

## **DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADA EN EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA**



Trabajo de Grado

**Juan Carlos Girón Salazar**

**Jonathan Guerrero Astaiza**

**Director: MSc. Miguel Ángel Niño Zambrano**

**Universidad del Cauca**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**

**Departamento de Sistemas**

**Grupo I+D en Tecnologías de la Información**

Popayán, Noviembre de 2007

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma de Jurado

---

Firma de Jurado

Popayán, 8 de Octubre de 2007

## AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos a la Universidad del Cauca institución que nos forjó como personas, brindándonos la oportunidad a través del programa de Ingeniería de Sistemas para realizar nuestros estudios de pregrado y de la cual siempre hemos recibido apoyo.

Al convenio Interadministrativo de cooperación y cofinanciación suscrito entre “Computadores para Educar y la Universidad del Cauca”, los cuales nos brindaron los recursos necesarios y suficientes para la consecución de los objetivos del proyecto.

Por el apoyo recibido en el desarrollo del presente trabajo de investigación, queremos también expresar agradecimientos a las siguientes personas:

MIGUEL ANGEL NIÑO ZAMBRANO, Magíster en informática, director del trabajo de investigación, por su apoyo constante e incondicional durante el desarrollo del proyecto.

CARLOS ALBERTO COBOS LOZADA, Magíster en informática, por sus aportes y colaboración durante el desarrollo de la investigación.

ELIZABETH GRANADOS, JORGE JAIR MORENO, SILER AMADOR DONADO, MARTHA ELIANA MENDOZA, SANDRA PABON docentes del departamento de sistemas, por sus aportes al momento de desarrollar algunas fases del proyecto.

JORGE GALIDEZ, JORGE GIRALDO, DIANA VASQUEZ Compañeros estudiantes e ingenieros, quienes nos apoyaron en el momento mas oportuno.

Y todas las personas que finalmente de una u otra forma nos ofrecieron ayuda en el momento más oportuno.

En especial a nuestras familias, las cuales nos brindaron su apoyo incondicional y amor infinito.

MUCHAS GRACIAS

## ***DEDICATORIA***

*A Dios todo poderoso, Gran amigo que guía mi camino en la vida.*

*A María Teresa, Mi abuela, por todo su amor y colaboración.*

*A Elsa, Mi madre por enseñarme el sentido de la palabra luchar y por supuesto por todo su amor.*

*A Jorge, Mi padre por sus consejos, que han fortalecido mi vida.*

*A Jorge, mi hermano por contagiarme de sus ganas de salir adelante a triunfar en la vida.*

*A Julián y Felipe, Mis hermanos menores, por su apoyo incondicional en todo momento.*

*A Jaime Alberto, Mi tío, por sus enseñanzas y por toda la confianza depositada en mí.*

*A mis Amigos y Compañeros, por acompañarme en cada momento difícil de mi vida.*

*En especial a Eivar A, Carolina O, Yurany O, Tania C, Paola V, Mauricio R, Javier I, Jonathan G.*

## ***JUAN CARLOS***

### **DEDICATORIA**

*A DIOS, mi padre a quien le debo toda mi vida, por quien ahora estoy en este lugar, el que me ha dado todo y que con su incomprensible amor y misericordia me ha guiado por caminos de bendición... a ti sea la gloria.*

*A mi madre quien con su grandísimo amor e incansable esfuerzo y apoyo incondicional me enseñó que todo es posible y me acompañó aun cuando todos se habían ido.*

*A mi padre que ahora lejos, aporto muchísimo para lograr esto que hoy celebramos.*

*A mi tía María del Carmen que a pesar de la distancia nunca escatimo en esfuerzos para extenderme su ayuda y que con sus consejos dieron valor a mi vida.*

*A mi hermano que amo, quien estuvo siempre a mi lado.*

*A mi abuela, a mis tíos y a mi familia en general que se comportaron como verdaderos Guerreros, todos del mismo lado brindándome su apoyo.*

*A mi princesa Emilse Pérez quien con todo su amor y compañía me fortaleció para seguir adelante en busca de mis sueños.*

*A mis amigos, compañeros, docentes y todos aquellos que de una u otra forma estuvieron a mi lado y que hicieron parte de mi formación como persona, ciudadano y profesional.*

**JONATHAN**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>10</b>
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	10
1.1.1	Definición del problema.....	10
1.1.2	Justificación .....	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.2.1	Objetivo general .....	15
1.2.2	Objetivos específicos .....	15
<b>2</b>	<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>17</b>
2.1	EDUCACIÓN .....	18
2.1.1	Políticas gubernamentales de educación .....	18
2.1.2	Computadores para Educar .....	19
2.1.3	TIC y Educación.....	19
2.1.4	La educación rural y TIC .....	20
2.1.5	Metodologías de enseñanza. ....	21
2.1.6	Investigación acción participativa .....	21
2.2	EL ENFOQUE SISTÉMICO Y LA DINÁMICA DE SISTEMAS.....	22
2.2.1	Enfoque sistémico.....	22
2.2.2	La dinámica de sistemas .....	23
2.2.3	La dinámica de sistemas en la educación .....	24
2.3	AUTÓMATAS CELULARES, OBJETOS Y REGLAS.....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DINAMICO (MEA-DI) .....</b>	<b>26</b>
3.1	CONTEXTO ACTUAL Y TEORICO .....	26
3.1.1	Metodología de investigación .....	27
3.1.2	Pedagogías educativas.....	28
3.1.3	La tecnología actual en la educación .....	32
3.1.4	La dinámica de sistemas como herramienta de apoyo en la educación.....	33
3.1.5	Herramientas de apoyo - Dinámico .....	34
3.2	METODOLOGÍA MEA-DI [41].....	35
3.2.1	Descripción de la metodología MEA-DI.....	36
3.2.2	Fase antes del proceso .....	38
3.2.3	Fase en el proceso .....	43
3.2.4	Fase después del proceso.....	45
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA COMPUTACIONAL DINAMICO .....</b>	<b>47</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA COMPUTACIONAL.....	47
4.2	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	48
4.3	ACTORES DEL SISTEMA .....	49
4.4	MOTOR DE DINAMICA DE SISTEMAS.....	50
4.5	DINAMICO EDITOR (D-E) .....	51
4.5.1	Descripción general de D-E .....	51
4.5.2	Modelo conceptual de D-E.....	55

---

4.5.3	Funciones para D-E.....	57
4.5.4	Diagrama de casos de uso para D-E .....	58
4.5.5	Arquitectura D-E.....	60
4.5.6	Casos de uso reales D-E .....	62
4.6	DINAMICO VISOR D-V.....	70
4.6.1	Descripción general de D-V .....	70
4.6.2	Modelo conceptual de D-V.....	71
4.6.3	Funciones para D-V .....	72
4.6.4	Diagrama de casos de uso para D-V .....	73
4.6.5	Arquitectura D-V .....	74
4.6.6	Casos de uso reales D-V .....	76
5	VALIDACIÓN DEL PROYECTO.....	80
5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL .....	80
5.1.1	Marco de referencia de la validación.....	80
5.1.2	Diseño del experimento .....	84
5.2	PRUEBA DE FUNCIONALIDAD DINAMICO VISOR .....	99
5.2.1	Conclusiones de la prueba de funcionalidad.....	103
6	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.....	104
6.1	LINEAMIENTOS DE CONFORMACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES .....	104
6.2	DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS 105	
7	CONCLUSIONES, Y TRABAJO FUTURO .....	112
7.1	CONCLUSIONES.....	112
7.2	TRABAJO FUTURO.....	115
8	GLOSARIO Y BIBLIOGRAFIA.....	116
	En este capítulo se describe el glosario del presente trabajo y la bibliografía utilizada .....	116
8.1	GLOSARIO .....	116
8.2	BIBLIOGRAFIA .....	121

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología MEA-DI.....	37
Figura 2. Antes del proceso (Fase planeación - Docentes).....	39
Figura 3. Antes del proceso (Fase Programación - Docente).....	42
Figura 4. Antes del proceso (Fase Planeación – Equipo CPE) .....	42
Figura 5. En el proceso (Fase Reorganización, Inducción y Monitoreo - Docente) .....	43
Figura 6. En el Proceso (Fase Ejecución - Estudiante) .....	44
Figura 7. Después del Proceso (Fase Análisis - Docente) .....	45
Figura 8. Después del Proceso (Fase Análisis - Estudiantes) .....	46
Figura 9. Relaciones entre tipos de usuarios .....	49
Figura 10. Interacción del Componente Motor DS Con DINAMICO .....	50
Figura 11. Descripción de reglas y su correspondencia con los objetos del diagrama de Forrester.....	52
Figura 12. Modelo Conceptual, DINAMICO Editor .....	55
Figura 13. Diagrama de Casos de Uso Para DINAMICO Editor.....	58
Figura 14. Arquitectura general de DINAMICO Editor .....	60
Figura 15. Modelo Conceptual, DINAMICO Visor .....	71
Figura 16. Diagrama de Casos de Uso Para DINAMICO Visor .....	73
Figura 17. Arquitectura general de DINAMICO Visor .....	74
Figura 18. Resultados parciales de la encuesta realizada a los estudiantes del grado 5º de primaria de la IE “Antonio Nariño” resultados a la pregunta: ¿Cual es la materia que más te gusta?.....	81
Figura 19. Resultados parciales de la encuesta realizada a los estudiantes del grado 5º de primaria de la IE “Antonio Nariño” resultados a la pregunta: ¿Qué tan frecuente es tu contacto con los PC? .....	82
Figura 20. Pruebas de funcionalidad.....	83
Figura 21. Diseño del Preexperimento.....	85
Figura 22. Medición de conocimiento previo .....	96
Figura 23. Análisis de grupos por separado.....	97
Figura 24. Análisis prueba de la hipótesis.....	97

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantilla de solicitud de Apoyo.....	40
Tabla 2. Funciones Básicas de Dinámico Editor .....	57
Tabla 3. Descripción de las funciones de D-E.....	59
Tabla 4 Caso de uso real Definir Actividad Educativa .....	63
Tabla 5. Caso de uso real Cargar Modelo.....	65
Tabla 6. Caso de uso real Crear Ambiente .....	66
Tabla 7. Caso de uso real Crear Objeto.....	68
Tabla 8. Casos de Uso Real Crear Relaciones .....	70
Tabla 9. Funciones Básicas de Dinámico Visor .....	72
Tabla 10. Descripción de las funciones de D-V.....	73
Tabla 11. Caso de uso real Cargar Modelo DINAMICO .....	77
Tabla 12. Caso de uso real Manipular Simulación .....	79
Tabla 13: Instituciones SP2 Afectadas.....	80
Tabla 14. Tiempos estimados en la Ejecución de la práctica para el grupo A .....	88
Tabla 15. Tiempos estimados en la Ejecución de la práctica para el grupo B .....	88
Tabla 16. Análisis de Entorno e Infraestructura.....	89
Tabla 17. Perfil grupo dinámico .....	92
Tabla 18. Perfil Grupo Tradicional.....	93
Tabla 19 Pre-Prueba grupo Dinámico.....	94
Tabla 20 Pre-Prueba grupo tradicional .....	94
Tabla 21 Post-Prueba grupo Dinámico .....	95
Tabla 22 Post- Prueba grupo tradicional .....	95
Tabla 23. Tabla resumen promedio obtenidos .....	98
Tabla 24. Tabla de Indicadores de Funcionalidad de la Práctica .....	100
Tabla 25. Sugerencias de cambios para D-V .....	101

# 1 INTRODUCCIÓN

---

---

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1.1 Definición del problema

La educación es uno de los factores más importantes en el desarrollo social, económico y cultural para los colombianos, y es un instrumento esencial para la construcción de una sociedad justa y ecuánime.

A pesar de la preocupación de las autoridades colombianas por mejorar la educación, es evidente que ha sido lenta e insuficiente. Durante las últimas décadas, Colombia ha realizado grandes esfuerzos para superar dichos obstáculos en los distintos niveles educativos y a pesar del largo camino que falta por recorrer, los mayores incrementos se alcanzaron en los años 90 como resultado de los cambios estructurales derivados de la Constitución de 1991[1].

Actualmente con la revolución educativa, se busca dar respuesta a las necesidades de cobertura y calidad que requiere el país para alcanzar mejores condiciones del desarrollo socioeconómico y mejorar con ello la calidad de vida de la población. Es por esto, que el Gobierno Nacional con el fin de mejorar la calidad en la educación está promoviendo el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la educación en regiones geográficamente distantes con programas como: el Plan de Conectividad y Computadores para Educar (CPE), este último, es un programa de reciclaje tecnológico cuyo objetivo es brindar acceso a las tecnologías de información y comunicación a instituciones educativas públicas del país, mediante el reacondicionamiento de equipos donados por empresas privadas y entidades oficiales, y promover su uso y aprovechamiento significativo en los procesos educativos[1][2].

La Universidad del Cauca actualmente participa en el programa de CPE con un proyecto que abarca la región sur-pacífico<sup>2</sup> (SP2) (Cauca, Nariño, Putumayo), el cual es liderado

por el GTI (Grupo de I+D en Tecnologías de la Información), que pretende difundir y socializar modelos y simulación con Dinámica de Sistemas (DS), para la enseñanza de fenómenos del mundo cotidiano por medio del computador[3].

El presente trabajo de grado hace parte del proyecto CPE – GTI. En este proyecto se ha podido identificar dos problemas claramente:

1. El aprendizaje de los estudiantes de básica primaria en la región continúa utilizando métodos tradicionales de enseñanza y aprendizaje sin el uso de las TIC.
2. En las regiones en que se tienen recursos computacionales obtenidos a partir del proyecto CPE, se debe establecer metodologías de enseñanza y aprendizaje para el adecuado aprovechamiento de los mismos.

La experiencia obtenida por el grupo SIMON<sup>1</sup> y GTI utilizando la DS en educación superior ha permitido proponer metodologías de enseñanza basados en la DS en temas particulares[18], pero aunque se ha explorado poco en el uso de la DS en temas de educación para básica primaria se cree que su aporte a la enseñanza y aprendizaje puede ser muy positivo. Aprovechando el proyecto CPE se pretende establecer si es posible utilizar la DS en educación básica primaria para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Por lo anterior la hipótesis del presente trabajo es: *“Un modelo DS adecuado a un tema particular en el aula de clase de los niños de básica primaria podría mejorar su capacidad de abstracción de fenómenos y así aumentar su nivel de aprendizaje”*.

Normalmente los temas que se enseñan a los niños de básica primaria y que se prestan para ser presentados a través de recursos didácticos gráficos (carteleros, dibujos en el tablero, programas de simulación a medida, entre otros) son los de origen físico, tales como procesos biológicos como el ciclo del agua, cinemáticos como la ley de acción y reacción, etcétera[2]. Estas temáticas modeladas a través de DS podrían ampliar los ambientes presentados a los estudiantes a partir de estados diferentes generando un marco conceptual más amplio sobre la temática particular.

---

1 SIMON: Grupo de investigación en modelamiento y simulación cuyo objetivo principal es propiciar el desarrollo de la investigación acerca del pensamiento sistémico y en especial en dinámica de sistemas[18].

La hipótesis anterior tiene un elemento importante a resaltar y es la adecuación de la DS para la enseñanza de temáticas particulares de básica primaria, lo cual requiere de un estudio interdisciplinario entre metodologías<sup>2</sup> de enseñanza y aprendizaje, y modelamiento de sistemas apoyado en recursos computacionales. Por ello, el desarrollo de una metodología de enseñanza y aprendizaje apoyado en una plataforma computacional basada en DS, se convierte en uno de los principales elementos de investigación del presente trabajo.

Adicionalmente para trabajar DS es innegable el uso de una herramienta computacional. Actualmente estas herramientas permiten soportar los procesos de modelado en diagramas causales (conceptuales), diagramas de Forrester (formales) y finalmente la presentación de resultados en tablas y graficas de variables[19][20]. Dichas herramientas están dirigidas a estudiantes universitarios, investigadores y demás expertos con un nivel de conocimiento en la creación de modelos de DS e interpretación de tablas y gráficas.

En la actualidad no existe un herramienta computacional dirigida a niños de básica primaria, lo cual hace complejo el hecho de que utilicen e interpreten los resultados de los modelos de DS adecuadamente, esto no es tan sencillo como solo cambiar las interfaces de presentación de resultados, sino que requiere de un estudio complementario entre la metodología antes mencionada y los algoritmos computacionales de simulación iconográfica que representen el comportamiento (crecimiento, decrecimiento, cíclicos estables e inestables entre otros), de las variables que intervienen en el modelo, a la vez permiten a los niños interactuar con interfaces amigables e intuitivas para manipular los estados iniciales de las variables y generar nuevos ambientes de simulación.

Las herramientas de modelado de DS en el mercado[19][20] tienen algoritmos bien definidos y depurados para la generación de resultados de simulación en tablas de datos, lo cual no es el objetivo de este proyecto; pero, si es necesario lograr una integración de éstos con la herramienta metodológica y computacional del presente trabajo. Por ello, esta plataforma computacional se enfoca fundamentalmente en el análisis de los resultados arrojados por un motor de simulación de modelos de DS, tomando los

---

<sup>2</sup> Debe entenderse por metodología la definición de todos los elementos previos, en proceso y post proceso que se deben tener en cuenta para que la DS realmente apoye y mejore los procesos de enseñanza y aprendizaje de los niños de básica primaria. Estos elementos van desde la definición de una serie de pasos sistemáticos y bien definidos, hasta la consecución de esquemas de representación y de métodos de análisis y mejoramiento

resultados para determinar el tipo de comportamiento que presentan las variables analizadas y adecuar su presentación y manipulación para los niños.

Con este trabajo de grado se pretenden resolver los siguientes interrogantes a partir de la hipótesis planteada:

1. Para la manipulación de modelos de DS se establecen dos preguntas: ¿Cómo un niño de básica primaria puede manipular las variables de un modelo creado en DS y generar nuevos ambientes de simulación? y ¿Cómo un niño puede interpretar y entender adecuadamente los resultados de un modelo de DS?
2. ¿Cuales serían las características de una plataforma computacional que permita a los niños de básica primaria interactuar con modelos de DS de una manera amigable y fácil de entender, además de ser soportada por los equipos de cómputo donados por CPE?. De la anterior pregunta, se derivan las siguientes: ¿Cual es el motor de modelado de DS existente más adecuado para la integración con la plataforma computacional a desarrollar? y ¿Cómo reutilizar los algoritmos del motor de simulación de DS en la plataforma computacional a desarrollar, de tal forma que su funcionamiento sea transparente para los usuarios?
3. ¿La utilización de las herramientas metodológicas y computacionales desarrolladas, permite a los estudiantes de básica primaria mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las temáticas impartidas en las aulas?

Para dar respuesta a la primera pregunta, se propone desarrollar con el acompañamiento de expertos en pedagogía, una metodología de enseñanza y aprendizaje fundamentada en DS y apoyada en una plataforma computacional adecuada a los estudiantes de básica primaria de la región SP2.

Para dar respuesta a la segunda pregunta, se puede desarrollar una plataforma computacional cuyos principales requisitos son: la reutilización e integración de un motor de DS, bajo consumo de recursos y una interfaz de usuario adecuada para niños desarrollada con la asesoría de un diseñador gráfico, la cual permitirá a los estudiantes de básica primaria interactuar con diferentes modelos de DS adecuados a las temáticas particulares de enseñanza. Para lograr esto, es necesario evaluar las herramientas de DS

existentes y sus motores de simulación, posteriormente analizar sus algoritmos y los lenguajes de programación en los cuales fueron realizados, con el fin de integrarlos a la plataforma; así como otros requisitos computacionales y legales que se deben tener en cuenta.

Finalmente para dar respuesta a la tercera pregunta, se realizarán validaciones de la metodología y pruebas del software a través de visitas de campo a ciertas poblaciones de la región SP2, verificando si dichas herramientas ayudan a los estudiantes a mejorar sus procesos de enseñanza y aprendizaje de las temáticas impartidas. Para ello se debe definir un conjunto adecuado de indicadores que permitan medir los resultados de las mismas.

### **1.1.2 Justificación**

El presente proyecto aportará al desarrollo de nuevo conocimiento en el área de la educación en básica primaria apoyada en TIC, al Departamento de Sistemas, a la comunidad de la región SP2, al grupo de investigación GTI y a los desarrolladores del proyecto en:

- El planteamiento de una nueva metodología de enseñanza y aprendizaje apoyada en una plataforma computacional basada en DS.
- Capacitación de profesores de básica primaria en la región del SP2 en el uso de la metodología planteada para el apoyo de las temáticas que imparten, utilizando la herramienta y los modelos de DS, por otra parte se capacitará a los estudiantes en el correcto uso de la plataforma computacional.
- Implementación de un conjunto de modelos de DS que permitan a los niños de básica primaria mediante una plataforma computacional, el acceso a una nueva forma de aprendizaje donde se manipulen elementos que muy difícilmente podrían manipular en un ámbito diferente a la simulación, apoyando así, la enseñanza de temáticas impartidas en las aula de clase de la región SP2 del programa CPE del Gobierno Nacional.

- Documentación para la Universidad del Cauca con información académica relacionada con el planteamiento de una nueva metodología de enseñanza y aprendizaje para niños de básica primaria, su desarrollo y los resultados obtenidos con la implantación de dicha metodología; además, de la documentación de análisis, diseño y construcción de herramientas para la aplicación de la DS en entornos diferentes a los universitarios.
- Desarrollo de una plataforma computacional que reutiliza e integra un motor de DS existente para apoyar una nueva metodología de enseñanza y aprendizaje en educación básica primaria, proponiendo formas de simulación e interfaces que permitan interactuar a los niños con modelos de DS
- Líneas de investigación en I+D para el GTI en modelado y simulación aplicado a la informática educativa, a través de la formación de jóvenes investigadores en el área.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un conjunto de herramientas metodológicas y computacionales para la enseñanza y aprendizaje de temáticas de básica primaria fundamentadas en la Dinámica de Sistemas, en el marco del proyecto de computadores para educar en la región sur pacífico dos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar una metodología de enseñanza y aprendizaje fundamentada en DS y apoyada en una plataforma computacional adecuada a los estudiantes de básica primaria de la región SP2.
- Construir una plataforma computacional que reutilice e integre un motor de DS permitiendo a los estudiantes de básica primaria de la región SP2 interactuar con diferentes modelos de DS adecuados a las temáticas particulares de enseñanza y

aprendizaje para los estudiantes; con el fin, de que ellos puedan manipular y visualizar los resultados de la simulación por medio de una interfaz adecuada para los niños.

- Validar las herramientas metodológicas y computacionales a través de la definición y monitoreo de un conjunto de indicadores que permitan verificar si existen mejoras en los procesos de aprendizaje en lo referente a las temáticas impartidas en básica primaria de la región SP2.

---

## 2 MARCO TEORICO

---

Este proyecto está enmarcado dentro del Programa CPE, el cual trata de introducir nuevas metodologías de enseñanza a través de las TIC.

Inicialmente se ha analizado diferentes proyectos los cuales hacen uso de las TIC en la educación, entre ellos encontramos:

- El proyecto GET (Grupo de Educación y Telemática). El cual trabaja en desarrollar metodologías y estrategias didácticas aplicables a entornos tecnológicos de formación abierta y a distancia e identificar y describir las destrezas y capacidades necesarias de los distintos participantes en el proceso educativo, además de diseñar protocolos de evaluación de la calidad de las experiencias didácticas[17].
- El proyecto SAT (Sistema de Aprendizaje Tutorial) es una alternativa de educación rural formal ofrecida por el Ministerio de Educación Nacional, la cual enseña la lecto-escritura, matemáticas, ciencias, artes, humanidades y las tecnologías apoyados en recursos informáticos y telemáticos[16].
- El proyecto MAC (Micromundos para el Aprendizaje de las Ciencias), desarrollado por el grupo SIMON que es una herramienta software que facilita el desarrollo de las formas de pensamiento y el aprendizaje de conceptos del área de ciencias de la naturaleza[4], pero aún maneja un nivel de complejidad en cuanto a comprensión, debido a que sus resultados se muestran como trayectorias.
- Por otra parte el grupo SIMON también ha desarrollado una herramienta denominada HICEFE (Herramienta Informática para la Comprensión y Experimentación de Fenómenos Económicos), la cual es una propuesta para la incorporación de la tecnología computacional en la enseñanza de la economía basada en el trabajo con micromundos y simulación.

Estos proyectos al igual que el propuesto en este trabajo, necesitan para su comprensión algunos fundamentos teóricos que se presentan a continuación:

## **2.1 EDUCACIÓN**

### **2.1.1 Políticas gubernamentales de educación**

El gobierno nacional ha realizado grandes esfuerzos por conseguir una mejora en la calidad de la educación colombiana y lograr un mayor acceso a estos servicios ya que no todos los niños y jóvenes están cubiertos con una educación de calidad (según estudios realizados en los últimos años los avances en educación han sido lentos e insuficientes)[1].

Actualmente, se ha implementado una nueva política cuyo objetivo principal es mejorar los esquemas de aprendizaje y lograr motivar a los niños para que estos accedan al conocimiento, y a lo que necesitan aprender, además de que lo apliquen y lo aprovechen a lo largo de sus vidas. Para dicho fin, el gobierno nacional apoya las instituciones educativas en sus procesos de mejoramiento institucional y de gestión, asegurando que los docentes desarrollen competencias básicas, profesionales, laborales y ciudadanas que ayuden a elevar los principios de colaboración y convivencia[1].

Para mejorar la calidad del sistema educativo (primaria, secundaria, media y educación superior) se adelantan 20 proyectos encaminados a asegurar el logro del objetivo propuesto. En resumen, lo que buscan estos proyectos es[1]:

- Definir cuáles son los estándares que siguen los estudiantes, además de definir cual es el desempeño de los docentes.
- Mejorar, diseño e implementación y difusión de experiencias exitosas y desarrollo de la carrera docente.
- Fomentar la pertinencia de los programas ofrecidos, desarrollo de nuevas competencias, uso de nuevas herramientas educativas tales como radio, televisión

y nuevas tecnologías de información. Plan en el que se encuentran enmarcados programas como “Computadores para Educar” y “el plan Conectividad”

- Aseguramiento de la calidad de la educación superior.

### **2.1.2 Computadores para Educar**

El Programa CPE de reciclaje tecnológico por medio de la instalación de equipos donados por empresas privadas y públicas en instituciones educativas públicas del país con herramientas TIC, que promueven el uso de las mismas en los procesos educativos[1].

Para que este proyecto tenga éxito se ha provisto de un acompañamiento de la instituciones beneficiadas, acompañamiento que incluye capacitación a los maestros y accesoria a las comunidades durante un periodo de 16 meses en donde se integre el uso de los computadores a los programas académicos y la vida comunitaria[5]; además proyectos de investigación encaminados a la utilización de las TIC.

Este acompañamiento se realiza por medio de la colaboración de universidades como la Universidad del Cauca (UNICAUCA) y programas especializados con los cuales se han firmado convenios de cooperación [1].

### **2.1.3 TIC y Educación**

Las aplicaciones de las TIC se encuentran presentes en multitud de ámbitos de la vida cotidiana y en diversas áreas, siendo muy difícil encontrar alguna actividad en la que no aparezcan. Como consecuencia, el desarrollo de las TIC que se viene produciendo en los últimos años es espectacular, tanto a nivel de desarrollo tecnológico como de oferta de nuevos servicios[12].

Las TIC son también espacio de acción social. Para muchas personas es posible acceder a servicios personales de comunicación global que son baratos y efectivos, como es el caso del correo electrónico.

Muchas personas acceden a programas educativos a través de las TIC que son una herramienta incomparable para la consolidación de la sociedad civil, tanto a nivel de las naciones cómo a nivel internacional[13].

#### **2.1.4 La educación rural y TIC**

La participación de la población rural es uno de los puntos menos debatidos de la llamada "sociedad de la información", la sociedad interconectada y global es una sociedad urbana... la exclusión de los habitantes rurales<sup>3</sup> es mayor que la de grupos sociales urbanos. La ciudad solía ser el antónimo del campo. Hoy el antónimo de campo es ciberespacio[11].

Esa exclusión tiene que ver con los costos de adquirir equipos, programas o servicios informáticos para comunidades de muy bajos ingresos monetarios. Conectar a Internet una escuela en una zona rural cuesta decenas de veces más que conectar una de una zona urbana. El problema no es solo económico, la falta de infraestructura básica como suministro confiable de electricidad, posibilidades de conectividad telefónica o de cualquier otro tipo se convierten en obstáculos aún mayores.

Llevar las tecnologías de información y comunicación al campo debe tener alguna influencia en la cultura. Se puede pensar que corre el riesgo de uniformar a los(as) campesinos(as) dentro de una cultura universal y hacerles perder sus valores tradicionales y posibilidades de construir sus propias opciones de prosperidad. Pero entonces, ¿qué hacer?

