



**Simulación del proceso didáctico en la implementación de la Modelación Dinámica de
Sistemas en Educación Básica Primaria Rural – Provincia de Sumapaz**

Fase 1

Iosofael Rayid Reyes Ortiz

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas

Fusagasugá

2019

**Simulación del proceso didáctico en la implementación de la Modelación Dinámica
de Sistemas en Educación Básica Primaria Rural – Provincia de Sumapaz
Fase 1**

Iosofael Rayid Reyes Ortiz

**Trabajo de grado como requisito parcial en la modalidad de Actividad Investigativa
para optar al grado de Licenciado en Matemáticas**

Directora:

Magister Martha Lidia Barreto Moreno

Línea de Investigación:

Desarrollo del Pensamiento Matemático

Grupo de Investigación:

**Grupo de Investigación e Innovación en Modelación Matemática y Computacional -
GIIMMYC**

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas

Fusagasugá

2019

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores y compañeros que me enseñaron y apoyaron en el transcurso de toda la carrera.

A la directora Martha Lidia Barreto Moreno por su apoyo, tiempo, dedicación, y motivación cada día para mejorar los procesos ejecutados en el presente proyecto.

A los estudiantes:

Miguel Ángel Gamba, Yonatan Alexander Poveda Pulido, María Alejandra Mayorga Henao, Yeferson Castellanos Novoa, José María Aguirre González, Cristy Viviana Martínez Narváez, Luis Felipe Moreno Moreno, Luz Adriana Rivera Guzmán, Liseth Melisa Sánchez Casas, Wendy Katerine Urrego Méndez.

A los profesores:

Diana Marcela Contento Sarmiento, José Luis Moreno Sanabria, César Javier Trujillo Pulido

A los rectores de las siguientes instituciones:

Institución Educativa Departamental Colegio Kirpalamar en Arbeláez, Cundinamarca

Institución Educativa Departamental San Bernardo, San Bernardo, Cundinamarca

Institución Educativa Municipal Campestre Nuevo Horizonte, Fusagasugá

Institución Educativa Municipal Ciudad Eben Ezer

A los docentes y estudiantes de las siguientes instituciones:

Escuela Rural Unitaria Santa Helena, Granada Cundinamarca

Escuela Rural Unitaria La Mesa, Arbeláez Cundinamarca

Escuela Rural Portones, San Bernardo Cundinamarca

Escuela Rural Unitaria Guayabal, Fusagasugá Cundinamarca

Infinitas gracias por su invaluable apoyo.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1	6
PRELIMINARES.....	6
Definición del problema.....	6
1.1 Planteamiento	6
1.2 Formulación	8
1.3 Delimitación.....	8
1.3.1 Geográfica.	8
1.3.2 Tiempo.	8
1.4 Justificación.....	8
1.5 Objetivos	10
1.5.1 Objetivo General	10
1.5.2 Objetivos Específicos.....	11
CAPÍTULO 2	12
MARCO REFERENCIAL	12
2.1 Marco Geográfico	12
2.2 Marco Legal	13
2.3 Marco Teórico.....	14
2.3.1 Teoría de la Simulación.	15
2.3.2 Modelización Computacional.	16

2.3.3 Simulación multimétodo	16
2.3.4 Dinámica de Sistemas.	17
2.3.5. Ingeniería didáctica.	21
2.3.6 Modelización didáctica.	22
2.3.7 Funciones sustantivas.....	23
2.3.8 Pensamiento Sistémico.....	27
2.4 Marco de Antecedentes	30
2.5 Modelos Informáticos	34
CAPITULO 3	37
MARCO METODOLÓGICO.....	37
3.1 Línea de investigación.....	37
3.2 Diseño de investigación	38
3.3 Población y muestra	39
CAPÍTULO 4	41
MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA ENSEÑANZA - APRENDIZAJE - INVESTIGACIÓN	41
4.1 Nivel Reactivo.....	41
4.1.1 Diseño y aplicación de actividades.	44
4.1.2 Diarios de campo.....	53
4.2 Nivel Reflexivo	84
4.2.1 Enseñanza.....	84

