (Figura 1) y ha generado consecuencias de tipo social, económico, político, entre otras.

Figura 1. Total nacional de víctimas del conflicto armado colombiano hasta la fecha



Fuente: Tomado de (RNI Red Nacional de Información, 2019)

Aunque se espera que el conflicto termine con la implementación del Acuerdo de paz, firmado entre el gobierno colombiano y la principal guerrilla del país en el año 2016, entender la dinámica de su origen y desarrollo es pieza clave para su completa resolución.

En este orden de ideas se evidencia la necesidad de realizar un análisis del conflicto con el fin de disminuir la complejidad de la problemática y entender cuál es la dinámica de su comportamiento y cuáles son los factores que impiden que llegue a su fin.

La Dinámica de Sistemas es un enfoque asistido por computadora que permite la representación de cualquier sistema del mundo real mediante un modelo computacional con el fin de evaluar su comportamiento y determinar los factores clave que inciden en él. (System Dynamics Society, 2018)



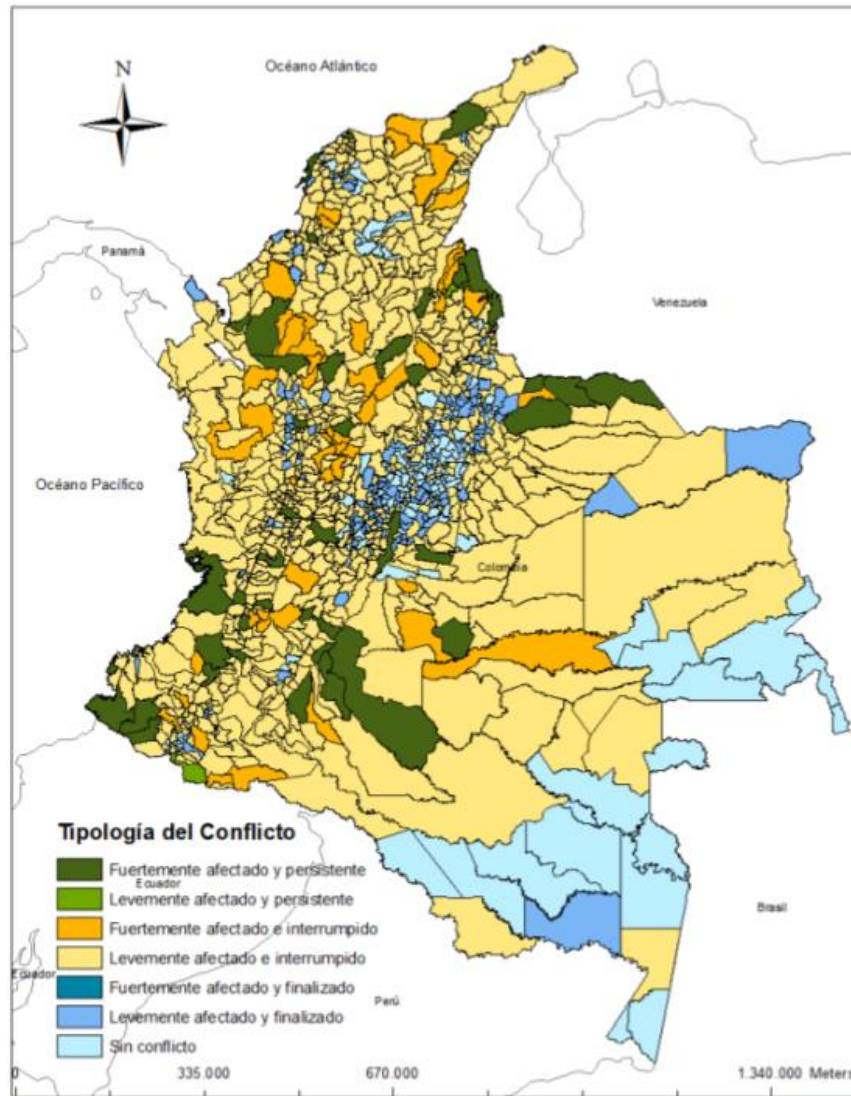
De acuerdo con Forrester (1969) la estructura del sistema puede ser representada por medio de niveles y flujos, relacionados entre sí mediante ciclos de realimentación. Los niveles cuentan con algunos indicadores como una meta u objetivo, una discrepancia y una acción deseada. Como consecuencia de esta estructura se producen comportamientos que pueden ser evaluados, con el fin de diseñar y analizar políticas que resuelvan problemas de cualquier índole, ya sea social, económico, administrativo o ecológico.

Tomando en consideración todo lo anterior, se propone el desarrollo de un Proyecto de Trabajo de Grado del programa de Ingeniería de Sistemas, que consiste en la formulación de un modelo en Dinámica de Sistemas, basado en datos presentados por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), el Centro Nacional de Memoria Histórica de Colombia (CNMH) y otras fuentes, que permite el estudio del conflicto armado interno colombiano y sus efectos sociales, con el fin de identificar los elementos clave que intervienen, además de evaluar posibles soluciones o estrategias que contribuyan a su mejoramiento y posterior solución.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conflicto armado en Colombia es una problemática que ha estado presente en la mayoría de los departamentos del país (Figura 2).

Figura 2. Tipología del conflicto a lo largo del territorio colombiano



Fuente: Tomado de (Restrepo, Gutierrez, Martín, & Ronderos, 2014)

Desde su inicio en los años 50 hasta la actualidad ha dejado un sin número de víctimas y ha generado consecuencias que mantienen al país como un territorio con un bajo nivel de seguridad social.

Cada año se elabora un *ranking* que evalúa el nivel de seguridad de un país a nivel mundial, teniendo en cuenta indicadores cuantitativos y cualitativos de fuentes oficiales. La paz es medida usando tres dominios temáticos: el nivel de seguridad social, la extensión y duración de conflictos internos e internacionales y el grado de militarización (Institute for Economics & Peace, 2019). Colombia se encuentra en el puesto 143 de 163 países incluidos en la clasificación, y en el penúltimo lugar en la clasificación regional, es decir en Sudamérica.

Figura 3. Colombia en la clasificación mundial del índice de Paz Global 2018

<b>RANK</b>	<b>COUNTRY</b>	<b>SCORE</b>	<b>CHANGE</b>
141	● India	2.605	↓ 4
142	● Palestine	2.608	↓ 2
143	● Colombia	2.661	↑ 2
144	● Venezuela	2.671	↓ 2
145	● Mali	2.710	↑ 2
146	● Israel	2.735	↑ 1
147	● Lebanon	2.800	↓ 26
148	● Nigeria	2.898	↔
149	● North Korea	2.921	↑ 1
150	● Ukraine	2.950	↑ 2
151	● Sudan	2.995	↑ 3
152	● Turkey	3.015	↓ 3
153	● Pakistan	3.072	↓ 2
154	● Russia	3.093	↓ 1
155	● Dem. Rep of the Congo	3.218	↔
156	● Libya	3.285	↑ 1
157	● Central African Rep	3.296	↓ 1
158	● Somalia	3.300	↑ 1
159	● Iraq	3.369	↑ 1
160	● Yemen	3.412	↓ 2
161	● South Sudan	3.526	↔
162	● Syria	3.566	↑ 1
163	● Afghanistan	3.574	↓ 1

Fuente: Tomado de (Institute for Economics & Peace, 2019)

Figura 4. Colombia en la clasificación regional (Sudamérica) del índice de Paz Global

## South America

Regional Rank	Country	Overall Score	Score change	Overall Rank
1	Chile	1.634	-0.012	27
2	Uruguay	1.711	-0.043	34
3	Ecuador	1.98	0.018	71
4	Argentina	1.989	0.034	75
5	Peru	2.016	0.034	80
6	Bolivia	2.044	0.011	85
7	Paraguay	2.055	0.054	88
8	Guyana	2.075	0.034	92
9	Brazil	2.271	0.112	116
10	Colombia	2.661	-0.068	143
11	Venezuela	2.671	0.028	144
<b>REGIONAL AVERAGE</b>		<b>2.101</b>	<b>0.018</b>	

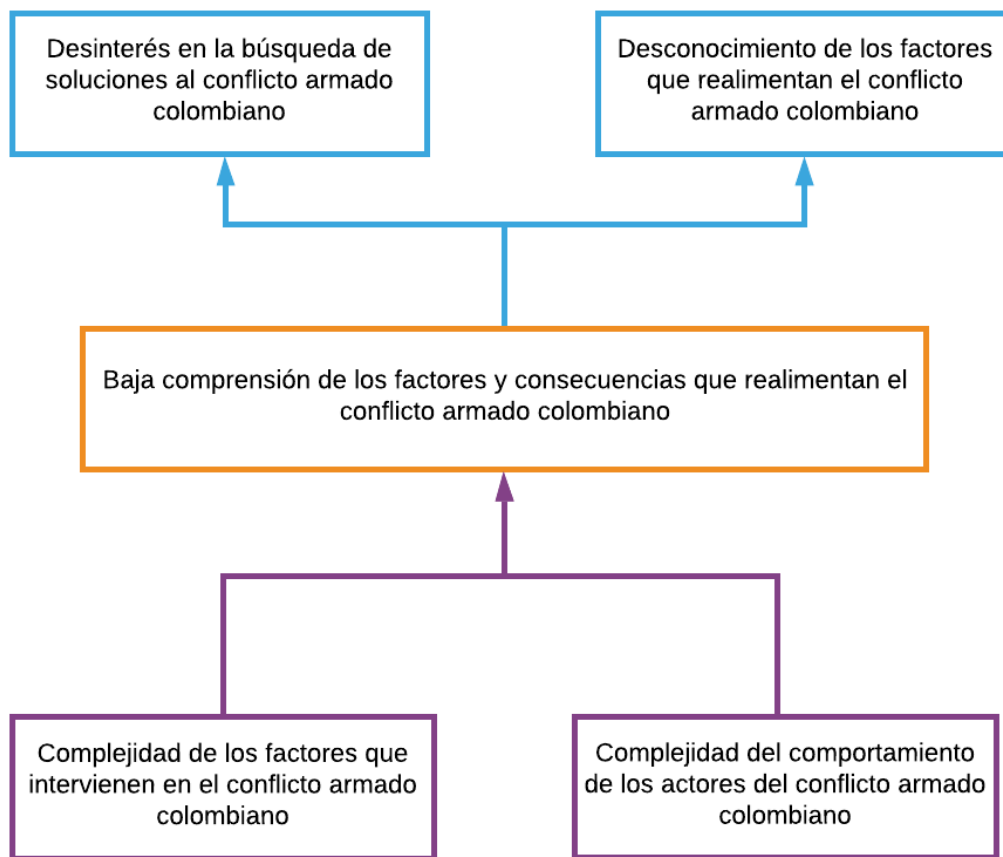
Fuente: Tomado de (Institute for Economics & Peace, 2019)

El conflicto armado interno y su perduración es una de las principales razones por las que Colombia se encuentra en los últimos lugares del estudio realizado. En un inicio este surge por el deseo de apropiación, el uso y la tenencia de tierra y la búsqueda de dominio político de una zona por parte de los ciudadanos y campesinos, debido a que perciben abandono por parte del Estado y precariedad y debilidad en la democracia (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013).

Sin embargo, las dificultades se presentan porque el conflicto ha desencadenado una serie de factores y consecuencias que lo siguen realimentando y evitan que este llegue a su culminación.

En este estudio se identifica como problema principal la baja comprensión de los factores y consecuencias que realimentan el conflicto armado colombiano, debido a la complejidad de los factores y el comportamiento de los actores que intervienen en el conflicto. Esto genera consecuencias de tipo social, principalmente el desconocimiento y desinterés de los factores que realimentan el conflicto armado colombiano.

Figura 5 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, surge la necesidad de realizar un análisis de la dinámica del conflicto armado para disminuir su complejidad, entender su comportamiento y proponer políticas como alternativas de solución, lo que da origen a la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuáles son los principales factores y dinámicas que causan el conflicto armado en Colombia y cuáles son sus efectos sociales?*

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo en dinámica de sistemas como una explicación del conflicto armado interno colombiano y sus efectos sociales.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar una hipótesis dinámica que ofrezca una explicación del conflicto armado en Colombia y sus efectos sociales.
- Diseñar un modelo de simulación que explique la problemática del conflicto armado interno colombiano aplicando Dinámica de Sistemas.
- Diseñar experimentos de simulación que reproduzcan el comportamiento del conflicto armado en Colombia.
- Evaluar el modelo diseñado en cuanto a su capacidad explicativa mediante la coherencia entre los resultados de la simulación y la estructura planteada.
- Proponer políticas de resolución o mejoramiento del conflicto armado en Colombia demostrando su efectividad con nuevas simulaciones del modelo.

## 4. MARCO REFERENCIAL

El marco referencial está compuesto por el Marco Conceptual, Marco Teórico, Marco Legal y Estado del Arte.

### 4.1. MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual del proyecto está desarrollado en torno a Dinámica de sistemas y los conceptos clave involucrados: sistema, dinámica, realimentación y modelo. Además, se incluyen aspectos de evaluación de la coherencia de la estructura del modelo.

Un **sistema** es un conjunto de partes que interactúan entre sí de manera significativa para funcionar como un todo.

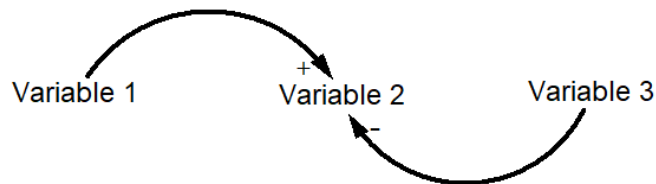
La **dinámica** hace referencia al cambio sobre el tiempo. (Ford, 2018)

La **Dinámica de sistemas** es “una técnica para el modelado y simulación estratégica de políticas basada en la teoría de realimentación de sistemas”. Fue inventada por Jay Forrester a finales de los años 50 y es utilizada principalmente por las organizaciones que enfrentan decisiones de alto nivel, que buscan una visión integrada de los principales factores que pueden afectar los resultados clave durante años o décadas en el futuro. (System Dynamics Society, 2018)

En otras palabras, es una técnica para modelar sistemas tomando como base un modelo mental, que es una propia representación o percepción de las interacciones de un sistema y el comportamiento que estas interacciones pueden producir; para convertirlo en una simulación computacional, que es la imitación del comportamiento del sistema a través de cálculos numéricos realizada por un computador (Martin, 1997).

La estructura de **realimentación** de un sistema puede ser representada mediante diagramas causales. Un diagrama causal consiste en variables conectadas mediante flechas, llamadas *causal links*, para denotar influencias entre sí. Estas relaciones son de dos tipos, positivas o negativas, e indican cómo cambia la variable dependiente en relación con las variables independientes involucradas. Si la polaridad es positiva significa que, si la causa es un incremento, el efecto es un incremento, así mismo si decrece. Si la polaridad es negativa significa que, si la causa incrementa, el efecto disminuye y viceversa (Ford, 2018).

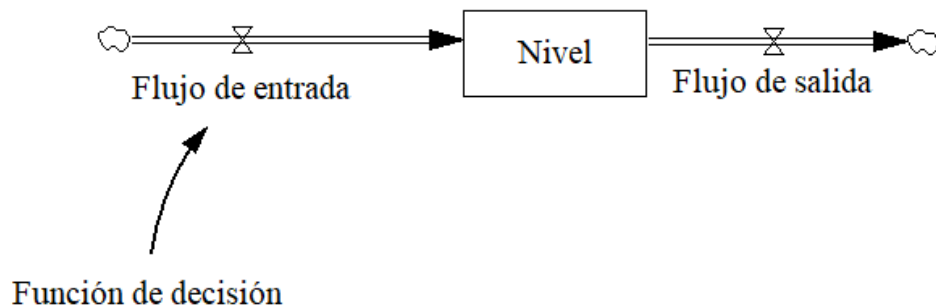
Figura 6 Ejemplo de Diagrama causal



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

Un **modelo** o diagrama de Forrester es una representación gráfica del sistema, su estructura se compone de niveles, flujos y funciones de decisión, y su comportamiento, es decir cómo varía la estructura en el tiempo. De esta manera quien modela puede obtener una visión o percepción diferente acerca del sistema que está evaluando. Un buen modelo dinámico permite obtener una aproximación de la realidad que se está modelando, es una de las herramientas con las que se puede disminuir y atravesar la complejidad de un problema (Forrester, The Beginning of System Dynamics, 1989).

Figura 7 Ejemplo de Modelo en Dinámica de Sistemas o Diagrama de Forrester



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

### Técnicas de evaluación de modelos

La evaluación de un modelo en Dinámica de sistemas busca crear confianza en la estructura del modelo.

La evaluación inicia en el momento en que se incluye la primera ecuación en el modelo, y es básicamente la comparación del comportamiento simulado en el modelo con el actual comportamiento del sistema. (Sterman, 2000)



Forrester y Senge (1979) especifican diferentes parámetros de evaluación y validación de la estructura y comportamiento del modelo y de la implementación de políticas, descritos a continuación.

En primer lugar, las **pruebas de estructura del modelo**. Realizan un examen de la estructura y los parámetros, sin tener en cuenta la relación entre la estructura y el comportamiento.

Entre ellas se encuentran:

- Verificación de la estructura: Busca comparar la estructura del modelo directamente con la estructura del sistema real que el modelo representa. Para aprobar esta verificación no deben existir contradicciones en el conocimiento acerca de la estructura del modelo y la estructura del sistema real.

La realización de esta verificación puede ser llevada a cabo por el modelador y su conocimiento personal, o incluso es posible involucrar la crítica de otros con experiencia directa en el sistema real.

- Verificación de parámetros: Consiste en la comparación de los parámetros conceptual y numéricamente con el sistema en la vida real. Está directamente relacionado con la verificación de la estructura.
- Condiciones extremas: Para realizar la prueba de condiciones extremas en un modelo es necesario examinar cada política de manera que se examinen las variables y niveles de los cuales depende, considerando la implicación de un máximo o mínimo imaginario, para determinar la verosimilitud con el resultado de las ecuaciones de cambio.

Si un modelo no cumple esta verificación debe ser cuestionado porque no se puede asegurar que son poco probables esas situaciones. Un modelo debería soportar situaciones extremas y a su vez a prevenirlas.