Bajo la excusa de mantener la cultura campesina no se puede profundizar la exclusión y la negación del acceso a los beneficios del "desarrollo". El reto sería construir procesos educativos que les permitan vivir en un mundo globalizado y actualizados tecnológicamente[14].

---

<sup>3</sup> Este concepto incluye a campesinos y campesinas, indígenas, comunidades negras, artesanos, pescadores, pequeños mineros y otras personas cuyo espacio de acción económica, social y cultural es la ruralidad

### **2.1.5 Metodologías de enseñanza.**

La disponibilidad generalizada de las nuevas tecnologías interactivas de la información y la comunicación abre una inmensa cantidad de posibilidades que se concretan en el desarrollo de nuevos modelos pedagógicos en la formación estudiantil. Tradicionalmente basada en la actividad del alumno sobre materiales impresos estandarizados, las nuevas tecnologías enriquecen la formación con la posibilidad no sólo de difundir información, sino de dotar a los participantes (profesores, alumnos, expertos, etc.) de herramientas hardware/software para la comunicación personal y grupal que refuercen la acción tutorial y el aprendizaje colaborativo.

Entre las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la que más ha impactado en todos los sectores sociales, culturales y económicos en los últimos años ha sido la de las redes informáticas y, especialmente, Internet. Se calcula que al año 2007 1000 millones de personas de todo el mundo usan Internet. Universidades, centros de investigación, instituciones privadas, organismos públicos, empresas y particulares participan de una experiencia tecnológica y social inédita en la historia de la humanidad: la Internet es el primer medio de comunicación de masas bidireccional[17], por lo cual se hace indispensable la integración de estas nuevas tecnologías conocidas como las TIC en los procesos de enseñanza por medio de metodologías apropiadas para así lograr alcanzar unos mejores niveles de penetración de la educación en los planteles educativos y posteriormente aprovechar estos conocimientos adquiridos en pro de un desarrollo integral del ser humano en la sociedad.

### **2.1.6 Investigación acción participativa**

Desde el enfoque las metodologías para la articulación social, permiten analizar la realidad social y detectar las necesidades y potencialidades, establecer un ambiente de mutua confianza que implican procesos de transformación social, la adopción de metodologías cercanas a la INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA (IAP), permiten conocer y actuar para transformar y reflexionar la acción, presentando la posibilidad de incorporar a nuevos sujetos capaces de construir y activar procesos de articulación del

conocimiento de la realidad. Por tal razón, los fundamentos metodológicos tienen principios en las metodologías activas o participativas, que tienen como propósitos promover la participación de las comunidades para la comprensión de sus problemáticas, la planeación de propuestas de acción, y la reflexión.

Esto parece ser un problema pero en realidad ofrece una ventaja supremamente grande ya que los actores involucrados son partícipes activos, dueños y desarrolladores del proyecto, a su vez los expertos asumen el papel de guías del proceso, esto con el fin de realizar un acompañamiento orientado a la mejora de los estudiantes y del grupo social, que conlleve a la apropiación, desarrollo e implementación del sistema aun sin los guías en el proceso.

Esto implica. como parte del proceso de la investigación, realizar visitas pertinentes y necesarias para identificar la sociedad (comunidad) objetivo y así poder redefinir los pasos del proceso que permitan articularlo plenamente a la sociedad, desde esta perspectiva se encuentra una diferencia marcada entre los métodos de investigación tradicionales donde se parten de unos supuestos que difícilmente varían mientras que con la metodología acción participativa(IAP) no hay supuestos de inicio estos se forman a través de la interacción y decisión de los investigados[24].

## **2.2 EL ENFOQUE SISTÉMICO Y LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

### **2.2.1 Enfoque sistémico**

El enfoque sistémico nace de la incapacidad de la ciencia de tratar problemas complejos, ya que el método científico basado en el reduccionismo, repetitividad y refutación fracasa ante la incapacidad de poder identificar todas las variables que intervienen, lo que es muy difícil de controlar, por lo que no es posible crear experimentos verdaderos y existen factores externos que afectan las observaciones[6].

Esto es aún más notorio si examinamos temas relacionados con la sociedad donde factores humanos, económicos, tecnológicos y naturales están muy fuertemente ligados. Además, están las características del hombre que son muy difíciles de medir debido a su racionalidad y libertad.

El enfoque de sistemas abarca este problema de complejidad a través de un pensamiento basado en la totalidad y complementa las propiedades de este pensamiento por medio del reduccionismo científico que básicamente plantea que se puede explicar cualquier fenómeno natural por medio de la Física, según Von Bertalanffy[6].

Von Bertalanffy propuso lo que serían los fundamentos de la Teoría de Sistemas generales entre los cuales encontramos:

1. “Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos, y promover transferencias útiles de un campo a otro.
2. Favorecer el desarrollo de modelos teóricos adecuados en aquellos campos donde faltaran.
3. Reducir en lo posible la duplicación de esfuerzo teórico en campos distintos.
4. Promover la unidad de la ciencia, mejorando la comunicación entre los especialistas.

El objetivo último de Von Bertalanffy, el desarrollo y difusión de una única meta-teoría de sistemas formalizada matemáticamente, no ha llegado a cumplirse. En su lugar, de lo que podemos hablar es de un enfoque de sistemas o un pensamiento sistémico que se basa en la utilización del concepto de sistema como un todo irreducible. “[6].

### **2.2.2 La dinámica de sistemas**

La DS es una metodología para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos como los estudiados por las ciencias sociales, la economía o la ecología[15].

La DS por medio de la simulación permite obtener trayectorias de variables de cualquier modelo usando para ello la integración numérica, trayectorias que se deben interpretar como las tendencias de un fenómeno específico y no como herramientas predictorias, lo cual ayuda a comprender cuál es el comportamiento de un sistema que permita al usuario realizar acciones que puedan mejorar el funcionamiento del sistema dado o resolver problemas que se presenten[6].

### **2.2.3 La dinámica de sistemas en la educación**

La mayoría de la insatisfacción generada con la educación Pre-Universitaria se origina de la incapacidad de identificar como es que la gente interactúa una con otra en un ambiente específico, por la naturaleza fragmentaria que infunde la educación tradicional haciéndose menos importante en una sociedad que se vuelve cada día más compleja, más grande y cada día más fuertemente interconectada[7].

La educación tradicional utiliza imágenes o ambientes extraídos de la vida real, pero los problemas del mundo son dinámicos, es cierto que el tipo de representación que se usa actualmente en la educación ayuda y permite una mejor comprensión de teoría y relaciones estáticas[7].

Se ha probado a lo largo de los últimos 30 años en Estados Unidos que el uso de la DS en la educación produce un crecimiento en el conocimiento de ciclos, flujos de comunicación, toma de decisiones, acciones y control de cambios en todos los sistemas. Características que se han aplicado en campos tales como corporaciones, medicina, comportamiento económico, crecimiento poblacional entre otros, con la obtención de unos mejores resultados[7].

## **2.3 AUTÓMATAS CELULARES, OBJETOS Y REGLAS**

Los autómatas celulares son una rama que se desprende de la inteligencia artificial y buscan representar sistemas complejos y de diversa naturaleza, por ejemplo, sistemas químicos, biológicos, evolutivos, genéticos, eléctricos, computacionales e inclusive otros físicos y mecánicos[33].

Los autómatas celulares son redes de autómatas simples conectados localmente. Cada autómatas simple produce una salida a partir de varias entradas, modificando en el proceso su estado según una función de transición. Por lo general, en un autómatas celular, el estado de una célula en una generación determinada depende única y

exclusivamente de los estados de las células vecinas y de su propio estado en la generación anterior.

La Metodología de Modelamiento basada en Objetos y reglas, se basa en algunos principios de Autómatas Celulares. Asume como espacio, en el cual se desenvuelve la dinámica del fenómeno, una matriz de celdas donde cada una contiene o no un objeto, y a cada nuevo paso de simulación la celda determina su nuevo estado y el de sus vecinos siguiendo reglas de comportamiento e interacción específicas entre ellos.

# 3 METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DINAMICO (MEA-DI)

---

---

## 3.1 CONTEXTO ACTUAL Y TEORICO

La educación se considera como un elemento muy importante para cualquier país que está buscando mejores condiciones y oportunidades para los habitantes de una nación, ya que por medio de ella se contribuye al desarrollo de valores, conocimientos y habilidades que les ayudan a comprender la realidad en que viven e insertarse en ella de manera consciente y participativa, generando así mejores ambientes de desarrollo integral en la sociedad (definiendo como integral la parte social, económica, política y afectiva y demás factores sociales sobresalientes).

En la constitución política colombiana, se refleja en el artículo 44 que declara la educación como un derecho fundamental de los niños y el artículo 45 el derecho de los adolescentes a la formación integral, el estado se compromete a promover el acceso progresivo a los servicios de educación (artículo 64) con el fin de mejorar la calidad de vida de los campesinos[31].

En el artículo 67 se declara “La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura.”, “Corresponde al Estado regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia de la educación con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos; garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar a los menores las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo”[31].

El estado colombiano ha emprendido proyectos que tienen como fin ampliar la cobertura en todo el territorio nacional y mejorar la calidad de los servicios educativos, proyectos tales como Colombia aprende y computadores para educar entre otros, y metodologías innovadoras como escuela nueva que se adaptan al contexto nacional donde la falta de recursos y la diversidad cultural nacional son destacables.

En este apartado, se presentan elementos teóricos concernientes a la metodología acción participativa, tipos de pedagogías, dinámica de sistemas, autómatas celulares y algunas aplicaciones de éstos en la educación escolar en Colombia. Posteriormente se plantea la metodología propuesta.

### **3.1.1 Metodología de investigación**

Este proyecto denominado Dinámica de Sistemas Aplicada en Educación Básica Primaria tiene un enfoque totalmente social y usa herramientas tecnológicas como soporte en los procesos de aprendizaje, está enfocado a la población rural, y trata de introducir un pensamiento aplicado en ingeniería a la educación primaria de una región específica colombiana, “la dinámica de sistemas”.

Es importante reconocer la metodología de investigación aplicada que en parte inspira un cambio y marca una diferencia con respecto a los métodos tradicionales y que es muy poco conocida y considerada como una metodología nueva, aunque fue formulada ya hace mucho tiempo, “La investigación Acción Participativa”[24].

Cabe resaltar de esta metodología el enfoque social tal como se ha descrito y cada uno de los procedimientos mencionados y herramientas afines como las encuestas, cuestionarios y demás, pero el fin de este proyecto es tan solo el provocar una transformación en el pensamiento y la forma en como se comparte el conocimiento en las aulas de los colegios de una región específica de nuestro país y no busca de ninguna forma ahondar en los problemas regionales, ni profundizar en el análisis de las

situaciones en busca de organizar y movilizar a la región en la búsqueda de soluciones a dichas problemáticas[24].<sup>4</sup>

“La investigación acción participativa es una forma de indagación introspectiva colectiva emprendida por participantes en situaciones sociales con objeto de mejorar la racionalidad y la justicia de sus prácticas sociales o educativas, así como su comprensión de esas prácticas y de las situaciones en que éstas tienen lugar” [26]. De esta manera, la investigación acción educativa pretende crear teoría educativa generada por los mismos maestros en su cotidianidad a partir de la comprensión, la reflexión y la acción. La acción participativa de los sujetos se considera como una praxis en la que teoría y práctica se unen en la acción para generar el cambio[27].

Para la realización de las primeras tareas se utilizaron las siguientes herramientas investigativas: Búsqueda y recolección de documentación, visitas a informantes calificados, estudio de redes, observación participante y historias de vida, todo esto parte inicial de un proyecto, en búsqueda de un acercamiento a las poblaciones que se verán afectadas con la investigación y a la vez comprometer a la sociedad en general por medio de los docentes en la adopción de la nueva metodología que apuntan al mejoramiento en la forma en como se aprende y como se enseñan las materias impartidas en básica primaria. Además es pertinente realizar encuestas como herramienta que permite obtener información sobre las percepciones individuales de cada estudiante y los docentes de las escuelas.

### **3.1.2 Pedagogías educativas**

A través de la historia se ha observado como las diferentes esferas sociales han ido EVOLUCIONando de manera natural y es así como del esclavismo se pasa al feudalismo y luego al capitalismo. Pareciera de cierta manera que todo cambia en relación con los modelos económicos presentes en la sociedad, desafortunadamente estas EVOLUCIONES naturales se han estancado en los modelos educativos.

---

<sup>4</sup> Para mas información de los pasos metodológicos y productos de trabajo relacionados con esta metodología refiérase al anexo A.

Se ha hablado ampliamente sobre los tipos de pedagogía existentes y en cierta forma se ha especificado el tipo de escenario propicio para cada una entre las cuales podemos destacar la pedagogía tradicional junto con sus modelos instruccionales, la escuela nueva y el modelo activista y los modelos pedagógicos contemporáneos y la pedagogía conceptual[25].

Si se acude como asistente a un aula de clases o si se realiza el simple ejercicio de recordar la infancia e inicios en la educación primaria y secundaria se encuentra que aún se instruye con la pedagogía tradicional acompañada con los modelos instruccionales, ¿pero cual es el problema de esto?, el problema radica en que aunque es una buena metodología de enseñanza no fue diseñada para el tipo de sociedad actual, y más bien fue una metodología de enseñanza enfocada para la sociedad de la revolución industrial en donde lo único importante era aprender el manejo ágil de operaciones aritméticas básicas, un nivel aceptable de dominio en la lectura fonética y una escritura clara, con buena letra y con pocas faltas ortográficas en la mayoría de los estudiantes ya que se requería formar al individuo cumplidor y obediente para realizar trabajos rutinarios, aprendizajes mecánicos obtenidos mediante la reiteración de la exposición y la practica. Dejando de lado la creatividad y critica[25].

En términos generales se puede decir que la principal herramienta de cualquier metodología de enseñanza y aprendizaje es el currículo educativo en el cual se plasman 6 áreas diferentes de vital importancia, estas son:

- Propósito: ¿para que enseñar?
- Contenidos: ¿Qué enseñar?
- Secuenciación: ¿Cuándo enseñar?
- Método: ¿Cómo enseñar?
- Recursos: ¿con qué enseñar?
- Evaluación: ¿se cumplió?

A partir de estas seis áreas se hace más fácil diferenciar los tipos de pedagogía que han existido y que marcan diferencias reales de una a otra en la manera en que se deben utilizar de acuerdo a su contexto social.

No hay duda de que la metodología tradicional aunque parece rústica produce resultados significativos en las personas. ¿o quién de nosotros que pasamos un proceso educativo como el tradicional no conoce las operaciones algebraicas básicas y las domina, o por lo menos tiene conocimientos básicos en ciencias o en historia?, de una u otra forma se consigue algo, desafortunadamente se pierde un poco el desarrollo de la creatividad y la investigación ante la imposición de actitudes pasivas de los estudiantes durante once años de la vida, actitud que va en contravía con la actual globalización de la economía y las metas de desarrollo propias del país. Esta es la metodología más ampliamente usada en nuestro país y en las regiones donde se pretende implantar una nueva metodología de enseñanza.<sup>5</sup>

A raíz de esto nacen nuevas pedagogías educativas tales como la escuela nueva donde se produce un cambio radical de las cosas, ya que se pasa de actitudes pasivas a posiciones activas en el proceso de aprendizaje, donde la experimentación toma un grado muy superior a la recepción de conocimientos tal como en la metodología tradicional, ahora el experimentar es conocer<sup>6</sup>.

La escuela nueva es una postura interesante pero tiene más inconvenientes que el método tradicional, ya que no habría forma de evaluar el conocimiento pues se requieren de procesos experimentales muy personales a lo largo de periodos indeterminados pues es el estudiante quien define la secuencia y tiempos del proceso educativo; los materiales de apoyo no son concebidos como recurso didáctico sino como fin en si mismo, no son un medio que facilita la enseñanza sino que son la enseñanza misma.

Podría decirse que debido al carácter empírico que obtiene el conocimiento el activismo y la escuela nueva terminan por desconocer el papel del pensamiento en la experiencia, lo cual es erróneo pues como se podrían adelantar investigaciones sobre fenómenos sobre los cuales no se puede experimentar tales como reacciones químicas nucleares, inundaciones y crecimiento poblacional.

---

<sup>5</sup> Para ver las características de la pedagogía tradicional acudir al Anexo B.

<sup>6</sup> Para ver mirar las características de la Escuela nueva acudir al Anexo B.

Es de vital importancia según el criterio de los investigadores que tanto la experimentación como la adquisición de conocimiento de manera no experimental tal como las lecturas y clases tradicionales donde se exponen conceptos ya trabajados, de otra forma ¿como es que Newton desarrollo la teoría gravitacional si es obvio que un campesino debió haber visto cientos de veces más caer manzanas de lo árboles y no desarrollaron algo parecido? Por lo que la teoría sin práctica y la práctica sin teoría seria ineficiente.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta factores propios a las edades de los estudiantes ya que como se ha estudiado ampliamente en psicología existen diversas etapas en las edades de los niños que les permite o no aprender ciertas conceptos o aprender a través de experimentación, este aspecto no se tiene en cuenta en la pedagogía de la escuela nueva pues se generaliza todos los periodos de desarrollo educativo del estudiante<sup>7</sup>.

Así entonces, se puede concluir que el niño no es un objeto sobre el cual se imprime fielmente la realidad como suponen las teorías que dan soporte a la pedagogía tradicional con sus modelos instruccionales, y además los conocimientos aprendidos en la escuela han sido creados fuera de ella en miles de años de historia humana por lo cual seria imposible aprenderlos de manera espontánea y empírica tal como presupone la escuela nueva y los modelos activistas[25].

Nace entonces la pedagogía conceptual como nueva solución a los problemas educativos de la época actual antes mencionados como lo son la diferenciación de los modelos cognitivos de los niños a diferentes edades y la combinación de la experimentación con la adquisición de conceptos de manera magistral<sup>8</sup>.

A pesar de ser una pedagogía que busca nivelar las concepciones teóricas repetitivas y la experimentación activa además de incorporar la psicología genética en la programación de los contenidos y la secuenciación de los mismos no queda suficientemente claro cuáles serían los métodos, recurso y tipos de evaluaciones correspondientes a currículos con este tipo de pedagogía.

---

<sup>7</sup> Para conocer mas acerca de los estadios de desarrollo según las edades según Jean Piaget, mirar el Anexo C.

<sup>8</sup> Mas información de los postulados de la pedagogía conceptual remitirse al Anexo B.

### 3.1.3 La tecnología actual en la educación

La disponibilidad generalizada de las nuevas tecnologías interactivas de la información y la comunicación abre una inmensa cantidad de posibilidades que se concretan en el desarrollo de nuevos modelos pedagógicos en la formación estudiantil.

Tradicionalmente basada en la actividad del alumno sobre materiales impresos estandarizados, las nuevas tecnologías enriquecen la formación con la posibilidad no sólo de difundir información, sino de dotar a los participantes (profesores, alumnos, expertos, etc.) de herramientas hardware/software para la comunicación personal y grupal que refuercen la acción tutorial y el aprendizaje colaborativo.

De entre las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la que más ha impactado en todos los sectores sociales, culturales y económicos en los últimos años ha sido la de las redes informáticas y, especialmente, Internet. Se calcula que al año 2007 1000 millones de personas de todo el mundo usan Internet. Universidades, centros de investigación, instituciones privadas, organismos públicos, empresas y particulares participan de una experiencia tecnológica y social inédita en la historia de la humanidad: la Internet es el primer medio de comunicación de masas bidireccional[17], por lo cual se hace indispensable la integración de estas nuevas tecnologías conocidas como las TIC en los procesos de enseñanza por medio de metodologías apropiadas para así lograr alcanzar unos mejores niveles de penetración de la educación en los planteles educativos y posteriormente aprovechar estos conocimientos adquiridos en pro de un desarrollo integral del ser humano en la sociedad.

De igual manera es importante resaltar el impacto que estas nuevas tecnologías tienen sobre la vida de las personas desde el punto de vista filosófico, económico, cultural, histórico, entre otros, por lo cual recae mayor responsabilidad al proceso educativo.

Es entonces donde surge una nueva definición CTS (Ciencia Tecnología y sociedad) , con los planteamientos CTS se intenta mostrar que la interpretación científica de cualquier fenómeno siempre se produce dentro de un determinado contexto (histórico, social, cultural, político... ) y está sujeta a los intereses y valores predominantes. En definitiva, se insiste en que los debates sobre las teorías científicas no pueden ser comprendidos de forma completa sin atender al contexto social en el que surgen y se desarrollan[22].

El mundo es testigo de diversos fenómenos y desastres por doquier, muchas veces relacionados con la ciencia y la tecnología, tales como accidentes nucleares, contaminación de la capa de ozono, contaminación por derramamiento de petróleo, entre otras situaciones que parecen estar muy lejos del alcance de los temas dictados en los colegios de primaria y bachillerato de nuestro país, uno de los objetivos del enfoque CTS es que precisamente estas situaciones de la vida diaria se contextualicen y se tomen en consideración dentro de las aulas de clase y se deje el esquema tradicional de tipo triunfalista resumido en el llamado “modelo lineal de desarrollo” [23] y se emerja hacia la “formación de los estudiantes para ser ciudadanos de una sociedad plural, democrática y tecnológicamente avanzada o aspire a serlo”. Por lo cual cobra importancia la dimensión social de la ciencia y la tecnología en la organización curricular de la enseñanza.

#### **3.1.4 La dinámica de sistemas como herramienta de apoyo en la educación**

En nuestro país encontramos sectores donde generalmente solo se aplican pedagogías tradicionales, pero debido a esfuerzos gubernamentales con programas como computadores para educar y con la ayuda de grupos de investigación tales como el grupo SIMON se han implementado pedagogías activistas en ciertas regiones del país [29], por lo cual se cree que es un tiempo perfecto para la intervención en las escuelas públicas de los modelos conceptuales.

Debido a que este enfoque es pertinente en el periodo de desarrollo de las operaciones concretas en los niños (edades de 7 años a 11 años) es de vital importancia la conservación de conceptos generales sobre las áreas de la ciencia y debido a la manipulación lógica de símbolos propios de estas edades la experimentación sería un 50% importante en esta fase del desarrollo infantil, pero no una experimentación de tipo empírica tal y como lo plantea el activismo sino una experimentación controlada por los conocimientos previos adquiridos de manera general, es decir partir de lo general de los conceptos y a través de las experimentaciones para llegar a conocimiento específico.

Cabe anotar que la mayoría de la insatisfacción generada con la educación pre-universitaria se origina de la incapacidad de identificar como es que la gente interactúa una con otra en un ambiente específico, por la naturaleza fragmentaria que infunde la

educación tradicional haciéndose menos importante en una sociedad que se vuelve cada día más compleja, más grande y cada vez fuertemente interconectada[30].

Por lo cual se considera conveniente implementar una metodología basada en dinámica de sistemas, desde edades tempranas (10-11 años), para obtener mejores bases en los conceptos científicos generales, para su posterior desarrollo en el periodo de pensamiento formal que se origina después de los 12 años de edad[28].

Para lo anterior se propone la utilización de modelos de dinámica de sistemas que representen las realidades o ambientes propios de las áreas estudiadas lo cual garantiza que siempre existan escenarios de cualquier tipo que se puedan simular a través de herramientas software en un laboratorio informático<sup>9</sup>.

### **3.1.5 Herramientas de apoyo - Dinámico**

La metodología de enseñanza desarrollada en este proyecto (MEA-DI) (ver Sección 3.2) emplea como base fundamental una herramienta desarrollada bajo los conceptos de dinámica de sistemas para el modelamiento de los fenómenos y autómatas celulares[32] para la representación gráfica de esos modelos.

La dinámica de sistemas tal como se planteo en ítem anterior, permite modelar sistemas complejos-dinámicos que hacen parte de la cotidianidad, como lo es la sociedad y sus miles de relaciones. En cuestiones de dinámica de sistemas como el motor de dinámica de sistemas la herramienta se apoya en un software desarrollado por el grupo SIMON, denominado EVOLUCIÓN[18].

En cuanto a la representación de resultados, las herramientas basadas en dinámica de sistemas generalmente muestran reportes en formas de tablas y gráficas de tendencias que serían muy poco agradables y difíciles de entender por parte de los niños por lo cual se requiere incluir una representación diferente que facilite comprender o entender a la población infantil los resultados obtenidos de la simulación, por lo cual se recurre a los autómatas celulares con objetos y reglas[33].

---

<sup>9</sup> Para conocer los conceptos básicos de para modelamiento en Dinámica de sistemas ver anexo D.

Los autómatas celulares son herramientas útiles para modelar cualquier sistema en el universo. Pueden considerarse como una buena alternativa a las ecuaciones diferenciales y han sido utilizados para modelar sistemas físicos, como interacciones entre partículas, formación de galaxias, cinética de sistemas moleculares y crecimiento de cristales, así como diversos sistemas biológicos a nivel celular, multicelular y poblacional[18]<sup>10</sup>.

Es así como a partir de estos elementos se crea la herramienta DINAMICO (Ver Capítulo 4) donde se definen objetos con reglas, para luego generar ambientes de simulación, para el usuario es completamente transparente los modelos complejos de dinámica de sistemas pero si interactúa con los objetos que cumplen con las reglas que son determinadas por este modelo de dinámica de sistemas definida en una capa inferior de la arquitectura.

### **3.2 METODOLOGÍA MEA-DI [41]**

Teniendo claro los conceptos referentes a los tipos de pedagogía, en esta parte se contextualiza la metodología de enseñanza y aprendizaje MEA-DI que busca mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se desarrollan actualmente en las escuelas de Colombia e introducir la dinámica de sistemas en la educación escolar.

Para comprender de manera adecuada la metodología, se realiza a continuación una descripción introductoria, luego se expone cada una de las fases que desarrollan los docentes, los estudiantes y el equipo CPE quien son los tres actores que interactúan bajo este método, así como la descripción de las actividades por fase.

---

<sup>10</sup> Para conocer mas sobre la teoría de autómatas celulares ver anexo E.

### 3.2.1 Descripción de la metodología MEA-DI

Esta metodología parte de la pedagogía conceptual e incorpora el uso de la Dinámica de Sistemas para el desarrollo de simulaciones en el aula.

Es apremiante el desarrollo de una metodología que vaya de la mano con los modelos pedagógicos conceptuales, ya que a nuestro criterio es una pedagogía que además de tener en cuenta las edades de los estudiantes y sus procesos de desarrollo cognitivo, resulta ser un balance de lo que son las pedagogías instruccionales y las pedagogías activistas.<sup>11</sup>

Adicionalmente, se debe incorporar elementos básicos del aprendizaje colectivo (cooperativo/colectivo) para aprovechar las TIC en el desarrollo de un ambiente escolar que soporta el aprendizaje autónomo y colectivo.

La población objetivo de esta metodología son niños de edades superiores a los 7 años los cuales se encuentran en el periodo de desarrollo de las operaciones concretas según los procesos de desarrollo de Piaget<sup>12</sup>, dónde se cree que la dinámica de sistemas puede tener un gran impacto, por cuanto permite desarrollar los procesos de aprendizaje establecidos en estas etapas.

Por otro lado, la pedagogía conceptual como nueva solución alternativa a los problemas educativos de la época actual, aplica estrategias como la diferenciación de los modelos cognitivos de los niños a diferentes edades y la combinación de la experimentación con la adquisición de conceptos de manera magistral.

Desde esta perspectiva se propone la metodológica MEA-DI que permite aplicar esta pedagogía, aprovechando técnicas de modelado y simulación como la Dinámica de Sistemas, el trabajo Colaborativo y las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para potenciar su aplicación.

En consecuencia se ha definido dos ejes fundamentales de trabajo, el primero, construir un método o estructura de aprendizaje para usar en el aula y segundo el desarrollo de

---

<sup>11</sup> Ver anexo B para mayor información de los modelos pedagógicos

<sup>12</sup> Ver anexo C para conocer mas acerca de las periodos de desarrollo según Piaget

una herramienta software denominada “Dinámico” (ver Capítulo 4) que soporta la metodología propuesta.

La metodología permite desarrollar actividades escolares que se dividen en tres fases (Antes del proceso, en el proceso y después del proceso) que son ejecutadas por tres actores principales (Profesor, Estudiante, Experto CPE<sup>13</sup>). Cada una de estas fases cuenta con etapas y tareas que se especifican en detalle a continuación (ver Figura 1).