4.2.2 Aprendizaje	85
4.2.3 Investigación	86
4.3 Nivel Generativo	87
4.4 Conclusión	89
CAPÍTULO 5	90
MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL	90
5.1 Nivel Reactivo.....	90
5.1.1 Diario de campo Escuela rural Santa Helena del Municipio de Granada.	91
5.1.2 Diario de campo de la Escuela rural La Mesa del Municipio de Arbeláez.	93
5.1.3 Diario de campo Escuela rural Portones del Municipio de San Bernardo.	98
5.2 Nivel Reflexivo	102
5.2.1 Investigación	102
5.2.2 Proyección social	103
5.3 Nivel Generativo	104
5.3.1 Conclusión.....	105
CAPÍTULO 6	106
MODELIZACIÓN DEL SISTEMA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE-INVESTIGACIÓN- PROYECCIÓN SOCIAL.....	106
6.1 Nivel Reactivo.....	106
6.1.1. Identificación del problema y análisis de comportamiento:	106

6.1.2 Modelado cualitativo o causal del sistema.....	109
6.1.3 Modelado cuantitativo:.....	117
6.2 Nivel Reflexivo.....	122
6.2.2 Investigación.	124
6.2.3 Enseñanza.....	125
6.2.4 Aprendizaje.	127
6.2.5 ¿Cómo crece el proceso IEA?	129
6.2.6 ¿Cómo el proceso limita su crecimiento?	131
6.3 Nivel Generativo	134
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	136
Recomendaciones.....	139
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	140
ANEXOS.....	146

Índice de ilustraciones

Contenido	Pag.
Ilustración 1 Talleres itinerantes - Fase 1. Los lugares marcados por estrellas son donde se han realizado las practicas Fuente: (GoogleMaps, 2019)	13
Ilustración 2 Relaciones de influencia - funciones sustantivas Fuente: Elaboración propia ..	27
Ilustración 3 Niveles de explicación Fuente: Elaboración propia	28
Ilustración 4 Interfaz de Splash ventana de interacción con los elementos principales de modelación Fuente: Screenshot of free software Splash	35
Ilustración 5 Elementos de construcción de Stella. Modelación del diagrama de flujo Fuente: Screenshot of free software Splash.....	36
Ilustración 6 Acertijo de, ¿Qué tanque se llena primero? Representación del diseño de la actividad desde el acertijo hasta la modelación mediante el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	44
Ilustración 7 Recursos necesarios para la actividad 1 Fuente: Google imágenes.....	45
Ilustración 8 Mi nivel de gaseosa deseado Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	46
Ilustración 9 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad 2 Fuente: Google imágenes	47
Ilustración 10 Descripción de los lugares y recorridos a tomar para el desarrollo de la Guía tallere No. 1 Fuente: Elaboración Propia, (Google Maps)	48
Ilustración 11 Exposición de página principal de la guía taller No.1 Fuente: Elaboración propia	48

Ilustración 12 Jugando con globos Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	49
Ilustración 13 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad globoncesto Fuente: Google imágenes.....	49
Ilustración 14 Probando tu puntería mediante fluidos Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	50
Ilustración 15 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad carreras de copas Fuente: Google imágenes.....	50
Ilustración 16 Precisando tu puntería Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	51
Ilustración 17 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad tiro al blanco Fuente: Google imágenes.....	51
Ilustración 18 ¿Quién tendrá mayor equilibrio? Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash	52
Ilustración 19 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad carreras con vasos de agua Fuente: Google imágenes	52
Ilustración 20 Evidencia actividad No. 1. En esta imagen se observa a los estudiantes realizando la construcción del sistema, con motivación alegría, entusiasmo por una actividad muy diferente a la clase magistral.	55