Esta validación es efectiva para descubrir fallas en el modelo y para asegurar la credibilidad en el análisis de la implementación de políticas que pueden forzar al sistema a comportarse de manera diferente a los datos históricos presentados.

- Límite y exactitud: Considera las relaciones estructurales necesarias para satisfacer el objetivo del modelo. Esta prueba responde a la pregunta de si es apropiada y relevante la estructura incluida.

Para realizar una correcta verificación de adecuación de límites se debe desarrollar una hipótesis convincente que relacione la estructura del modelo propuesto con el problema a abordar.

Para que esta prueba sea totalmente confiable se necesita un evaluador con capacidad de unificar la crítica de los límites y los criterios del propósito del modelo, ya que muchas veces las críticas a los límites del modelo pueden ocultar preguntas más profundas sobre el propósito del modelo.

Esta validación también se aplica al comportamiento y la implementación de políticas.

- **Consistencia dimensional:** Implica el análisis dimensional de cada ecuación propuesta en el modelo. Su objetivo es evitar el uso de parámetros que bien pueden tener sentido para que la dinámica del modelo funcione, pero que no tienen sentido en el sistema real.

También existen otras pruebas de estructura de modelo, una de ellas es la prueba estadística. Permite estimar si un parámetro es significativo estadísticamente hablando, es decir, si existe un bajo nivel de sensibilidad al error. Puede ser útil para describir algunas fallas posibles en la estructura del modelo, pero debe tener el respaldo de las pruebas descritas anteriormente.

En segundo lugar, las **pruebas de comportamiento del modelo**. Estas pruebas buscan evaluar el comportamiento producido por la estructura del modelo.

Las más relevantes son:

- **Reproducción de comportamiento:** Busca examinar cómo el comportamiento generado por el modelo teórico corresponde al sistema real.

Realiza pruebas de generación de síntomas, para determinar correctamente la relación de causalidad; de generación de frecuencia y fases relativas, para encontrar la periodicidad de la fluctuación y las relaciones de fases que existen entre las variables; de multiplicidad, centrada en considerar si un modelo es capaz de generar más de un tipo de comportamiento o no; y de características de comportamiento, que son incluidas como una categoría variada para otras pruebas de reproducción de comportamiento.

- **Predicción de comportamiento:** Son semejantes a las pruebas de reproducción de comportamiento. Las pruebas de reproducción de comportamiento se centran en la conducta histórica del modelo y las pruebas de predicción de comportamiento se centran hacia la conducta a futuro.

- **Patrón de predicción:** Esta prueba se usa para lograr percibir si un modelo puede o no generar patrones de comportamiento que sean cualitativamente correctos. Para realizar esta prueba se debe hacer una evaluación de períodos, relaciones de fase, forma y otras características de comportamiento predichas por el modelo.

- **Predicción de anomalías:** Permite detectar anomalías en el comportamiento del modelo y fallas en los elementos de la estructura del modelo.
- **Miembro de familia:** Determina si el modelo pertenece a un conjunto de sistemas con intereses particulares, es decir comportamientos y políticas similares.
- **Comportamiento sorpresa:** Permite entender las causas de un comportamiento sorpresivo presentado por el modelo diseñado y comparar estas causas con el sistema real.
- **Política extrema:** Involucra la alteración del comportamiento de una ecuación de manera extrema para determinar las consecuencias del comportamiento del modelo.
- **Sensibilidad del comportamiento:** Analiza el cambio en el comportamiento del modelo debido a variaciones en los parámetros.

Por último, las **pruebas de implementación de políticas**. Son de suma importancia debido a que se enfocan en comparar los cambios en el modelo y el sistema en la vida real implementando diferentes políticas.

Algunas de ellas son:

- **Mejoramiento del sistema:** Permite la identificación y experimentación de políticas que mejoren el desempeño del sistema real.
- **Cambio de predicción de comportamiento:** Cuestiona la predicción del comportamiento del sistema si una de las políticas implementadas en el modelo cambia.
- **Sensibilidad de políticas:** Indica el nivel en que las políticas recomendadas pueden ser influenciadas por la incertidumbre de ciertos parámetros. En otras palabras, demuestra la validez de las políticas recomendadas.

Todas estas pruebas permiten asegurar la validez y solidez del modelo. Es importante aclarar que no todas deben implementarse, pero sí se debe por lo menos garantizar el uso de las pruebas de estructura, aunque lo ideal sería que se implementara por lo menos una de cada tipo.

## 4.2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico incluye la presentación del escenario e información histórica acerca del conflicto armado en Colombia.

El conflicto armado interno colombiano ha sido heterogéneo a lo largo del tiempo, en la extensión del territorio, también lo han sido sus actores, víctimas y acciones de violencia. (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013)

Debido a su carácter cambiante el Grupo de Memoria Histórica (2013) identifica cuatro períodos en su evolución y describe cada uno de ellos en el informe “¡Basta ya! Colombia: Memorias de guerra y dignidad”.

El **primer período (1958-1982)** marca la transición de la violencia bipartidista a la subversiva, caracterizada por la proliferación de las guerrillas.

El **segundo período (1982-1996)** se distingue por la proyección política, expansión territorial y crecimiento militar de las guerrillas, el surgimiento de los grupos paramilitares, la crisis y el colapso parcial del Estado, la irrupción y propagación del narcotráfico, el auge y declive de la Guerra Fría junto con el posicionamiento del narcotráfico en la agenda global, la nueva Constitución Política de 1991, y los procesos de paz y las reformas democráticas con resultados parciales y ambiguos.

El **tercer período (1996-2005)** caracterizado por las expansiones simultáneas de las guerrillas y de los grupos paramilitares, la crisis y la recomposición del Estado en medio del conflicto armado y la radicalización política de la opinión pública hacia una solución militar del conflicto armado.

El **cuarto período (2005-2012)** marca el reacomodo del conflicto armado. Se distingue por una ofensiva militar del Estado que alcanzó su máximo grado de eficiencia en la acción contrainsurgente, debilitando, pero no doblegando la guerrilla, que incluso se reacomodó militarmente. Paralelamente se produce el fracaso de la negociación política con los grupos paramilitares, lo cual deriva en un rearme que viene acompañado de un violento reacomodo interno entre estructuras altamente fragmentadas, volátiles y cambiantes, fuertemente permeadas por el narcotráfico, más pragmáticas en su accionar criminal y más desafiantes frente al Estado.

Para efectos de este estudio se determina un **período adicional (2013-2018)**, que incluye el desarrollo del conflicto hasta la actualidad, influenciado por la firma de los acuerdos de paz y sus efectos, es decir la relación del conflicto con el posconflicto.

Es necesario tener en cuenta en este período un análisis de los acontecimientos generados por la implementación del proceso de paz: problemas de seguridad por parte de otros actores en las zonas dejadas por las FARC, problemas complejos en la política de reincorporación, ejecución de los tratados y recursos económicos, y otros problemas como la victimización a líderes sociales, y la baja respuesta a las comunidades de los programas como los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial. (Pérez Botero, 2018)

### 4.3. MARCO LEGAL

El marco legal involucra las leyes creadas por el Congreso de la República relacionadas al conflicto armado (ver Tabla 1).

Tabla 1 Leyes relacionadas con el conflicto armado en Colombia

Norma	Contenido
Ley 160 de 1994	Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones.
Ley 387 de 1997	Por la cual se adoptan medidas para la prevención del desplazamiento forzado; la atención, protección, consolidación y estabilización socioeconómica de los desplazados internos por la violencia en la República de Colombia.
Ley 975 de 2005	Por la cual se dictan disposiciones para la reincorporación de miembros de grupos armados organizados al margen de la ley, que contribuyan de manera efectiva a la consecución de la paz nacional y se dictan otras disposiciones para acuerdos humanitarios.
Ley 1448 de 2011	Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones.
Ley 1592 de 2012	Por medio de la cual se introducen modificaciones a la Ley 975 de 2005 y se dictan otras disposiciones.
Fuente (Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas, 2017)	

### 4.4. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte está compuesto por la revisión de la literatura, del año 2010 en adelante, acerca de estudios realizados sobre el conflicto armado en Colombia o conflictos en otros lugares.

Las fuentes de búsqueda utilizadas fueron la Sociedad Mundial de Dinámica de Sistemas donde se hallan publicados los artículos y otros trabajos presentados en las conferencias anuales y, la Asociación Colombiana de Dinámica de Sistemas, donde están registradas las memorias de los Encuentros Colombianos ECDS y los Congresos Latinoamericanos CLADS.

La búsqueda se realizó del 21 al 25 de octubre de 2018. Se recopiló un total de 17 artículos que involucran el estudio de conflictos armados en Colombia y en el mundo. Se incluyó un artículo que no se encuentra dentro del rango de búsqueda, pero que se consideró importante porque evalúa el caso colombiano. En la Tabla 2 se presenta cada uno de ellos y una breve descripción del trabajo realizado.

Tabla 2 Estado del arte

Año	Fuente	Título	Problema	Solución
2005	(Isaza D. & Campos R., 2005)	Modelos dinámicos de guerra: el conflicto colombiano	Descripción de conflictos armados, regulares e irregulares mediante modelos matemáticos.	Propuesta de modelos dinámicos deterministas que tienen como propósito describir conflictos armados. Hace énfasis especial en el caso de Colombia. Involucra tres actores en la dinámica del conflicto: ejército, guerrilla y paramilitares.
2010	(Jaén & Dyner, 2010)	Counter-Intuitive Policy Against Cocaine Cartels	Guerra contra los carteles que abastecen el mercado de la cocaína.	Modelo dinámico que evalúa el comportamiento contraintuitivo de las políticas implementadas para la reducción del cultivo de cocaína.
2010	(Méndez, Suárez Guerrero, & Ramírez, 2010)	Aplicación de la DS en la problemática de tenencia de tierras en Colombia, para la evaluación de políticas de distribución de tierra	Políticas de distribución de tierras en Colombia.	Trabajo investigativo que presenta el desarrollo de un modelo que caracteriza y representa el problema de tenencia de tierra en Colombia.
2011	(Gómez M & Méndez G., 2011)	Integración de técnicas de ingeniería en la caracterización de un sistema socioeconómico	Descripción de la pobreza en Colombia desde diferentes enfoques.	Propuesta para el estudio de la pobreza en diferentes dimensiones con un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo. Se realiza un análisis del bienestar de la sociedad en base a los efectos económicos, de sociedad, y de gobierno, entre ellos el conflicto armado y el desplazamiento.
2012	(Romera, Maimbil, López, & Piriz, 2012)	Modelo del comportamiento delictivo en la ciudad Autónoma de Buenos Aires	Aumento de la cifra de delitos en la ciudad Autónoma de Buenos Aires.	Evaluación de las decisiones que acentúan o atenúan las trayectorias que representan el comportamiento delictivo de la ciudad Autónoma de Buenos Aires desde diferentes tópicos como: causas directas e indirectas del delito, evolución, reclamos sociales, desplazamiento geográfico del delito, escaladas de violencia, diferencias socioculturales, sistema carcelario y presupuesto nacional.

2013	(Hayden N. K., 2013)	Innovation and Learning in Terrorist Organizations: Towards Adaptive Capacity and Resiliency	Estructura de las organizaciones terroristas: fortalezas y debilidades, con el objetivo de desorganizarlas y derrotarlas.	Revisión de los principios de organización, características de comportamiento y mecanismos de aprendizaje e innovación en sistemas adaptativos complejos, discute cómo otros autores han aplicado estos principios para comprender las organizaciones terroristas, e introduce las limitaciones impuestas por la necesidad de secreto en estas organizaciones encubiertas. Proporciona un marco teórico que combina la comprensión de la innovación y el aprendizaje dentro de las organizaciones encubiertas desde una perspectiva de dinámica de sistemas. Se hace respaldo de las predicciones cualitativas con la evidencia histórica disponible.
2013	(Méndez Giraldo, López Santana, Lombana Riaño, & Bohórquez García, 2013)	Corrupción en la prestación de servicios en Colombia: un análisis de causalidad basado en Dinámica de Sistemas	Fenómeno de la corrupción en la prestación de servicios.	Elaboración de un modelo causal integral basado en pequeños modelos asociados a factores globales relacionados a la política, la sociedad, la economía y la psicología del individuo.
2013	(Murillo Quiroga, Piza Ruiz, Rivas, & López Santana, 2013)	Inseguridad y microtráfico de drogas en el sector de "Bronx" Bogotá, Colombia: Una aproximación de Dinámica de Sistemas	Inseguridad en el sector del "Bronx" a raíz del microtráfico de drogas ilícitas, como consecuencia de la falta de presencia policial, normas jurídicas severas, falta de programas distritales para jóvenes con problemas sociales, económicos y culturales del sector.	Sistema que permite identificar las causas que relaciona el microtráfico con la violencia, para establecer un análisis dinámico en el que se identifiquen claramente las políticas públicas existentes con el fin de proponer alternativas para reducir los niveles de tráfico de drogas y a su vez de los delitos y niveles de inseguridad en la zona.
2014	(Cardazone & Armenia, 2014)	Analyzing counter-terrorism and asymmetric conflict policies by means of a system dynamics approach	Desarrollo de grupos terroristas islámicos.	Análisis del desarrollo de grupos terroristas islámicos mediante DS. En primer lugar, tiene en cuenta las acciones antiterroristas tradicionales y su efectividad en términos de resolución de amenazas, posteriormente el análisis se centra en propuestas de acciones estratégicas de lucha contra el terrorismo, a fin de mostrar las diferencias entre las acciones tácticas y estratégicas en términos de resolución de la amenaza.

2014	(Castiblanco Medina, Soriano Pulido, Méndez Giraldo, & López Santana, 2014)	Caracterización del impacto económico del narcotráfico en la corrupción en Colombia mediante la dinámica de sistemas y un análisis de la política de legalización de drogas	Relación circular entre la corrupción y el narcotráfico.	Investigación donde se expone el desarrollo de un modelo de simulación continua que caracteriza y representa el impacto económico del narcotráfico en el problema social de la corrupción en Colombia. Realiza análisis cuantitativos y cualitativos mediante el modelado sistémico.
2014	(Rodríguez, Ramírez R., & Osorio G., 2014)	Evaluación dinámica del efecto de las pandillas en la percepción de la seguridad de una ciudad	Delincuencia y pandillaje: naturaleza de sus prácticas y efectos en seguridad.	Aproximación al entendimiento del fenómeno pandillero utilizando dinámica de sistemas.
2014	(Vargas C. & Pinzón R., 2014)	Estudio de la inseguridad a partir de arquetipos sistémicos	Inseguridad y análisis de riesgos.	Explicación del comportamiento de la inseguridad mediante arquetipos sistémicos.
2015	(Hayden N., 2015)	Understanding the Security, Aid and Development Nexus in Civil Conflict: Balancing Belligerents or Feeding the Beast?	Recurrencia y persistencia de conflictos dada por ayudas externas de organismos internacionales.	Modelo simple que integra teorías de conflictos y construcción de la paz con análisis estadísticos en varios países de factores de riesgo. Presenta el caso específico de Somalia.



2017	(Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)	Strategic Dynamic Thinking to manage public order in Colombia: a framework to improve post-conflicts security	Incidentes de orden público provocados por grupos armados ilegales.	Modelo dinámico sistémico que toma como base una hipótesis dinámica que identifica los actores estratégicos que generan los incidentes de orden público. El modelo cuenta con dos niveles que modifican la dinámica de la creación de incidentes de orden público; los niveles son miembros de fuerza pública y miembros de grupos ilegales, en los que a su vez influyen diferentes variables.
2017	(Pinzón Rueda & Vargas Caleño, 2017)	Modelo dinámico para el análisis de estrategias destinadas al control de la inseguridad pública	Inseguridad pública en Colombia.	Estudio que aborda la inseguridad pública en Colombia a través de un modelo dinámico que analiza el sistema judicial y penitenciario como agente principal para mantener ambientes seguros en todo el territorio nacional.
2017	(Salgado & Cadavid, 2017)	Bandidos, granjeros y soldados: el conflicto y sus dinámicas poblacionales	Impacto de políticas que permitan llegar a una sociedad próspera y con el mínimo nivel de violencia posible.	Evaluación del impacto que generan los enfrentamientos entre una fuerza estatal y una opositora en una sociedad artificial incluyendo dinámicas de intercambio poblacional.
2017	(Urbano Urbano, Gutiérrez Castillo, & Peña Orozco, 2017)	Simulación dinámica del impacto de la firma del tratado de paz en algunas variables económicas del sector de los pequeños productores en Colombia.	Impacto en el sector económico del acuerdo de paz.	Dinámica de sistemas como herramienta para el análisis del impacto de la firma del acuerdo de paz en Colombia en el sector de los pequeños productores agrícolas.

De los artículos encontrados se procede a realizar un análisis de los que serán tenidos en cuenta en el desarrollo del proyecto debido a que estudian el conflicto armado colombiano desde perspectivas similares a la planteada en el presente trabajo de grado (Ver Tabla 3).

El análisis corresponde a Enfoque, es decir la temática de orientación del estudio, Teoría Base utilizada, Variables Clave involucradas y Políticas desarrolladas por los autores.