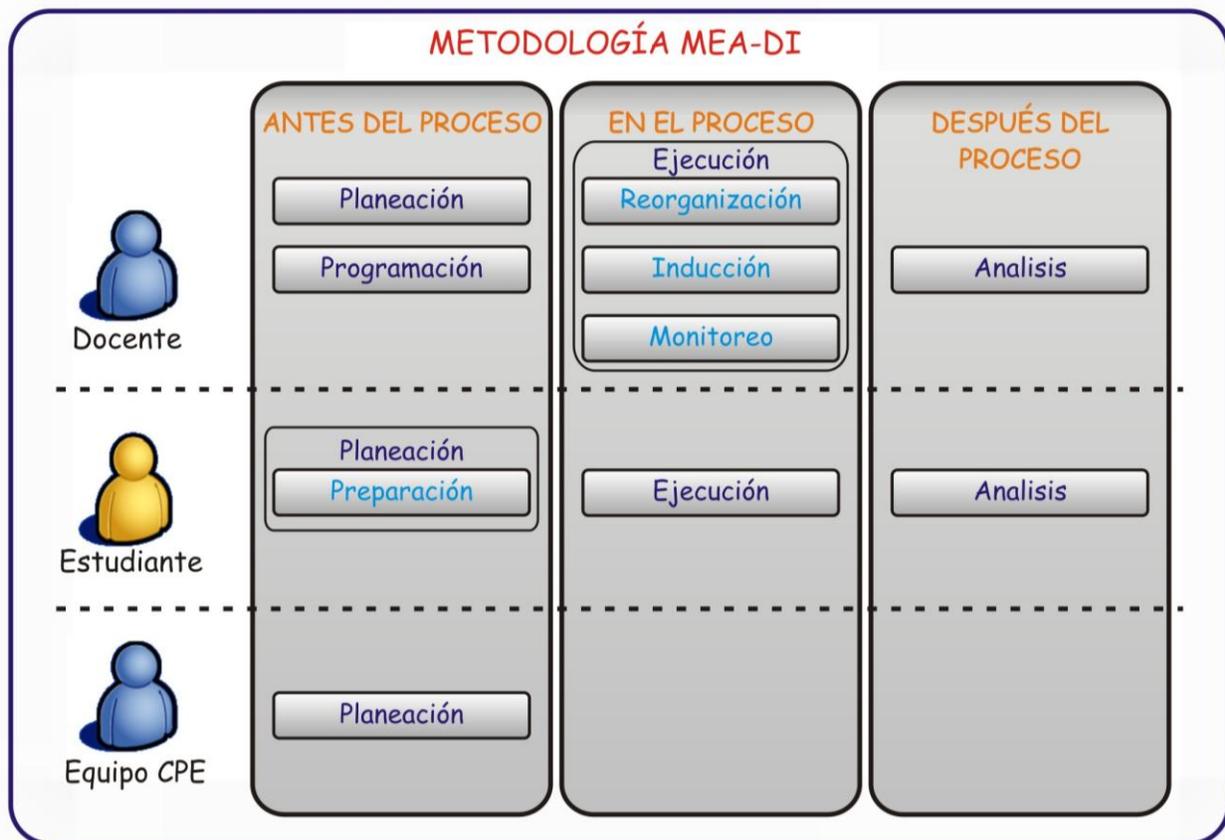


Figura 1. Metodología MEA-DI

<sup>13</sup> El equipo CPE es el encargado de dar soporte a los docentes en todo lo referente a los modelos de Dinámica de Sistemas, ya que es difícil de esperar que los docentes se hagan expertos en el tema y dominen todos los aspectos relacionados a la creación de modelos.

### 3.2.2 Fase antes del proceso

En esta fase, el actor principal es el docente, el cual realiza la etapa de planeación (ve Figura 2) y de programación (ver Figura 3) de la actividad educativa que desarrollaran los estudiantes en la etapa ejecutoria durante un periodo específico de tiempo, para tal fin el docente debe tomar en consideración las características de esta metodología que se apoya en experimentación a través de la herramienta software DINAMICO basada en modelos de dinámica de sistemas y observar si la temática a impartir se adapta bien para lo cual debe entre otras cosas tener en cuenta:

- Si el objetivo del tema consiste en aprender los conceptos básicos y comprender las relaciones complejas que existen entre estos.
- Afianzar fenómenos de la realidad previamente explicados en forma teórica.
- Tener en cuenta el ritmo individual de cada niño, haciéndolo participe del proceso de aprendizaje.
- Que sean niños mayores de siete años o que tengan capacidad de usar símbolos de modo lógico, entender cantidades numéricas y obtener conclusiones.
- Que los niños cuenten con conocimientos y habilidades mínimas para el uso del computador.

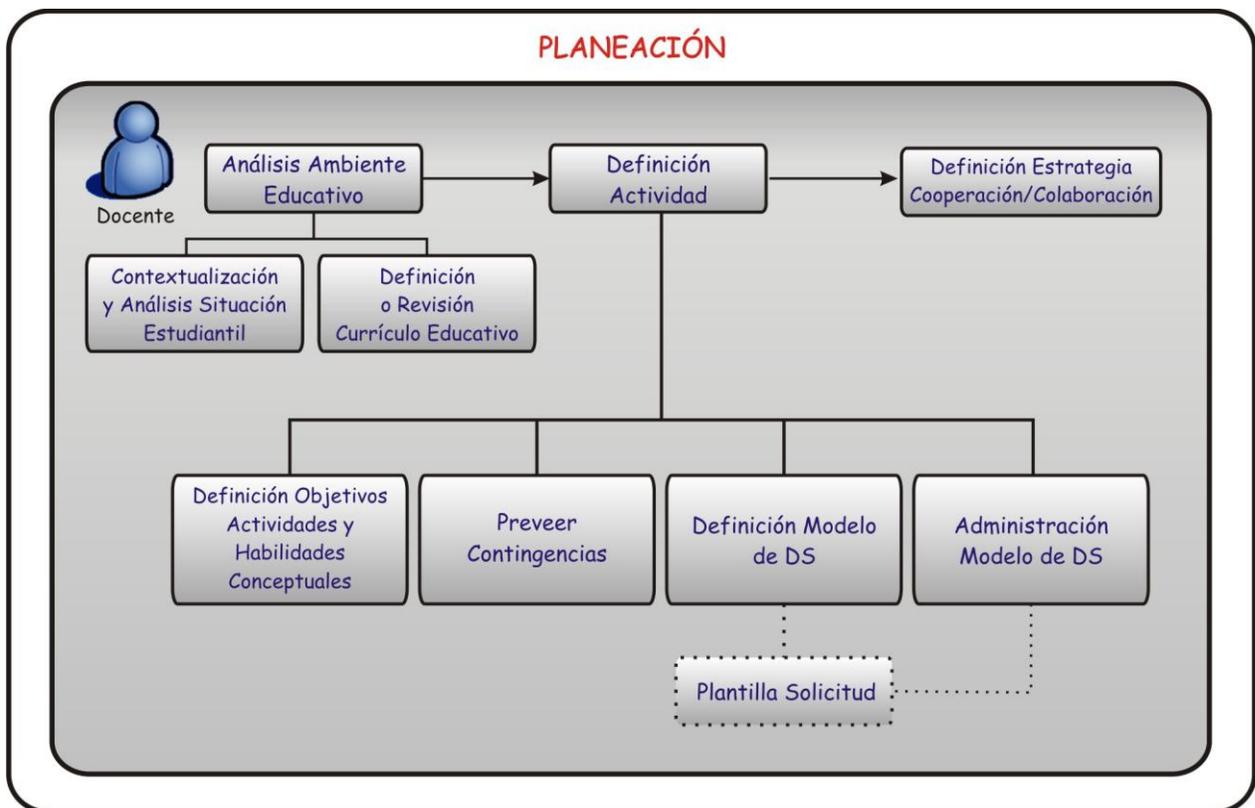


Figura 2. Antes del proceso (Fase planeación - Docentes)

Las tareas desarrolladas en ésta etapa por el docente inicia con la definición de la actividad a realizar, eligiendo el tema y obteniendo información que sea relevante para explicar el contenido de la temática seleccionada utilizando para ello ejemplos claros, para lo cual se tiene en cuenta las competencias que se van a lograr, considerando los conceptos a tratar, las habilidades individuales de los estudiantes al igual que sus actitudes y valores. Luego se definen los objetivos de la actividad.

Se debe definir el modelo de dinámica de sistemas, lo cual implica la creación y adaptación a la herramienta de representación grafica DINAMICO donde se definen los ambientes que se van a simular. En este punto puede suceder que el docente requiera de la ayuda del equipo CPE para la construcción e implementación del modelo si no existe (este soporte puede ser remoto) o reutilizar los modelos ubicados en repositorios los cuales han sido usados en diferentes escuelas de la región.

Para este caso particular, se define una plantilla usada para la captura de requerimientos y como fuente de conocimiento para la realimentación del equipo CPE, fortaleciendo los grupos de trabajo interdisciplinario y enriqueciendo los repositorios de modelos de dinámica de sistemas usados en la educación. La plantilla propuesta es la siguiente (ver Tabla 1):

INSTITUCIÓN	NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN
Municipio	Municipio de la Región
Nombre Docente:	Nombre del Docente
Fecha	Día /Mes /Año de la solicitud
Materia	Materia para la cual se desarrolla el modelo
Tema Especifico	Tema específico de la materia
Objetivos de la actividad	Objetivo1.....,Objetivo2....
Diagrama Inicial	

Tabla 1. Plantilla de solicitud de Apoyo

Es de vital importancia que se especifiquen claramente cuáles son los objetivos de la actividad educativa y se realice un diagrama inicial, éste es una representación gráfica preferiblemente con un diagrama de influencias del sistema a modelar, en el caso de que el docente no tenga este conocimiento procede a realizar una representación propia, pero adecuada para que los modeladores puedan desarrollar el modelo en DS.

Una vez creados los modelos de una forma cooperativa entre el equipo CPE y los docentes, se definen los ambientes a utilizar para la experimentación en la herramienta DINAMICO y se precisa un conjunto de preguntas dinamizadoras de la actividad, de tal manera que orienten al niño en su proceso de aprendizaje, además en esta tarea se incluyen, si es el caso, otros recursos de apoyo tal como videos, mapas conceptuales, presentaciones, entre otros medios didácticos.

Seguidamente, se precisa la estrategia de cooperación/colaboración que los estudiantes usarán en el desarrollo de la experimentación, es decir, decidir la formación en grupos de trabajo y los criterios de conformación, por ejemplo: nivel académico, género, raza, habilidades sociales, azar, entre otras.

Igualmente en esta etapa es importante prever planes de contingencia para evitar improvisaciones en la etapa de ejecución, planes como: ¿qué hacer si no hay energía eléctrica?, ¿si los niños no entienden los modelos que están simulando?, ¿si los grupos planeados no funcionan?, etcétera. Esto lo definen los docentes ya que ellos conocen los problemas que generalmente se presentan en sus regiones.

Después de la planeación de la actividad educativa por parte del docente, éste procede a otra etapa de planificación de la actividad educativa como es la programación (ver Figura 3), también desarrollada en la fase antes del proceso, es corta pero muy importante y trata de hacer la programación de las actividades a desarrollar, es decir se establecen fechas para las actividades que han sido planeadas en la fase anterior. Cabe resaltar que una actividad planeada puede ser re-programada varias veces, así si el docente lleva un registro ordenado a manera de repositorio de actividades, podría reutilizar actividades planeadas en tiempos diferentes si se tienen varios cursos, o si es el caso en años posteriores luego de aplicar las lecciones aprendidas obtenidas en la posterior fase de análisis en el perfeccionamiento del plan.

El docente debe realizar una programación por cada actividad que se vaya a realizar en la etapa de ejecución, teniendo en cuenta que la conformación de grupos de trabajo debe obedecer criterios específicos de los estudiantes del curso.

Igualmente se debe determinar el periodo de duración de los grupos de trabajo, si se trabaja con grupos base, grupos formales o grupos informales, especificando el número de integrantes que sea apropiado para la actividad y la temática a tratar [34][35][36][38].



Figura 3. Antes del proceso (Fase Programación - Docente)

En ésta fase, también el grupo CPE trabaja en la etapa de planeación y realiza tres tareas principales (ver Figura 4) que se pueden resumir de la siguiente forma:

- Ante la solicitud de un docente por el desarrollo de un modelo (plantilla), establece los requerimientos, construye el modelo de DS y define los ambientes y la ambientación (iconografía, sonidos, colores, imágenes) que usará el niño en DINAMICO
- Recibe re-alimentación del docente y modifica el modelo hasta lograr el modelo deseado.
- Distribuye el modelo y lo monta en un repositorio para uso por parte de todos los docentes de la comunidad.

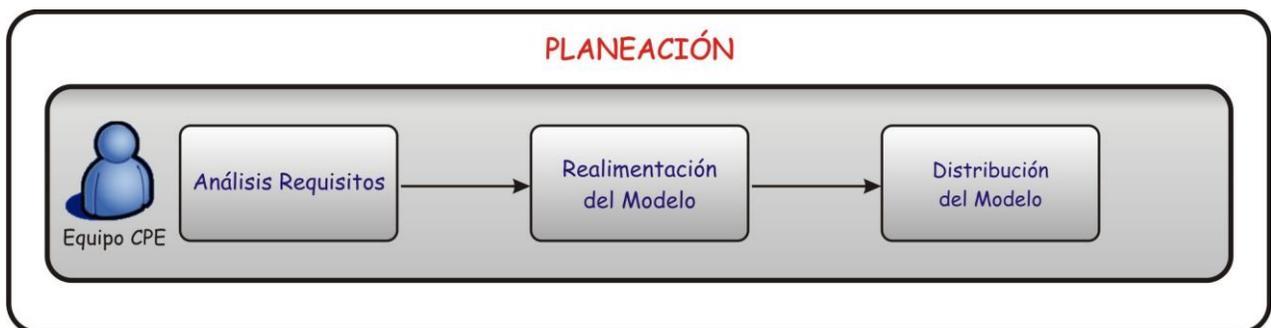


Figura 4. Antes del proceso (Fase Planeación – Equipo CPE)

Finalmente en esta fase, los estudiantes tienen la tarea de preparación, la cual es personal e independiente del tipo de metodología a utilizar en el salón de clase, dado que es el mismo estudiante quien define los recursos que necesita para asistir a sus clases.

### 3.2.3 Fase en el proceso

En ésta fase, el docente junto con los estudiantes se dedican fundamentalmente la etapa de ejecución de la actividad educativa previamente planeada y programada. Estas tareas las desarrolla el docente y tiene tres objetivos fundamentales (ver Figura 5).



Figura 5. En el proceso (Fase Reorganización, Inducción y Monitoreo - Docente)

El primer objetivo, consiste en la **reorganización** de los grupos, previamente se habló de la formación de los grupos en la etapa de programación, pero esto no asegura que los grupos se puedan formar tal como se había planeado. La tarea de reorganización, se realiza en el momento mismo de la ejecución de la actividad, ya que se puede presentar ausencia o la llegada tarde a clase de estudiantes que podrían desnivelar los criterios de formación de los grupos, presentándose grupos con más número de estudiantes que otros. La idea es que el docente realice la mejor redistribución posible para el perfecto desarrollo de la actividad conceptual, experimental, colaborativa y crítica.

El segundo objetivo, hace referencia a la **inducción** que el docente debe realizar, la sensibilización del tema que se va a tratar, usando los recursos previamente definidos y

en un enfoque expositivo primordialmente. Esta etapa no debería superar el 30% del tiempo total de la actividad, o en su defecto no debería superar los 20 minutos. Además, el docente debe comunicar a los estudiantes los objetivos de la actividad, la organización de los grupos y el tiempo para cada actividad a desarrollar. Es deseable que el docente formule unas preguntas directrices de la actividad que deben ser resueltas por parte de los estudiantes, en el momento que ellos estén realizando las simulaciones con la herramienta software.

El tercer objetivo, corresponde a la actividad de **monitoreo** que se desarrolla complementariamente con las actividades de inducción, experimentación con DINAMICO y el debate. El docente debe dar apoyo constante al trabajo de cada niño y de los grupos. Para el registro de datos y la observación, éste puede elaborar un formato en el que escriba la frecuencia observada de un conjunto de situaciones que le llamen la atención por cada estudiante y/o grupo, por ejemplo: errores comunes en el uso de los escenarios, conclusiones repetitivas y no acertadas, compañeros que le resuelven la actividad a los otros, entre otras.

La etapa de ejecución por parte del estudiante (ver Figura 6) durante ésta fase, corresponde principalmente a la experimentación, utilizando como principal herramienta de simulación el software DINAMICO, con el cual los estudiantes interactúan con los modelos y los ambientes propuestos, tomando nota de sus conclusiones con respecto a las preguntas iniciales que se propusieron por parte del docente.



Figura 6. En el Proceso (Fase Ejecución - Estudiante)

Otra tarea importante, luego de la experimentación es el debate, en esta tarea el docente busca que cada estudiante y/o grupo exprese sus conclusiones/respuestas a cada una de las preguntas establecidas en los ambientes. Luego orienta una discusión para construir un conocimiento compartido por todo el grupo y finalmente se compara con lo que cada estudiante/grupo había obtenido.

### 3.2.4 Fase después del proceso

Esta fase es desarrollada por el docente y también por los estudiantes (ver Figura 7 y Figura 8), el objetivo principal de esta actividad es determinar que tanto de lo planeado junto con los objetivos realmente se cumplió durante la actividad educativa.

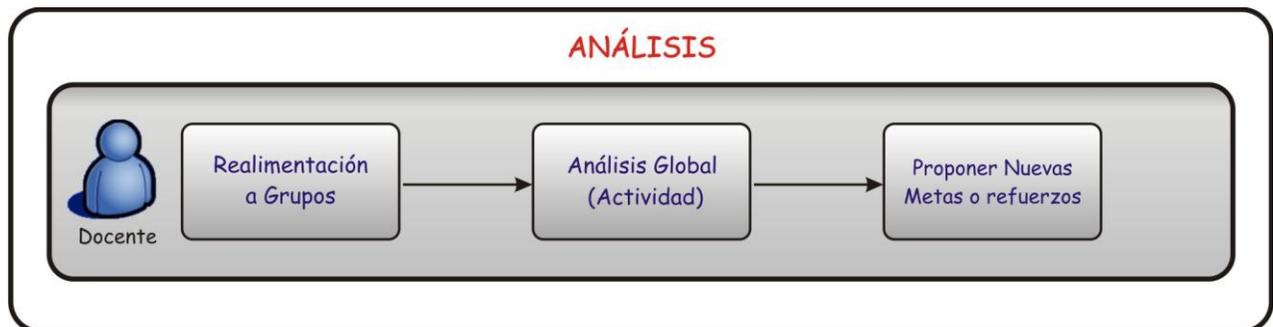


Figura 7. Después del Proceso (Fase Análisis - Docente)

Si es posible se debe elogiar el trabajo de los grupos de estudiantes que sobresalieron, premiándolos con algún tipo de incentivo y resaltando las actividades buenas, examinando igualmente las actividades que no tuvieron un adecuado desarrollo.

Al finalizar la actividad, se realiza un análisis global de la misma, comparando entre otras cosas: los resultados (buenos/por mejorar) observados en el desarrollo de la actividad para la generalidad del curso y que se debería tener en cuenta para realizar una nueva actividad del mismo tema, por ejemplo: mejorar o adicionar recursos, cambiar o adicionar ambientes.

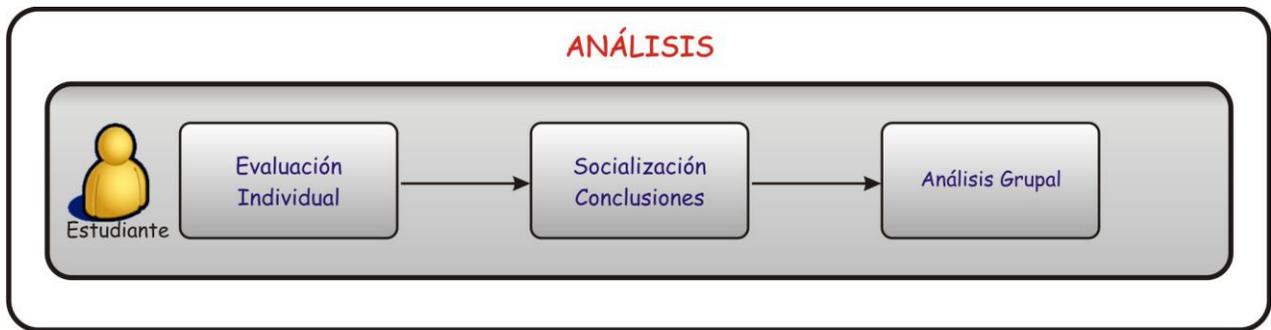


Figura 8. Después del Proceso (Fase Análisis - Estudiantes)

Por parte de los estudiantes esta fase se resume en un análisis similar al realizado por el docente pero con la particularidad de ser un análisis individual, es decir revisar lo bueno y lo malo y las cosas que debe mejorar. Si es posible las conclusiones obtenidas se pueden socializar en la cartelera del salón de clase o en otros elementos provistos por la institución para la presentación de los trabajos de clase. Finalmente se espera que los grupos de estudiantes realicen un análisis grupal, de tal forma que le permita compartir las experiencias y afianzar los conocimientos adquiridos.

---

# 4 DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA COMPUTACIONAL DINAMICO

---

Teniendo como referencia la descripción inicial del proyecto, los fundamentos de marco teórico y los antecedentes del estado del arte, detallados en los capítulos anteriores, se procede en el presente capítulo a explicar la herramienta construida y obtenida como parte de los resultados de este proyecto.

En este capítulo se realiza una descripción general de la herramienta desde el punto de vista de los propósitos por la cual fue construida, la metodología de desarrollo de software utilizada, los actores que se distinguen en el sistema, la arquitectura lógica que representa la división modular de la funcionalidad que soporta, la arquitectura de implementación de la herramienta, y detalles de implementación.

## 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA COMPUTACIONAL

DINAMICO es una herramienta Software la cual permitirle a docentes y estudiantes de básica primaria la interacción con la DS de una manera transparente e intuitiva, a través de una interfaz de usuario adecuada para dichos usuarios. A pesar de que los usuarios no interactúan directamente con la DS, pueden experimentar con los modelos propuestos para una temática específica, resolviendo preguntas como “¿qué pasa si?” con el fin ayudar a entender situaciones que podrían presentarse en determinado modelo.

Después de una amplia y exhaustiva exploración e investigación de diferentes motores de DS como los que utiliza STELLA, COLAB-SOLO, EVOLUCIÓN entre otros. Se tomo la decisión de hacer uso del motor de DS desarrollado para EVOLUCIÓN, ya que sus creadores permitieron la utilización y modificación del código para lograr la integración y reutilización de una manera más efectiva para el desarrollo de nuevas herramientas educativas como DINAMICO.

DINAMICO esta desarrollado en Borland Developer Studio 2006, en el lenguaje de programación DELPHI, el cual da soporte a modelos de DS, integrando un motor de DS desarrollado para la herramienta EVOLUCIÓN 3.5 desarrollado por el grupo SIMON de la UIS, herramienta que permite simular sistemas tomando como base diagramas causales y diagramas de Forrester.

DINAMICO cuenta con dos aplicaciones la primera denominada “Editor” desarrollada para lograr la integración de los modelos de Dinámica de Sistemas archivos con extensión \*.Mev (creados con EVOLUCIÓN 3.5) y ambientes creados con DINAMICO con extensión \*.Dinámico, dicha aplicación fue desarrollada para la interacción con usuarios que poseen conocimientos básicos de Dinámica de Sistemas. La segunda aplicación denominada “Visor” la cual es diseñada para la interacción con los estudiantes de básica primaria.

## **4.2 METODOLOGÍA UTILIZADA**

La metodología de desarrollo elegida fue eXtreme programming (XP), dado que XP es una metodología de desarrollo ágil, ésta nos permitió adecuar el desarrollo de la herramienta a los requerimientos de tiempo y calidad que exigía el proyecto, por esta razón se dio más importancia a los desarrollos rápidos más que a la exhaustiva documentación, tomando solo algunos artefactos de la notación establecida por el lenguaje UML (Unified Modeling Language), tales como diagramas de casos de uso y diagrama conceptual, para los casos de uso más representativos de DINAMICO,

Por otra parte se definió un tiempo de tres meses para el desarrollo de un prototipo funcional de DINAMICO, con ciclos completos de desarrollo de 8 días (Ver ANEXO L).

DINAMICO da soporte a la mayor parte de las etapas de desarrollo de la actividad educativa definidas en la metodología propuesta (MEA-DI), como lo es en las fases de planeación, ejecución de la simulación por parte del docente y de los estudiantes.

### 4.3 ACTORES DEL SISTEMA

En el desarrollo del presente trabajo de grado se identificaron los siguientes actores, como esenciales para el funcionamiento y gestión de la herramienta:

- **Estudiante:** usuario de la herramienta “DINAMICO - VISOR”, el cual interactuará con los modelos de DS pero en una interfaz de modelado gráfico. Este usuario ejecuta las actividades indicadas por parte del docente y posteriormente realiza cambios en las variables de tal forma que le permita apreciar diferentes ambientes y obtener conclusiones al respecto de la temática tratada.
- **Docente:** usuario de la herramienta “DINAMICO - EDITOR”, es el encargado de realizar las labores de administración y selección de modelos, además con una capacitación previa será capaz de crear modelos y/o ambientes; también usa “DINAMICO - VISOR” en el momento de la interacción con el estudiante.
- **Comité CPE:** Este comité es el encargado de la realización de los modelos y/o ambientes solicitados por los docentes con “DINAMICO - EDITOR”, además también es el encargado de la actualización del repositorio de modelos, al cual los docentes podrán acceder y descargar los últimos modelos desarrollados, además de dar soporte sobre la herramienta.

En la Figura 9 se representa la relación entre los tipos de usuario definidos:

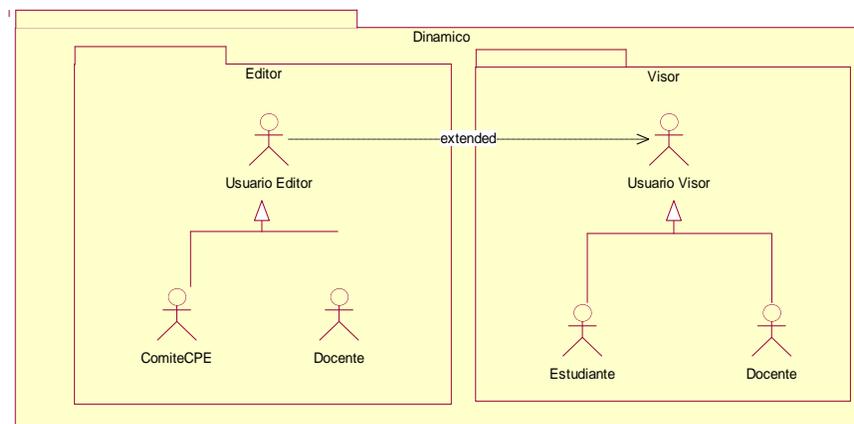


Figura 9. Relaciones entre tipos de usuarios

#### 4.4 MOTOR DE DINAMICA DE SISTEMAS

El motor de Dinámica de Sistemas es un componente software creado para el Software EVOLUCIÓN el cual fue desarrollado por el grupo SIMON de la Universidad Industrial de Santander. Este componente es el núcleo mismo de la simulación en EVOLUCIÓN, y ofrece capacidades para cargar archivos de modelos, iniciar y parar la simulación a antojo, pudiendo cambiarse las condiciones iniciales de simulación y valores de variables antes y durante la simulación[39].

El motor se ha integrado a DINAMICO, para desde ahí poder realizar la manipulación de las variables antes de la simulación gráfica, el nuevo valor de las variables es enviado al motor, después de generar todos los valores de la simulación, el motor entrega los nuevos valores a DINAMICO el cual se encarga de realizar la simulación del modelo, a través de los ambientes, objetos y reglas definidos previamente por los usuarios Docente o Comité CPE (ver Figura 10).



Figura 10. Interacción del Componente Motor DS Con DINAMICO

## **4.5 DINAMICO EDITOR (D-E)**

### **4.5.1 Descripción general de D-E**

D-E permite la creación de diferentes ambientes gráficos relacionados con un modelo de DS que se quiera representar de manera gráfica, para dicho fin es necesario la creación de objetos y la asignación de reglas de tipo autómatas celulares, junto con el paradigma de objetos y reglas presentadas en el proyecto HOMOS[19].

DINAMICO hace uso de autómatas celulares los cuales están formados por elementos simples como células u objetos, que cambian de estado como consecuencia de un conjunto de reglas preestablecidas, a intervalos de tiempo discretos. A cada ciclo de tiempo, el estado de una objeto depende de los objetos que lo rodean[40].

La implementación de los autómatas celulares con objetos y reglas en DINAMICO fue un elemento necesario para este proyecto el cual dio solución a uno de los problemas más importantes presentados en el desarrollo del mismo, como lo fue el encontrar la forma adecuada de que los objetos de el diagrama de Forrester se relacionen de alguna manera con las reglas de autómatas celulares, logrando la representación gráfica y animada de muchos ambientes a partir de los datos entregados por el motor de EVOLUCIÓN,

Las reglas que pueden ser aplicadas a un objeto de tipo autómatas celular, permiten reflejar el comportamiento del mismo[39], Dichas reglas permiten crear relaciones entre algunos de los elementos existentes en un diagrama de Forrester con los objetos creados en DINAMICO (Ver Figura 11).

**Descripción de reglas y su correspondencia con los objetos del diagrama de Forrester**

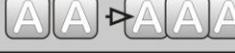
Reglas de los autómatas celulares	Funcionamiento	Objetos del diagrama de Forrester
Movimiento		Ambientación Animación
Decadencia		 Flujo de Salida
Eliminación		 Flujo de Salida
Expansión		 Flujo de Entrada
Neutralización		 Flujo de Salida
Reproducción		 Flujo de Entrada
Retracción		 Flujo de Salida
Transformación		 Flujo de E/S
Mutación		 Flujo de E/S

Figura 11. Descripción de reglas y su correspondencia con los objetos del diagrama de Forrester

Cada regla se relaciona con un elemento del diagrama de Forrester, a excepción de la regla de movimiento que es únicamente utilizada para la ambientación y animación de los objetos, el motor de EVOLUCIÓN genera los datos de la simulación por cada iteración, lo que permite verificar si el número de objetos está aumentando o disminuyendo por cada iteración, de esta manera y según el modelo de DS se puede asociar a una regla específica, es decir si hay un incremento en el número de un determinado objeto, puede tratarse de una regla como expansión o reproducción depende ya la elección de la regla para el contexto que se desea crear el ambiente, el número de objetos no cambia hasta que se haya completado el número de objetos de la iteración anterior.

Las reglas de Transformación y Mutación pueden ser también utilizadas para la ambientación y animación, a demás de ser utilizadas como reglas propias del modelo.

Por otra parte se posible crear objetos que se relacionen con otros elementos del diagrama de Forrester, como lo son las variables o parámetros y realizar la asociación con las reglas para efectos de ambientación y animación dependiendo del modelo además de tener reglas permiten a la persona encargada de la realización de cada ambiente gráfico, jugar con su creatividad para realizar una mejor ambientación.

Las reglas implementadas en DINAMICO son:

- **Movimiento:** Regla que permite a un objeto desplazarse dentro de una ambiente, generalmente esta regla se utiliza para la animación de los objetos dentro del ambiente, esta regla no se relaciona con ningún de los objetos del diagrama de Forrester, para el funcionamiento de esta regla es importante activarla y seleccionar la dirección en la que se desea que determinado objeto realice el movimiento.
- **Decadencia:** Regla que determina la muerte o desaparición de los objetos de una clase, se asocia directamente con un flujo de salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla para los objetos que se requiere realice esta acción, el número de elementos a desaparecer depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Eliminación:** Regla que determina la eliminación de un objeto, se debe al encuentro con otro objeto en una celda de la misma vecindad, se asocia directamente con un flujo de salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla para los objetos que se requiere realice esta acción e identificar que objeto va a ser eliminado, el número de elementos a Eliminar depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Expansión:** Regla que permite extenderse, es decir colocar objetos de la misma clase en las celdas vecinas. Esta regla se asocia directamente con un flujo de entrada, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla y seleccionar la dirección en la que se desea que determinado objeto se expanda. el número de elementos nuevos a aparecer depende de los datos entregados por el motor de DS.

- **Neutralización:** Regla que determina la muerte o desaparición de dos objetos al encontrarse en la misma vecindad. Esta regla se asocia directamente con un flujo de salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla e identificar que objeto va a ser neutralizado. el número de elementos a desaparecer depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Reproducción:** Regla que permite la creación de un tercer objeto a partir de dos objetos en la misma vecindad. Esta regla se asocia directamente con un flujo de entrada, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla. El número de elementos nuevos a aparecer depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Retracción:** Regla que permite al objeto, reducir el número de objetos de la misma clase que se encuentra en la misma vecindad. Esta regla se asocia directamente con un flujo de salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla. El número de elementos a reducir depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Transformación:** Regla que determina el cambio de un objeto por otro de diferente clase. Esta regla se asocia directamente con un flujo de Entrada/salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla e identificar cual va a ser el objeto en el cual se va a transformar. El número de elementos a reducir o aumentar depende de los datos entregados por el motor de DS.
- **Mutación:** Regla que determina el cambio de un objeto, al encontrarse con otro de una clase diferente, producen un objeto de una tercera clase. Esta regla se asocia directamente con un flujo de Entrada/salida, para el funcionamiento de esta regla es necesario activarla e identificar cual va a ser el objeto con el que se va a encontrar y en que objeto se va a mutar. El número de elementos a reducir o aumentar depende de los datos entregados por el motor de DS.

Una vez creado y asociado el ambiente gráfico con el modelo de DS, se procede a realizar evaluación y nueva generación de datos por parte del motor de DS, posteriormente se realiza la sincronización de cada uno de estos valores con lo que se está reflejando en el ambiente gráfico.

#### 4.5.2 Modelo conceptual de D-E

Es en este punto donde se requiere realizar la conceptualización de D-E, percibiendo los posibles conceptos inmersos dentro del proceso de desarrollo de la aplicación.

A continuación en la Figura 12 se presenta un diagrama conceptual del sistema, posteriormente se explicará brevemente cada uno de los conceptos y las relaciones existentes entre ellos.

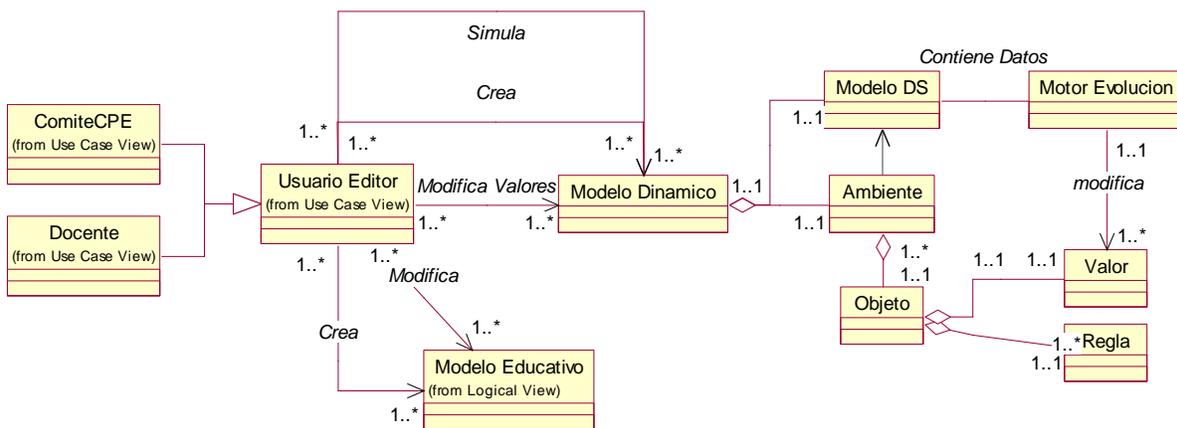


Figura 12. Modelo Conceptual, DINAMICO Editor

- **Usuario Editor:** Representa a los usuarios que harán uso de D-E, entre ellos el Comité CPE y el Docente.
- **Modelo Dinámico:** Representa el modelo que será creado, o modificado por los usuarios, este modelo está compuesto por un modelo DS y un ambiente.
- **Modelo DS:** Representa el modelo de DS, creado en EVOLUCIÓN 3.5 el cual debe contener el diagrama de Forrester apropiado a una temática específica.
- **Ambiente:** Representa el espacio donde estarán dispuestos los Objetos y donde cada uno de ellos podrá cumplir las reglas especificadas.
- **Objeto:** Representa los diferentes elementos de tipo autómatas celulares dispuestos sobre un ambiente, cada objeto tiene relacionado valor y Regla.

- **Valor:** Es el valor entregado por Motor EVOLUCIÓN, el cual al cumplir una condición da inicio o fin a determinada acción representada por una Regla.
- **Regla:** Es una norma que se aplica al Objeto y determina la evolución de los objetos en el tiempo y el espacio, Las Reglas pueden reflejar comportamientos que por sí mismos poseen los objetos o pueden mostrar la manera como interactúan los objetos de diferente o de la misma Clase.
- **Motor EVOLUCIÓN:** Representa el motor de DS donde serán evaluados los datos provenientes del Modelo Dinámico.

### 4.5.3 Funciones para D-E

Es importante identificar las funciones básicas que tiene D-E para el manejo del los usuarios Docente o Comité CPE, dichas funciones se pueden categorizar en:

- **Evidente:** la función debe realizarse y el usuario debería saber que se ha realizado.
- **Oculto:** la función debe realizarse, aunque no es visible para los usuarios.

En la Tabla 2 se muestra cada una de las actividades o funciones básicas del sistema

REFERENCIA	FUNCIÓN	CATEGORÍA
R.1.	Cargar Modelo de DS	Evidente
R.2	Manipular Ambiente	Evidente
R.2.1	Crear Ambiente	Evidente
R.2.2	Cargar Ambiente	Evidente
R.2.4	Guardar Ambiente	Evidente
R.3	Manipular Objeto	Evidente
R.3.1	Insertar Objeto	Evidente
R.3.2	Borrar Objeto	Evidente
R.3.3	Crear Objeto	Evidente
R.3.4	Seleccionar Objeto	Evidente
R.4	Crear Relaciones	Evidente
R.4.1	Asignar Regla	Evidente
R.4.2	Crear Objeto (R.3.3)	Evidente
R.5	Manipular Simulación	Evidente
R.5.1	Iniciar	Evidente
R.5.2	Detener	Evidente
R.5.3	Reiniciar	Evidente
R.5.4	Configuración	Evidente
R.5.4.1	Fijar Velocidad	Evidente
R.5.4.2	Fijar Numero de Iteraciones	Evidente
R.5.4.3	Fijar Numero de Pasos	Evidente
R.5.4.4	Fijar Datos Modificables	Evidente
R.5.5	Manipular Valores	Evidente
R.6	Cambiar Vista	Evidente
R.6.1	Ver Ambiente	Evidente
R.6.2	Ver Curvas	Evidente
R.6.3	Ver Datos	Evidente
R.6.4	Ver Forrester	Evidente
R.7	Ver Ayuda	Evidente
R.8	Definir Actividad Educativa	Evidente
R.8.1	Análisis Ambiente Educativo	Evidente
R.8.2	Definición Objetivos	Evidente
R.8.3	Definir Preguntas Guía	Evidente
R.8.4	Planeación Contingencias	Evidente
R.8.5	Crear Plantilla	Evidente
R.8.6	<b>Conclusiones</b>	Evidente

Tabla 2. Funciones Básicas de Dinámico Editor

#### 4.5.4 Diagrama de casos de uso para D-E

El diagrama de casos de uso Figura 13 permite visualizar que dichos usuarios son los indicados para poder crear y manipular los modelos, y ambientes, es importante aclarar que para la generación de un modelo debe hacerse en el Software EVOLUCIÓN[19], en su versión 3.5, debido a que D-E utiliza el motor de simulación de DS de dicho software y únicamente es compatible con modelos creados para dicha versión.

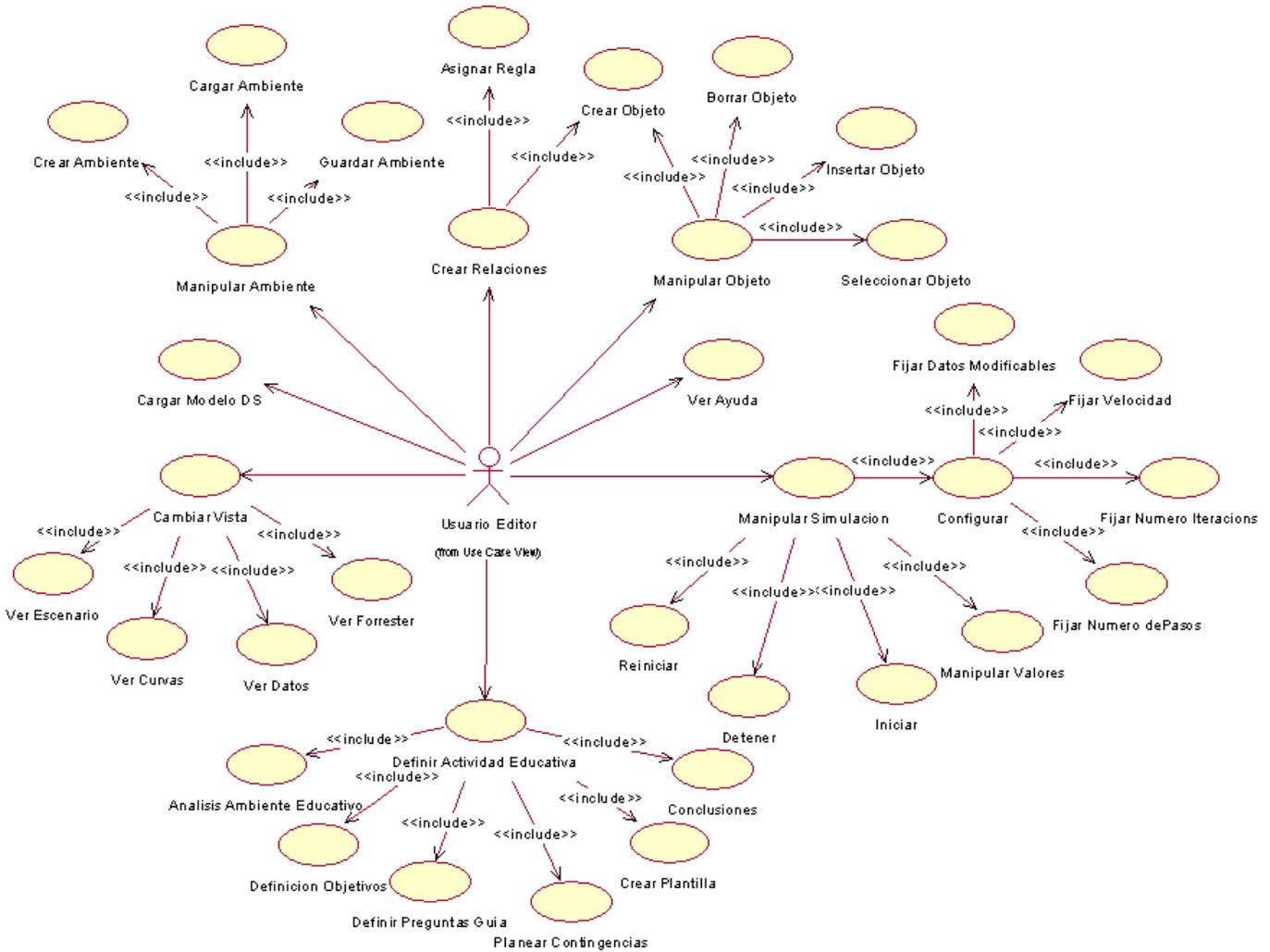


Figura 13. Diagrama de Casos de Uso Para DINAMICO Editor

A continuación en la Tabla 3 detallaremos cada una de las funciones:

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Cargar Modelo de DS	Permite cargar un archivo de DS creado en EVOLUCIÓN 3.5, que contenga el diagrama de Forrester.
Manipular Ambiente	Funciones relacionadas a la manipulación de e Ambiente.
Crear Ambiente	Permite crear un nuevo Ambiente para la inserción de objetos, definiendo atributos como: alto, ancho, nombre y color de fondo.
Cargar Ambiente	Permite cargar un archivo con extensión *.DINAMICO existente.
Guardar Ambiente	Permite guardar un Ambiente creado en un archivo *.DINAMICO
Manipular Objeto	Funciones relacionadas a la manipulación de objetos.
Insertar Objeto	Permite insertar un objeto dentro de un ambiente.
Borrar Objeto	Permite eliminar un objeto del ambiente.
Crear Objeto	Permite la creación de un objeto tipo autómeta, estableciendo atributos como: nombre y color
Seleccionar Objeto	Permite elegir un objeto, para ver sus características o para ser insertado en el ambiente.
Crear Relaciones	Permite establecer las relaciones existentes entre un objeto creado y los elementos que pertenecientes al diagrama de Forrester.
Asignar Regla	Permite realizar la asignación de una regla a un objeto creado.
Manipular Simulación	Funciones relacionadas a la manipulación de la simulación
Iniciar	Permite dar inicio al proceso de generación de datos y simulación gráfica.
Detener	Permite dar fin al proceso de simulación.
Reiniciar	Permite dar fin al proceso de simulación actual e iniciar nuevamente.
Configuración	Funciones relacionadas a la configuración de la simulación.
Fijar Velocidad	Permite establecer la velocidad con que se llevara a cabo la simulación (Alta, Media, Baja)
Fijar Numero de Iteraciones*	Permite establecer el número de iteraciones que serán entregadas al motor de DS, es decir el número de veces que el parámetro cambia su valor según la variación.
Fijar Numero de Pasos*	Permite establecer el número de pasos necesarios para llegar al valor máximo (100) o al valor mínimo (0)
Fijar Datos Modificables	Permite Seleccionar del conjunto de Datos del Modelo, cuáles de ellos serán visibles durante la simulación para efectos de modificar el comportamiento del modelo.
Manipular Valores	Permite modificar los valores de algunos elementos del modelo de DS.
Cambiar Vista	Funciones relacionadas a la configuración de las diferentes vistas del modelo.
Ver ambiente	Permite visualizar el ambiente donde se realizara la simulación grafica.
Ver Curvas *	Permite visualizar el diagrama de curvas.
Ver Datos*	Permite visualizar la tabla de datos generada por el motor.
Ver Forrester*	Permite visualizar el diagrama de Forrester asociado al modelo de DS.
Ver Ayuda	Permite visualizar la ayuda de la aplicación.
Definir Actividad Educativa	Funciones relacionadas con la definición de la actividad.
Análisis Ambiente Educativo	Permite establecer lo que es la contextualización y el resultado de la revisión del currículo educativo.
Definición Objetivos	Permite establecer los objetivos de la Actividad.
Definir Preguntas Guía	Permite establecer las preguntas que servirán de guía en el proceso educativo.
Planeación Contingencias	Permite establecer planes alternos para el desarrollo de la actividad en caso de inconvenientes.
Crear Plantilla	Permite La creación de la plantilla de solicitud de apoyo al equipo CPE.
Conclusiones	Permite definir conclusiones derivadas de la actividad educativa.

Tabla 3. Descripción de las funciones de D-E

\*\* Casos de uso desarrollados por el grupo SIMON para EVOLUCIÓN

#### 4.5.5 Arquitectura D-E



Figura 14. Arquitectura general de DINAMICO Editor

D-E se desarrolla bajo una arquitectura de tres capas (ver Figura 14), la arquitectura multicapa permite división de responsabilidades, flexibilidad y escalabilidad. Las tres capas de la arquitectura son:

##### **Capa de presentación:**

La capa de presentación es la encargada de interactuar de manera directa con el usuario final de D-E, además de ser la encargada de mostrar la información de los modelos al usuario, permitir la manipulación y creación de ambientes, por otra parte esta capa permite la captura de los datos que afectan el comportamiento de determinado modelo.

### **Capa de lógica de aplicaciones:**

La capa de lógica de aplicaciones es la encargada del funcionamiento lógico de la aplicación, es en esta capa donde se da soporte a las reglas lógicas que deben cumplir los objetos de tipo autómatas celulares y donde se debe hacer las relaciones establecidas entre el modelo de DS y los ambientes creados.

### **Capa de lógica de servicios:**

La capa de lógica de servicios es la encargada de interactuar con los servicios que presta el motor de DS, además de contener las clases que contienen los datos entregados por el motor de DS.

A continuación se dará una breve explicación de cada uno de los componentes de la arquitectura, mencionados con anterioridad:

**Editor EVL:** El componente editor de EVOLUCIÓN es el que provee mecanismos para la creación, edición y destrucción de elementos del diagrama de Forrester, este encierra capacidades para mostrar el diagrama de Forrester en un recuadro, cargar y guardar archivos de modelos, crear, editar y destruir cualquier tipo de elemento del diagrama de Forrester[39].

**Graficador EVL:** El graficador es un componente visual de EVOLUCIÓN que permite la observación de datos en una simulación pueden observarse en modo tabla o como una gráfica de curvas.

**Ambiente:** El ambiente es un componente propio de DINAMICO el cual permite visualizar la simulación de los datos de una manera gráfica y animada.

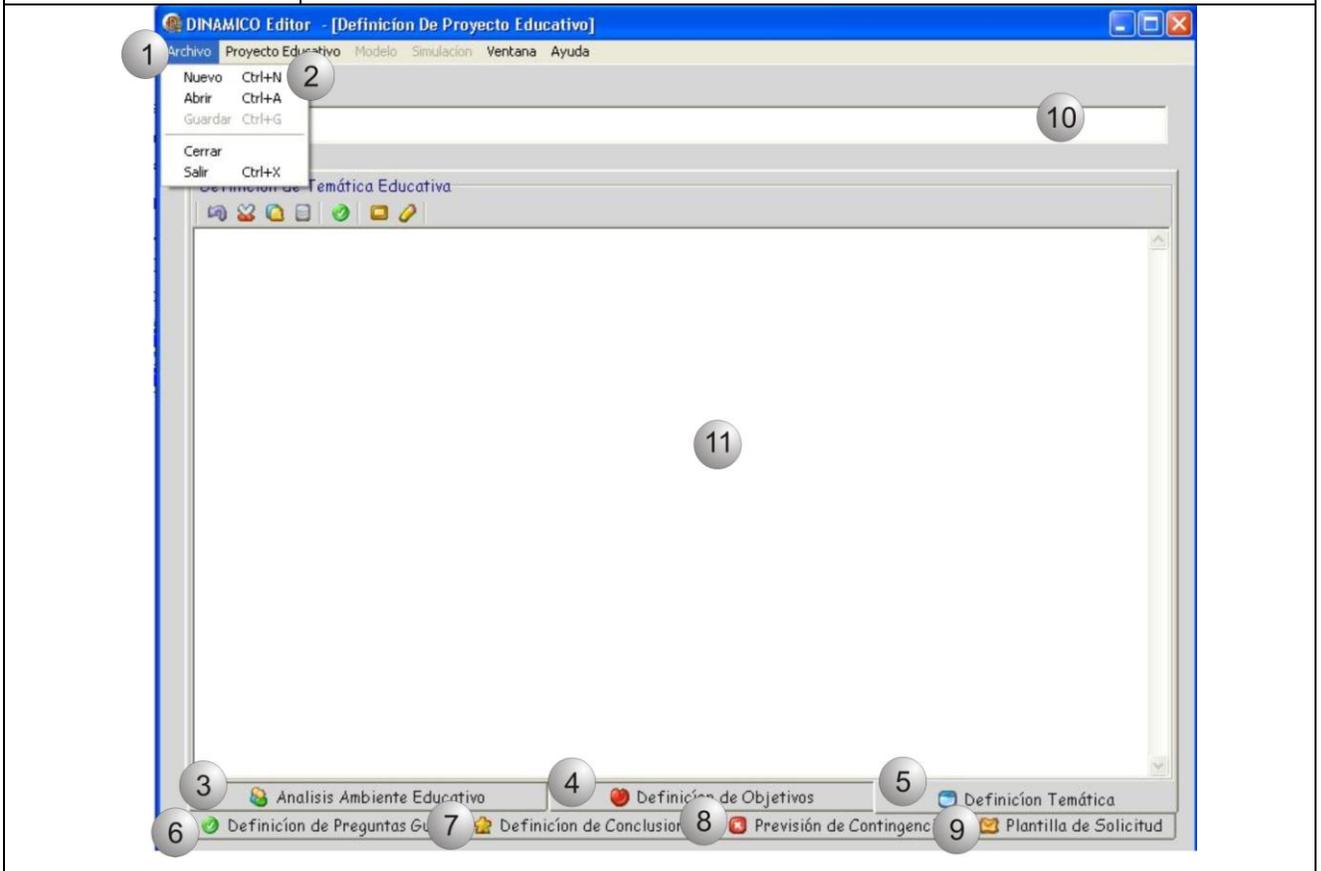
**Motor EVL:** El componente motor de EVOLUCIÓN encierra capacidades para cargar archivos de modelos, iniciar y parar la simulación, pudiendo cambiarse las condiciones iniciales de simulación y valores de variables antes y durante la simulación[39].

#### 4.5.6 Casos de uso reales D-E

Un caso de uso real describe el diseño concreto del caso de uso, a continuación se mostrará el diseño de uno de los casos de uso más importantes.

##### 4.5.6.1 Casos de uso real definir actividad educativa

<b>CASO DE USO REAL</b>	Definir Actividad Educativa
<b>ACTOR</b>	Usuario Editor
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide definir una nueva actividad educativa, lo cual incluye un análisis del ambiente educativo, definición de objetivos, preguntas guía y un plan de contingencia de la actividad. También puede a través de este caso de uso generar la plantilla de solicitud de apoyo al equipo CPE y establecer las conclusiones de la actividad después de haber sido realizada e imprimir un informe de la misma Este caso de uso culmina cuando el usuario digita todos los datos necesarios y decide cambiar a la ventana de simulación.

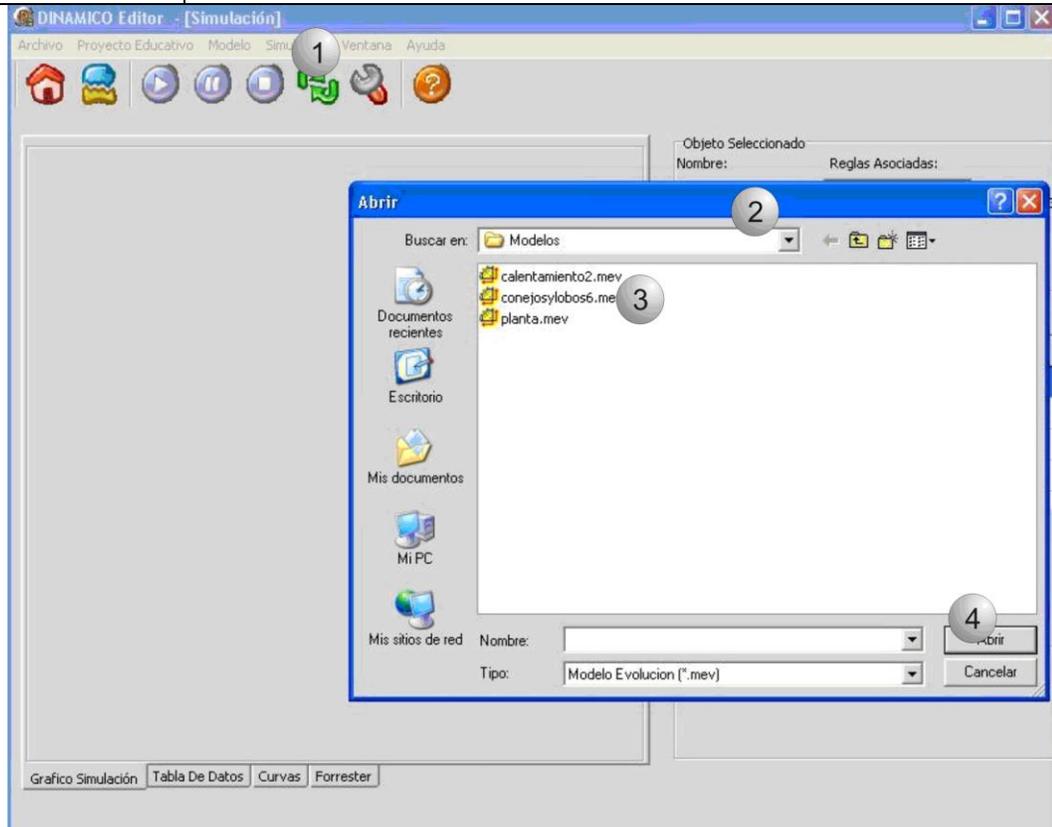


<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>A.</b> El usuario, después de ejecutar Dinámico Editor Se encuentra con la ventana Principal donde se puede identificar la pestaña de Archivo [1].	<b>B.</b> El sistema inmediatamente despliega el contenido de la pestaña donde encontramos la opción de “Nuevo” [2].
<b>C.</b> El usuario procede a seleccionar “Nuevo” en la pestaña de Archivo [2].	<b>D.</b> El sistemas despliega una nueva ventana donde encontramos las diferentes opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análisis Ambiente educativo [3]</li> <li>➤ Definición de objetivos [4]</li> <li>➤ Definición temática [5]</li> <li>➤ Definición preguntas guía [6]</li> <li>➤ Definición conclusiones [7]</li> <li>➤ Previsión de contingencias [8]</li> <li>➤ Plantilla de solicitud [9]</li> </ul>
<b>E.</b> El usuario selecciona una de las opciones [3][4][5][6][7][8][9].	<b>F.</b> El sistema despliega una ventana según sea la opción [3][4][5][6][7][8][9] donde se podrá especificar el contenido y donde encontramos herramientas para el manejo del formato del texto.
<b>G.</b> El usuario especifica el contenido según sea la opción seleccionada, a través de [10] y [11]	<b>H.</b>

Tabla 4 Caso de uso real Definir Actividad Educativa

#### 4.5.6.2 Casos de uso real cargar modelo

<b>CASO DE USO REAL</b>	Cargar Modelo
<b>ACTOR</b>	Usuario Editor
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide crear una nueva ventana de simulación para lo cual se requiere de un modelo de DS. Este caso de uso culmina cuando se realiza el cargado adecuado del modelo.



#### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

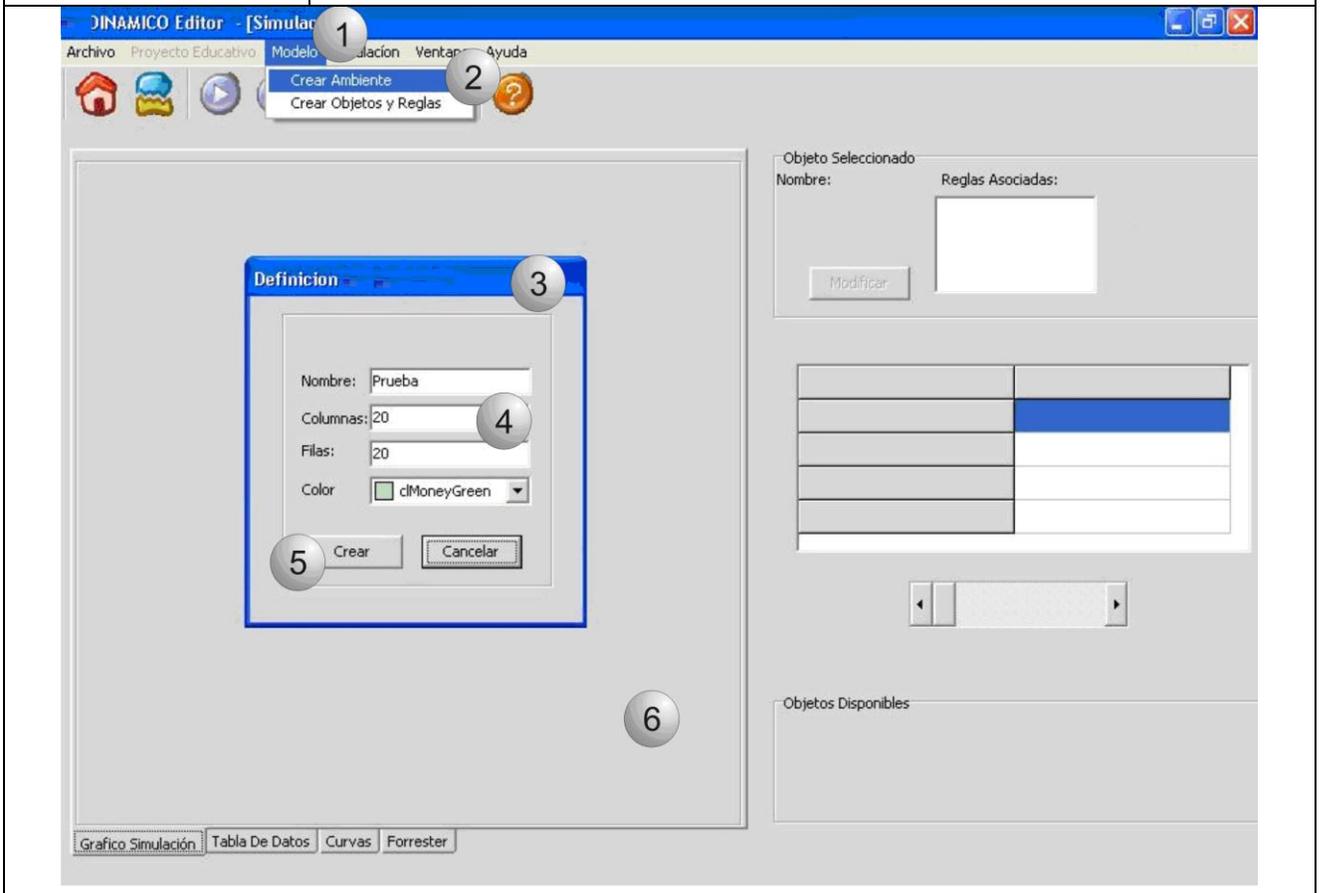
Acción del actor	Respuesta del sistema
A. El usuario, después de ejecutar Dinámico Editor Se encuentra con la ventana Principal donde se puede identificar la pestaña “Ventana” donde debe hacer clic [1].	B. El sistema inmediatamente despliega la Pantalla de simulación y automáticamente despliega una ventana de selección [2] donde se puede localizar el archivo .mev que se desea abrir.
C. El usuario seleccionar el archivo .mev que desea simular [3].	

D. El usuario da clic en aceptar [4] lo cual culmina el caso de uso.	E. El sistema carga el archivo y queda en espera para ligar cada uno de los datos del archivo con las herramientas de simulación de DINAMICO EDITOR.
--	--

Tabla 5. Caso de uso real Cargar Modelo

#### 4.5.6.3 Casos de uso real crear ambiente

<b>CASO DE USO REAL</b>	Crear Ambiente
<b>ACTOR</b>	Usuario Editor
<b>DESCRIPCION</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide Crear un ambiente en el cual se ubicaran los objetos que permitirán simular el fenómeno modelado. Este caso de uso finaliza cuando el usuario puede con éxito crear el ambiente.

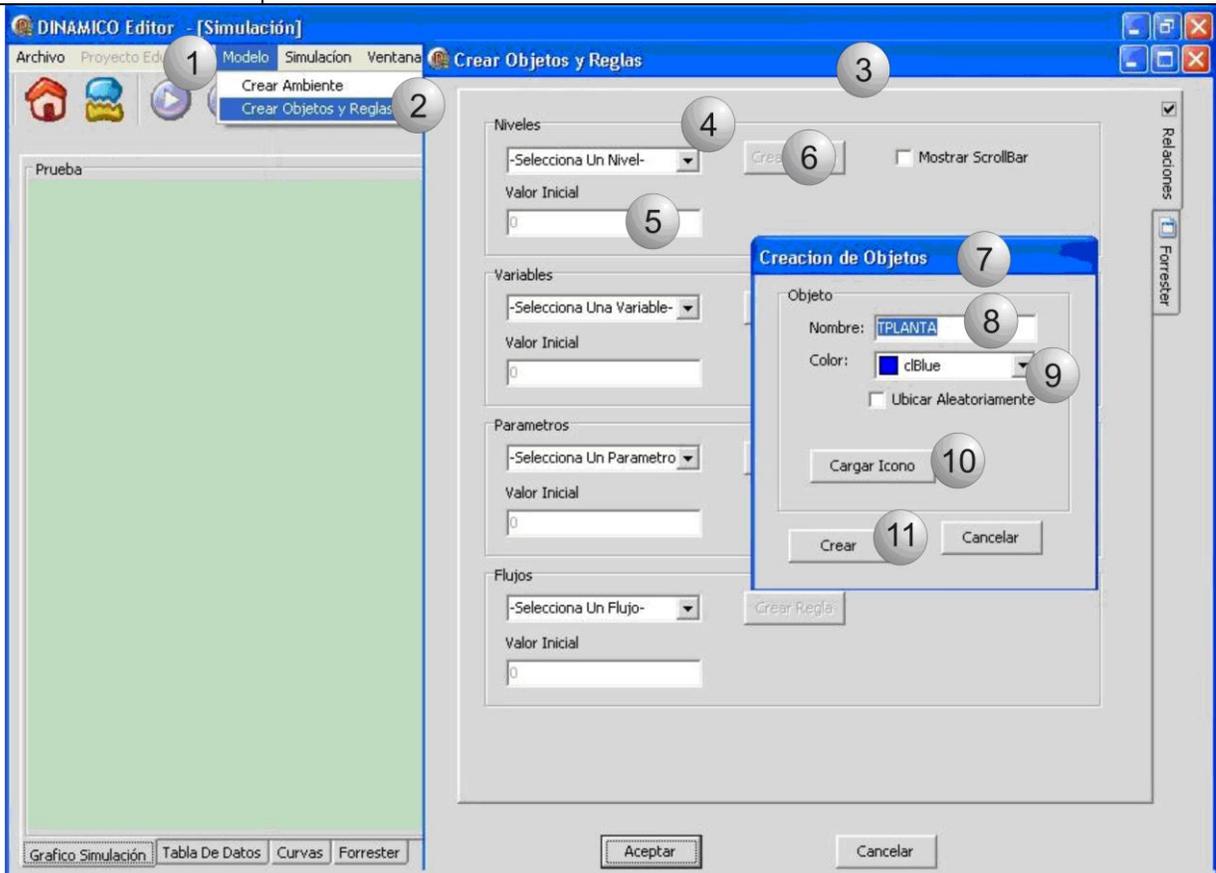


<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>A.</b> El usuario, accede a la ventana de simulación	<b>B.</b> El sistema habilita nuevas opciones para la manipulación de la simulación entre las cuales encontramos la pestaña “Modelo” [1].
<b>C.</b> El usuario da clic en “Modelo” [1].	<b>D.</b> El sistema despliega las opciones correspondientes al modelo, entre las cuales esta, “crear Ambiente” [2].
<b>E.</b> El usuario da clic en “Crear ambiente” [2].	<b>F.</b> El sistema despliega una ventana de configuración del ambiente [3].
<b>G.</b> El usuario selecciona la configuración deseada con su nombre, numero de columnas y filas y el color del ambiente [4].	
<b>H.</b> El usuario da clic en aceptar [5], para guardar los cambios.	<b>I.</b> El sistema incorpora los nuevos datos y actualiza el ambiente según lo deseado [6].

Tabla 6. Caso de uso real Crear Ambiente

#### 4.5.6.4 Casos de uso real crear objeto

<b>CASO DE USO REAL</b>	Crear Objeto
<b>ACTOR</b>	Usuario Editor
<b>DESCRIPCION</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide Crear un objeto a partir de los elementos propios del modelo de forrester previamente cargado Este caso de uso finaliza cuando el usuario puede con éxito crear el objeto.



#### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

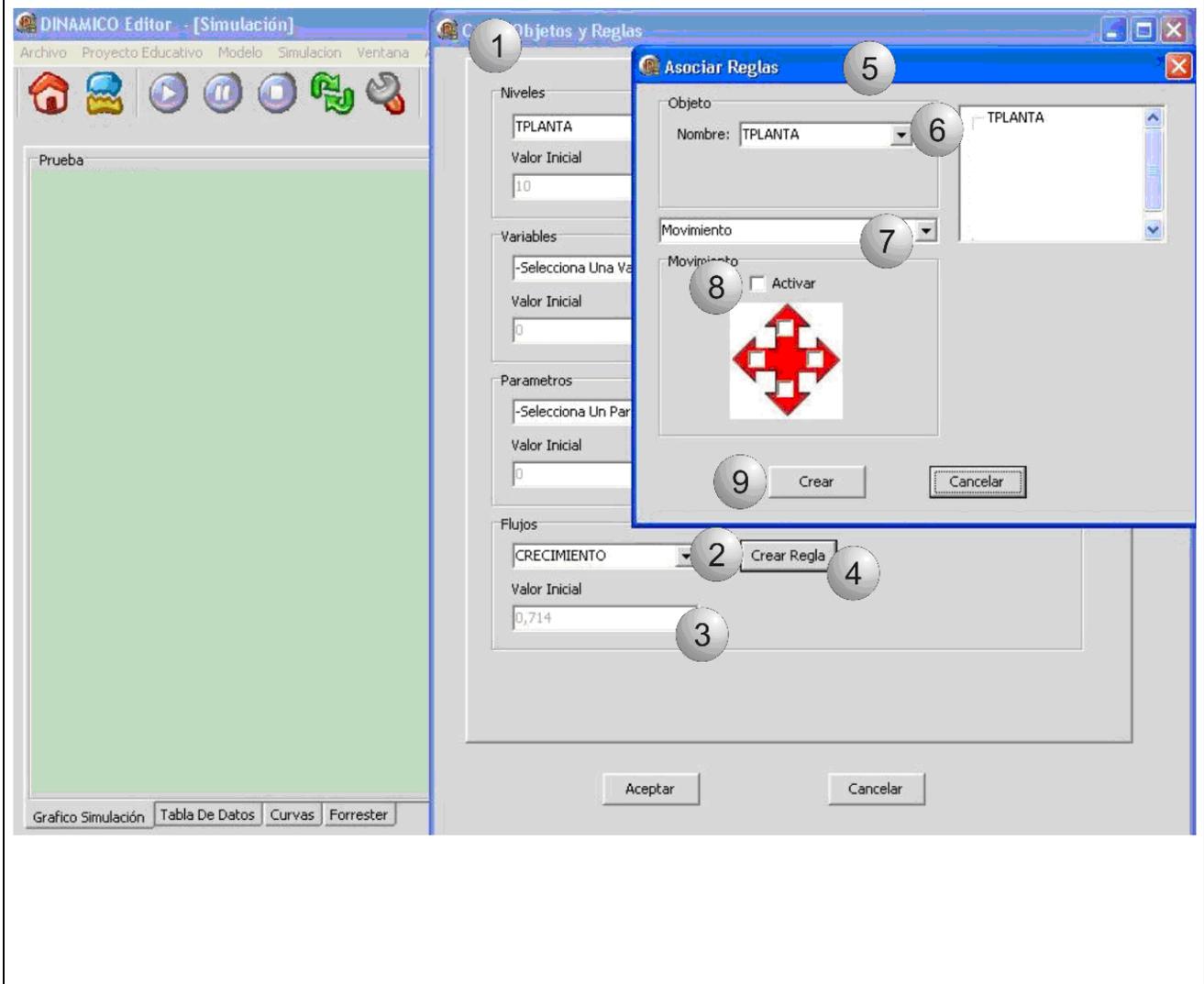
Acción del actor	Respuesta del sistema
A. El usuario, accede a la ventana de simulación	B. El sistema habilita nuevas opciones para la manipulación de la simulación entre las cuales encontramos la pestaña “Modelo” [1].

<b>C.</b> El usuario da clic en “Modelo” [1].	<b>D.</b> El sistema despliega las opciones correspondientes al modelo, entre las cuales esta, “crear Objetos y Reglas” [2].
<b>E.</b> El usuario da clic en “Crear Objetos y Reglas” [2].	<b>F.</b> El sistema despliega una ventana de crear objetos y reglas [3].
<b>G.</b> En la ventana de “Crear Objetos y Reglas” [3], el usuario selecciona el objeto del modelo de dinámica de sistemas previamente cargado [4]	<b>H.</b> El sistema despliega todos los elementos del modelo de dinámica de sistemas previamente cargado (Ver Tabla 5), junto con su valor inicial [5]
<b>I.</b> El usuario da clic en crear para configurar el objeto [6].	<b>J.</b> El sistema despliega la ventana de “creación de Objetos” [7].
<b>K.</b> El usuario configura el objeto a través de colores [9], o asignándole un icono [10], el nombre del mismo no podrá ser modificado [8]. Finalmente crea el objeto dando clic en crear [11].	<b>L.</b> El sistema crea el objeto en el ambiente y liga el mismo al modelo de dinámica de sistemas.

Tabla 7. Caso de uso real Crear Objeto

#### 4.5.6.5 Casos de uso real crear relaciones

<b>CASO DE USO REAL</b>	Crear Relaciones
<b>ACTOR</b>	Usuario Editor
<b>DESCRIPCION</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide asignar un o varias reglas a un objeto para efectos de la simulación, el objeto debe estar previamente creado. Este caso de uso finaliza cuando el usuario puede con éxito crear el objeto con sus reglas.



<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
<b>A.</b> Estando posicionados en la ventana de creación Objetos y reglas [1] (ver Tabla 7), el usuario ubica el sector de flujos en la parte inferior de la ventana [2] y selecciona el flujo que quiere representar.	<b>B.</b> El sistema despliega los flujos existentes a partir del modelo de dinámica de sistemas previamente cargado (ver Tabla 5) y despliega el valor del flujo [3], al igual que su nombre en [2].
<b>C.</b> El usuario da clic en Crear regla [4].	<b>D.</b> El sistema despliega la ventana “Asociar Reglas” [5].
<b>E.</b> El usuario selecciona el objeto que ira ligado a la regla [6].	<b>F.</b> El sistema despliega los objetos disponibles asociados al flujo seleccionado [6].
<b>G.</b> El usuario selecciona la regla que se asociara con el objeto [7].	<b>H.</b> El sistema despliega una lista de reglas que pueden ser asociadas al objeto [7].
<b>I.</b> Después de seleccionar una regla y configurarla el usuario Activa la regla [8]. (Se puede activar mas de una regla para el mismo objeto)	
<b>J.</b> El usuario crea el objeto asociado con las reglas seleccionadas dando clic en crear [9].	<b>K.</b> En este punto el sistema liga el objeto con los elementos del modelo de dinámica de sistemas junto con las reglas de simulación seleccionadas.

Tabla 8. Casos de Uso Real Crear Relaciones

## 4.6 DINAMICO VISOR D-V

### 4.6.1 Descripción general de D-V

D-V es una herramienta perteneciente a la plataforma computacional denominada DINAMICO, D-V se desarrollo para usuarios como los Docentes y Estudiantes, los primeros son los encargados de liderar y enseñar el adecuado uso de la herramienta, los cuales basados en el modelo metodológico propuesto anteriormente, utilizaran al Visor como material de apoyo para impartir sus clases, a su vez es el encargado de realizar las labores de administración y selección de modelos.

Los estudiantes son los usuarios principales de esta herramienta, quienes seguirán las indicaciones dadas por el docente o líder de la temática, de acuerdo como se indica en el modelo metodológico propuesto anteriormente (Fase de Ejecución).

Esta aplicación permite la manipulación de elementos importantes en un modelo de DS como los valores de los niveles, parámetros, variables, de una manera sencilla con un control de deslizamiento y haciendo la DS transparente para dichos usuarios, generando un nuevo comportamiento en el ambiente grafico de simulación de acuerdo a los cambios efectuados, permitiendo así visualizar y entender los resultados finales, además de poder responder preguntas de tipo “¿Qué pasa si?”, se afecta algo, en determinado modelo.

Al igual que D-E esta aplicación utiliza para la representación grafica de un modelo, un ambiente donde están contenidos los mismos objetos de tipo autómata celular y sus reglas asociadas.

#### 4.6.2 Modelo conceptual de D-V

Es importante conocer también la conceptualización de D-V, percibiendo los posibles conceptos inmersos dentro del proceso de desarrollo de la aplicación.

A continuación en la Figura 15 se presenta un diagrama conceptual del sistema, posteriormente se explicara brevemente cada uno de los conceptos y las relaciones existentes entre ellos.

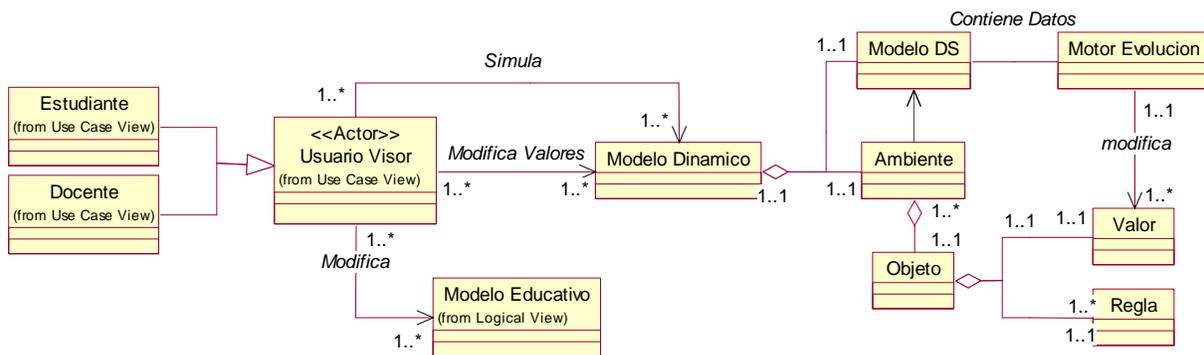


Figura 15. Modelo Conceptual, DINAMICO Visor

### 4.6.3 Funciones para D-V

Es importante identificar las funciones básicas que tiene D-VE para el manejo del los usuarios Docente o Estudiante, dichas funciones se pueden categorizar en:

- **Evidente:** la función debe realizarse y el usuario debería saber que se ha realizado.
- **Oculto:** la función debe realizarse, aunque no es visible para los usuarios.

En la Tabla 9 se muestra cada una de las actividades o funciones básicas del sistema

REFERENCIA	FUNCIÓN	CATEGORÍA
R.1.	Cargar modelo DINAMICO	<b>Evidente</b>
R.1.1	Cargar modelo de DS	<b>Oculto</b>
R.1.2	Cargar ambiente	<b>Oculto</b>
R.2	Manipular simulación	<b>Evidente</b>
R.2.1	Iniciar	<b>Evidente</b>
R.2.2	Detener	<b>Evidente</b>
R.2.3	Reiniciar	<b>Evidente</b>
R.2.4	Manipular valores	<b>Evidente</b>
R.3	Ver Ayuda	<b>Evidente</b>
R.4	Ver objetivos de la actividad	<b>Evidente</b>
R.5	<b>Ver Preguntas Guía</b>	<b>Evidente</b>

Tabla 9. Funciones Básicas de Dinámico Visor

#### 4.6.4 Diagrama de casos de uso para D-V

El diagrama de casos de uso (ver Figura 16) permite visualizar que dichos usuarios son los indicados para manipular los valores del modelo DINAMICO Visor.

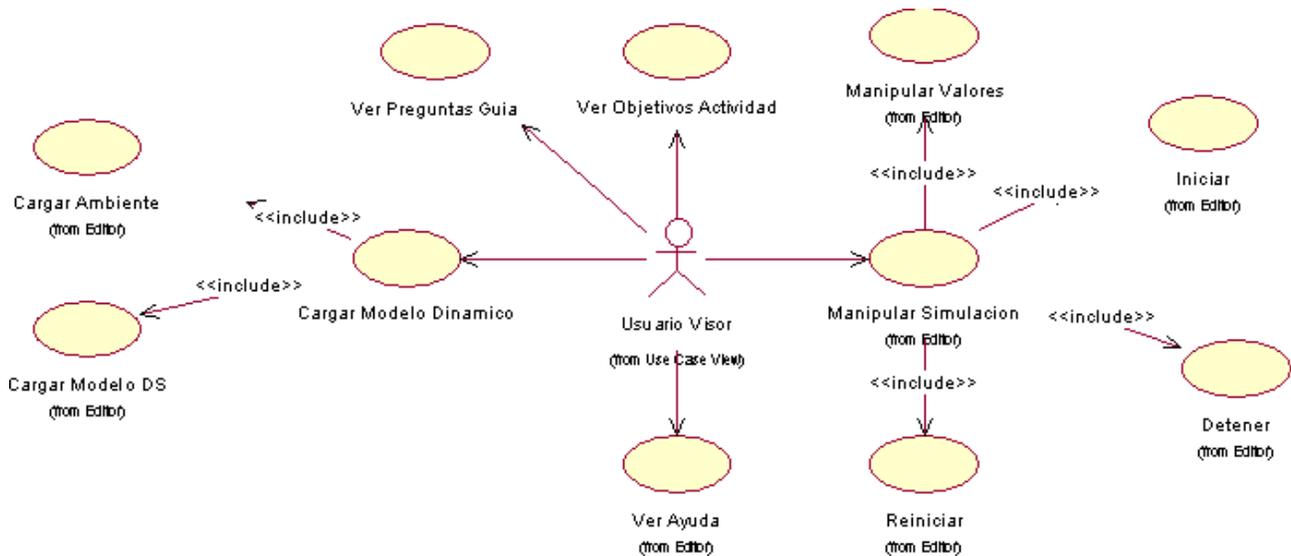


Figura 16. Diagrama de Casos de Uso Para DINAMICO Visor

A continuación en la Tabla 10 se dará una descripción de cada una de las funciones:

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Cargar Modelo DINAMICO</b>	Permite cargar un archivo con extensión “*.DINAMICO”, donde esta contenido el ambiente y las relaciones con el archivo de DS, a su vez carga el archivo con extensión “*.mev” donde esta contenido el modelo de DS. Es importante aclarar que los dos archivos deben estar contenidos en la misma ubicación y deben tener igual nombre.
<b>Cargar Modelo de DS</b>	Permite cargar un archivo de DS con extensión *.mev creado en EVOLUCIÓN 3.5, que contenga el diagrama de Forrester.
<b>Cargar ambiente</b>	Permite cargar un archivo con extensión *.DINAMICO existente.
<b>Manipular Simulación</b>	Funciones relacionadas a la manipulación de la simulación
<b>Iniciar</b>	Permite dar inicio al proceso de generación de datos y simulación gráfica.
<b>Detener</b>	Permite dar fin al proceso de simulación.
<b>Reiniciar</b>	Permite dar fin al proceso de simulación actual e iniciar nuevamente.
<b>Manipular Valores</b>	Permite modificar los valores de algunos elementos del modelo de DS.
<b>Ver Ayuda</b>	Permite visualizar la ayuda de la aplicación.
<b>Ver Objetivos de la Actividad</b>	Permite visualizar los objetivos de la actividad.
<b>Ver Preguntas Guía</b>	Permite visualizar las preguntas guía de la actividad.

Tabla 10. Descripción de las funciones de D-V

#### 4.6.5 Arquitectura D-V

D-V se desarrolla bajo una arquitectura de tres capas (ver Figura 17), la arquitectura multicapa permite división de responsabilidades, flexibilidad y escalabilidad. Las tres capas de la arquitectura son:

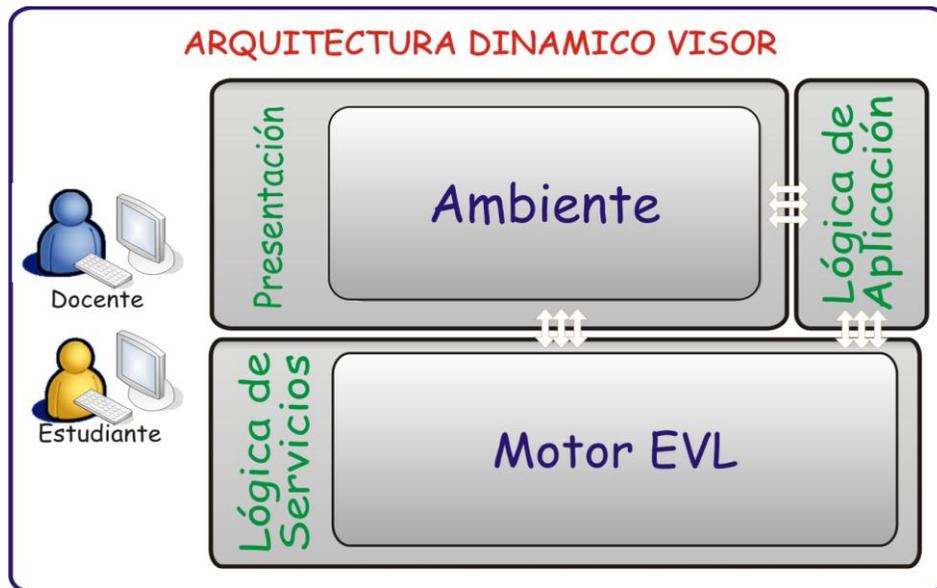


Figura 17. Arquitectura general de DINAMICO Visor

##### Capa de presentación:

La capa de presentación es la encargada de interactuar de manera directa con el usuario final de D-V, además de ser la encargada de mostrar la información de los modelos al usuario, por otra parte esta capa permite la captura de los datos que afectan el comportamiento de determinado modelo.

##### Capa de lógica de aplicaciones:

La capa de lógica de aplicaciones es la encargada del funcionamiento lógico de la aplicación, es en esta capa donde se da soporte a las reglas lógicas que deben cumplir los objetos de tipo autómatas celulares y donde se debe hacer las relaciones establecidas entre el modelo de DS y los ambientes creados.

### **Capa de lógica de servicios:**

La capa de lógica de servicios es la encargada de interactuar con los servicios que presta motor de DS, además de contener las clases que contienen los datos entregados por el motor de DS.