Tabla 3 Análisis de los artículos seleccionados

Artículo	Enfoque	Teoría base	Variables clave	Políticas
Modelos dinámicos de guerra: el conflicto colombiano (Isaza D. & Campos R., 2005)	Dinámica matemática mediante ecuaciones diferenciales	Conflicto regular e irregular	Guerrilleros, Paramilitares y Soldados	Estabilidad de los puntos de equilibrio mediante estrategias de inversión en fuerza militar
Bandidos, granjeros y soldados: el conflicto y sus dinámicas poblacionales (Salgado & Cadavid, 2017)	Dinámica económica	Recursos económicos	Granjeros, Bandidos y Soldados	Disminución de eficiencia de los bandidos y disminución del daño colateral
Strategic Dynamic Thinking to manage public order in Colombia: a framework to improve post-conflicts security (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)	Dinámica estratégica	Recursos estratégicos	Incidentes de orden público	Acuerdos de paz
Simulación dinámica del impacto de la firma del tratado de paz en algunas variables económicas del sector de los pequeños productores en Colombia. (Urbano Urbano, Gutiérrez Castillo, & Peña Orozco, 2017)	Dinámica económica	Recursos económicos	Producción, Consumo e Inversión	Desarrollo efectivo de programas para fortalecer el sector rural e implementación efectiva del proceso de paz
Caracterización del impacto económico del narcotráfico en la corrupción en Colombia mediante la dinámica de sistemas y un análisis de la política de legalización de drogas (Castiblanco Medina, Soriano Pulido, Méndez Giraldo, & López Santana, 2014)	Dinámica económica y narcotráfico	Legalización de drogas	Narcotráfico y Corrupción	Contrarrestar el lavado de activos y aprobar la política de legalización de drogas

Isaza D. y Campos R. (2005) presentan modelos fundamentados en ecuaciones diferenciales para explicar la dinámica del conflicto armado. Especifican los escenarios, parámetros y las ecuaciones usadas para representar un comportamiento más preciso. Se pueden extraer conclusiones que orientan conceptualmente en la selección de alternativas para el tratamiento del conflicto armado, debido a que presenta comportamientos distintivos en las diferentes relaciones, es decir comportamientos regulares e irregulares de los actores.

Salgado y Cadavid (2017) presentan una hipótesis dinámica que se compone de 3 ciclos de refuerzo: producción, insurgencia y abandono gubernamental, y 3 ciclos de balance: límite de apropiaciones, violencia y daño colateral. Con el fin de explorar las potencialidades del modelo y el comportamiento del sistema ante diferentes configuraciones iniciales de una sociedad, exploraron 3 escenarios: ventaja relativa para los bandidos, ventaja relativa para los soldados y sin ventajas relativas.

Parra Valencia, Lizcano Dallos y Pineda Ballesteros (2017) concluyen que los incidentes de orden público pueden ser explicados como consecuencia del conflicto armado y que mediante la dinámica de sistemas es posible generar estrategias para el desarrollo en seguridad, además de que el proceso de paz es una de las mejores soluciones del conflicto.

Urbano, Gutiérrez Castillo y Peña Orozco (2017) plantean el impacto del acuerdo de paz en el sector agrícola y analizan el desarrollo rural.

Castiblanco Medina, Soriano Pulido, Méndez Giraldo y López Santana (2014) presentan un modelo causal que relaciona el narcotráfico y la corrupción teniendo en cuenta variables como globalización, tráfico ilícito, oferta y demanda del narcotráfico, lavado de activos, concentración de tierras, alianzas con grupos al margen de la ley y dinámicas de gobierno. Realizan un análisis de escenarios: tendencial (valores que se comportan de forma similar a los encontrados históricamente), pesimista (las variables se comportan de manera que aumente el narcotráfico y la corrupción) y optimista (las variables toman valores que permitan reducir las dos problemáticas). A partir de los análisis realizados concluyen cómo podría influir positivamente la política de legalización de drogas a la reducción del narcotráfico y por ende de la corrupción.

Estos estudios presentan un análisis del conflicto desde diferentes puntos de vista y un análisis de políticas que podrían ser efectivas para el mejoramiento o resolución del conflicto, por lo que son relevantes como punto de partida en el desarrollo del proyecto.

Es importante destacar que ninguno de ellos analiza una relación directa entre la dinámica del conflicto, basada en el comportamiento de cada actor y los efectos sociales relacionados, por tal razón es el objetivo de nuestro estudio.

## 5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta la metodología de Dinámica de Sistemas para el proceso de modelado propuesta por Sterman (2000).

El primer paso es la **estructuración del problema y definición de límites**.

En esta sección se realiza la selección del tema a estudiar.

El objetivo es determinar las variables clave involucradas en la problemática y el horizonte de la misma, es decir su alcance.

Para ello se debe dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿cuál es el problema?
- ¿por qué se da?
- ¿cuáles son las variables y conceptos clave que se deben considerar?
- ¿qué tan lejos en el futuro debemos ir?
- ¿qué tan lejos en el pasado yacen las raíces del problema?
- ¿cuál es el comportamiento histórico de los conceptos y variables clave?
- ¿cuál podría ser su comportamiento en el futuro?

Después de determinar y delimitar el problema, se procede a la **formulación de la hipótesis dinámica**.

La hipótesis dinámica es un diagrama causal que involucra las variables clave e incluye ciclos de realimentación de refuerzo y de balance.

Un ciclo de refuerzo es aquel donde existe una variación inicial que al final del ciclo se ve acentuada. Esta variación puede ser tanto de incremento como de disminución.

Un ciclo de balance es la base de cualquier sistema de control, porque tiende a buscar un equilibrio. Son aquellos en los que la variación inicial se ve contrarrestada al terminar el ciclo.

Estos ciclos explican cómo la estructura genera o reproduce el comportamiento del problema.

En otras palabras, la hipótesis dinámica permite a quien modela extraer y entender los ciclos de realimentación para crear diagramas de flujos y niveles que ilustran los mecanismos básicos que impulsan el comportamiento dinámico del sistema.

Tener una hipótesis bien definida permite formalizar el sistema y seguir con la **formulación del modelo de simulación**.

Este proceso involucra la definición de la estructura del sistema, es decir, los niveles, flujos y variables, las reglas de decisión que influyen en los flujos, la estimación y cálculo de parámetros, y la definición de las condiciones iniciales del sistema.

Cuando el modelo está terminado se procede a **simular** y a **realizar pruebas** de consistencia, de propósito y límites:

- Comparación con los modos de referencia: ¿el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento problemático?
- Robustez en condiciones extremas: ¿el modelo se comporta de manera realista cuando se expone a condiciones extremas?
- Sensibilidad: ¿cómo se comporta el modelo dada la incertidumbre en los parámetros, las condiciones iniciales, los límites del modelo y la agregación?

Por último, se realiza el **diseño y evaluación de políticas**, tomando como base los resultados de las simulaciones.

El objetivo es definir nuevas reglas de decisión, estrategias y estructuras que podrían ser probadas en el mundo real para mejorar la problemática.

Se debe precisar cómo incluir estas reglas en la estructura del modelo y determinar cuáles son los efectos de esas políticas, con el fin de presentar conclusiones acerca del problema.

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se presentan los resultados del Proyecto de Trabajo de Grado.

Se realizó el desarrollo de dos modelos de simulación con el fin de entender el comportamiento de la problemática desde un enfoque social.

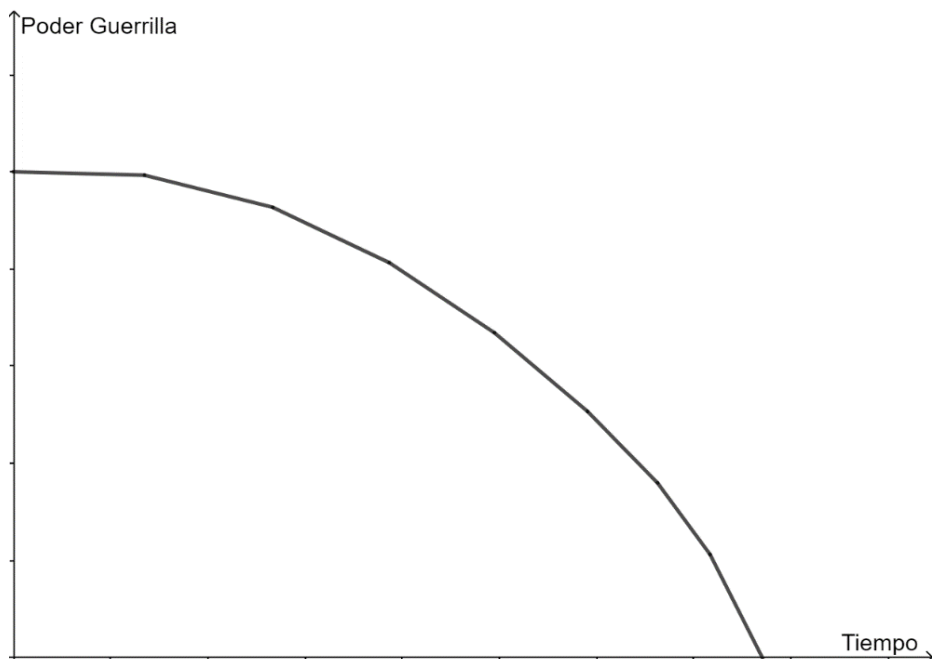
El primero fue orientado a la dinámica de poderes entre los actores y sus efectos en la tasa de pobreza y el segundo a la lucha contra el narcotráfico y sus efectos en los incidentes de orden público.

A continuación, se detalla cada uno de ellos.

### MODELO DINÁMICO SISTÉMICO DEL CONFLICTO ARMADO Y SUS EFECTOS EN LA POBREZA

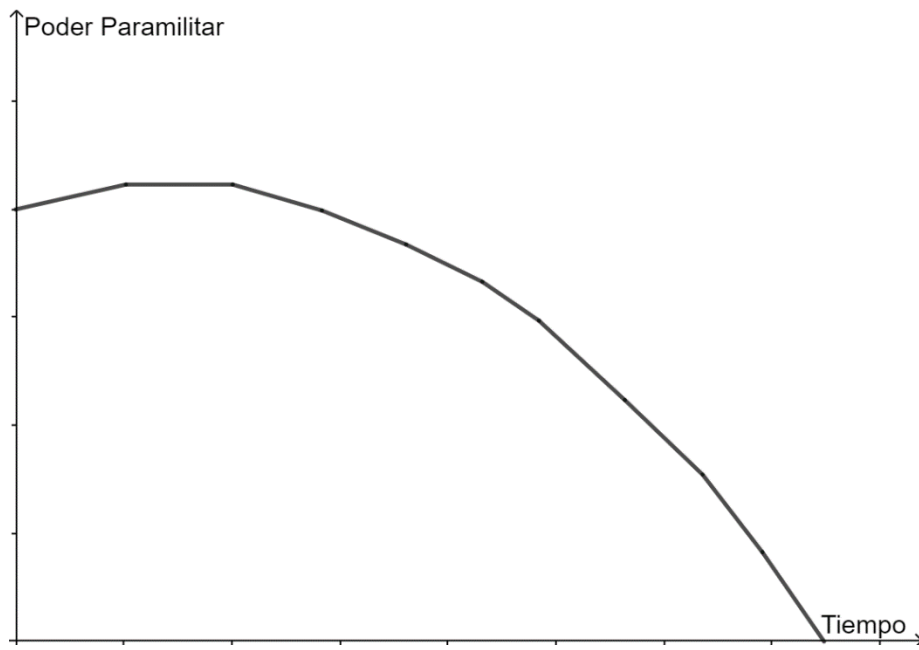
Para desarrollar esta aproximación se tomaron los siguientes modos de referencia como punto de partida, en los cuales se presenta la percepción del comportamiento de los actores involucrados en el conflicto.

Figura 8 Modo de referencia Poder Guerrilla



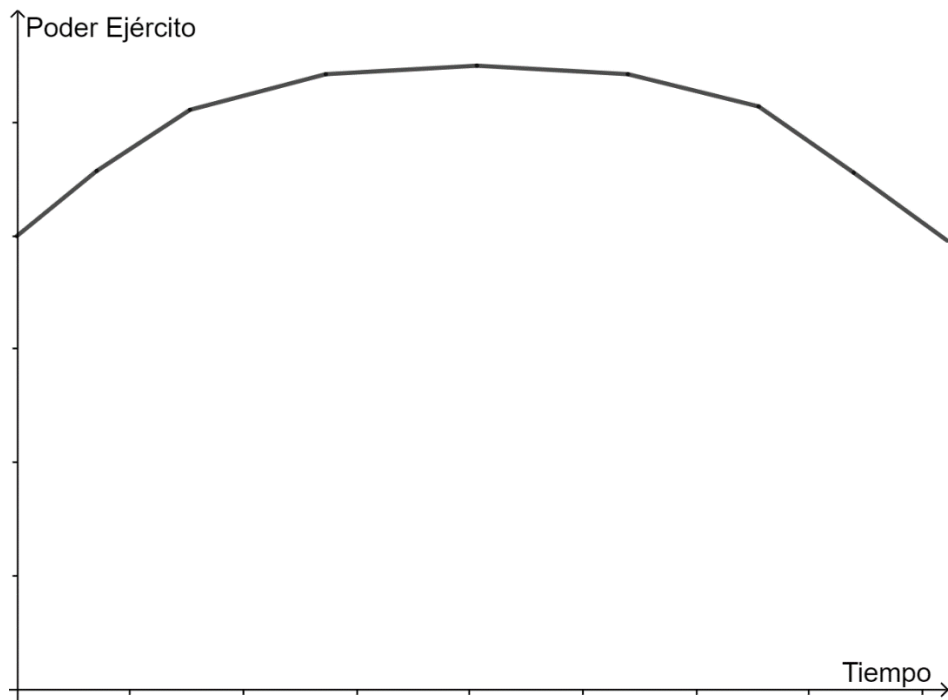
Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Modo de referencia Poder Paramilitar



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Modo de referencia Poder Ejército



Fuente: Elaboración propia

En las Figuras es posible evidenciar que a medida que el Poder Ejército aumente el Poder Guerrilla debería disminuir y de la misma manera el Poder Paramilitar.

Posteriormente se procedió al desarrollo de la hipótesis dinámica.

## HIPÓTESIS DINÁMICA

La hipótesis dinámica permite representar mediante una estructura de realimentación las teorías que explican el comportamiento del conflicto armado y sus efectos en la pobreza.

Para poder realizar su desarrollo es necesario definir el contexto histórico de la problemática y determinar qué conceptos y teorías del estado del arte se incluirán en el estudio.

## CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La problemática que se pretende evaluar es el conflicto armado colombiano y los efectos sociales que este produce.

Para poder comprender la dinámica de su comportamiento es necesario ir al pasado con el fin de determinar cuáles son las raíces del problema.

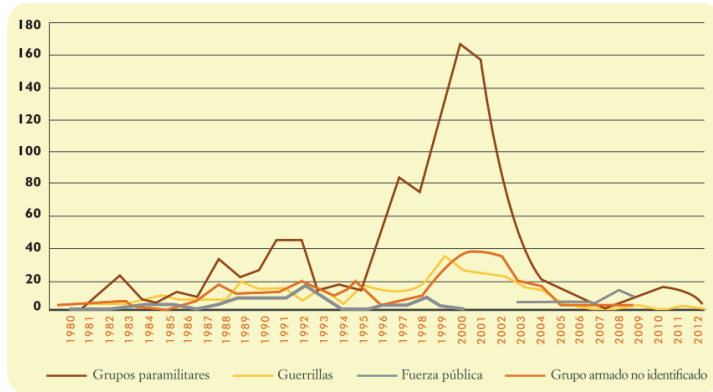
De acuerdo con la información suministrada por el Centro Nacional de Memoria Histórica, se puede afirmar que el conflicto se origina debido a la percepción de abandono por parte del Estado hacia los campesinos y ciudadanos; y por la apropiación, el uso y la tenencia de tierra.

Estos factores apoyaron el surgimiento de las guerrillas y posteriormente los demás grupos ilegales, además de desencadenar otra serie de consecuencias, como el narcotráfico y la corrupción, lo que ocasiona que el conflicto perdure a lo largo de los años.

El comportamiento histórico del conflicto y su magnitud de violencia pueden ser observados mediante las cifras de las masacres ocasionadas por cada grupo armado (Figura 11) y el total de hechos originados, desagregados por el número de eventos por hecho (Figura 12) y el número de víctimas por hecho (Figura 13).



Figura 11 Masacres ocasionadas por los grupos armados entre los años 1980 y 2012



Fuente: Tomado de (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013)

Figura 12 Número de eventos por hecho ocasionado por los grupos armados

HECHO	EVENTOS
Abandono de Tierras	11.477
Acto terrorista	89.471
Amenaza	433.574
Confinamiento	25.970
Desaparición forzada	183.387
Desplazamiento	8.311.500
Homicidio	1.095.654
Integridad sexual	28.929
Lesiones Personales Físicas	7.951
Lesiones Personales Psicológicas	15.757
Minas antipersonal	11.763
Perdida de Bienes Muebles o Inm	124.356
Secuestro	38.306
Sin información	2.108
Tortura	10.823
Vinculación de Niños y Adolescentes	8.001
<b>Total</b>	<b>10.399.027</b>

Fuente: Tomado de (RNI Red Nacional de Información, 2019)

Figura 13 Cifra total de víctimas por hecho

HECHO	PERSONAS	
Abandono o Despojo Forzado de Tierras	10.448	
Acto terrorista/Atentados/Combates/ Hostigamientos	81.981	
Amenaza	406.971	
Confinamiento	23.957	
Delitos contra la libertad y la integridad sexual	27.730	
Desaparición forzada	172.046	Víctimas directas: 47.619 Víctimas indirectas: 124.427
Desplazamiento	7.489.141	
Homicidio	1.006.481	Víctimas directas: 269.594 Víctimas indirectas: 736.887
Lesiones Personales Físicas	7.872	
Lesiones Personales Psicológicas	15.653	
Minas antipersonal/Munición sin explotar/Artefacto explosivo	11.487	
Perdida de Bienes Muebles o Inmuebles	114.835	
Secuestro	36.936	Víctimas directas: 32.910 Víctimas indirectas: 4.026
Sin información	2.056	
Tortura	10.668	
Vinculación de Niños Niñas y Adolescentes	7.539	

Fuente: Tomado de (RNI Red Nacional de Información, 2019)

De acuerdo con el informe presentado por el Grupo de Memoria Histórica (2013), entre el año 1980 y el año 2012 se presentaron 1982 masacres que dejaron como saldo 11.751 muertes.

De la cifra total de víctimas un 61,8% fueron cometidas por paramilitares, un 17,6% por guerrillas, un 7,4% por la fuerza pública y un 13,2% por grupos armados no identificados. Además, de las masacres perpetradas por las guerrillas, las FARC ocasionaron aproximadamente un 70% del total.

De lo anterior, cabe resaltar que, aunque los paramilitares realizaron mayor número de asesinatos que las guerrillas, las guerrillas causaron mayor destrucción que los paramilitares.