A continuación se dará una breve explicación de cada uno de los componentes de la arquitectura, mencionados con anterioridad:

**Ambiente:** El ambiente es un componente propio de DINAMICO el cual permite visualizar la simulación de los datos de una manera gráfica y animada.

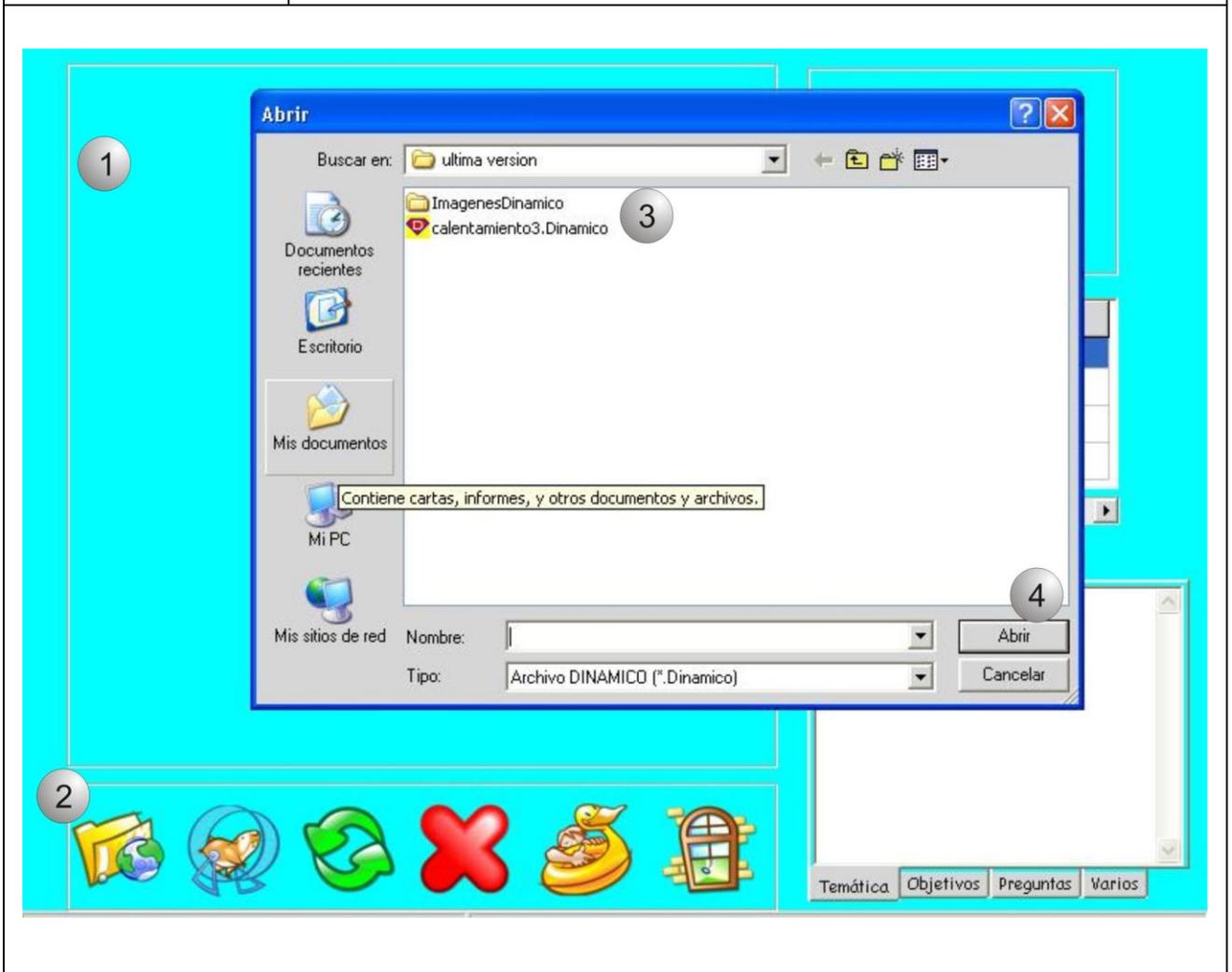
**Motor EVL:** El componente motor de EVOLUCIÓN encierra capacidades para cargar archivos de modelos, iniciar y parar la simulación, pudiendo cambiarse las condiciones iniciales de simulación y valores de variables antes y durante la simulación[39].

#### 4.6.6 Casos de uso reales D-V

Un caso de uso real describe el diseño concreto del caso de uso, a continuación se mostrará el diseño de uno de los casos de uso más importantes.

##### 4.6.6.1 Casos de uso real cargar modelo DINAMICO

<b>CASO DE USO REAL</b>	Cargar modelo Dinámico
<b>ACTOR</b>	Usuario visor
<b>DESCRIPCION</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide cargar un modelo Dinámico para su posterior simulación. Este caso de uso finaliza cuando el usuario puede con éxito Cargar el modelo visualizando una ventana de dialogo que lo indica.



<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
A. El usuario, después de ejecutar Dinámico Visor Se encuentra con la ventana Principal [1] donde se puede identificar el icono de cargar modelo donde debe hacer clic [2].	B. El sistema inmediatamente despliega una ventana de búsqueda de archivos.
C. El usuario procede a seleccionar el archivo a simular por medio de la ventana de búsqueda [3].	
D. Luego de haber seleccionado un archivo Dinámico, el usuario da clic en el botón “Abrir” [4], lo que culminaría el cargado del archivo.	E. El sistema cargar el archivo de DS con extensión *.mev y el archivo del ambiente con extensión *.DINAMICO
	F. inicializa los datos referentes a los elementos del modelo y cierra la ventana de búsqueda.

Tabla 11. Caso de uso real Cargar Modelo DINAMICO

#### 4.6.6.2 Casos de uso real manipular simulación

<b>CASO DE USO REAL</b>	Manipular Simulación
<b>ACTOR</b>	Usuario Visor
<b>DESCRIPCION</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario decide manipular los elementos de la simulación tal como iniciar y parar, además de modificar los valores representando ambientes diferentes. Este caso de uso finaliza cuando el usuario puede con visualizar la simulación ejecutándose con éxito.



<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
A. El usuario, después de ejecutar Dinámico Visor Se encuentra con la ventana Principal donde se puede identificar los iconos que permiten manipular la simulación [1].	
B. El usuario procede a cargar un modelo dinámico a través del icono [2] (ver caso de uso cargar modelo dinámico)	C. El Sistema despliega las variables y sus valores que se pueden modificar para crear varios escenarios [3], el sistema también despliega la temática [5], los objetivos [6], las preguntas guía [7] (En [4] se muestra la información correspondiente a la pestaña seleccionada) y opciones de configuración de sonidos [8] ligadas al modelo de simulación.
D. El usuario puede modificar los valores de simulación por medio de la grilla [3], seleccionando el elemento y incrementando o disminuyendo sus valores a través de la barra de desplazamiento [9].	
E. El usuario luego de haber modificado los valores de los elementos de la simulación procede a ejecutarla por medio del botón [10].	F. El sistema actualiza los valores y objetos asociados a los elementos de la grilla [3] pasando estos datos al motor de DS y entregando nuevos datos de simulación que serán interpretados por el objeto correspondiente y sus reglas, según el numero de iteraciones y pasos definidas al crear el modelo en D-E.
G. Luego de visualizar la simulación el usuario puede detener este proceso por medio del botón [11].	H. El sistema detiene la simulación y queda listo para un nuevo proceso.

Tabla 12. Caso de uso real Manipular Simulación

## 5 VALIDACIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

#### 5.1.1 Marco de referencia de la validación

Para la validación del proyecto se han realizado experiencias “in situ” en algunas Instituciones Educativas (IE) de la región SP2, ubicadas en los municipios de San Pablo y La Cruz, además de las veredas Tajumbina y Cabuyales pertenecientes al municipio de La Cruz, departamento de Nariño, y en el municipio de Timbio, departamento del Cauca, Colombia (ver Tabla 13).

Nombre Institución	Municipio	Identificación Institución
Institución Educativa “Antonio Nariño” Preescolar y Básica Primaria	San Pablo – Nariño	Resol. 2583 Septiembre 30 de 2002 – DANE 15269300011
Institución Educativa Técnica San Francisco de Asís	La Cruz del Mayo - Nariño	Resol. 4206 Diciembre 30 de 2002 – DANE 152378000429
Institución Educativa Microempresarial de Cabuyales	Cabuyales - La Cruz Nariño	Resol. 360 Abril 21 de 2003 - DANE 252378000083 NIT: 814004826-8
Institución Educativa Agropecuaria Miguel Ángel Rangel	Tajumbina – La Cruz Nariño	Resol. 078 Febrero 25 de 2003 – NID 252378000750 NIT: 8140008173
Centro Educativo “Barro Blanco” Sede las Huacas	Timbio - Cauca	Resol. 0452 Abril 26 de 2004

Tabla 13: Instituciones SP2 Afectadas

La experiencia ha involucrado 160 estudiantes de grado quinto de básica primaria con un promedio de edad de 10 años y con 30 docentes de diferentes grados de básica primaria de las distintas IE ubicadas en las poblaciones mencionadas y ha sido orientada por un marco general de intervención guiado por la Investigación Acción Participativa (IAP)[9]. Con ello se busca que la intervención involucre la participación más activa de la comunidad académica en general y se logra además que los efectos de la experiencia queden cuando el grupo de investigación (externo) parta de la zona.

Algunas de las actividades desarrolladas con el fin de dar inicio a la investigación fueron: Primero, se realizaron diferentes visitas a las poblaciones anteriormente mencionadas, con el fin de explorar el entorno donde se realizaría la investigación, además de aplicar algunos artefactos de investigación tales como encuestas y entrevistas a los estudiantes, docentes y directivos (Ver ANEXO F), logrando obtener una valiosa información acerca de las dificultades y potencialidades que se presentan bajo el método actual de enseñanza sin las TIC y la facilidad con que se captan algunos conceptos básicos de dinámica de sistemas.

Segundo, se identificaron cuáles asignaturas son la más adecuadas para la abstracción de modelos en pro de la búsqueda de mejoras en los procesos educativos actuales de la región SP2 a través del dialogo y entrevistas, con los estudiantes. Como resultado, se observo, entre otras cosas, que hay cierta resistencia por parte de los estudiantes a las asignaturas de ciencias naturales y ciencias sociales debido a que estas asignaturas son un poco más complejas de entender (ver Figura 18).

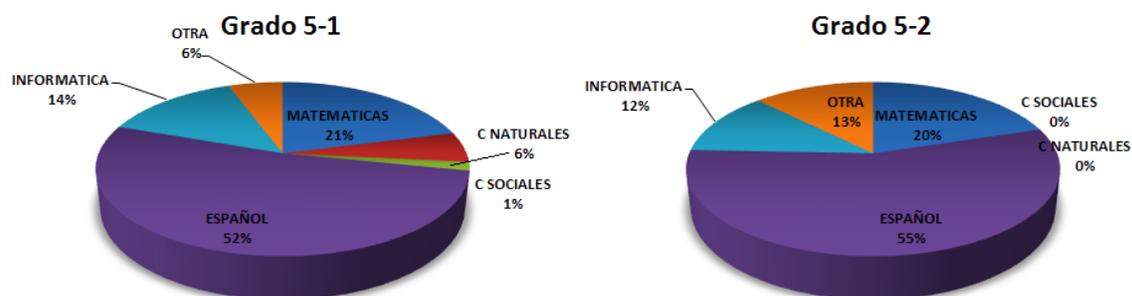


Figura 18. Resultados parciales de la encuesta realizada a los estudiantes del grado 5º de primaria de la IE “Antonio Nariño” resultados a la pregunta: ¿Cual es la materia que más te gusta?

Por otra parte es evidente que los niveles de conocimiento en cuanto al manejo de los recursos computacionales son bajos, dado a que el tiempo que los niños tienen acceso a un computador es limitado y más aun para el acceso a Internet, y es mucho más bajo para los docentes de estas poblaciones (ver Figura 19).

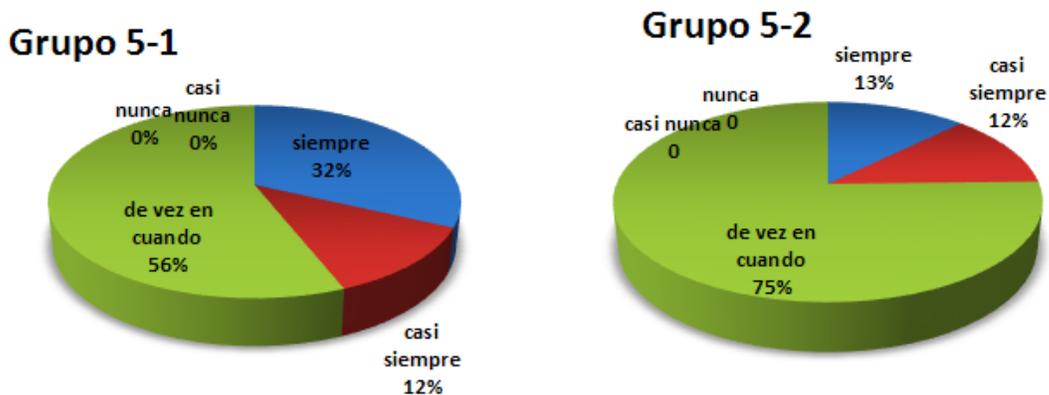


Figura 19. Resultados parciales de la encuesta realizada a los estudiantes del grado 5º de primaria de la IE “Antonio Nariño” resultados a la pregunta: ¿Qué tan frecuente es tu contacto con los PC?

Posteriormente al análisis de estos resultados y teniendo claro los posibles modelos a simular (Ver ANEXO G), se desarrollo una versión inicial de la plataforma computacional DINAMICO, y la metodología MEA-DI, con estos dos importantes artefactos se procedió a realizar la implementación y las pruebas de la investigación en las poblaciones mencionadas con anterioridad.

La motivación de los estudiantes por aprender de una manera diferente y en un espacio como el aula de cómputo, permitieron llevar a cabo la implementación de la metodología MEA-DI, apoyada en la herramienta DINAMICO Visor, logrando así realizar actividades en torno a las siguientes temáticas: el calentamiento global, el crecimiento de una planta y el equilibrio ecológico llevando un registro metodológico según los criterios de la metodología MEA-DI de las mismas (ver ANEXO H); todas ellas de una manera

satisfactoria, a través de la observación de un promedio muy alto de respuestas acertadas dadas por los estudiantes al evaluar cada temática, además de lograr inculcar una conciencia social en cuanto a la protección del medio ambiente y las consecuencias que podría acarrear si seguimos despreocupados por nuestro planeta.

Las pruebas de funcionalidad de DINAMICO Visor con usuarios reales también fueron satisfactorias y en los estudiantes se observó la gran habilidad que adquirieron con la manipulación y manejo de esta herramienta, además de la excelente impresión que causo poder visualizar lo que sucedía en el modelo cuando realizaban cambios en las variables de los modelos (ver Figura 20).



Figura 20. Pruebas de funcionalidad

Por otra parte se realizó un taller de capacitación a los docentes y directivos, en donde además se les permitió “jugar” con DINAMICO Visor con el fin de capturar las impresiones y potencialidades que tiene para ellos dicha herramienta, apoyada además en la metodología MEA-DI.

### **5.1.2 Diseño del experimento**

La definición del experimento para el presente proyecto consistió en la realización de una sesión de trabajo practico con los estudiantes de básica primaria de la institución Centro Educativo Barro Blanco sede Las Huacas y sede Barro Blanco, pertenecientes a la región SP2 con el fin de establecer elementos importantes a mejorar en la plataforma computacional y tendencias sobre cómo funciona en el apoyo de la metodología MEA-DI.

#### **5.1.2.1 Definición del experimento**

Aunque esta práctica no pretende ser un diseño experimental, tiene elementos que lo hacen tomar las características de un diseño cuasi experimental, el cual es simplemente con fines de establecer tendencias.

La razón de no plantear un diseño experimental como tal, es la necesidad establecer un proyecto a largo plazo y específico (Diseño experimental verdadero de series cronológicas) que permita determinar con suficientes datos, las diferencias entre la utilización del la plataforma computacional DINAMICO apoyando la educación, respecto a la educación tradicional, elemento que se sale de los objetivos y alcances del presente proyecto.

La práctica se llevo a cabo con 25 estudiantes del grado quinto de básica primaria, de la IE Barro Blanco con sede en las Huacas, los cuales fueron divididos en dos grupos de 13 niños, seleccionados a través de emparejamiento.

Para la realización de esta práctica se selecciono el tema “La capa de ozono”, propio para estudiantes de el grado quinto de primaria .

Inicialmente se realizó un análisis del entorno y de la infraestructura donde los estudiantes llevaron a cabo la práctica, con el fin de estudiar a través de algunos indicadores previamente definidos, la equivalencia de la práctica entre los dos grupos evitando invalidar el experimento.

Los dos grupos participantes presentarán una Pre-Prueba, la cual permitirá realizar una Observación  $O_1$  y  $O_3$  (Ver **Figura 21**), posteriormente se aplicará únicamente al grupo A (grupo dinámico) o grupo experimental una sesión de trabajo con DINAMICO Visor, apoyando la metodología MEA-DI, el grupo B (grupo tradicional) o grupo de control, trabajará de manera clásica la temática propuesta. Finalmente se realizará una Posprueba a los participantes de ambos grupos obteniendo la observación  $O_2$  y  $O_4$  para el grupo A y grupo B respectivamente, de esta manera se podrá analizar los resultados obtenidos de las cuatro observaciones y establecer si existe o no, una tendencia hacia la mejora del proceso educativo.

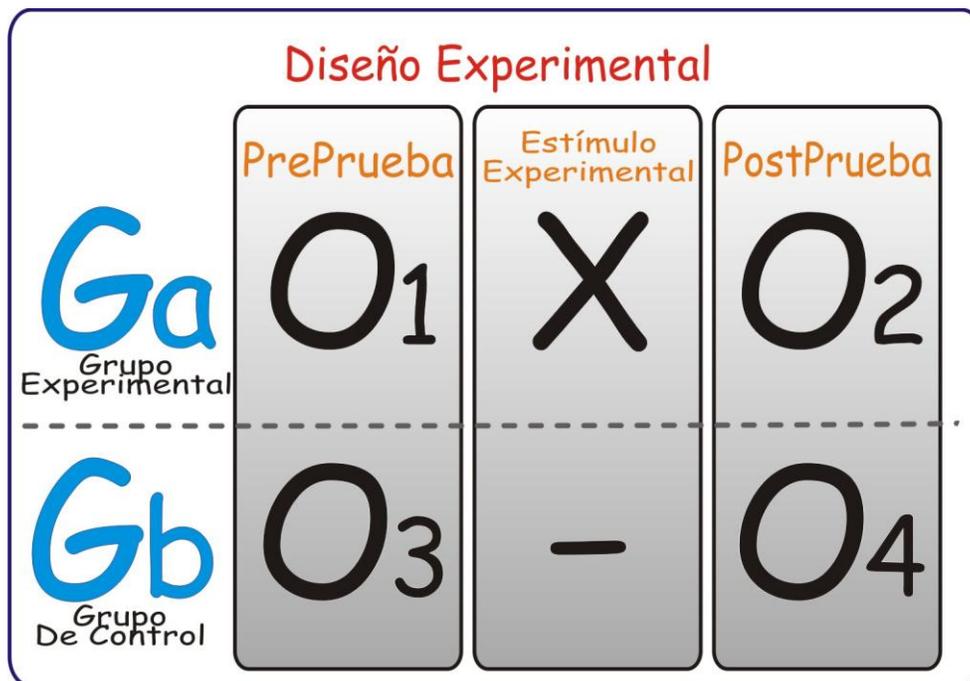


Figura 21. Diseño del Pre experimento

Por otro lado el docente de la materia también realizó su correspondiente realimentación con el fin de obtener la visión de la funcionalidad de la herramienta por parte del mismo.

#### 5.1.2.2 Definición de los indicadores

Para estas pruebas se definieron los siguientes indicadores:

**Indicadores de estructura:** En general estos indicadores miden la disponibilidad o consumo de recursos. Deben ser definidos según el concepto que los Investigadores encontraron la estructura de las plantas Educativas, recursos materiales y humanos.

*Indicador= Calificación* entre (1: Mala, 2: Regular, 3: Buena, 4: Excelente)

- **Planta física aula de cómputo:** iluminación, ventilación, tamaño, sillas, mesas.
- **Recursos materiales:** marcadores, ayudas audiovisuales, material escrito, material didáctico y equipos de cómputo.
- **Recursos humanos:** Docentes, coordinadores, Capacitadores CPE

**Indicadores de proceso:** Abordan la organización y el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje en las aulas.

- **Rendimiento promedio:** Establecido por la nota promedio obtenida en las evaluaciones realizadas por los estudiantes.
- **Estado académico:** Valoración del estado académico observada al estudiante, establecido por el docente director de grupo en el transcurso del periodo académico.
- **Estado disciplinario:** Valoración de la conducta disciplinaria observada al estudiante, por el docente director de grupo en el transcurso del periodo académico.

## **Indicadores de resultados**

Cambio de comportamientos que a largo plazo contribuya a la formación del estudiante que le permitan alcanzar un mejor desarrollo como persona y ciudadano, y le permita tener una visión amplia de las soluciones existentes para un mismo problema en la vida social.

La información será recogida y analizada por los coordinadores del proyecto. Los resultados se socializarán con los estamentos de las instituciones involucradas y se proyectarán luego al sector educativo En la fase 2 del proyecto UNICAUCA - CPE, la cual está fuera del alcance del actual proyecto

### **5.1.2.3 Ejecución de la práctica**

La ejecución de la práctica se realizó siguiendo la metodología MEA-DI, para lo cual fue necesario realizar la práctica siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- 1. Socialización del proyecto DINAMICO:** El primer paso fue dar a conocer y capacitar al docente en el uso la herramienta DINAMICO Visor y la metodología MEA-DI, aterrizada a un tema específico.
- 2. Evaluar la equivalencia de los grupos en las pruebas:** Utilizan los indicadores de Estructura definidos anteriormente. En dado caso que no haya equivalencia inicial se procede a una reorganización temporal de los grupos o de la experiencia.
- 3. Ejecución del la práctica grupo A:** para la realización de la practica en el grupo experimental fue necesario establecer de manera precisa los tiempos requeridos para cada actividad, a continuación se presenta una tabla resumen (Ver Tabla 14).

ACTIVIDAD	TIEMPO
Aplicación de una Pre prueba***	5 minutos
Presentación de la Temática	5 Minutos
Contextualización, Conceptualización y Experimentación con D-V sobre el tema capa de ozono	45 Minutos
Aplicación de la pos prueba	15 Minutos
Debate	10 Minutos
Conclusiones del trabajo	10 Minutos

Tabla 14. Tiempos estimados en la Ejecución de la práctica para el grupo A

**Ejecución del la práctica grupo B:** para la realización de la practica en el grupo de control, al igual que en el grupo A, fue necesario establecer de manera precisa los tiempos requeridos para cada actividad, a continuación se presenta una tabla resumen (Ver Tabla 15).

ACTIVIDAD	TIEMPO
Aplicación de una Pre prueba***	5 minutos
Presentación de la Temática	5 Minutos
Contextualización y Conceptualización tema capa de ozono	45 Minutos
Aplicación de la pos prueba	15 Minutos
Debate	10 Minutos
Conclusiones del trabajo	10 Minutos

Tabla 15. Tiempos estimados en la Ejecución de la práctica para el grupo B

\*\*\* La evaluación no hace parte de la metodología MEA-DI, se realizo en esta práctica a fines de obtener resultados para la investigación.

- Presentación de pruebas:** los grupos A y B presentaron un examen idéntico sobre el contenido temático presentado.
- Análisis de resultados:** Finalmente se procedió a realizar el análisis de los resultados para la presentación del informe de funcionalidad del proyecto DINAMICO.

### 5.1.2.4 Resultados

Es importante conocer el entorno en donde se realizó la práctica, es por esta razón que se definieron los indicadores de estructura.

#### Análisis de Entorno e Infraestructura

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
1. ¿Cuáles son las condiciones de la estructura física y tamaño (Salón de cómputo)?	Medidas del salón 7m x 7m aproximadamente, salón muy apto para las actividades de cómputo de acuerdo al número de equipos y número de estudiantes por grupo.	<b>Excelente</b>
2. ¿Cómo son las condiciones ambientales del salón de cómputo (Temperatura, iluminación, número de ventanas y puertas)?	Temperatura ambiente 28 grados centígrados, buena iluminación del salón de cómputo, muchas ventanas y una puerta, pero poca ventilación.	<b>Buena</b>
3. Posición geográfica del salón de cómputo en el plantel, ¿Ruido?	Salón no aislado, ruido en niveles normales para un colegio de básica primaria con pocos estudiantes.	<b>Buena</b>
4. Aseo del Salón de Computo.	Salón limpio	<b>Excelente</b>
5. Materiales complementarios (Tablero, tizas, marcadores, TV, etc.).	Tablero, TV, Marcadores, Mesa, Mini biblioteca.	<b>Buena</b>
6. Número de equipos de cómputo disponibles para la práctica.	Nueve equipos de cómputo disponibles para la práctica.	<b>Buena</b>
7. Sistema Operativo y estado general del equipo (periféricos de entrada y salida).	Windows 98, buen estado del equipo con monitor, Mouse, teclado, parlantes, micrófono todos en buen estado.	<b>Buena</b>
8. Numero de muebles disponibles para la práctica y estado de los mismos.	Numero de muebles disponibles, 24 sillas (15 pupitres y 9 sillas para equipos de cómputo).	<b>Buena</b>
9. Recurso Humano (Numero de Docentes, coordinadores y comité CPE)	<b>Numero docentes 11, todos involucrados en el comité CPE, 1 director.</b>	<b>Buena</b>

Tabla 16. Análisis de Entorno e Infraestructura

Para el indicador Planta física del aula de cómputo tenemos la siguiente tabla resumen.

Institución Educativa	Sala de computo	Iluminación	Ventilación	Tamaño	No. Sillas	No. Mesas
Barro Blanco Sede "las Huacas"	SI	Buena	Normal	7 x 7 metros	24	10

Para el indicador de recursos materiales:

Institución Educativa	Tablero y Marcador	Ayudas Audiovisuales	Material escrito	Material didáctico	No. Equipos de Computo
<b>Barro Blanco Sede las Huacas</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>12</b>

Para el indicador de recursos humanos: Docentes, coordinadores, Capacitadores CPE

Institución Educativa	No. De Docentes	No. De Coordinadores	No. De Docentes Comité CPE
<b>Barro Blanco Sede las Huacas</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>11</b>

Se contó con un total de 25 estudiantes para el desarrollo de la actividad los cuales se dividieron en dos grupos diferentes a través de emparejamiento de grupos para efectos de la prueba, al grupo afectado por la metodología MEA-DI se le denominó grupo dinámico (grupo A) y al otro grupo se le denominó grupo tradicional (grupo B).

Iniciando la actividad se realizó un perfil del estudiante, donde se consignan el nombre, la edad, el lugar de residencia y el colegio (Ver Tabla 17 y Tabla 18). Adicionalmente se solicitó la colaboración de los profesores para que se registrara el estado actual del estudiante en cuanto a disciplina y estado académico, de esta manera se identificó que efectivamente los dos grupos presentaban características similares.

Posteriormente se realizó la actividad de pre-prueba con las siguientes preguntas relacionadas con el tema de la capa de ozono a los dos grupos.

1. ¿Qué es la Capa de Ozono?
2. ¿Para que sirve la Capa de Ozono?
3. ¿Dibuja la Capa de Ozono?

Los resultados están en las tablas Tabla 19 y Tabla 20.

Después de la realización de la pre-prueba y la recolección de datos acerca del perfil del estudiante, se procedió a ejecutar la actividad tal como se planificó, el grupo A recibió la temática utilizando la metodología MEA-DI y el grupo B, recibió la temática de manera tradicional (ver la Tabla 14 y Tabla 15).

Finalmente se realizó la post-prueba donde los estudiantes debían contestar las siguientes preguntas.

1. ¿Qué significa para ti la capa de ozono?
2. ¿Qué daña la capa de ozono?
3. ¿Cómo puedes cuidar la capa de ozono?
4. ¿Para que sirve la capa de ozono?

Los resultados de esta actividad se presentan en la Tabla 21 y en la Tabla 22

### GRUPO DINAMICO – GRUPO A

Nombre	Edad	Lugar Residencia	Colegio/Escuela	Estado Académico	Equivalente Numérico	Estado Disciplinario	Equivalente Numérico
Willian Mera	13	Vereda San Pedro Bajo	Las Huacas	B	3	B	3
Dayana Michel Manzano Montilla	9	El Arado	Las Huacas	E	5	E	5
José Danovi Salamanca Pacheco	12	Las Huacas	Las Huacas	E	5	E	5
Henry Alexander Meneses Tobón	11	Las Huacas	Las Huacas	A	2	A	2
Oscar Gonzáles Becerra	11	Pambio	Barro Blanco	A	2	B	3
Leidy Yohana Delgado Dorado	10	El Roble	Barro Blanco	A	2	E	5
Yedinson Andrés Ortega Dorado	12	El Roble	Barro Blanco	A	2	E	5
Yeison Cutayo	13	Barro Blanco	Barro Blanco	B	3	E	5
Juan Carlos Salamanca	14	Santa Maria	Las Huacas	A	2	B	3
Maria Veronica Perez	13	Las Huacas	Las Huacas	E	5	E	5
Yessica Natalia R.C.	9	Las Huacas	Las Huacas	B	3	E	5
Andres Felipe Talaga Muñoz	12	Las Huacas	Las Huacas	A	2	S	4
Nathali Stefani Piamba Collazos	9	Popayán	Las Huacas	S	4	E	5

Tabla 17. Perfil grupo dinámico

EQUIVALENCIA NOTAS	
E (Excelente)	5
S (Sobresaliente)	4
B (Bueno)	3
A (Aceptable)	2
I (Insuficiente)	1

**Total Estudiantes:** 13

**Estado Académico Promedio:**

**Estado Disciplinario Promedio:**

**Edad Promedio:** 11 años

3 Bueno

4 Sobresaliente

### GRUPO TRADICIONAL – GRUPO B

Nombre	Edad	Lugar Residencia	Colegio/Escuela	Estado Académico	Equivalente Numérico	Estado Disciplinario	Equivalente Numérico
Jeison Estevan Paz Gueche	11	Pambio	Barro Blanco	E	5	B	3
Luis Antonio Astaiza Caicedo	12	Las Huacas	Las Huacas	A	2	S	4
Henri Fabián Tacue	13	Pambio	Barro Blanco	A	2	E	5
Edwin Andrés Chito Pérez	9	El Arado	Barro Blanco	B	3	E	5
Yuliet Narvaez Perez	12	Las Huacas	Las Huacas	E	5	B	3
Cristian Dario Narváez	12	Las Huacas	Las Huacas	I	1	A	2
Maria Camila Jiménez Rivera	9	Las Huacas	Las Huacas	B	3	E	5
Oscar Andres Tacué Agredo	10	Las Huacas	Las Huacas	B	3	B	3
Andres Fabián Cuyato Delgado	11	Barro Blanco	Barro Blanco	A	2	E	5
Gustavo Alirio Quiñones	9	Barro Blanco	Barro Blanco	B	3	A	2
Heider Yauricio Cuyato Palta	11	San Pedro	Las Huacas	A	2	B	3
Jhon Jairo Talaya Muñoz	12	Las Huacas	Las Huacas	A	2	A	2
Jeison Estevan Paz Gueche	11	Pambio	Barro Blanco	E	5	B	3

Tabla 18. Perfil Grupo Tradicional

EQUIVALENCIA NOTAS	
E (Excelente)	5
S (Sobresaliente)	4
B (Bueno)	3
A (Aceptable)	2
I (Insuficiente)	1

**Total Estudiantes:** 12

**Estado Académico Promedio:**

**Estado Disciplinario Promedio:**

**Edad Promedio:** 11 años

3 Bueno

4 Sobresaliente

### GRUPO DINAMICO – GRUPO A

NOMBRE	PRE-PUEBA			
	Pregunta 1	Pregunta 2	Dibujo	Promedio
Willian Mera	80	90	70	80
Dayana Michel Manzano Montilla	40	60	90	63
José Danovi Salamanca Pacheco	0	0	20	7
Henry Alexander Meneses Tobón	100	10	70	60
Oscar Gonzales Beserra	70	60	90	73
Leidy Yohana Delgado Dorado	60	90	40	63
Yedinson Andrés Ortega Dorado	60	10	10	27
Yeison Cutayo	80	60	80	73
Juan Carlos Salamanca	0	0	10	3
Maria Veronica Perez	0	0	10	3
Yessica Natalia R.C.	30	60	10	33
Andres Felipe Talaga Muñoz	0	0	10	3
Nathali Stefani Piamba Collazos	10	30	20	20
<b>Promedio Grupo</b>				<b>39/100</b>

Tabla 19 Pre-Prueba grupo Dinámico

### GRUPO TRADICIONAL – GRUPO B

NOMBRE	PRE-PUEBA			
	Pregunta 1	Pregunta 2	Dibujo	Promedio
Jeison Estevan Paz Gueche	60	60	80	67
Luis Antonio Astaiza Caisedo	0	0	10	3
Henrri Fabian Tacue	80	80	70	77
Edwin Andrés Chito Perez	60	60	90	70
Yuliet Narvaez Perez	0	0	10	3
Cristian Dario Narvaez	0	30	10	13
Maria Camila Jimenez Rivera	60	70	10	47
Oscar Andres Tacué Agredo	0	90	10	33
Andres Fabian Cuyato Delgado	90	80	100	90
Gustavo Alirio Quiñones	60	80	100	80
Heider Yauricio Cuyato Palta	90	100	70	87
Jhon Jairo Talaya Muñoz	90	70	10	57
<b>Promedio Grupo</b>				<b>52/100</b>

Tabla 20 Pre-Prueba grupo tradicional

### GRUPO DINAMICO – GRUPO A

NOMBRE	POST-PUEBA				Promedio
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	
Willian Mera	70	100	100	100	93
Dayana Michel Manzano Montilla	60	100	100	100	90
José Danovi Salamanca Pacheco	70	100	100	90	90
Henry Alexander Meneses Tobón	100	80	100	100	95
Oscar Gonzales Becerra	70	100	100	100	93
Leidy Yohana Delgado Dorado	10	60	100	100	68
Yedinson Andrés Ortega Dorado	70	90	100	100	90
Yeison Cutayo	90	100	100	100	98
Juan Carlos Salamanca	90	100	100	100	98
Maria Veronica Perez	100	70	100	100	93
Yessica Natalia R.C.	80	100	100	60	85
Andres Felipe Talaga Muñoz	70	100	50	80	75
Nathali Stefani Piamba Collazos	70	100	50	60	70
<b>Promedio Grupo</b>					<b>87/100</b>

Tabla 21 Post-Prueba grupo Dinámico

### GRUPO TRADICIONAL – GRUPO B

NOMBRE	POST-PUEBA				Promedio
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	
Jeison Estevan Paz Gueche	100	100	100	100	100
Luis Antonio Astaiza Caisedo	0	50	50	0	25
Henri Fabian Tacue	70	70	100	10	63
Edwin Andrés Chito Perez	10	70	80	60	55
Yuliet Narvaez Perez	50	70	100	50	68
Cristian Dario Narvaez	70	100	40	40	63
Maria Camila Jimenez Rivera	60	80	10	60	53
Oscar Andres Tacué Agredo	30	60	10	30	33
Andres Fabian Cuyato Delgado	70	80	100	60	78
Gustavo Alirio Quiñones	100	60	60	0	55
Heider Yauricio Cuyato Palta	100	90	100	100	98
Jhon Jairo Talaya Muñoz	60	60	90	100	78
<b>Promedio Grupo</b>					<b>64/100</b>

Tabla 22 Post- Prueba grupo tradicional

### 5.1.2.5 Análisis de los resultados

Inicialmente se realizó la comparación de las mediciones  $O_1$  vs.  $O_3$  lo que permite analizar si existe alguna diferencia significativa de el conocimiento de la temática de los dos grupos, antes de entrar a realizar la aplicación del experimento (Ver Figura 22).



Figura 22. Medición de conocimiento previo

Los efectos de esta medición muestran resultados insuficientes en cuanto al conocimiento de esta temática en los estudiantes de ambos grupos, debido a que el tema no se había impartido en clase aún por parte de los Docentes. Sin embargo el grupo dinámico presentó un nivel de conocimiento de la temática a impartir menor (39/100) que el grupo tradicional (52/100), lo cual no invalida el experimento, ya que nos centraremos en la ganancia de conocimiento después del experimento.

Una vez realizada esta comparación y con las encuestas iniciales se puede garantizar que hay un equilibrio entre los dos grupos, además de que se ha bloqueado en lo posible algún elemento que logre invalidar el experimento.



Figura 23. Análisis de grupos por separado

Tomando en cuenta los resultados arrojados por la aplicación de la pre-prueba y la post prueba y la comparación de las mediciones  $O_1$  vs.  $O_2$  y  $O_3$  vs.  $O_4$  (ver Figura 23 ) de los grupos individualmente, encontramos que se obtiene una mejora en el dominio de la temática por parte de los estudiantes ( $O_1 < O_2$  y  $O_3 < O_4$ ) independiente del modelo pedagógico utilizado ya sea la metodología tradicional o la metodología MEA-DI.



Figura 24. Análisis prueba de la hipótesis

Por último se realizó el análisis más importante el cual habla sobre la resultados definitivos del experimento, que consiste en comparar las mediciones  $O_2$  y  $O_4$  (ver Figura 24) donde se puede verificar que si existe una tendencia en la mejora del proceso educativo aplicando la metodología MEA-DI respecto a la metodología tradicional. Los cuales fueron analizados, encontrando que existen mejoras significativas (Ver Tabla 23) en el aprendizaje de una temática educativa con la metodología MEA-DI ya que el grupo de prueba dinámico (grupo A) paso de un nivel insuficiente (calificación 39/100) a un nivel

sobresaliente (87/100) resultado que fue mucho mejor que los conseguidos bajo la metodología tradicional ya que se paso de un nivel insuficiente (calificación 52/100) a una calificación aceptable (64/100).

PRUEBA	Promedio Grupo A	Promedio Grupo B	Ganancia en Conocimiento
Pre-Prueba	39/100	52/100	41/100
Post-prueba	87/100	64/100	12/100

Tabla 23. Tabla resumen promedio obtenidos

#### 5.1.2.6 Conclusión del experimento

Lo anterior muestra que la ganancia de conocimiento del grupo que trabajo con la metodología y herramientas de DINAMICO, fue un 3,4 veces mejor que el grupo que trabajó bajo el entorno tradicional que se imparte en las escuelas. Esto nos permite hablar de una tendencia a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje al utilizar las herramientas metodológicas y software creado en el presente trabajo.

A pesar de que no se desarrollo un indicador para verificar cual era el nivel de abstracción que logran los niños de los fenómenos simulados en el experimento, se observo que hubo una considerable mejora en la comprensión de los elementos más importantes del modelo, ya que por medio de la Herramienta software DINAMICO VISOR se permitía que los niños verificaran la forma en que cada uno de estos elementos podían afectar el modelo completo, esto también se refleja en las respuestas de la post prueba que incluía preguntas de análisis tales como:

1. ¿Qué daña la capa de ozono?
2. ¿Cómo puedes cuidar la capa de ozono?

Por lo anterior la hipótesis del proyecto queda parcialmente demostrada ya que se verifica la existencia de una tendencia en la mejora del proceso de aprendizaje por parte de los niños de educación básica primaria en algunas escuelas de la región SP2 por medio de la metodología MEA-DI y el software de apoyo DINAMICO VISOR, pero queda a trabajo futuro desarrollar más experimentos que permitan ratificar estas tendencias y desarrollar

nuevos indicadores que permitan demostrar que efectivamente los niveles de abstracción mejoran con la incorporación de estas herramientas educativas.

Otros elementos que se observaron durante el experimento fueron:

1. A pesar de que los niños son muy extrovertidos y activos, se mostraron muy atentos y tranquilos a la hora de visualizar la simulación, lo que lleva a un nivel mayor de atención y comprensión de la temática.
2. Al producirse un cambio notorio en la simulación del modelo los niños se notaban muy expresivos, lo que generaba un ambiente de ansiedad por parte del resto de los estudiantes por visualizar el comportamiento del modelo en su computador.
3. Algunos de los estudiantes que se sentían temerosos por el poco conocimiento sobre el uso del computador en general, se mostraron satisfechos con la facilidad de uso de DINAMICO visor, y no tardaron demasiado tiempo en entender como se debía usar esta herramienta.
4. El ambiente de trabajo en un aula de cómputo se torna mas agradable para los estudiantes, por tratarse de un ambiente diferente en el cual ellos pueden interactuar directamente y de manera practica con los computadores.
5. Los medio audiovisuales captan mayor atención de los estudiantes que los otros medios y por ende un mayor entendimiento de las temáticas y mejores conclusiones.

Finalmente, es necesario realizar un estudio a largo plazo, posiblemente con series cronológicas y con diferentes temas, que permitan aportar a las hipótesis iniciales del proyecto con mayor fiabilidad de sus resultados.

## **5.2 PRUEBA DE FUNCIONALIDAD DINAMICO VISOR**

Para determinar la funcionalidad de D-V se realizo una sesión de trabajo en el evento denominado “Primer encuentro de presentación de experiencias UNICAUCA - CPE”, donde los docentes de las diferentes IE, pertenecientes a la región SP2 pudieron

conocer, interactuar y evaluar la funcionalidad de D-V, para ello se presento una encuesta a 10 docentes, donde cada docente tiene asignado un numero identificador (Ver Anexo I).

En cuanto a la evaluación de la funcionalidad realizada a los docentes de D-V se obtuvo lo siguiente:

Los indicadores definidos para determinar la funcionalidad de D-V son:

- A) Facilidad de uso:** define la complejidad con la que el usuario se enfrenta al manipular un sistema. (0: difícil (0%), 1: fácil (100%))
- B) Errores:** define la presencia de errores en el software (0: con errores (0%), 1: sin errores (100%))
- C) Amigabilidad de la interfaz:** define la comodidad en cuanto apariencia visual en el software (0: poco amigable (0%), 1: amigable (100%))
- D) Funcionalidad:** define si un sistema cumple la tarea o tareas que para las cuales el sistema fue creado (0: no funcional (0%), 1: funcional (100%))
- E) Sugerencias:** ver Tabla 25

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos en la encuesta presentada para la prueba de funcionalidad (Tabla 24).

INDICADOR DE FUNCIONALIDAD				
ID Docente	A	B	C	D
<a href="#">31</a>	0%	0%	0%	100%
<a href="#">32</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">33</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">34</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">35</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">36</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">37</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">38</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">39</a>	100%	100%	100%	100%
<a href="#">40</a>	0%	0%	0%	0%
<b>Promedios:</b>	<b>80%</b>	<b>80%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>

Tabla 24. Tabla de Indicadores de Funcionalidad de la Práctica

A continuación se presenta algunas de las sugerencias dadas por cada docente para realizar cambios en D-V (Tabla 25).

¿Qué le cambiaría usted DINAMICO?	
ID	Respuesta
<a href="#">31</a>	Nada
<a href="#">32</a>	Pienso que nada, es muy interactivo.
<a href="#">33</a>	Nada, es muy interactivo.
<a href="#">34</a>	No le cambio, de pronto le aumento, un botón para pausar la simulación y no necesariamente salir, le aumento otros 3 o 4 ejemplos como el anotado y sonidos atractivos.
<a href="#">35</a>	De pronto que cuando no siga el proceso correcto en su manejo salgan mensajes para orientarlo.
<a href="#">36</a>	solo le aumentaría un botón para reiniciar el programa y tratar de presentar mejor los dibujos que se generan más realidad virtual
<a href="#">37</a>	Por el momento ninguno
<a href="#">38</a>	No le haría cambios.
<a href="#">39</a>	sonidos y gráficos
<a href="#">40</a>	Nada

Tabla 25. Sugerencias de cambios para D-V

En cuanto a los indicadores definidos se puede apreciar en la Tabla 24, que los promedios obtenidos para cada uno de estos, son relativamente altos debido al impacto causado en los docentes al trabajar con la herramienta D-V. En cuanto a la facilidad de uso D-V se puede apreciar que realmente es un software pensado para niños y con muy poco elementos en su interfaz grafica, lo que realmente facilita su uso para cualquier tipo de usuario, adicionalmente se rescata algunas de las sugerencias realizadas por los docentes participantes de esta prueba (ver Tabla 25), para la versión presentada en dicha práctica, no se contaba con un botón que permita volver al ambiente inicial, lo que dificultaba el proceso al querer ver otra comportamiento en el modelo, partiendo del ambiente inicial.

Por otra parte, fueron identificados algunos errores como por ejemplo al hacer clic en el borde del ambiente, se mostraba un error de validación, otro error identificado, fue que en el proceso de cargar un nuevo ambiente, se mantenían alguno de los elementos del

ambiente que estaba cargado anteriormente, estos errores identificados fueron reparados en las versiones posteriores de D-V.

D-V es un software amigable, pensado para niños, y por tanto debía contar con una interfaz de usuario propia para dichos usuarios, gracias a la asesoría de un diseñador gráfico se mejoró algunos aspectos de la interfaz de usuario y siguiendo alguna de las sugerencias mostradas anteriormente se adicionó algunos sonidos.

D-V además de ser un software amigable, y fácil de usar causó un impacto alto a los docentes por la nueva manera en la que D-V podría ayudar a sus estudiantes a comprender mejor las temáticas presentadas, ya que los modelos presentados son muy lúdicos y los resultados son muy fáciles de interpretar. Se pueden rescatar algunos de los comentarios que realizaron los docentes en la práctica realizada (ANEXO G) .

- “FELICITAMOS su aporte porque con ello mejoramos nuestra labor docente”
- “Que importante que existan software que permita dinamizar las diferentes áreas del conocimiento, permitiendo realizar diferentes formas de enseñar motivando a los alumnos de una forma diferente. La utilización de esta herramienta pienso que contribuiría a mejorar en el estudiante muchas cosas que de pronto están a mano y no han podido concluir”
- “Hace que las clases sean más dinámicas. Se puede con estos modelos cambiar también el modo de evaluar a los estudiantes”
- “Es una forma como el mismo programa lo dice muy dinámico y que facilita la comprensión de ciertos temas al estudiante”
- “El programa DINAMICO es un programa interesante y aplicable sobre todo en algunas áreas donde el estudiante será motivado a nuevos métodos para dinamizar sus clases. Para el docente muy importante como herramienta para de las clases un proceso y un ambiente diferente, interactuando estudiantes y docentes en forma activa”

### **5.2.1 Conclusiones de la prueba de funcionalidad**

1. los resultados obtenidos con la prueba de funcionalidad son muy satisfactorios y permiten identificar las falencias que puede presentar D-V.
2. Se debe definir un diseño más amplio de la práctica, de tal forma que se convierta en un experimento más prometedor, el cual permita definir con más detalle el comportamiento y resultados de la utilización de D-V. en las diferentes IE.
3. Se nota cierta tendencia a obtener mejores rendimientos con los docentes que dominan de alguna manera los computadores, ya que estos se enfocan en sacar el mayor provecho a D-V y no ya que todavía existe entre muchos de los docentes cierta ignorancia en el uso de la tecnología.

# 6 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

---

---

## 6.1 LINEAMIENTOS DE CONFORMACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES

Con el fin de expresar los resultados finales de cada uno de los objetivos se presenta a continuación una explicación sencilla de los tipos de indicadores utilizados en la evaluación de los resultados y la forma correcta de interpretarlos.

Los indicadores de desempeño que se evalúan básicamente adoptan la forma de un cociente, en el cual, el denominador es un valor numérico que ayuda a efectuar la comparación con el logro obtenido así:

$$\text{Indicador} = \left( \frac{\text{Numerador}}{\text{Denominador}} \right) * \text{Factor Escala}$$

De esta forma se definen los siguientes modelos de indicadores que se deben personalizar y aplicar a los actores, productos, funciones, dependiendo del contexto del objetivo evaluado:

1. **Indicador de cobertura (IC):** Determina la cantidad de elementos cobijados por un producto o estrategia.

$$\text{Cobertura} = \left( \frac{\text{No. de nodos Beneficiarios con el Servicio}}{\text{Número de nodos que se esperaba Servir}} \right) * 100$$

2. **Indicador de eficacia (IE):** Cumplir con los Requisitos definidos.

$$\text{Eficacia} = \left( \frac{\text{Recursos Ejercidos}}{\text{Recursos Asignados}} \right) * 100$$

3. **Indicador de eficiencia (IF):** Permite identificar la relación que existe entre las metas alcanzadas, tiempo y recursos consumidos con respecto a un estándar. Buen uso de los recursos.

$$Eficiencia = \left( \frac{Metas\ Alcanzadas}{Recursos\ Consumidos} \right) * 100$$

4. **Indicador de calidad (IQ):** Están orientados a medir la satisfacción de los beneficiarios.

*Indicador = Calificación entre (1: Mala(0%), 2: Regular(50%), 3: Buena(75%) 4: Excelente(100%))*

Con el modelo de indicadores presentado anteriormente, en el siguiente apartado se desarrollaron un conjunto de indicadores adecuados que permiten evaluar adecuadamente el nivel de cumplimiento de cada uno de los objetivos.

## 6.2 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

En las siguientes tablas, se especifican de arriba hacia abajo: los objetivos comprometidos en el proyecto, los productos esperados derivados de cada objetivo, los resultados obtenidos, los indicadores que evalúan el objetivo, los medios de verificación de los resultados y finalmente unas observaciones que permiten aclarar los resultados en cada objetivo.

Se debe tener en cuenta que se desarrolla una tabla por cada objetivo específico comprometido en la propuesta del proyecto “DINAMICA DE SISTEMAS APLICADA EN EDUCACIÓN BASICA PRIMARIA”

<b>No. De Objetivo:</b>	1
<b>Descripción del objetivo:</b>	Desarrollar una metodología de enseñanza y aprendizaje fundamentada en DS y apoyada en una plataforma computacional adecuada a los estudiantes de básica primaria de la región SP2.
<b>Productos esperados:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documento de la Metodología de Enseñanza y aprendizaje.</li> <li>2. Formación y capacitación de Docentes en la Metodología.</li> </ol>
<b>Resultados obtenidos:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documento de la Metodología de Enseñanza y aprendizaje.</li> <li>2. Formación y capacitación de Docentes en la Metodología.</li> <li>3. Desarrollo de un preexperimento para verificar el impacto de la metodología en algunas de las instituciones de la región SP2</li> <li>4. Realización del artículo "PROPUESTA METODOLOGICA PARA INCORPORACIÓN DE LA DINAMICA DE SISTEMAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA"</li> <li>5. Ponencia del anterior artículo en el "5° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas", realizado en la EAFIT – Medellín los días 8,9,10 de agosto de 2007</li> </ol>
<b>Indicadores (Escala *100):</b>	<p><b>Eficacia</b></p> $IE1 = \frac{No\text{ProductosObtenidos}}{No\text{ProductosAOhener}} = 5/2 = 250\%$ <p><b>Calidad</b></p> <p>IQ1 = ¿Se realizó la formación y capacitación de docentes y directivos de las diferentes instituciones Educativas de la Región SP2? = 3 = 75%</p> <p>IQ2 = ¿el impacto de la metodología MEA-DI fue el esperado? = 3 = 75%</p> <p><b>Total cumplimiento del objetivo (promedio eficacia)</b></p> $objetivd = \frac{250}{1} = 250\%$
<b>Medios de verificación:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buscar los contenidos publicados en línea en: <a href="http://www.ingenieriamatematica.com/memorias/quinto/Dinamicasistemas.html">http://www.ingenieriamatematica.com/memorias/quinto/Dinamicasistemas.html</a></li> <li>2. En el Capítulo 3 de este documento se encuentran la Metodología propuesta</li> <li>3. ANEXO J: Documento del Artículo presentado al "5° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas" EAFIT, Medellín</li> <li>4. ANEXO K: Carta de Aceptación del Artículo</li> <li>5. ANEXO K: Constancia Presentación de Ponencia</li> </ol>

<p><b>Estrategias y/o observaciones:</b></p>	<p>1. <b>Metodología de enseñanza y aprendizaje:</b> la metodología es uno de los principales objetivos del presente proyecto, lo cual implicó un estudio exhaustivo de los diferentes tipos de modelos existentes en el área de educación a través del uso de las TIC, causando un retardo significativo en el desarrollo del proyecto debido al poco conocimiento en esta área, por otra parte para la búsqueda de información se contó con la asesoría de el doctor en ciencias de la educación Miguel Corchuelo (profesor investigador adjunto al departamento de física de la facultad de ciencias naturales, exactas y de la educación de la universidad del cauca), de la psicóloga social comunitaria Elsa Salazar, y el Ingeniero Carlos Alberto Cobos del departamento de sistemas, quienes orientaron de alguna manera la metodología presentada. La múltiples ocupaciones propias de su oficio de los asesores retardaron a un mas la construcción de la metodología propuesta.</p> <p>2. <b>Formación y capacitación de docentes en la metodología:</b> la incorporación del uso de las TIC en la educación tal y como lo propone la metodología, implicó un mayor esfuerzo por parte de los docentes, debido a que en las regiones donde se experimento con DINAMICO y la metodología MEA-DI los docentes tenían muy poco dominio en el manejo de los equipos informáticos del plantel educativo, lo cual se esta resolviendo con la generación de proyectos internos del plantel para la capacitación de docentes en el manejo de dichos equipos.</p>
--	--

<p><b>No. De Objetivo:</b></p>	<p>2</p>
<p><b>Descripción del objetivo:</b></p>	<p>Construir una plataforma computacional que reutilice e integre un motor de DS permitiendo a los estudiantes de básica primaria de la región SP2 interactuar con diferentes modelos de DS adecuados a las temáticas particulares de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes; con el fin, de que ellos puedan manipular y visualizar los resultados de la simulación por medio de una interfaz adecuada para los niños.</p>
<p><b>Productos esperados:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prototipo de una Plataforma Computacional</li> <li>2. Modelos de DS adecuados a las temáticas.</li> <li>3. Manual de Usuario</li> <li>4. Capacitación de Docentes en el uso de DINAMICO</li> <li>5. Capacitación de Comité – CPE en el uso de DINAMICO</li> <li>6. Capacitación de Estudiantes en el uso de DINAMICO</li> </ol>
<p><b>Resultados obtenidos:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plataforma Computacional DINAMICO.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Soporte SW de algunas fases de Metodología MEA-DI</li> <li>3. 3 Modelos de DS adecuados a las temáticas.</li> <li>4. Manual de Usuario</li> <li>5. Capacitación de Docentes en el uso de DINAMICO Visor</li> <li>6. Capacitación de Comité CPE en el uso de DINAMICO Visor y DINAMICO Editor</li> <li>7. Capacitación de Estudiantes en el uso de DINAMICO Visor</li> </ol>
<p><b>Indicadores (Escala *100):</b></p>	<p><b>Eficacia</b></p> $IE1 = \frac{No\text{ProductosObenidos}}{No\text{ProductosAOhener}} = 7/6 = 117\%$ <p><b>Calidad</b></p> <p>IQ1 = ¿Se realizo la formación y capacitación de docentes y directivos de las diferentes instituciones Educativas de la Región SP2 en el uso de DINAMICO Visor? = 3 = 75%</p> <p>IQ2 = ¿Se realizo la formación y capacitación Comité CPE en el uso de DINAMICO Visor y DINAMICO Editor? = 3 = 75%</p> <p>IQ3 = ¿Se realizo la formación y Capacitación de Estudiantes en el uso de DINAMICO Visor? = 4= 100%</p> <p>IQ2 = ¿el impacto de DINAMICO fue el esperado por parte de los docentes y estudiantes? = 4 = 100%</p> <p><b>Total cumplimiento del objetivo (promedio eficacia)</b></p> $objetivd = \frac{117}{1} = 117\%$
<p><b>Medios de verificación:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el Capitulo 4 de este documento se encuentran la Descripción de la Plataforma Computacional DINAMICO.</li> <li>2. Manual de Usuario DINAMICO EDITOR (Anexo M)</li> <li>3. Manual de Usuario DINAMICO EDITOR (Anexo N)</li> </ol>
<p><b>Estrategias y/o observaciones:</b></p>	<p>Con respecto al desarrollo de la Plataforma computacional DINAMICO se siguieron las siguientes estrategias</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Motor de dinámica de sistemas:</b> al iniciar el proyecto se realizo una vasta exploración tecnológica para la correcta elección de un motor de</li> </ol>