La violencia contra la integridad física es el rasgo distintivo de la violencia paramilitar, mientras que la violencia contra la libertad y los bienes define la violencia guerrillera. (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013)

Si se observa en detalle la información presentada se evidencia que existe un alto número de víctimas que fueron obligadas a abandonar sus tierras, a desaparecer forzosamente y desplazarse, ocasionando la pérdida de bienes y posteriormente una condición de pobreza.

Esta condición de pobreza, provocada por el desplazamiento, afecta a toda la población colombiana, como se aprecia en la Figura 14.

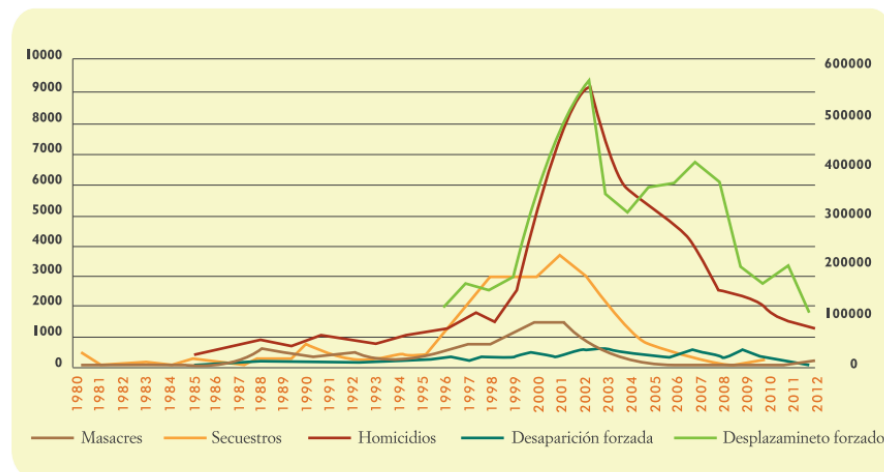
Figura 14 Mapa de desplazamiento forzado en el conflicto armado en Colombia



Fuente: Tomado de (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013)

Por último, es importante entender el comportamiento de la violencia a lo largo de la historia. (Figura 15).

Figura 15 Evolución de las principales modalidades de violencia del conflicto armado



Fuente: Tomado de (Grupo de Memoria Histórica GMH, 2013)

De los años 80 en adelante la violencia agudizó, por lo que se puede afirmar que el conflicto entró en su etapa de mayor intensidad.

## ESTADO DEL ARTE SOBRE EL CONFLICTO ARMADO COLOMBIANO

La revisión de la literatura permitió recuperar una serie de documentos que involucran conflictos armados y específicamente el conflicto armado colombiano.

Para el desarrollo de esta aproximación se tuvo en cuenta la investigación de los siguientes autores:

En primer lugar, el estudio del conflicto armado colombiano desarrollado por Isaza D. y Campos R. (2005).

El propósito de su trabajo es la formulación de un modelo de sistema dinámico diferenciando conflictos regulares e irregulares.

El modelo se encuentra fundamentado en ecuaciones diferenciales que permiten deducir comportamientos cualitativos, es decir, extraer conclusiones que orienten en la selección de alternativas para el tratamiento de la problemática.

Las ecuaciones diferenciales son planteadas de la forma (1),

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= \phi_1(x, y) + r_1(t)\psi_1(x, y), \\ \frac{dy}{dt} &= \phi_2(x, y) + r_2(t)\psi_2(x, y),\end{aligned}\tag{1}$$

donde  $t$  es el tiempo;  $x(t)$  y  $y(t)$  designan el número de efectivos del ejército  $X$  y del ejército  $Y$ , respectivamente;  $r_1(t)$  y  $r_2(t)$  son las tasas de reemplazo de los combatientes; y las funciones  $\phi_1(x, y)$ ,  $\phi_2(x, y)$ ,  $\psi_1(x, y)$  y  $\psi_2(x, y)$  caracterizan el tipo de conflicto, regular o irregular.

Las ecuaciones (1) aumentan a un caso de función multivariable, debido a que el conflicto presenta características especiales por la presencia de 3 actores armados ( $x, y, z$ ): Ejército  $X$ , Guerrilla  $Y$  y Paramilitares  $Z$ .

Para describir el comportamiento mediante las ecuaciones diferenciales los autores tuvieron en cuenta que:

1. El ejército  $X$  es un ejército regular que actúa bajo el esquema de *guerra de posiciones*; y el ejército  $Y$  es un ejército irregular que representa a la guerrilla y actúa mediante *acciones de hostigamiento*.

2. El ejército y la guerrilla se ven obligados a reemplazar sus combatientes por diversas razones: algunos caen en combate, se desmovilizan o se retiran.
3. El ejército combate a la guerrilla y en menor escala a los paramilitares. Esta menor intensidad de ataque puede explicarse debido a que los paramilitares no atacan al ejército.
4. La guerrilla combate a los paramilitares y al ejército.
5. Los paramilitares combaten a la guerrilla y no atacan al ejército.

Además, en el desarrollo de su trabajo Isaza D. y Campos R. consideraron los siguientes parámetros para la formulación de un modelo en cinco escenarios diferentes.

Tabla 4 Parámetros para la formulación del modelo en cinco escenarios diferentes

$E$	$b$	$c = f$	$e$	$\beta$	$r_1$	$r_2$	$r_3$
(E0)	0,019				0,31	0,63	
(E1)	0,055	0,025	0,018	2	0,31	2,62	0,87
(E2)	0,055	0,025	0,018	4	0,31	0,87	0,87
(E3)	0,055				0,31	2,62	
(E4)	0,037				0,4	0,8	

Fuente: (Isaza D. & Campos R., 2005)

Estos parámetros para la formulación del modelo, específicamente  $r_1$ ,  $r_2$ , y  $r_3$  que hacen referencia a las tasas de reemplazo de miembros de la fuerza pública, guerrilla y paramilitares respectivamente, además de los comportamientos mencionados para cada actor, se toman como base para desarrollo del proyecto.

Por otra parte, la propuesta de escenarios por Salgado y Cadavid (2017).

Los autores plantean un modelo donde interactúan una fuerza trabajadora, una militar y una rebelde, que representan a los granjeros, soldados y bandidos respectivamente.

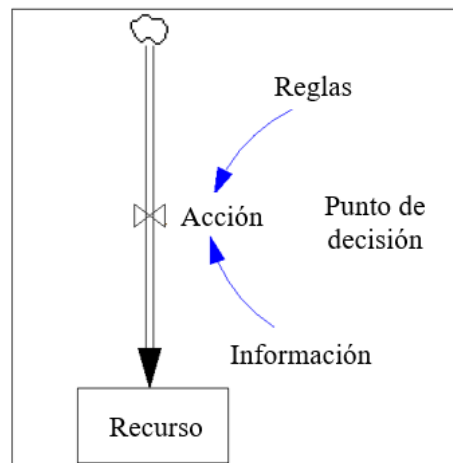
Con el fin de explorar el modelo ante diferentes configuraciones iniciales de una sociedad, establecen la simulación de tres escenarios: una ventaja relativa para los bandidos, una ventaja relativa para los soldados, y sin ventajas relativas.

Estas ventajas fueron modeladas a través de un desbalance en la eficiencia de cada subgrupo y se aplicarán de la misma manera para la evaluación de políticas del modelo planteado en el desarrollo del proyecto.

Finalmente, se considera el enfoque hacia recursos estratégicos desarrollado por Parra Valencia, Lizcano Dallos y Pineda Ballesteros (2017).

Estos autores definen los niveles del modelo en Dinámica de Sistemas como recursos estratégicos, que deben evaluarse teniendo en cuenta los efectos de las decisiones tomadas sobre los flujos que alimentan estos niveles, como se muestra en la Figura 16.

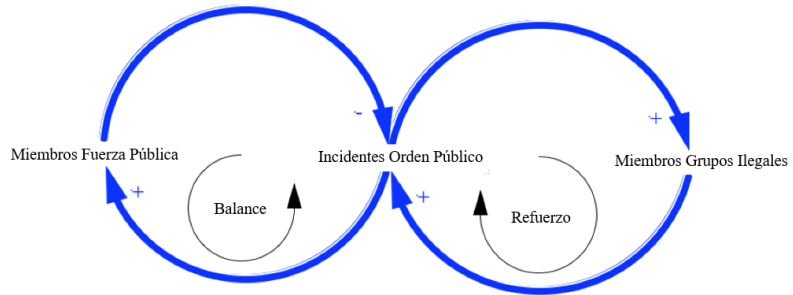
Figura 16 Modelo de toma de decisiones



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

Los autores determinan como objeto de estudio los Incidentes de Orden Público y realizan el desarrollo de una hipótesis dinámica, teniendo en cuenta como recursos estratégicos los miembros de grupos armados ilegales y la fuerza pública, con el fin de explicar cómo estos afectan los Incidentes de Orden Público. Ver Figura 17.

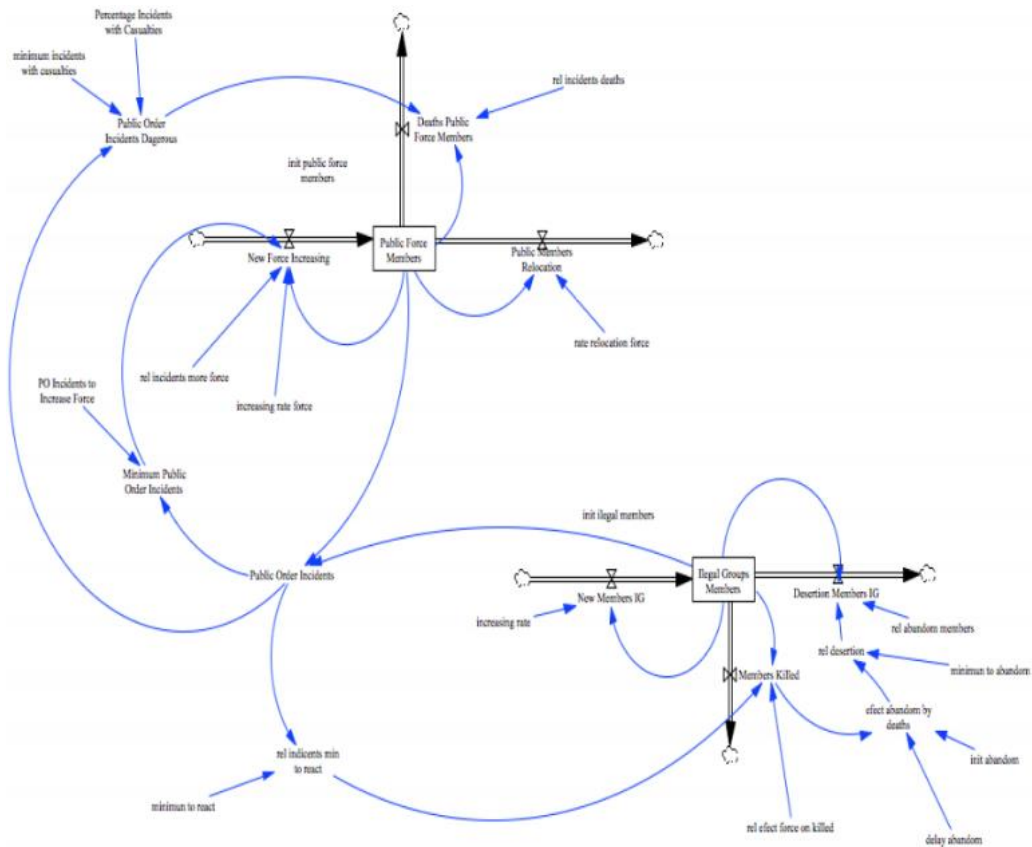
Figura 17 Hipótesis dinámica Incidentes de Orden Público



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

En base a la hipótesis se desarrolló el modelo y se procedió a realizar las simulaciones.

Figura 18 Modelo dinámico sistémico de los incidentes de orden público



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

Las ecuaciones diferenciales incluidas en el modelo que determinan el comportamiento de los recursos estratégicos, es decir Miembros de la Fuerza Pública (2) y Miembros de Grupos Ilegales (3) son las siguientes:

$$\frac{\partial MFP}{dt} = I - M - T \quad (2)$$

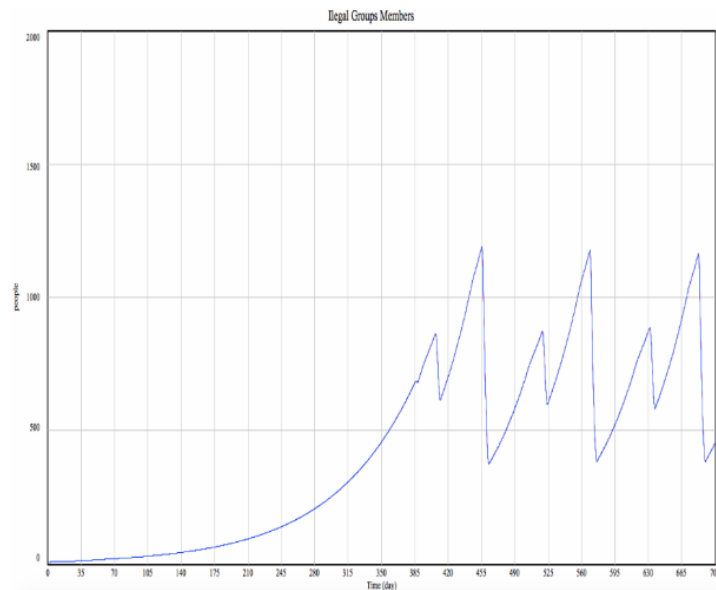
donde  $I$  son los nuevos miembros de la Fuerza Pública,  $M$  el número de muertes y  $T$  el número de miembros trasladados a otra zona.

$$\frac{\partial MGI}{dt} = I - M - D \quad (3)$$

donde  $I$  son los nuevos miembros de los Grupos Armados Ilegales,  $M$  el número de muertes y  $D$  el número de desertiones.

Las Figuras 19, 20, y 21 presentan los resultados de las simulaciones.

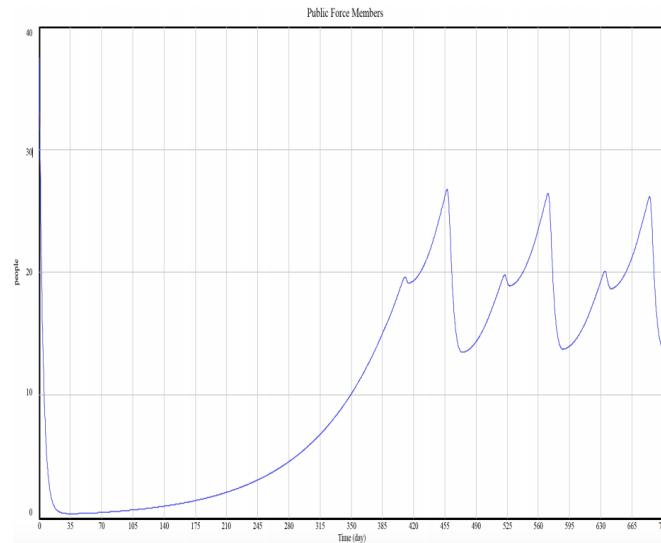
Figura 19 Miembros de Grupos Ilegales



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

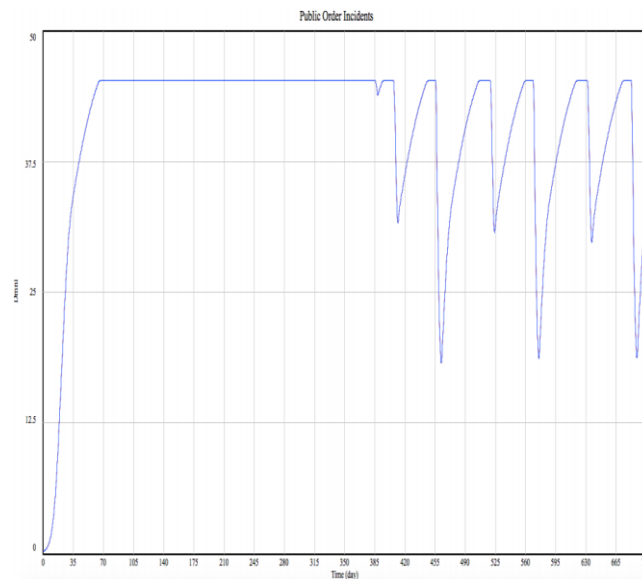


Figura 20 Miembros de la Fuerza Pública



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

Figura 21 Incidentes de Orden Público



Fuente: Tomado de (Parra Valencia, Lizcano Dallos, & Pineda Ballesteros, 2017)

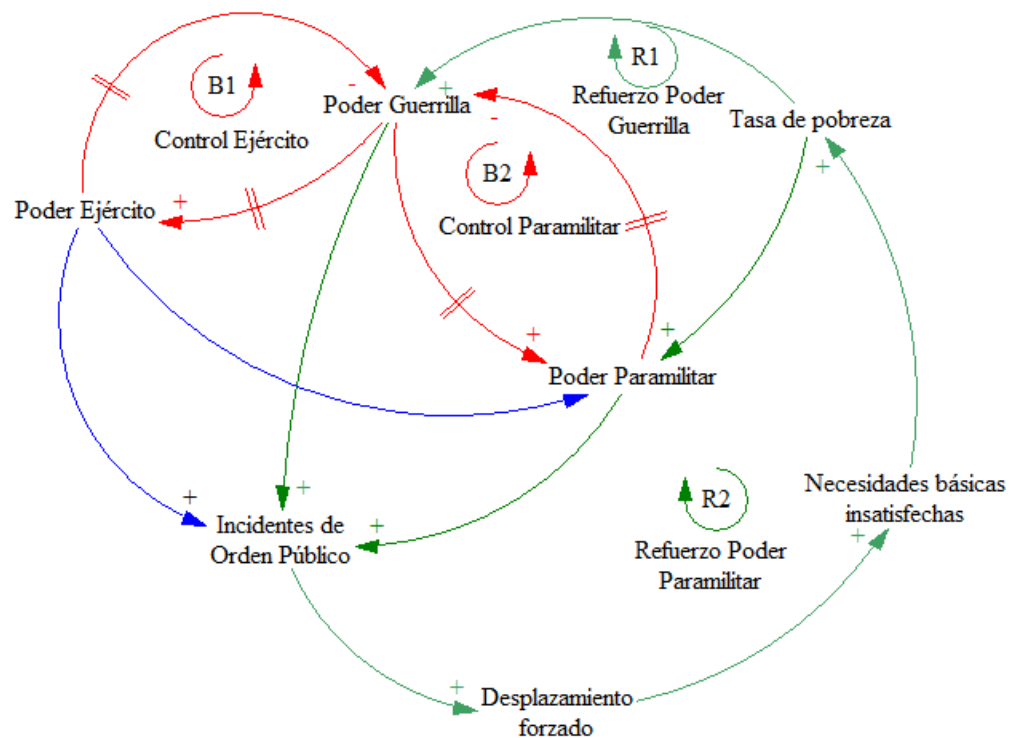
A partir de los resultados, los autores concluyen que el conflicto armado colombiano puede ser estudiado desde la perspectiva de incidentes de orden público. También concluyen que ambos recursos estratégicos producen oscilaciones, por tal razón una de las políticas efectivas para mejorar la problemática es el Tratado de paz.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el desarrollo del proyecto se definen como recursos estratégicos a los actores del conflicto armado colombiano, es decir los miembros de los grupos armados ilegales y los miembros de la fuerza pública.