	<p>DS, que se adapte a los requerimientos de DINAMICO, por esta razón se evaluaron diferentes motores de DS entre ellos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ <b>STELLA:</b> Potente motor de DS, pero es un software propietario, por tanto no se podía acceder al código fuente.</li><li>➤ <b>CO-LAB:</b> Software de DS académico, no fue posible contactar con sus creadores para solicitar el código fuente, desarrollado en JAVA.</li><li>➤ <b>EVOLUCIÓN:</b> Software de DS desarrollado por el grupo SIMON de la UIS, el grupo SIMON, desarrollado en Delphi7.</li></ul> <p>Una vez analizadas cada una de las opciones se opto por utilizar el motor de DS de EVOLUCIÓN ya que sus creadores compartieron el código fuente de EVOLUCIÓN para fines académicos.</p> <p><b>2. Lenguaje de programación:</b> Una vez seleccionado el motor de DS, fue necesario realizar una curva de aprendizaje sobre el lenguaje de programación en el cual EVOLUCIÓN fue desarrollado, debido a que se necesitaba tener claro su funcionamiento, para lograr la integrarlo con el resto de la plataforma, los primeros pasos hacia la integración del motor con la plataforma fueron errados debido a que se perdió demasiado tiempo tratando de integrar el código fuente del motor en delphi7 a la plataforma .net, por tal motivo se decidió desarrollar la totalidad de la plataforma en el mismo lenguaje de programación en el cual se desarrollo el motor, para ello se utilizó Borland Developer Studio 2006, en el lenguaje DELPHI, dicha decisión principalmente por cuestiones de tiempo y cumplimiento de requisitos, lo que permitió integrar satisfactoriamente el motor de DS con el resto de la plataforma.</p> <p><b>3. Metodología de desarrollo:</b> se selecciono una metodología de desarrollo Ágiles, eXtreme programming (XP), dado a que XP nos permitió adecuar el desarrollo de la herramienta a los requerimientos de tiempo y calidad que exigía el proyecto, por esta razón se dio más importancia a los desarrollos rápidos más que a la exhaustiva documentación.</p>
--	---

	<p><b>4. Mostrar los datos de DS de manera grafica:</b> uno de los principales inconvenientes presentados en el desarrollo de DINAMICO, fue la manera de representación grafica de los datos entregados por el motor de DS después de cada evaluación, debido a que se quería romper la manera tradicional de cómo los software de DS existentes, hacen una representación de los datos a través de curvas, para ello surgió la idea de adoptar cierto comportamiento presentado por los autómatas celulares, además de dichos autómatas celulares permiten la definición de reglas y objetos, lo que da flexibilidad para la creación de diferentes tipos de ambientes que se adaptan a cada modelo de DS.</p> <p><b>5. Modelos de dinámica de sistemas:</b> para la elección de los diferentes modelos de DS adecuados al nivel de estudio de los estudiantes del grado quinto de primaria, se realizaron diferentes visitas a las IE donde después de aplicar encuestas y analizar los contenidos temáticos de cada IE, se decidió crear diferentes modelos para el área de ciencias naturales y ciencias sociales.</p>
--	--

<b>No. De Objetivo:</b>	3
<b>Descripción del Objetivo:</b>	Validar las herramientas metodológicas y computacionales a través de la definición y monitoreo de un conjunto de indicadores que permitan verificar si existen mejoras en los procesos de aprendizaje en lo referente a las temáticas impartidas en básica primaria de la región SP2.
<b>Productos Esperados:</b>	1. Documento de la Validación de las herramientas metodológicas y computacionales.
<b>Resultados Obtenidos:</b>	1. Documento de la Validación de las herramientas metodológicas y computacionales.
<b>Indicadores (Escala *100):</b>	<p><b>Eficacia</b></p> $IE1 = \frac{NoProductosObtenidos}{NoProductosAObtener} = 1/1 = 100\%$ <p><b>Total cumplimiento del objetivo (promedio eficacia)</b></p> $objetivd = \frac{100}{1} = 100\%$

<b>Medios de Verificación:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. En el Capítulo 5 de este documento se encuentran Documento de la Validación de las herramientas metodológicas y computacionales.</li><li>2. Constancias de asistencia a las IE (Anexo O)</li><li>3. Constancia de finalización y aprobación del proyecto por parte de CPE (Anexo P)</li></ol>
<b>Estrategias y/o Observaciones:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>pruebas de funcionalidad:</b> las pruebas de funcionalidad se realizaron inicialmente en las IE anteriormente mencionadas, y a pesar de algunos inconvenientes presentados para realizar dichas pruebas como: taponamientos en la vía de acceso a la región, suspensión de actividades académicas en las IE a causa del paro nacional, entre otras, lograron llevar a cabo diferentes sesiones de trabajo, para probar el proyecto con usuarios reales logrando obtener resultados satisfactorios, de la metodología presentada, de la funcionalidad de DINAMICO Visor, y del proyecto en general.</li></ol>

# 7 CONCLUSIONES, Y TRABAJO FUTURO

---

---

En esta parte final se presentan algunas recomendaciones, las conclusiones relacionadas con las pruebas y el uso de DINAMICO, además de las conclusiones propias del trabajo de investigación. Por último se presentan las actividades futuras a desarrollar por parte de los investigadores y unas recomendaciones para otros investigadores que se motiven a realizar trabajos en esta área.

## 7.1 CONCLUSIONES

- El uso de la metodología MEA-DI y de la herramienta software DINAMICO, presentan grandes ventajas para la formación de estudiantes con capacidades de pensamiento dinámico-sistémico y de trabajo en equipo. En este sentido los resultados de la investigación reflejan grandes potencialidades para el uso de la DS en la Educación Básica Primaria, en principio por el grado de estructuración y ordenamiento de la metodología MEA-DI que ayuda, orienta, guía a docentes y estudiantes, además por el soporte dado con DINAMICO que instrumenta de una forma adecuada y útil la experimentación en el aula por parte de estudiantes y docentes.
- La metodología MEA-DI permite llevar un control bien definido de una actividad educativa antes, durante y después del proceso, a través de una serie de pasos metodológicos en los cuales se definen la planeación, programación, ejecución, análisis y debate, entre otros pasos que aseguran que los estudiantes puedan utilizar de la mejor manera la simulación para el mejor entendimiento de una temática escolar.

- La realización y aceptación del artículo “PROPUESTA METODOLOGICA PARA INCORPORACIÓN DE LA DINAMICA DE SISTEMAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA” permitió dar a conocer a diferentes instituciones interesadas en el tema la metodología propuesta en este proyecto, la cual fue sustentada mediante ponencia en el “5º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas”, realizado en la EAFIT – Medellín los días 8, 9,10 de agosto de 2007.
- La integración del modelado con DS y su representación bajo el paradigma de autómatas celulares basados en objetos y reglas, permite utilizar la simulación con DS para la enseñanza de las temáticas en educación básica primaria de una forma transparente e intuitiva.
- La herramienta software DINAMICO soporta diferentes etapas la metodología MEA-DI, en lo referente al desarrollo de un proyecto educativo con DS, en la generación de escenarios, en la representación de los resultados de las simulaciones gráficas animadas y en el análisis de los mismos. Esta plataforma computacional está orientada a facilitar la comprensión y análisis de las temáticas educativas en las que se vincule la simulación con DS como elemento didáctico para impartir el conocimiento en el aula de clase.
- Se crearon modelos de DINAMICO adecuados al currículo educativo de las diferentes IE tales como:
  - **Calentamiento global:** este modelo permite visualizar el deterioro de la capa de ozono, y como algunos factores como la contaminación, la tala de árboles, y la basura aportan lentamente a la desaparición de la capa de ozono, lo que permite generar una conciencia social a los estudiantes, mostrando los diferentes escenarios(sin contaminación, ideal y con mucha contaminación).
  - **Crecimiento de una planta:** este modelo permite visualizar el crecimiento de una planta en un escenario con condiciones adecuadas y como su crecimiento puede verse atrofiado si alguna de las variables como Nutrientes, Temperatura o Agua son modificadas drásticamente.

- **Equilibrio ecológico:** en este modelo se puede visualizar diferentes escenarios y como la intervención de la mano humana puede generar efectos de superpoblación de una especie, este caso específico se habla de lobos y conejos.
- Un modelo de DS soportado en DINAMICO con una ambientación adecuada para niños de básica primaria (especialmente de quinto grado), presenta una tendencia positiva en el proceso de mejoramiento de la capacidad de abstracción y aumento del nivel de aprendizaje, en diferentes temáticas educativas, dadas sus características que permiten captar un mayor grado de interés en la temática, por tratarse de una herramienta dinámica y entretenida con algunas semejanzas a los juegos computacionales.
- Se realizó la capacitación alrededor de 160 estudiantes, 30 Docentes y 5 miembros del comité CPE, en el uso de DINAMICO y su metodología, con el fin de realizar validaciones y pruebas, las cuales muestran resultados satisfactorios como se observó anteriormente.
- Los resultados de las pruebas demuestran que es más efectivo el proceso de aprendizaje bajo la utilización de la metodología MEA-DI y la herramienta DINAMICO, en comparación con la metodología tradicional.
- Los resultados del trabajo de investigación y desarrollo realizado en este proyecto, resultan de gran utilidad para dos grupos de investigación y las diferentes Instituciones Educativas:
  - ❖ **Grupo SIMON.** Para el grupo SIMON se pone a disposición una plataforma computacional que basado en sus propios componentes desarrollados tales como Motor, Editor, Graficador, muestra una nueva manera de visualizar los resultados de los datos de una manera animada y grafica de un modelo de DS, permitiendo si es de su interés, ampliar los límites de donde la DS llegaba.
  - ❖ **Grupo GTI.** El resultado obtenido en este proyecto hace parte de la presentación de resultados de la alianza UNICAUCA - CPE liderada por

grupo GTI. Con el fin de afrontar la revolución educativa y la tendencia hacia la incorporación de las TIC en los procesos educativos.

- ❖ **Instituciones educativas.** Los resultados obtenidos en este trabajo de grado, la plataforma computacional DINAMICO y la metodología MEA-DI permiten a las Instituciones educativas una nueva manera de integrar los conocimientos de los docentes, con nuevas herramientas tecnológicas, lo cual muestra tendencias importantes hacia la mejora de los procesos educativos de sus estudiantes, además de poder generar una conciencia social, inicialmente la IE beneficiadas son: Institución Educativa “Antonio Nariño” Preescolar y Básica Primaria (San Pablo – Nariño), Institución Educativa Técnica San Francisco de Asís (La Cruz del Mayo – Nariño), Institución Educativa Microempresarial de Cabuyales (Cabuyales - La Cruz Nariño), Institución Educativa Agropecuaria Miguel Ángel Rangel (Tajumbina – La Cruz Nariño) y por ultimo Centro Educativo “Barro Blanco” Sede las Huacas (Timbio – Cauca)

## 7.2 TRABAJO FUTURO

- Es de gran importancia la continuidad de este proyecto en la fase 2 del convenio UNICAUCA - CPE, ya que en dicha fase se pretende mostrar resultados más evidentes y no tendencias en los procesos de enseñanza y aprendizaje de temáticas educativas apoyadas en las TIC, permitiendo su difusión en el ámbito nacional.
- Incorporar a DINAMICO nuevas funcionalidades que le permitan soportar la mayoría de las tareas definidas en la metodología MEA-DI, teniendo como objetivo central, el desarrollo de una interfaz gráfica usable para niños de 7 a 12 años.

## 8 GLOSARIO Y BIBLIOGRAFIA

---

En este capítulo se describe el glosario del presente trabajo y la bibliografía utilizada

### 8.1 GLOSARIO

- **Actividad educativa:** Actividad desarrollada por docente y estudiantes con el fin de exponer algún tema educativo, puede incluir actividades expositivas de alguna temática seguida de actividades experimentales
- **Ambiente:** Es el mundo, donde se da la dinámica del fenómeno. Los objetos pueden existir en él y gracias a ello aplicar las Reglas inherentes a cada uno, espacio donde se lleva a cabo la simulación grafica.
- **Autómata celular:** Modelo matemático que modela a un sistema dinámico que EVOLUCIÓNa en pasos discretos, tienen la capacidad de representar comportamientos complejos a partir de una dinámica sencilla
- **Componente:** Parte discreta de un sistema capaz de operar independientemente, pero diseñada, construida y operada como parte integral del sistema.
- **CPE:** Acrónimo de Computadores para Educar.
- **CTS:** Enfoque pedagógico que considera las relaciones entre Ciencia Tecnología y Sociedad Currículo Educativo:
- **DELPHI:** Entorno de desarrollo de software diseñado para la programación de propósito general con énfasis en la programación visual, basada en el lenguaje Pascal, desarrollada por Borland.
- **Diagrama causal:** Diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos.
- **Diagrama de forrester:** El Diagrama de Flujos, también denominado Diagrama de Forrester, es el diagrama característico de la Dinámica de Sistemas. Es una

traducción del Diagrama Causal a una terminología que facilita la escritura de las ecuaciones en el ordenador.

- **Dinámica de sistemas (DS):** La DS es una metodología para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos como los estudiados por las ciencias sociales, la economía o la ecología.
- **Editor EVL:** El componente editor de EVOLUCIÓN es el que provee mecanismos para la creación, edición y destrucción de elementos del diagrama de Forrester, este encierra capacidades para mostrar el diagrama de Forrester en un recuadro, cargar y guardar archivos de modelos, crear, editar y destruir cualquier tipo de elemento del diagrama de Forrester.
- **Equipo CPE:** Es un grupo de trabajadores pertenecientes al convenio UNICAUCA–CPE este equipo posee habilidades complementarias, Y conocimientos en temáticas afines a este proyecto La motivación fundamental de estas personas consiste en acompañar a las IE pertenecientes al convenio, en el proceso de aprendizaje de la nuevas tecnologías.
- **Escuela nueva:** también conocida por diferentes autores como Escuela Activa, "Nueva Educación" o incluso "Educación Nueva", es un movimiento psicopedagógico surgido a finales del Siglo XIX. Proponía a un alumnado activo que pudiese trabajar dentro del aula sus propios intereses como persona y como niño ya que esta escuela viene a ser lo que nosotros deseamos.
- **EVOLUCIÓN:** Herramienta Software desarrollado por el Grupo SIMON de la Universidad Industrial de Santander, para el modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas, en su versión actual EVOLUCIÓN 3.5.
- **EVL:** Acrónimo de EVOLUCIÓN.
- **Extreme programming:** es un enfoque de la ingeniería de software. Es la más destacada de los procesos ágiles de desarrollo de software. Al igual que éstos, la programación extrema se diferencia de las metodologías tradicionales principalmente en que pone más énfasis en la adaptabilidad que en la previsibilidad y documentación.
- **Flujos:** Los flujos o válvula, como también se les conoce, son variables que están conectadas a una tubería y son las que hacen que un nivel crezca o disminuya su valor. Los flujos se utilizan cuando los niveles están incrementándose (o

disminuyendo) en partículas reales o concretas, es decir “algo” está siendo acumulado en dicho nivel.

- **Graficador EVL:** Componente visual de EVOLUCIÓN que permite la observación de datos en una simulación pueden observarse en modo tabla o como una grafica de curvas.
- **Historias de usuario:** Es la técnica utilizada en XP para especificar los requisitos del software. Se trata de tarjetas de papel en las cuales el cliente describe brevemente las características que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales.
- **Iteración:** Es un conjunto de actividades llevadas a cabo de acuerdo a un plan que lleva a producir una versión de un producto. Cada fase del proyecto está constituido por una o más iteraciones.
- **MEA-DI:** Acrónimo de Metodología de Enseñanza y Aprendizaje DINAMICO, propuesta en este proyecto.
- **Modelo:** Representación simplificada de una parte limitada de la realidad y de los elementos relacionados.
- **Modelo DINAMICO:** Representa el modelo que será creado, o modificado por los usuarios, este modelo esta compuesto por un modelo DS y un ambiente.
- **Modelo DS:** modelo de Dinámica de Sistemas, creado en EVOLUCIÓN 3.5 el cual debe contener el diagrama de Forrester apropiado a una temática específica.
- **Motor EVL:** Representa el modelo que será creado, o modificado por los usuarios, este modelo esta compuesto por un modelo DS y un Ambiente.
- **Nivel:** Los niveles son conocidos también como acumulaciones o variables de estado. Los niveles varían a través de un período de tiempo. Lo niveles cambian en función de los flujos o válvulas y en algunas ocasiones por variables auxiliares
- **Objeto:** Representa los diferentes elementos de tipo autómatas celulares dispuestos sobre un ambiente, cada objeto tiene relacionado valor y Regla.
- **Pedagogía:** Arte de transmitir experiencias, conocimientos, valores, con los recursos que tenemos a nuestro alcance, como son: experiencia, materiales, la misma naturaleza, los laboratorios, los avances tecnológicos, la escuela, el arte, el lenguaje hablado, escrito y corporal.

- **Pedagogía conceptual:** es un modelo pedagógico y su objetivo es, en definitiva promover el pensamiento, las habilidades y los valores en sus educandos, diferenciando a sus alumnos según el tipo de pensamiento por el cual atraviesan (y su edad mental), y actuando de manera consecuente con esto, garantizando además que aprehendan los conceptos básicos de las ciencias y las relaciones entre ellos.
- **Plataforma computacional:** la herramienta que permite al estudiante acceder a las sesiones de capacitación y realizar ejercicios de aprendizaje, se caracteriza por dar soporte a un ambiente específico, en este caso una metodología.
- **Prototipo:** Producto terminado al que se llega en la fase de investigación y desarrollo, pero que no es, todavía, el definitivo.
- **Proyecto educativo:** es un conjunto de criterios, normas y directrices que orientan el ejercicio y el cumplimiento para la buena labor educativa
- **Regla:** Es una norma que se aplica a los Objetos y determina la evolución de los objetos en el tiempo y el espacio, Las Reglas pueden reflejar comportamientos que por sí mismos poseen los objetos de un Objeto o pueden mostrar la manera como interactúan objetos de diferentes o de la misma clase de Objeto.
- **Requerimiento:** consiste en una condición o capacidad que debe satisfacer un sistema.
- **Simulación:** Proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con el mismo, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias.
- **Sur pacífico 2:** Región del Sur Occidente colombiano compuesta por los departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo.
- **TIC:** Hace referencia a la utilización de medios ofimáticos para almacenar, procesar y difundir todo tipo de información o procesos de formación educativa
- **UML:** Unified Modeling Language. Lenguaje de modelado visual que se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software.
- **Variable:** Valor que puede cambiar según las condiciones que se estén dando en el programa.

- **Vecindad:** Conjunto contiguo de celdas, que rodean a una objeto dentro de una ambiente.
- **XP:** El acrónimo XP puede referirse a: \* Programación Extrema (eXtreme Programming).

## 8.2 BIBLIOGRAFIA

- [1] **REVOLUCIÓN EDUCATIVA**, Documento plan sectorial 2002 - 2006. Ministerio de Educación. Disponible al 12 de Octubre de 2006 en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/propertyvalue-30974.html>
- [2] **COMPUTADORES PARA EDUCAR**, ¿Que Es CPE?, Disponible al 12 de Octubre de 2006 en: [http://www.computadoresparaeducar.gov.co/que\\_es.html](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/que_es.html)
- [3] **PROPUESTA PARA CELEBRAR UN CONVENIO DE COOPERACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES NECESARIAS EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO “ALIANZA ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO DE LA FASE DE PROFUNDIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ACOMPAÑAMIENTO EDUCATIVO DE COMPUTADORES PARA EDUCAR”, EN 71 INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL SECTOR PÚBLICO, BENEFICIADAS DURANTE EL 2005 POR EL PROGRAMA COMPUTADORES PARA EDUCAR Y LOCALIZADAS EN LA REGIÓN SUR-PACIFICO 2**, Universidad del Cauca, Grupo de I+D en Tecnologías de la Información, Popayán, Diciembre 13 de 2005
- [4] **I ENCUENTRO COLOMBIANO DE DINAMICA DE SISTEMAS: DINAMICA DE SISTEMAS EN LA PRACTICA**. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Minas. Disponible al 2 de Noviembre de 2006 en: <http://sistemas.unab.edu.co/docentes/japarra/Memorias.pdf>
- [5] **COMPUTADORES PARA EDUCAR**, Acompañamiento Educativo , Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en: [http://www.computadoresparaeducar.gov.co/apoyo\\_post\\_escuelas.html](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/apoyo_post_escuelas.html)
- [6] **DAEDALUS**, El enfoque Sistémico. Desarrollo de productos y servicios innovadores para la sociedad de la información. Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en: <http://www.daedalus.es/AreasISEnfoque-E.php>

- [7] **FORRESTER, Jay W.** SYSTEM DYNAMICS AND LEARNER – CENTERED – LEARNING IN KINDERGARTEN THROUGH 12<sup>TH</sup> GRADE EDUCATION, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA. Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM1/D-4337.pdf>
- [8] **PEREDA, Carlos, PRADA, Miguel Ángel, ACTIS, Walter.** INVESTIGACION ACCION PARTICIPATIVA: Propuesta para un ejercicio activo de la ciudadanía. Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en : <http://www.monografias.com/trabajos32/investigacion-accion-participativa-ejercicio-ciudadania/investigacion-accion-participativa-ejercicio-ciudadania.shtml>
- [9] **SALAZAR, Maria Cristina.** LA INVESTIGACION ACCION PARTICIPATIVA, INICIOS Y DESARROLLOS, Cooperativa Editorial Magisterio – 1992
- [10] **ANDRADE, Hugo.** MICROMUNDOS: UNA APLICACIÓN DE DINAMICA DE SISTEMAS EN EL ESTUDIO DE LA MACROECONOMIA KEYNESIANA, Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en : <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie96/SAOPAULO.html>
- [11] **LAS TIC EN LA EDUCACIÓN RURAL LA EXPERIENCIA DEL SAT USANDO COMPUTACIÓN:** Convenio Computadores para Educar – Coreducir SAT, Disponible al 13 de Noviembre en: [http://www.sat.edu.co/IMG/pdf/Ponencia\\_SAT.pdf](http://www.sat.edu.co/IMG/pdf/Ponencia_SAT.pdf), [http://www.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca/Archivos/fileo\\_otrssecciones/fileo\\_otrssecciones1604399.pdf](http://www.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca/Archivos/fileo_otrssecciones/fileo_otrssecciones1604399.pdf)
- [12] **TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES:** Instituto de Investigación e Ingeniería de Aragón, Universidad de Zaragoza, Disponible al 13 de Noviembre en: [http://i3a.unizar.es/doc/data\\_tec\\_infor\\_comunic\\_ES.pdf](http://i3a.unizar.es/doc/data_tec_infor_comunic_ES.pdf)
- [13] **BUSTOS, Germán.** TEMORES, ILUSIONES Y COMPUTADORES: LAS TIC TAMBIÉN LLAMADAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y

- COMUNICACIÓN: Germán Bustos, Proyecto Atarraya. Disponible al 13 de Noviembre en: <http://atarraya.org/Temores-ilusiones-y-computadores>
- [14] **BUSTOS, Germán.** EDUCACION RURAL Y TIC: Proyecto Atarraya. Disponible al 13 de Noviembre en: <http://atarraya.org/atarraya.org/Educacion-Rural-y-TIC>
- [15] **QUE ES LA DINAMICA DE SISTEMAS: 2006 DAEDALUS** - Data, Decisions and Language, S. A Disponible al 13 de Noviembre en: <http://www.daedalus.es/AreasDSDef-E.php>
- [16] **SISTEMA DE APRENDIZAJE TUTORIAL.** La Fundación para la Aplicación y Enseñanza de la Ciencias, FUNDAEC, Disponible al 13 de Noviembre en: <http://www.sat.edu.co/>
- [17] **ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: EL PROYECTO GET,** Disponible al 24 de Enero en <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/cuad6-7/evea.htm>
- [18] **GRUPO SIMON,** Disponible al 27 de enero en: <http://simon.uis.edu.co>
- [19] **HERRAMIENTAS DE MODELADO Y SIMULACION,** Disponible al 27 de enero en: <http://simon.uis.edu.co/WebSIMON/software/indsf.htm>
- [20] **STELLA, Systems Thinking for Education and Research,** Disponible al 27 de enero en: <http://www.iseesystems.com/>
- [21] **DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA** - Vigésima segunda edición, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Disponible al 21 de marzo de 2007 en: [http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=metodologia](http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=metodologia)
- [22] **¿QUE ES CTS?,** Grupo Argo, Disponible al 21 de Marzo de 2007 en : [http://www.grupoargo.org/cts41\\_42.pdf](http://www.grupoargo.org/cts41_42.pdf)
- [23] **LOPEZ, José A, VALENTI, Pablo.** EDUCACION TECNOLOGICA EN EL SIGLO XXI, disponible al 21 de marzo de 2007 en: <http://www.oei.es/salactsi/edutec.htm>
- [24] **BRU MARTIN, Paloma, BASAGOITI, Manuel.** LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA COMO METODOLOGÍA DE MEDIACIÓN E INTEGRACIÓN SOCIO-COMUNITARIA, sociólogos, disponible al 15 de abril de 2007 en:

- [http://www.pacap.net/es/publicaciones/pdf/comunidad/6/documentos\\_investigacion.pdf](http://www.pacap.net/es/publicaciones/pdf/comunidad/6/documentos_investigacion.pdf)
- [25] **DE ZUBIRÍA, Julián Samper.** TRATADO DE PEDAGOGIA CONCEPTUAL, Los modelos pedagógicos, Fundación Alberto Merani, Año 1997
- [26] **KEMMIS, S. y MC.TAGGART, R.** (1988). Cómo planificar la investigación acción. Laertes. Barcelona.
- [27] **ANCÍZAR, Raul, QUINTERO, Josefina.** INVESTIGACION PEDAGOGICA Y FORMACION DEL PROFESORADO, Universidad de caldas, disponible en al 24 de abril de 2007 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/054Ancizar.PDF>
- [28] **PIAGET, Jean.** LOS ESTADIOS DE DESARROLLO COGNITIVO. Disponible al 24 de abril de 2007 en <http://www.es.wikipedia.org>, <http://www.unige.ch/piaget/>, <http://www.piaget.org>.
- [29] **ANDRADE, Hugo, FLÓREZ, Luís Carlos.** TECNOLOGÍAS INFORMARICAS en la Escuela, Computadores para educar-Universidad de Santander fase de profundización, División editorial y de publicaciones UIS Universida de Santander Colombia, año 2006.
- [30] **FORRESTER, Jay W.** SYSTEM DYNAMICS AND LEARNER – CENTERED – LEARNING IN KINDERGARTEN THROUGHT 12TH GRADE EDUCATION, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA. Disponible al 13 de Noviembre de 2006 en: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM1/D-4337.pdf>
- [31] **CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA.** Disponible al 07 de mayo de 2007 en: <http://www.cna.gov.co/cont/documentos/legislacion/constitucion.pdf>
- [32] **GONZALES, Luís Fernando.** UNA INTRODUCCIÓN A LOS AUTÓMATAS CELULARES, Docente Área de Computación, Disponible al 14 de mayo de 2007 en: <http://yupana.autonoma.edu.co/publicaciones/yupana/005/autocelular/Automatas.html>
- [33] **FLEIFEL, T. Farid, ARANGUREN, Ricardo.** Autómatas Celulares. Disponible al 14 de mayo de 2007 en: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/2262/>
- [34] **JOHNSON, David W., JOHNSON, Roger T.** Learning together and alone (2nd edition). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1987.

- [35] **JOHNSON, D. W., JOHNSON, R. T., and Smith, K. A.** (1991). Active learning: Cooperation in the college classroom. Edina, MN: Interaction Book Company.
- [36] **JOHNSON, Roger T. and David W. JOHNSON.** "An Overview of Cooperative Learning." Creativity and Collaborative Learning Eds. Jacqueline Thousand, R. Villa and A. Nevin. Baltimore, Paul H Brookes Publishing. 1994.
- [37] **JOHNSON, Roger T., JOHNSON, David W.** Handbook of Research for Educational Communications and Technology. Edited by David H. Jonassen. 1997.
- [38] **JOHNSON, D. W., JOHNSON, R. T.** Aprender Juntos y Solos. Aprendizaje Cooperativo, Competitivo e Individualista. (1ra Ed.). Aique Grupo Editor S.A. 1999.
- [39] **LINCE, Emiliano, CUELLAR, Mario.** Manual del Programador, EVOLUCIÓN 3.5. Grupo SIMON de Investigación. Universidad Industrial de Santander.
- [40] **VAZQUEZ, Juan, OLIVER, Javier,** Evolución de autómatas celulares Utilizando algoritmos genéticos. Disponible al 20 de septiembre de 2007 en: <http://paginaspersonales.deusto.es/ivazquez/ponencias/EVOLUCIÓN99.pdf>
- [41] **NIÑO, miguel, COBOS Carlos, MORENO, Jorge, GIRON, Juan, GUERRERO, Jonathan,** PROPUESTA METODOLOGICA PARA INCORPORACIÓN DE LA DINAMICA DE SISTEMAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA. Disponible en: <http://www.ingenieriamatematica.com/memorias/quinto/Dinamicasistemas.html>
- [42] **DUARTE, Carmen E, LOZANO, Oscar A, ANDRADE, Hugo,** HOMOS 1.0 HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN BASADO EN OBJETOS Y REGLAS. Disponible en: <http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342415019136.PDF>