## DESARROLLO FORMAL DE LA HIPÓTESIS DINÁMICA

Habiendo definido el contexto histórico del conflicto, las causas que lo originaron, la magnitud de la violencia, los años en que esta se agudizó; y habiendo determinado las teorías propuestas por otros autores que se tomarán como base, se procede al desarrollo formal de la hipótesis dinámica (Figura 22).

Figura 22 Hipótesis dinámica del conflicto armado relacionada con la pobreza.



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

La teoría base de la hipótesis es la interacción entre la Guerrilla, el Ejército y los Paramilitares.

El objetivo al definir su comportamiento es analizar cómo afecta el surgimiento de Incidentes de Orden Público y finalmente la Tasa de Pobreza, calculada a partir de las Necesidades Básicas Insatisfechas de la población en condición de desplazamiento.

La Hipótesis dinámica involucra cuatro ciclos de realimentación: dos de balance y dos de refuerzo.

El ciclo de refuerzo R1, llamado Refuerzo Poder Guerrilla, hace referencia a la manera en que la pobreza aumenta el poder de la guerrilla. La falta de presencia del Estado en el territorio ocasiona inseguridad y favorece que la guerrilla realice ataques a la población civil, ocasionado desplazamiento forzado y abandono de bienes, y finalmente aumento del poder territorial guerrillero. Este aumento del poder territorial favorece el incremento en la tasa de incorporación de guerrilleros.

El ciclo de refuerzo R2, llamado Refuerzo Poder Paramilitar, presenta de la misma manera un incremento en la tasa de incorporación de los grupos paramilitares, debido al aumento en la tasa de pobreza e indirectamente al aumento en el poder guerrillero.

Por otra parte, el ciclo de control o balance B1, llamado Control Ejército presenta la manera en cómo mediante el poder de la Fuerza Pública, especialmente con el uso de armas, el Estado busca reducir el poder de la guerrilla.

Por último, el ciclo de control o balance B2, llamado Control Paramilitar, el cual hace referencia a las acciones de los paramilitares hacia la guerrilla con el fin de reducir su poder. Los paramilitares no combaten a los miembros de la Fuerza Pública debido a que le prestan apoyo en la lucha contra la guerrilla, además de que el surgimiento del grupo paramilitar es debido a que la Fuerza Pública no puede combatir a la guerrilla violentamente y sin restricciones.

## MODELO DINÁMICO SISTÉMICO

Después de haber desarrollado la hipótesis dinámica, se procede a la formulación del modelo dinámico sistémico o Diagrama de Forrester. Ver Figura 23.

El modelo incluye la estructura de realimentación propuesta en la hipótesis dinámica.

Se incluyen cinco niveles, de los cuales tres son definidos como recursos estratégicos y se modelan de acuerdo a las siguientes ecuaciones diferenciales.

Poder ejército

$$\frac{\partial PE}{dt} = \text{Aumento PE} + \text{Aumento PE debido a PG} - \text{Disminución PE} \quad (4)$$

Poder guerrilla

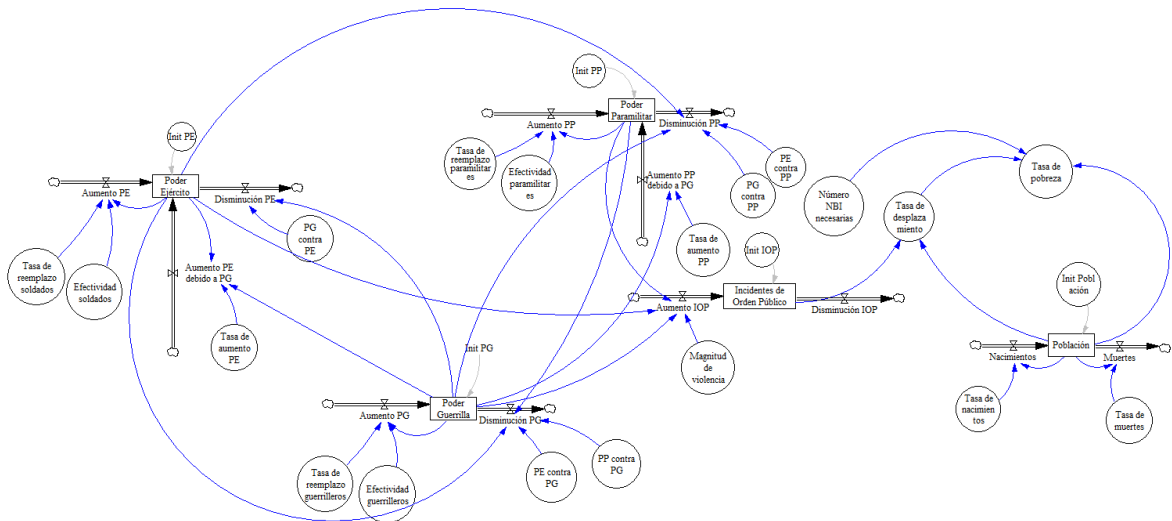
$$\frac{\partial PG}{dt} = \text{Aumento PG} - \text{Disminución PG} \quad (5)$$

## Poder paramilitar

$$\frac{\partial PP}{\partial t} = \text{Aumento PP} + \text{Aumento PP debido a PG} - \text{Disminución PP} \quad (6)$$

El aumento y disminución de cada poder se presenta en detalle en la sección de Anexos donde se encuentra el listado completo de variables con sus respectivas unidades y fórmulas.

Figura 23 Diagrama de Forrester del conflicto armado relacionado con la pobreza



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

Luego de concluir con la elaboración del modelo se procede a su evaluación y a la realización de las simulaciones.

## EVALUACIÓN DEL MODELO

La evaluación consiste en el análisis de la estructura, comportamiento y políticas implementadas.

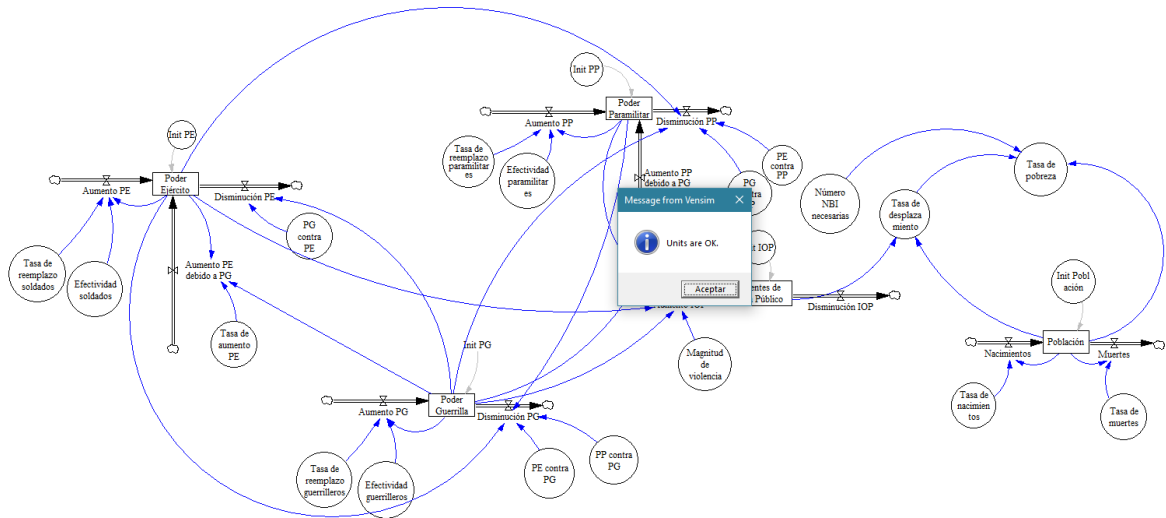
Sin embargo, en este primer instante solo se realizan pruebas de estructura y comportamiento puesto que aún no se están implementando políticas.

En primer lugar, se realizó la verificación de la estructura, es decir, se comprobó que no existan contradicciones entre la estructura del modelo y la estructura del sistema real.

En segundo lugar, se realizó la verificación de parámetros, es decir, la comparación de los parámetros conceptual y numéricamente con el sistema en la vida real.

Además, se aplicó la prueba de consistencia dimensional, que implica el análisis dimensional de cada ecuación propuesta en el modelo. La Figura 24 presenta los resultados de esta prueba.

Figura 24 Evaluación de unidades del modelo: Unidades OK



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

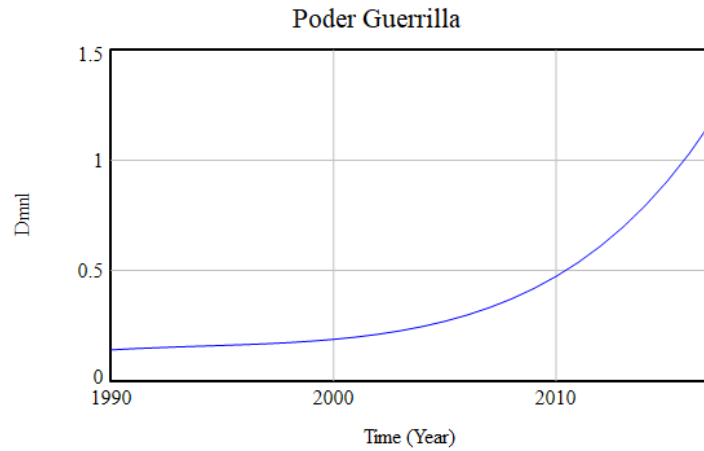
Por otra parte, se aplicaron las pruebas de reproducción y sensibilidad del comportamiento, que hacen referencia al examen de cómo el comportamiento generado corresponde al del sistema real y el análisis en el cambio del comportamiento debido a la variación de los parámetros.

## EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN DEL MODELO

Después de realizar la evaluación, se llevaron a cabo las simulaciones del modelo. A continuación, se presenta el comportamiento de las variables y recursos clave, resultado de los experimentos de simulación.

En primer lugar, el comportamiento del recurso estratégico Poder Guerrilla. Como se puede apreciar en la Figura 25 su comportamiento es exponencial asociado al ciclo de refuerzo R1 Refuerzo Poder Guerrilla.

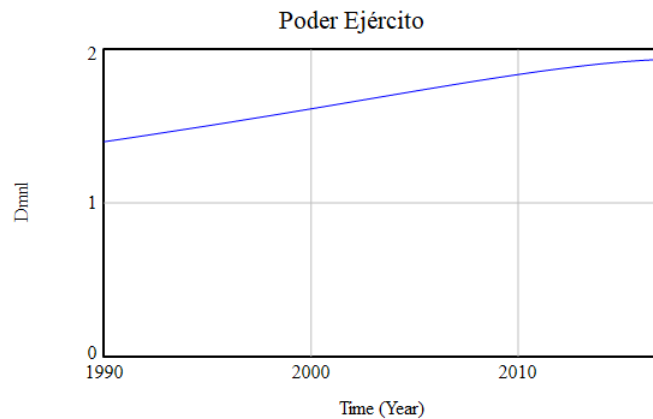
Figura 25 Resultados de la simulación: Poder Guerrilla



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

En segundo lugar, el comportamiento del recurso estratégico Poder Ejército (Figura 26), que presenta un comportamiento asintótico asociado al ciclo de balance B1 Control Ejército. Este ciclo de realimentación negativa origina que a medida que el poder de la guerrilla aumente, el ejército aumenta su poder con el fin de contrarrestar el aumento inicial en el poder de la guerrilla.

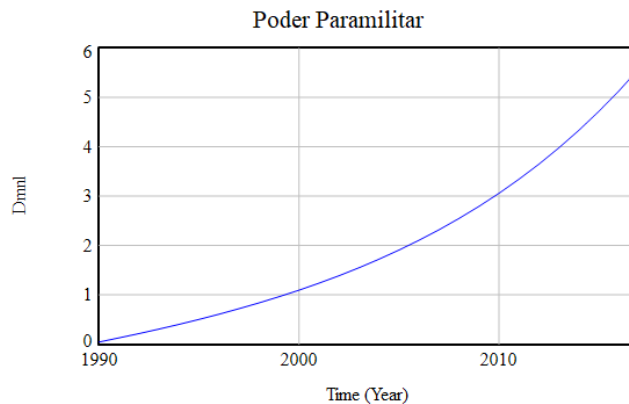
Figura 26 Resultados de la simulación: Poder Ejército



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

En tercer lugar, en la Figura 27 se puede observar el comportamiento del recurso estratégico Poder Paramilitar. El crecimiento exponencial se asocia al ciclo de Refuerzo R2 Refuerzo Poder Paramilitar y hace referencia al aumento debido a la tasa de pobreza, consecuencia indirecta del crecimiento del poder de la guerrilla.

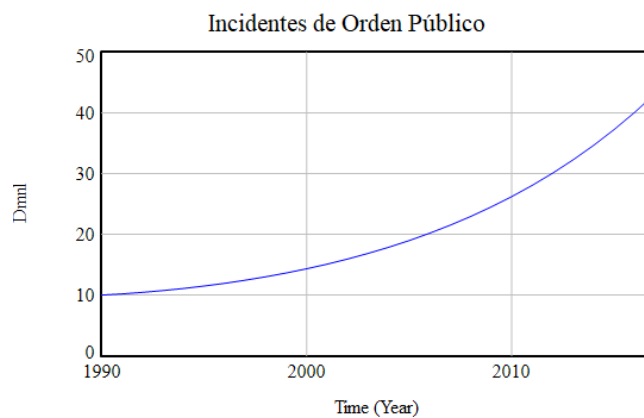
Figura 27 Resultados de la simulación: Poder Paramilitar



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

En la Figura 28 se observa el comportamiento de los incidentes de orden público. Este aumento exponencial es originado por el ciclo de refuerzo R1 Refuerzo Poder Guerrilla y el ciclo R2 Refuerzo Poder Paramilitar.

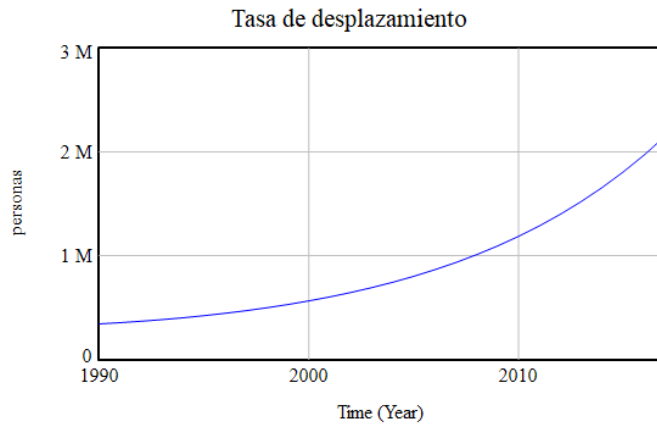
Figura 28 Resultados de la simulación: Incidentes de orden público



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

La tasa de desplazamiento (Figura 29) hace parte también del ciclo de refuerzo R1 Refuerzo Poder Guerrilla. Representa el aumento de la tasa de desplazamientos a medida que aumenta el número de incidentes de orden público.

Figura 29 Resultados de la simulación: Tasa de desplazamiento



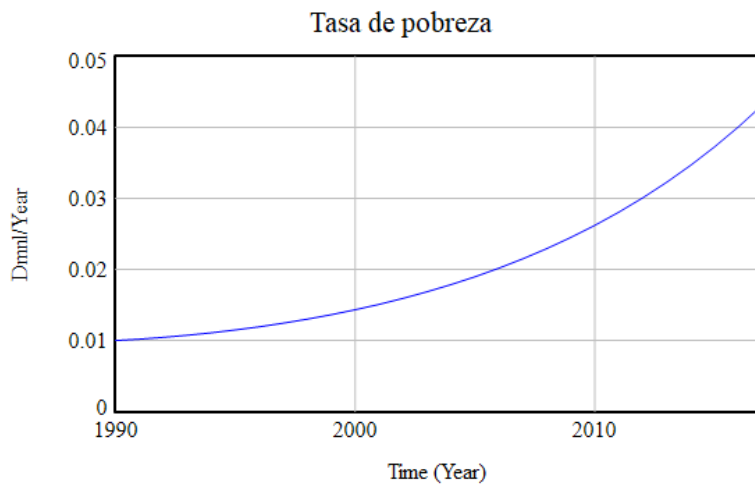
Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

Cuando una persona se encuentra en condición de desplazamiento, se afirma que sus necesidades básicas como agua potable, vivienda, electricidad, entre otras, no son suplidas.

Una persona se considera condición de pobreza cuando como mínimo tiene una necesidad básica insatisfecha.

La figura 30 representa el aumento de la tasa de pobreza debido a los ciclos de refuerzo R1 Refuerzo Poder Guerrilla y R2 Refuerzo Poder Paramilitar.

Figura 30 Resultados de la simulación: Tasa de pobreza



Fuente: Elaboración propia



Los resultados de las simulaciones del comportamiento del conflicto permiten evidenciar que la manera en que se ha intentado resolver el conflicto es errónea, porque al aumentar la fuerza o el poder en el ejército para combatir a los grupos armados ilegales, ha aumentado también el poder de estos grupos, a tal punto de que el conflicto llega a mantenerse constante, y de igual manera la tasa de pobreza.

Por lo anterior se procede al diseño y prueba de políticas para determinar de qué manera influyen en el comportamiento y el mejoramiento de la problemática.

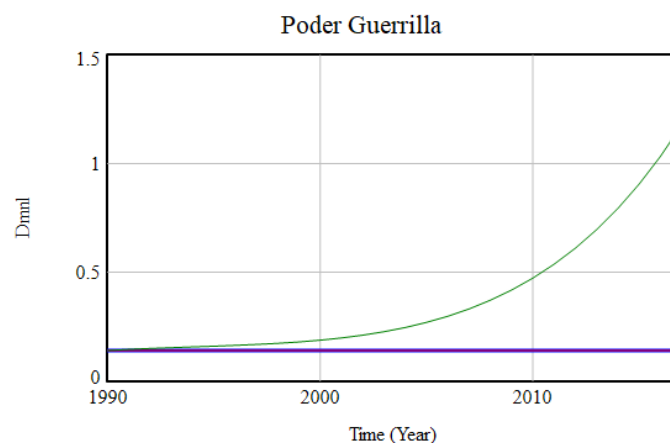
## POLÍTICAS DE RESOLUCIÓN O MEJORAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

La principal política de resolución o mejoramiento que se ha desarrollado hasta el momento es el Tratado de Paz.

Sin embargo, aunque ya se realizó la firma en el año 2016, aún hace falta llegar a su correcta implementación. Por tal razón se realizó la evaluación para determinar de qué manera afectaría el comportamiento del sistema.

A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones en tres escenarios: el primero es el correspondiente al comportamiento normal del conflicto (línea de color verde), el segundo es donde se implementaría efectivamente el acuerdo de paz con la guerrilla (línea de color rojo) y, por último, una implementación de acuerdos con los grupos paramilitares (línea de color azul).

Figura 31 Resultados de la simulación de políticas: Poder Guerrilla

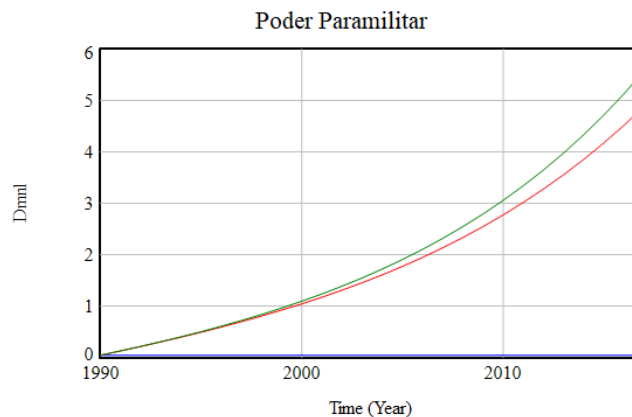


Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

En la Figura 31 es posible observar cómo el poder de la guerrilla disminuiría a cero si se implementara efectivamente el Tratado de Paz y si no existiera la posibilidad de reincidencias.

En la Figura 32 en cambio se observa cómo si se implementa el Tratado de Paz únicamente con la guerrilla, el poder paramilitar va a seguir en aumento. Por tal razón se concluye que debería existir un Acuerdo de Paz con ambos grupos armados.

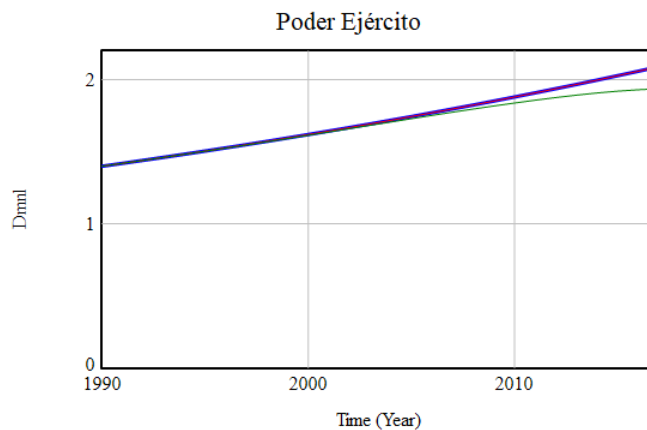
Figura 32 Resultados de la simulación de políticas: Poder paramilitar



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

La Figura 33 presenta el comportamiento del poder del ejército con la implementación de Acuerdos con ambos grupos armados. El aumento del poder se atribuye a la búsqueda por parte del Estado de asegurar que no surjan nuevamente grupos al margen de la ley.

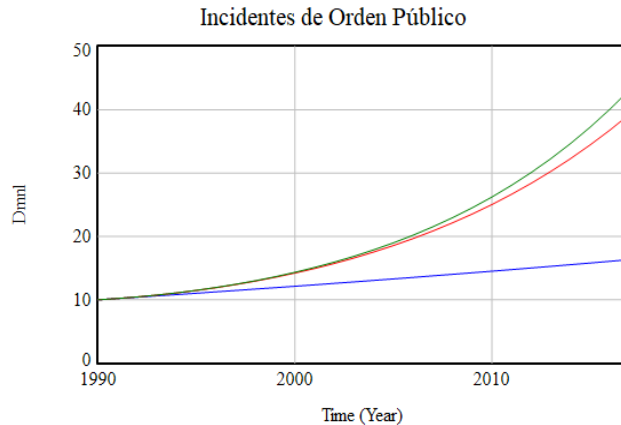
Figura 33 Resultados de la simulación de políticas: Poder Ejército



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

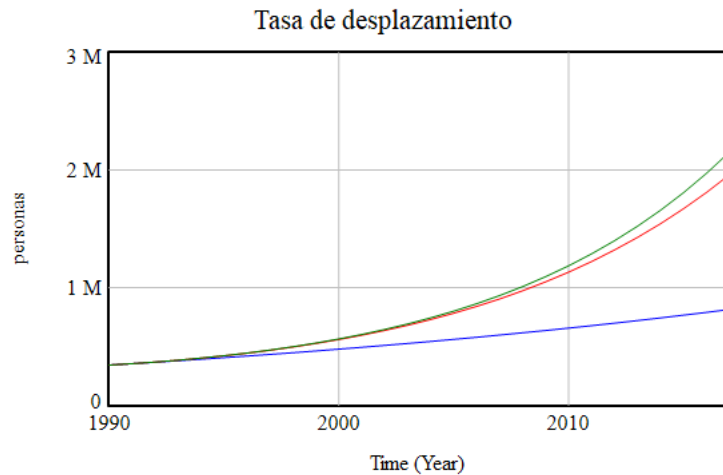
Los incidentes de orden público (Figura 34) se reducirían en el caso de la implementación efectiva del Tratado de Paz, pero se reducirían aún más si se implementara un acuerdo con los paramilitares.

Figura 34 Resultados de la simulación de políticas: Incidentes de Orden Público



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

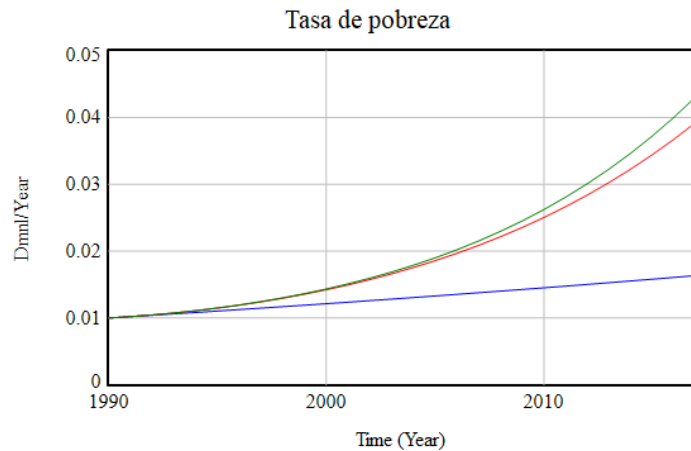
Figura 35 Resultados de la simulación de políticas: Tasa de desplazamiento



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

La tasa de desplazamiento (Figura 35) tendría el mismo comportamiento que los incidentes de orden público.

Figura 36 Resultados de la simulación de políticas: Tasa de pobreza



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

Por último, se observa la disminución de la tasa de pobreza (Figura 36) en los dos escenarios donde se implementan los Acuerdos. Sin embargo, no llega a cero porque es necesaria también una política de reparación de víctimas. El hecho de que los grupos armados ilegales no ataquen más, no significa que los civiles en condición de pobreza dejan de estarlo automáticamente, por lo que se reafirma la necesidad de una política efectiva de reparación de víctimas.

Las políticas mencionadas se sometieron a evaluación, al igual que lo fue la estructura y el comportamiento. La principal prueba realizada fue la de mejoramiento del sistema, que permitió la identificación y experimentación con el fin de concluir si se mejoraba o no el desempeño del sistema real.

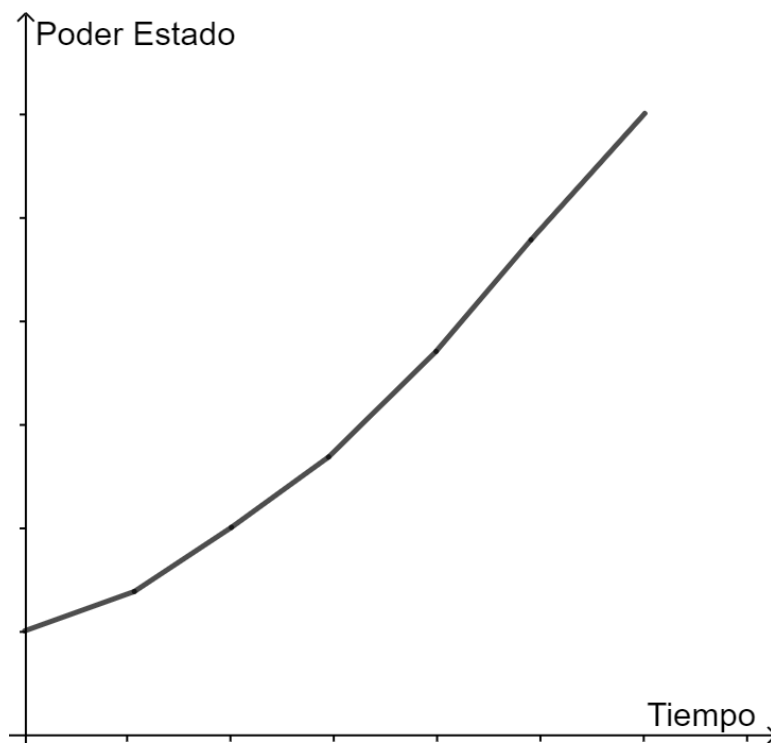
## MODELO DINÁMICO SISTÉMICO Y SUS EFECTOS EN EL NARCOTRÁFICO

De la misma manera como se presentó anteriormente se realizó el desarrollo de un modelo de simulación para representar la problemática del narcotráfico y su relación directa con el conflicto.

Como punto de partida se identifica al narcotráfico como eje central de la economía y sostenimiento de los grupos armados ilegales en Colombia, pero que a su vez afecta negativamente en los incidentes de orden público.

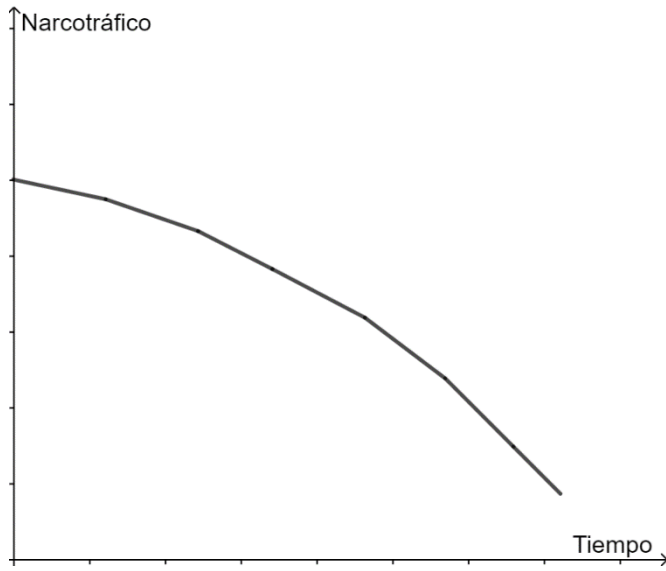
Para desarrollar esta aproximación se tomaron los siguientes modos de referencia como punto de partida, en los cuales se presenta la percepción del comportamiento de los grupos armados ilegales, el narcotráfico y el estado, tomando como eje central de la economía y sostenimiento de los grupos armados ilegales al narcotráfico.

Figura 37 Modo de Referencia Poder Estado



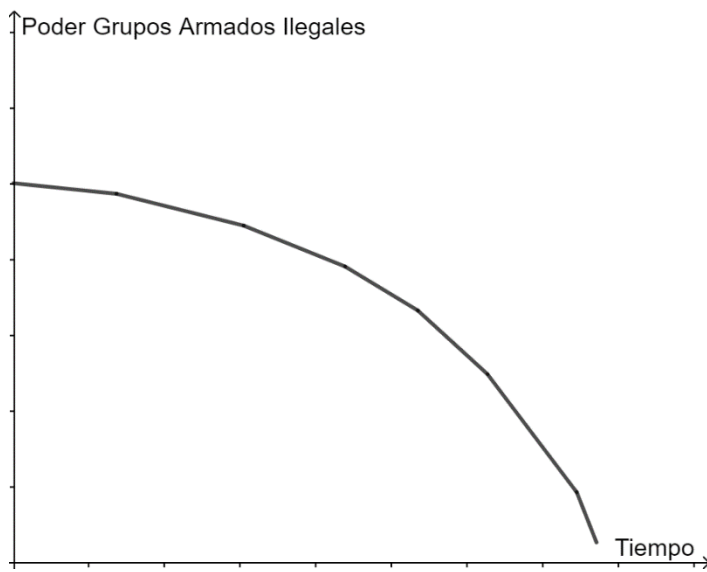
Fuente: Elaboración propia.

Figura 38 Modo de Referencia Narcotráfico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39 Modo de Referencia Poder Grupos Armados Ilegales



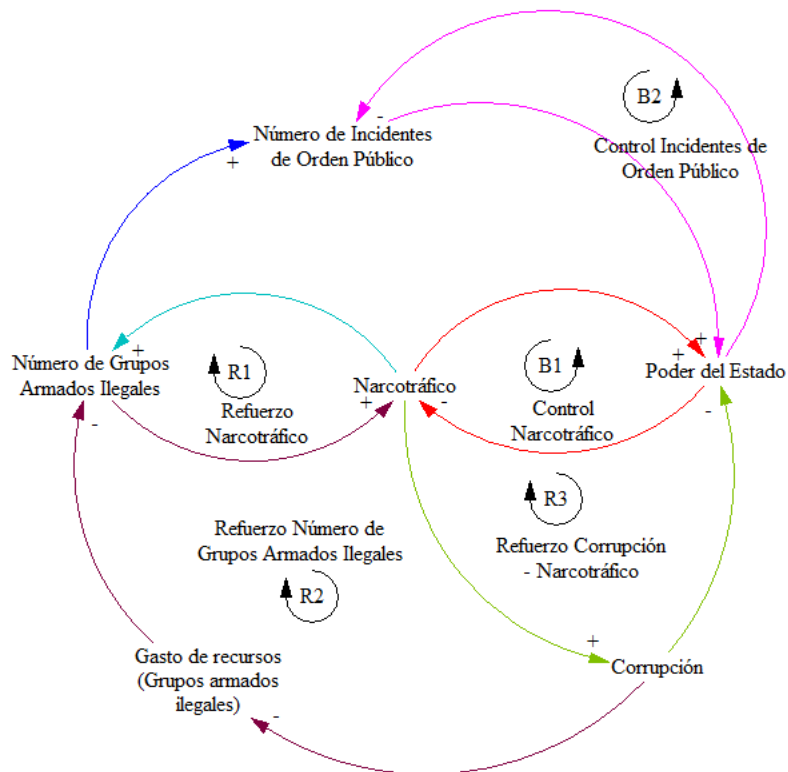
Fuente: Elaboración propia.

## HIPÓTESIS DINÁMICA

Como recursos estratégicos se plantean el Estado, los Grupos armados ilegales y el Narcotráfico.

La hipótesis dinámica está compuesta por cinco ciclos de realimentación, tres de refuerzo y dos de balance, que representan la lucha entre el Estado y los grupos armados ilegales, donde cada uno toma una postura diferente frente al narcotráfico.

Figura 40 Hipótesis dinámica del conflicto armado relacionada con el narcotráfico.



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

El ciclo de refuerzo R1 llamado Refuerzo Narcotráfico hace referencia a la manera en que los grupos ilegales se sostienen debido a la producción y comercialización de droga.

El ciclo de refuerzo R2 llamado Refuerzo Número de Grupos Armados Ilegales hace referencia a cómo debido al aumento del narcotráfico los grupos armados aumentan su poder y buscan aumentar el índice de narcotráfico.

El ciclo de refuerzo R3 llamado Refuerzo Corrupción–Narcotráfico relaciona el aumento de la corrupción con el índice de narcotráfico y la poca influencia del Estado en la problemática.

El ciclo de control o balance llamado B1 Control Narcotráfico indica la manera en que el Estado busca reducir el narcotráfico si percibe que existe un índice elevado.

El ciclo de control o balance llamado B2 Control Incidentes de Orden Público indica cómo el Estado busca reducir los incidentes de orden público luchando contra el narcotráfico y los grupos armados ilegales.

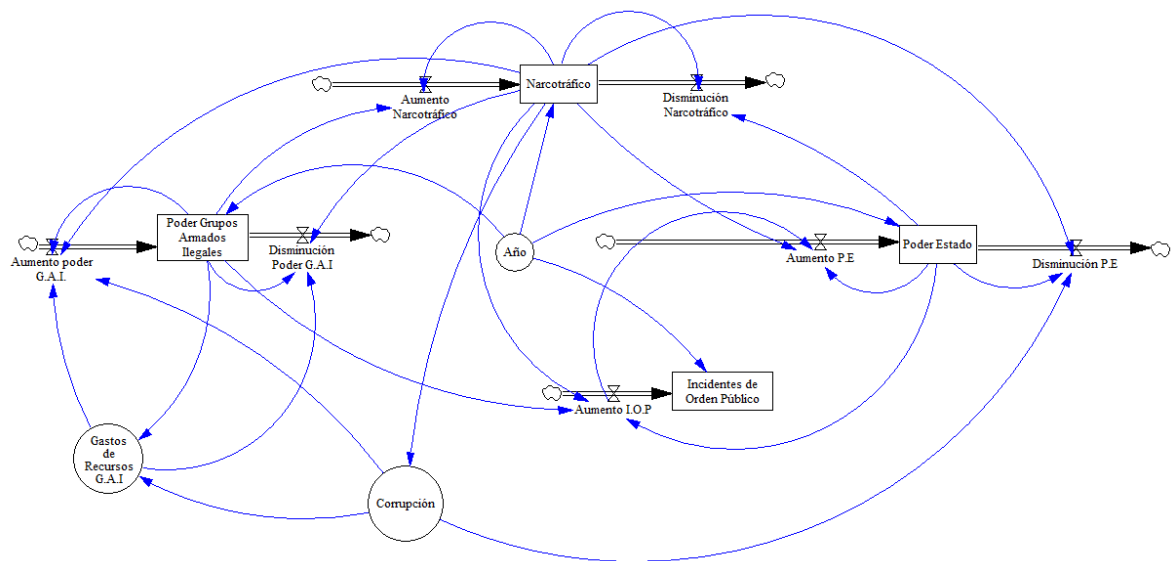
## MODELO DINÁMICO SISTÉMICO

Sobre la base de esta hipótesis dinámica, se desarrolla un Diagrama de Forrester en el que se definen los siguientes niveles:

- Corrupción
- Poder del estado
- Grupos armados ilegales
- Gasto de recursos (de los grupos armados ilegales)
- Incidentes de orden público.

El modelo se presenta a continuación. (Figura 41)

Figura 41 Diagrama de Forrester del conflicto armado relacionado con el narcotráfico



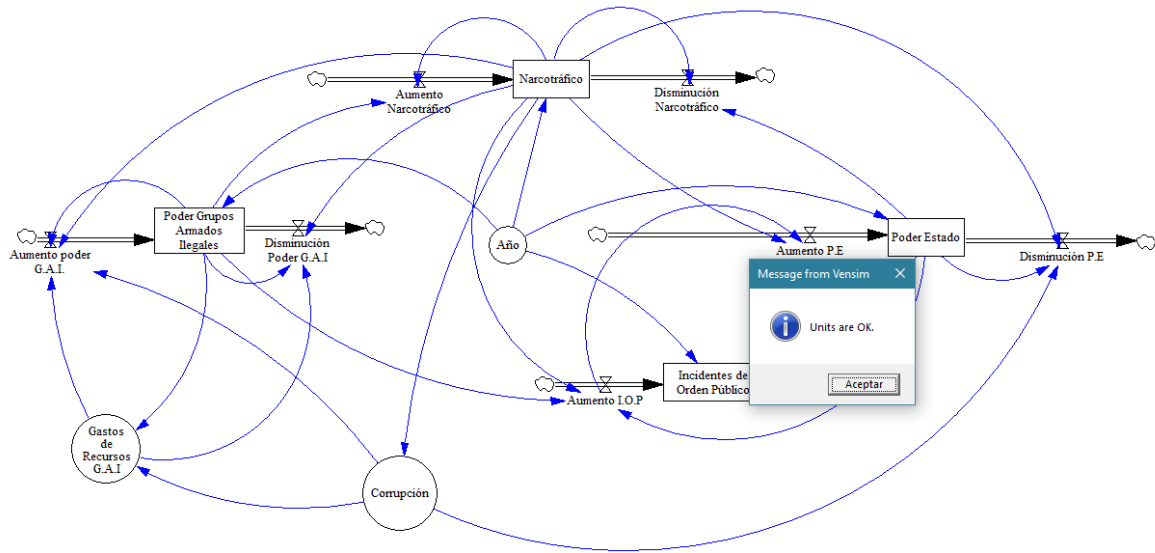
Fuente: Elaboración propia. Software Vensim



## EVALUACIÓN DEL MODELO

Antes de proceder a la simulación se realiza la evaluación de la estructura y posteriormente la de comportamientos.

Figura 42 Evaluación de parámetros del modelo: Unidades OK



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

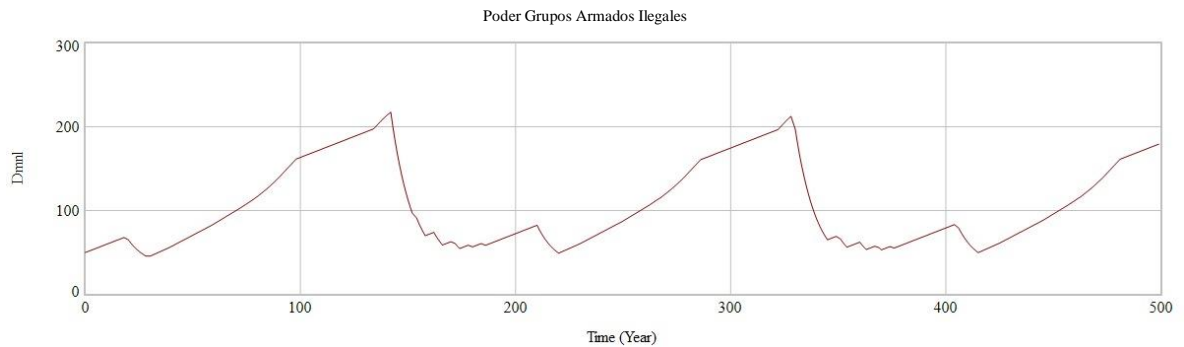
Se validó que los parámetros sean correctos con el fin de que los resultados de la simulación sean coherentes.

## EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN DEL MODELO

La figura 43 muestra la dinámica del índice de poder de los grupos ilegales respecto al tiempo y cómo varía según su necesidad del recurso narcotráfico y la ofensiva del estado.

El comportamiento se ve directamente influenciado por los ciclos de realimentación de refuerzo y de balance.

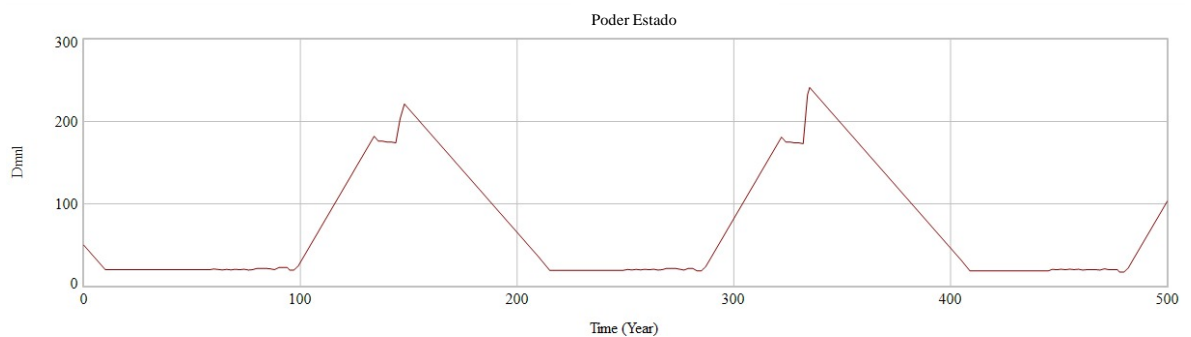
Figura 43 Resultado de las simulaciones: Grupos armados ilegales



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

La figura 44 presenta cómo varía el poder o la presencia del Estado a través del tiempo dependiendo del índice de narcotráfico percibido.

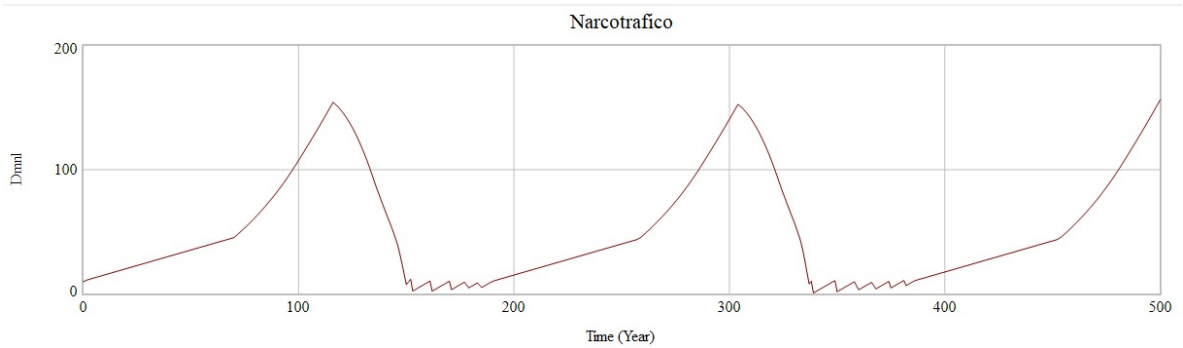
Figura 44 Resultados de la simulación: Estado



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

De la misma manera se presenta la variación del narcotráfico influenciado por los grupos ilegales y por el Estado.

Figura 45 Resultados de la simulación: Narcotráfico



Fuente: Elaboración propia. Software Vensim

Es posible observar que la estructura oscila constantemente, por lo que se concluye que el problema solo se reduce y no se erradica del todo.

#### POLÍTICAS DE RESOLUCIÓN O MEJORAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Una política que podría implementarse es reducir esta labor ilícita mediante la inversión agrícola, es decir, mejorar las rutas de comercio hacia las zonas rurales y la economía de tal manera que los civiles obtengan mayores ingresos y no deban recurrir a esta labor ilícita para obtenerlos.

También el mejoramiento de la seguridad, por lo que nuevamente se concluye que implementar Acuerdos de paz es una política efectiva.

## 7. DISCUSIÓN

El desarrollo del proyecto permitió presentar el análisis del conflicto armado desde una perspectiva social mediante la dinámica de poderes. No existía en la literatura un estudio similar.

El estudio permitió ilustrar la aplicación de la Dinámica de Sistemas en la problemática del conflicto armado colombiano. Esto apoya los trabajos desarrollados por otros autores desde el enfoque sistémico.

Como resultado importante se obtuvo que la implementación de Acuerdos de Paz es una política efectiva para el mejoramiento y resolución de la problemática, lo que apoya el trabajo propuesto por Parra Valencia, Lizcano Dallos y Pineda Ballesteros.

Por último, se afirma que los resultados también apoyan la teoría propuesta por los mismos autores mencionados anteriormente, de que todos los actores del conflicto son culpables de alterar el orden público.

## 8. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente Trabajo de Grado permite ilustrar la aplicación de la Dinámica de Sistemas en el análisis del conflicto armado colombiano.

El desarrollo del proyecto permitió dar respuesta a la pregunta de investigación planteada y cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos.

El conflicto fue evaluado desde una perspectiva social, realizando dos aproximaciones conceptuales: Dinámica de poderes y su influencia en la tasa de pobreza y Narcotráfico.

Los resultados obtenidos confirman que el Tratado de paz es una política efectiva para el tratamiento del conflicto armado colombiano, debido a que disminuye los incidentes de orden público ocasionados por la dinámica del comportamiento entre los actores.

Sin embargo, también se concluye que debe firmarse un Acuerdo de paz con los grupos paramilitares con el fin de disminuir en un mayor grado los incidentes de orden público.

Además, es necesario implementar una política efectiva de reparación de las víctimas para reducir los efectos sociales consecuencia del conflicto, como lo es la pobreza.

Finalmente se concluye que existe falta de información referente a la problemática, por tal razón debería realizarse una exploración más detallada con el fin de generar datos y eliminar este vacío de información.

## 9. TRABAJO FUTURO

Se plantea como trabajo futuro la evaluación del conflicto teniendo en cuenta otros efectos sociales y el análisis desde otros enfoques como lo económico y lo político. El estudio en la parte económica involucraría la sustitución de cultivos ilícitos por otro tipo de cultivos, con el fin de mejorar la situación del país.

Además, realizar el sometimiento a revistas de investigación de otros artículos y realizar producción bibliográfica, es decir, redacción de libros.

Por otra parte, realizar seminarios de aprendizaje sobre la problemática, además de talleres con miembros de la Fuerza Pública.

También, llevar a cabo una exploración más detallada de datos para solventar el vacío de información y así mismo desarrollar modelos más exactos, con un enfoque regional.

Por último, realizar el desarrollo de juegos de simulación y presentar ponencias a los encuentros colombianos (ECDS) y latinoamericanos (CLADS) de Dinámica de Sistemas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Aman Ullah, M., & Arthanari, T. (2011). Using a qualitative system dynamics approach to investigate perceptions of corruption. *The 29th International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC. Recuperado el 16 de Septiembre de 2018, de <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2011/proceed/papers/P1223.pdf>
- Cardazzone, A., & Armenia, S. (2014). Analyzing counter-terrorism and asymmetric conflict policies by means of a system dynamics approach. *Delft, Netherlands, Proceedings*. Delft. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2014/proceed/index.html>
- Castiblanco Medina, M., Soriano Pulido, E., Méndez Giraldo, G., & López Santana, E. (2014). Caracterización del impacto económico del narcotráfico en la corrupción en Colombia mediante la dinámica de sistemas y un análisis de la política de legalización de drogas. *XII Conferencia Latinoamericana de Dinámica de Sistemas*, (pág. 33). Alajuela. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/08/2014-Memorias-XII-CLADS-Costa-Rica.pdf>
- Comisión Histórica del Conflicto y sus Víctimas CHCV. (2015). *Contribución al entendimiento del conflicto armado en Colombia*. La Habana . Recuperado el 02 de Septiembre de 2018, de [http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/mesadeconversaciones/PDF/Informe%20Comisi\\_n%20Hist\\_rica%20del%20Conflicto%20y%20sus%20Victimas.%20La%20Habana%20C%20Febrero%20de%202015.pdf](http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/mesadeconversaciones/PDF/Informe%20Comisi_n%20Hist_rica%20del%20Conflicto%20y%20sus%20Victimas.%20La%20Habana%20C%20Febrero%20de%202015.pdf)
- Comité Internacional de la Cruz Roja CICR. (2008). *¿Cuál es la definición de "conflicto armado" según el derecho internacional humanitario?* Documento de opinión. Recuperado el 02 de Septiembre de 2018, de <https://www.icrc.org/spa/assets/files/other/opinion-paper-armed-conflict-es.pdf>
- Departamento Nacional de Estadística DANE. (2016). *Estadísticas Históricas de Colombia*. Indicadores de violencia. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación DNP. Recuperado el 03 de Septiembre de 2018, de <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/estadisticas-historicas-de-colombia.aspx>

- Ford, D. N. (3 de Julio de 2018). *System Dynamics Society*. Recuperado el 24 de Octubre de 2018, de sitio web de System Dynamics Society: <https://sds.memberclicks.net/assets/SDGlossary.pdf>
- Forrester, J. W. (1989). *The Beginning of System Dynamics*. Stuttgart: System Dynamics Society. Recuperado el 25 de Octubre de 2018
- Forrester, J. W., & Senge, P. M. (1979). *Test for building confidence in system dynamic models*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology. Recuperado el Octubre de 2018
- Gómez M , D. J., & Méndez G., G. A. (2011). Integración de técnicas de ingeniería en la caracterización de un sistema socioeconómico. *IX Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas/II Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas*, (pág. 627). Brasilia. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/08/2011-Memorias-IX-CLADS-Brasil.pdf>
- González, B., & Múgica, B. (1998). *La Dinámica de Sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación*. Oviedo: Universidad de Oviedo. Recuperado el 31 de Mayo de 2019
- Grupo de Memoria Histórica GMH. (2013). *¡BASTA YA! Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional. Recuperado el Septiembre-Octubre de 2018, de <http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2013/bastaYa/basta-ya-memorias-guerra-dignidad-new-9-agosto.pdf>
- Hayden, N. (2015). Understanding the Security, Aid and Development Nexus in Civil Conflict: Balancing Belligerents or Feeding the Beast? *Cambridge, MA, USA, Proceedings*. Cambridge. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2015/proceed/index.html>
- Hayden, N. K. (2013). Innovation and Learning in Terrorist Organizations: Towards Adaptive Capacity and Resiliency. *Cambridge, MA, USA, Proceedings*. Cambridge. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2013/proceed/index.html>
- Institute for Economics & Peace. (06 de Junio de 2019). *Global Peace Index 2019: Measuring peace in a complex world*. Sydney. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <http://visionofhumanity.org/app/uploads/2019/06/GPI-2019-web003.pdf>
- Isaza D., J. F., & Campos R., D. (Marzo de 2005). Modelos dinámicos de guerra: el conflicto colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*



*Exactas, Físicas y Naturales*, XXIX(110), 133-148. Recuperado el 16 de Septiembre de 2018, de [http://hpclab.ucentral.edu.co/wiki/images/4/4e/10\\_133\\_148.pdf](http://hpclab.ucentral.edu.co/wiki/images/4/4e/10_133_148.pdf)

Jaén , S., & Dyner, I. (2010). Counter-Intuitive Policy Against Cocaine Cartels. *VIII Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*. (pág. 7). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado el Septiembre de 2018, de [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010\\_Memorias.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010_Memorias.pdf)

Martin, L. A. (1997). *The First Step*. Massachusetts Institute of Technology. Recuperado el 25 de Octubre de 2018

Méndez Giraldo, G., López Santana, E., Lombana Riaño, J. J., & Bohórquez García, V. (2013). Corrupción en la prestación de servicios en Colombia: un análisis de causalidad basado en Dinámica de Sistemas. *XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*, (pág. Trabajo 99). Ciudad de México. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/08/2013-Memorias-XI-CLADS-M%C3%A9xico.pdf>

Méndez, G. A., Suárez Guerrero , P., & Ramírez, D. A. (2010). Aplicación de la DS en la problemática de tenencia de tierras en Colombia, para la evaluación de políticas de distribución de tierra. *VIII Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*. (pág. 262). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado el Septiembre de 2018, de [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010\\_Memorias.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010_Memorias.pdf)

Murillo Quiroga, O. L., Piza Ruiz, W., Rivas, L., & López Santana, E. R. (2013). Inseguridad y microtráfico de drogas en el sector de "Bronx" Bogotá, Colombia: Una aproximación de Dinámica de Sistemas. *XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*, (pág. Trabajo 100). Ciudad de México. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/08/2013-Memorias-XI-CLADS-M%C3%A9xico.pdf>

*Oficina del Alto Comisionado para la Paz* . (24 de Noviembre de 2016). Recuperado el 02 de Septiembre de 2018, de sitio web de OACP: <http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos%20compartidos/24-11-2016NuevoAcuerdoFinal.pdf>

Parra Valencia, J. A., Lizcano Dallos, A. R., & Pineda Ballesteros, E. (2017). Strategic Dynamic Thinking to manage public order in Colombia: a

- framework to improve post-conflicts security. *XV Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas/ XV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*, (pág. 628). Santiago de Chile. Recuperado el Septiembre de 2018, de [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2018/07/2017\\_Chile\\_XV-min.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2018/07/2017_Chile_XV-min.pdf)
- Pérez Botero, V. (6 de Junio de 2018). *Fundación Pares: Paz y Reconciliación*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de sitio web de Fundación Pares: <https://pares.com.co/2018/06/06/como-va-la-paz-2018/>
- Pinzón Rueda, W., & Vargas Caleño, J. (2017). Modelo dinámico para el análisis de estrategias destinadas al control de la inseguridad pública. *Memorias XV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*, (pág. 45). Cartagena de Indias. Recuperado el Septiembre de 2018, de <http://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2018/01/2017-Memorias-XV-ECDS.pdf>
- Rahim, M. A. (2010). *Managing Conflict in organizations* (Fourth ed.). New Brunswick (U.S.A) and London (U.K): Transaction Publishers. Recuperado el 02 de Septiembre de 2018, de [https://books.google.com.co/books?id=qauUIGypkhEC&pg=PA16&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=qauUIGypkhEC&pg=PA16&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Real Academia Española. (Diciembre de 2017). *Diccionario de la lengua española*, 23. Recuperado el 02 de Septiembre de 2018, de sitio web de Diccionario de la lengua española: <http://dle.rae.es/?id=AGHyxGk>
- Restrepo, J., Gutierrez, G., Martín, M., & Ronderos, N. (9 de Abril de 2014). *Centro de Recursos para el Análisis de Conflictos (CERAC)*. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de sitio web de CERAC: <https://www.cerac.org.co/es/recursos/datosconflictoscolombia/>
- RNI Red Nacional de Información. (17 de Septiembre de 2019). *Unidad para la atención y reparación integral de víctimas*. Recuperado el 28 de Mayo de 2019, de sitio web de Unidad de Víctimas: <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/registro-unico-de-victimas-ruv/37394>
- Rodríguez, D. V., Ramírez R., G. S., & Osorio G., J. C. (2014). Evaluación dinámica del efectos de las pandillas en la percepción de la seguridad de una ciudad. *Memorias XII Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas: El reto de abordar problemáticas complejas* (pág. 276). Bogotá: Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Recuperado el Septiembre de 2018, de [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2014\\_Memorias.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2014_Memorias.pdf)

- Romera, N. H., Maimbil, E. H., López, E. I., & Piriz, F. A. (2012). Modelo del comportamiento delictivo en la ciudad Autónoma de Buenos Aires. *X Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas/I Congreso Argentino de Dinámica de Sistemas/III Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas*, (pág. 43). Ciudad de Buenos Aires. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/08/2012-Memorias-X-CLADS-Argentina.pdf>
- Salgado, A., & Cadavid, L. (2017). Bandidos, granjeros y soldados: el conflicto y sus dinámicas poblacionales. *Memorias XV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*, (pág. 109). Recuperado el Septiembre de 2018, de <http://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2018/01/2017-Memorias-XV-ECDS.pdf>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. United States: McGraw-Hill Higher Education. Recuperado el Octubre de 2018
- System Dynamics Society. (11 de Junio de 2018). *System Dynamics Society*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de sitio web de System Dynamics Society: <https://www.systemdynamics.org/for-strategy>
- Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas. (17 de Agosto de 2017). *Unidad de restitución de tierras*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de sitio web de Unidad de restitución de tierras: <https://www.restituciondetierras.gov.co/leyes>
- Urbano Urbano, K., Gutiérrez Castillo, J. A., & Peña Orozco, D. L. (2017). Simulación dinámica del impacto de la firma del tratado de paz en algunas variables económicas del sector de los pequeños productores en Colombia. *Memorias XV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*, (pág. 80). Recuperado el Septiembre de 2018, de <http://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2018/01/2017-Memorias-XV-ECDS.pdf>
- Vargas C. , J., & Pinzón R., W. (2014). Estudio de la inseguridad a partir de arquetipos sistémicos. *Memorias XII Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas: El reto de abordar problemáticas complejas* (pág. 260). Bogotá D.C.: Editorial Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Recuperado el 23 de Octubre de 2018

## 11. ANEXOS

### LISTADO DE VARIABLES DEL MODELO DE LA TASA DE POBREZA

(01) Aumento IOP = (Poder Ejército\*Magnitud de violencia\*0.1)+(Poder Paramilitar\*Magnitud de violencia\*0.5)+(Poder Guerrilla\*Magnitud de violencia\*0.3)

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento de los incidentes de orden público. Este aumento es consecuencia del aumento de los poderes en el ejército, guerrilla y paramilitares, lo que denota un aumento en la percepción del conflicto y los actos de violencia.

(02) Aumento PE = Poder Ejército\*Tasa de reemplazo soldados\*Efectividad soldados

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento del poder del ejército debido a la tasa de reemplazo de soldados y su efectividad en combate.

(03) Aumento PE debido a PG=IF THEN ELSE(Poder Ejército<Poder Guerrilla, Poder Guerrilla\*Tasa de aumento PE, 0)

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento del poder del ejército debido al aumento del poder de la guerrilla.

(04) Aumento PG = (Efectividad guerrilleros\*Tasa de reemplazo guerrilleros)\*Poder Guerrilla

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento del poder de la guerrilla debido a la tasa de reemplazo de guerrilleros y su efectividad en combate, además de la tasa de incorporación como consecuencia de la percepción de abandono por parte del Estado.

(05) Aumento PP = (Efectividad paramilitares\*Tasa de reemplazo paramilitares\*Poder Paramilitar)

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento del poder paramilitar debido a la tasa de reemplazo de miembros y su efectividad en combate.

(06) Aumento PP debido a PG=Poder Guerrilla\*Tasa de aumento PP

Units: Dmnl/Year

Flujo que representa el aumento del poder paramilitar debido al aumento del poder de la guerrilla.

(07) Disminución IOP=0

Units: Dmnl/Year

Flujo que representa la disminución de los incidentes de orden público.

(08) Disminución PE = PG contra PE\*Poder Guerrilla

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa la disminución del poder del ejército debido a la acción directa de la guerrilla.

(09) Disminución PG = (PE contra PG\*Poder Ejército)+(PP contra PG\*Poder Paramilitar)

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa la disminución del poder guerrillero debido a la acción directa del ejército y los paramilitares.

(10) Disminución PP = (PE contra PP\*Poder Ejército)+(PG contra PP\*Poder Guerrilla)

Unidades: Dmnl/Year

Flujo que representa la disminución del poder paramilitar debido a la acción directa de la guerrilla y en menor medida del ejército.

(11) Efectividad guerrilleros = 0.025

Unidades: 1/personas

Variable que representa la efectividad de los guerrilleros en combate.

(12) Efectividad paramilitares = 0.018

Unidades: 1/personas

Variable que representa la efectividad de los paramilitares en combate.

(13) Efectividad soldados = 0.055

Unidades: 1/personas

Variable que representa la efectividad de los soldados en combate.

(14) FINAL TIME = 2017

Unidades: Year

El tiempo final para la simulación.

(15) Incidentes de Orden Público = INTEG(Aumento IOP-Disminución IOP, Init IOP)

Unidades: Dmnl

Representa como recurso estratégico los incidentes de orden público, debido a que influyen directamente en el desplazamiento de la población.

(16) Init IOP=10

Unidades: Dmnl

Variable que representa el valor inicial del nivel Incidentes de Orden Público.

(17) Init PE = 1.4

Unidades: Dmnl  
Valor inicial del poder del ejército.

(18) Init PG = 0.14  
Unidades: Dmnl  
Valor inicial del poder guerrillero.

(19) Init Población = 3.427e+07  
Unidades: personas  
Valor inicial de la población colombiana en el año 1990.

(20) Init PP = 0.045  
Unidades: Dmnl  
Valor inicial del poder paramilitar.

(21) INITIAL TIME = 1990  
Unidades: Year  
El tiempo inicial para la simulación.

(22) Magnitud de violencia = 1  
Unidades: 1/Year  
Variable que representa la magnitud de la confrontación y los ataques entre los poderes.

(23) Muertes = Población\*Tasa de muertes  
Unidades: personas/Year  
Flujo que representa la disminución de la población colombiana debido a las muertes anuales.

(24) Nacimientos = Población\*Tasa de nacimientos  
Unidades: personas/Year  
Flujo que representa el aumento de la población colombiana debido a los nacimientos anuales.

(25) Número NBI necesarias = 1  
Unidades: 1/Year  
Representa el número mínimo de necesidades básicas insatisfechas para considerar que una persona se encuentra en condición de pobreza.

(26) PE contra PG = 0.055  
Unidades: 1/Year  
Efectividad en combate del ejército en contra de la guerrilla.

(27) PE contra PP = 0.01  
Unidades: 1/Year  
Efectividad en combate del ejército en contra de los paramilitares.

(28) PG contra PE = 0.025

Unidades: 1/Year

Efectividad en combate de la guerrilla en contra del ejército.

(29) PG contra PP = 0.025

Unidades: 1/Year

Efectividad en combate de la guerrilla en contra de los paramilitares.

(30) Población = INTEG (Nacimientos-Muertes, Init Población)

Unidades: personas

Representa como recurso estratégico a la población colombiana.

(31) Poder Ejército = INTEG (IF THEN ELSE(((Aumento PE+Aumento PE debido a PG)-Disminución PE)<0, 0, (Aumento PE+Aumento PE debido a PG)-Disminución PE), Init PE)

Unidades: Dmnl

Recurso estratégico que representa el poder de la fuerza pública, en este caso específicamente el poder del ejército.

(32) Poder Guerrilla = INTEG (IF THEN ELSE((Aumento PG-Disminución PG)<0, 0, Aumento PG-Disminución PG), Init PG)

Unidades: Dmnl

Recurso estratégico que representa el poder de la guerrilla.

(33) Poder Paramilitar = INTEG (IF THEN ELSE(((Aumento PP+Aumento PP debido a PG)-Disminución PP)<0, 0, (Aumento PP+Aumento PP debido a PG)-Disminución PP), Init PP)

Unidades: Dmnl

Recurso estratégico que representa el poder de los paramilitares.

(34) PP contra PG = 0.018

Unidades: 1/Year

Efectividad en combate de los paramilitares en contra de la guerrilla.

(35) SAVEPER = TIME STEP

Unidades: Year [0,?]

La frecuencia con que la salida es almacenada.

(36) Tasa de aumento PE=0.02

Units: 1/Year

Variable que representa el aumento del poder del ejército.

(37) Tasa de aumento PP=0.01

Units: 1/Year

Variable que representa el aumento del poder paramilitar.

(38) Tasa de desplazamiento =  $(\text{Población} * 0.001) * \text{Incidentes de Orden Público}$

Unidades: personas

Representa la tasa de desplazamiento de la población. La población se desplaza porque percibe que aumenta la violencia.

(39) Tasa de muertes = 0.0045

Unidades: 1/Year

Variable que representa un promedio de la tasa de muertes en Colombia desde el año 1990 hasta el año 2017.

(40) Tasa de nacimientos = 0.0185

Unidades: 1/Year

Variable que representa un promedio de la tasa de nacimientos en Colombia desde el año 1990 hasta el año 2017.

(41) Tasa de pobreza =  $(\text{Tasa de desplazamiento} * \text{Número NBI necesarias}) / \text{Población}$

Unidades: Dmnl

Variable que representa la tasa de pobreza como consecuencia del número de personas con necesidades básicas insatisfechas. Este número aumenta o disminuye debido al abandono hacia los campesinos y ciudadanos por parte del Estado.

(42) Tasa de reemplazo guerrilleros = 0.87

Unidades: personas/Year

Variable que representa la tasa de reemplazo anual de guerrilleros. Este reemplazo puede darse por retiro o muerte.

(43) Tasa de reemplazo paramilitares = 0.87

Unidades: personas/Year

Variable que representa la tasa de reemplazo anual de paramilitares. Este reemplazo puede darse por retiro o muerte.

(44) Tasa de reemplazo soldados = 0.31

Unidades: personas/Year

Variable que representa la tasa de reemplazo anual de soldados. Este reemplazo puede darse por retiro, jubilación o muerte.

(45) TIME STEP = 1

Unidades: Year [0,?]

El paso de tiempo para la simulación.



## LISTADO DE VARIABLES DEL MODELO DE NARCOTRÁFICO

(01) Año=1

Unidades: Year

(02) Corrupción=IF THEN ELSE(Narcotráfico<20, 0, IF THEN ELSE(Narcotráfico<30, 0.2, IF THEN ELSE (Narcotráfico<40, 0.5, IF THEN ELSE(Narcotráfico<50, 0.8, IF THEN ELSE(Narcotráfico <60, 1, IF THEN ELSE(Narcotráfico<70, 1.5, IF THEN ELSE(Narcotráfico<80, 2, IF THEN ELSE(Narcotráfico<100, 2.5, 0))))))))))

Unidades: Dmnl

Infiltraciones en el estado que causan menor índice de ofensiva

(03) Estado= INTEG ((más poder estado-menos poder estado)/Año, 50)

Unidades: Dmnl

Índice de estrategia ofensiva del estado, respecto al narcotráfico

(04) FINAL TIME = 300

Unidades: Year

El tiempo final para la simulación.

(05) Gastos grupos armados=

IF THEN ELSE(Corrupción>0, 20, 0)+(IF THEN ELSE(Grupos armados ilegales<100, Grupos armados ilegales\*0.1, IF THEN ELSE(Grupos armados ilegales>100, Grupos armados ilegales\*0.2, 0)))

Unidades: Dmnl

Gastos anuales de grupos ilegales sosteniendo la guerra.

(06) Grupos armados ilegales= INTEG ((más poder grupos ilegales-menos poder grupos ilegales)/Año,50)

Unidades: Dmnl

Índice de estrategia ofensiva de los grupos armados ilegales, respecto al narcotráfico.

(07) Incidentes de orden público= INTEG ((más incidentes de orden público)/Año,0)

Unidades: Dmnl

Índice de incidentes de orden público por culpa de la lucha del narcotráfico.

(08) INITIAL TIME = 0

Unidades: Year

El tiempo inicial para la simulación.

(09) más narcotráfico=IF THEN ELSE(Narcotráfico>200, 0, IF THEN ELSE(Grupos armados ilegales<100, 1, Grupos armados ilegales\*0.02))

Unidades: Dmnl

Aumento de índice de narcotráfico por culpa de grupos armados ilegales.

(10) más incidentes de orden público=

IF THEN ELSE(Estado>Grupos armados ilegales, IF THEN ELSE(Narcotráfico>90, 0, IF THEN ELSE(Narcotráfico>80, 1, IF THEN ELSE(Narcotráfico>70, 2, IF THEN ELSE(Narcotráfico>60, 3, IF THEN ELSE(Narcotráfico>50, 4, IF THEN ELSE(Narcotráfico>40, 3, IF THEN ELSE(Narcotráfico>30, 1, IF THEN ELSE(Narcotráfico>20, 0, 0))))))))), 0)\*100

Unidades: Dmnl

Aumento de índice de incidentes de orden público por culpa de la guerra por causa del narcotráfico.

(11) más poder estado=IF THEN ELSE(Estado>=300, 0, IF THEN ELSE(Narcotráfico<40, 0, IF THEN ELSE (Narcotráfico<60, 1, IF THEN ELSE(Narcotráfico<80, 2, IF THEN ELSE(Narcotráfico<90, 3, IF THEN ELSE(Narcotráfico>100, 5, 0))))))+más incidentes de orden público\*0.1)

Unidades: Dmnl

Aumento de índice de estrategia ofensiva del estado para acabar con el narcotráfico.

(12) más poder grupos ilegales=

IF THEN ELSE(Grupos armados ilegales>=300, 0, IF THEN ELSE(Narcotráfico<Gastos grupos armados, 3, IF THEN ELSE(Narcotráfico>Gastos grupos armados, 1, 0) )+(Corrupción\*0.7))

Unidades: Dmnl

Aumento de índice en la ofensiva de grupos ilegales, respecto al narcotráfico.

(13) menos narcotráfico=

IF THEN ELSE( Narcotráfico<=10, 0, IF THEN ELSE(Estado<100, 0.5, Estado\*0.05))

Unidades: Dmnl

Disminución de índice de narcotráfico por culpa del estado.

(14) menos poder estado=

IF THEN ELSE(Estado<=20, 0, IF THEN ELSE(Narcotráfico<30, 3, 0.5)+Corrupción)

Unidades: Dmnl

Disminución de índice de estrategia ofensiva del estado por causas externas.

(15) menos poder grupos ilegales=IF THEN ELSE(Grupos armados ilegales<=20, 0, IF THEN ELSE(Gastos grupos armados>Narcotráfico, Grupos armados ilegales\*0.1, 0 ))

Unidades: Dmnl

Disminución de índice en la ofensiva de grupos ilegales, respecto al narcotráfico.

(16) Narcotráfico= INTEG ((más narcotráfico-menos narcotráfico)/Año,10)

Unidades: Dmnl

Índice de narcotráfico en Colombia.

(17) SAVEPER = TIME STEP

Unidades: Year [0,?]

La frecuencia con que la salida es almacenada.

(18) TIME STEP = 1

Unidades: Year [0,?]

El paso de tiempo para la simulación.