- Ilustración 21 Evidencia actividad No. 1. Podemos observar a los estudiantes de un grupo, sosteniendo entre sus manos algunas botellas, vertiendo agua entre la primera botella y observando que sucede con este fluido en las otras botellas. 56
- Ilustración 22 Evidencia actividad No.1. Observamos a otro grupo de estudiantes realizando el llenado de las botellas, usando como soporte de estas sus extremidades. 56
- Ilustración 23 Evidencia actividad No 1. Podemos evidenciar las herramientas que un grupo uso para ubicar las botellas en el suelo. 56
- Ilustración 24 Evidencia actividad No. 1 observamos a todos los estudiantes realizando la experimentación en el prado, donde encontramos algunos sistemas construidos por los estudiantes y puestos en funcionamiento. 57
- Ilustración 25 Evidencia actividad No. 2. En esta imagen se observa al docente, apoyando a una estudiante de grado primero, para lograr llenar su vaso con gaseosa, sin verter esta fuera de él, siendo un ejemplo para todos aquellos estudiantes que a continuación realizarían el mismo proceso. 59
- Ilustración 26 Evidencia actividad No.2. Podemos observar una estudiantes de grado quinto en la situación de acción, en la cual se trazó un nivel de deseado de gaseosa y una manera para llenar su vaso sin exceder su capacidad y está realizando la actividad, sus compañeros espectadores se encuentran en la situación de formulación, realizando un aprendizaje a partir del medio en el cual la compañera sirve de ejemplo de aprendizaje, momento en el cual ellos comunican ideas que pueden servir para lograr no exceder la capacidad del vaso y regar la gaseosa. 59
- Ilustración 27 Evidencia actividad No.2. El docente realiza una representación de un círculo causal, en el cual explica que este sistema representa la actividad que cada estudiante acaba de realizar, donde encontramos algunas variables que los estudiantes manipularon

a la hora de llenar el vaso como son el nivel actual, el nivel deseado, la brecha entre el nivel deseado y el nivel actual , el flujo y la posición de la botella sobre el vaso, para no realizar desperdicio de la gaseosa fuera del vaso; por lo tanto se evidencio que ellos realizaron esta actividad implícitamente..... 60

Ilustración 28 Evidencia actividad No.2. Observamos como el docente orienta a los estudiantes en la manipulación de las herramientas de Splash, para lograr realizar su modelo. Así mismo partiendo de la teoría de las situaciones didácticas, se evidencia al docente en la situación acción, y a los estudiantes en la situación de formulación. 60

Ilustración 29 Evidencia actividad No.2. Se presenta un espacio donde una estudiante de grado quinto logra manipular las herramientas de Splash, e intenta guiar a tres compañeras, sobre la forma como deben usar la aplicación. 61

Ilustración 30 Evidencia actividad No.2. Se observa cómo funciona el modelo creado mediante la herramienta Splash por un estudiante, donde vemos que aun su modelo presenta alguna falla, y observamos como sale liquido del tubo hacia la parte superior, esta fase de manipulación de la aplicación por parte de los estudiantes es muy importante, porque a medida que interactúan con esta, van acumulando más experiencia en su manejo, sin embargo en esta actividad se evidencia la dificultad que presentan para usar la aplicación, por lo tanto se plantearía para una próxima actividad, realizar más actividades que conlleven el manejo de Splash..... 61

Ilustración 31 Evidencia actividad No.2. Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante de grado quinto en Splash, donde se vio la facilidad para el manejo de un dispositivo electrónico, gracias a que en su hogar hay una Tablet, donde ella juega, y se le ha desarrollado esta capacidad de manipulación de un dispositivo electrónico. 61

- Ilustración 32 Evidencia actividad No.2. Observamos el modelo terminado con su respectivo funcionamiento. 62
- Ilustración 33 Evidencia actividad No.2. Podemos observar finalmente un modelo de la actividad creado en Stella, en cual el docente explica que es posible asociar el modelo que realizaron en las tabletas con este, sin profundizar mucho en este, puesto que los estudiantes aún no están en este nivel de abstracción..... 62
- Ilustración 34 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa a los estudiantes, formados en una fila y siendo repartidos en dos grupos, para luego dar explicación de la actividad, e iniciar su desarrollo. 67
- Ilustración 35 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Podemos observar a los estudiantes realizando lanzamientos de una bomba desde su posición hasta una caneca, en esta imagen se evidencia la situación de acción, en el instante que cada estudiante toma la decisión de lanzar con mucha fuerza o con poca fuerza la bomba. Así mismo se evidencia la situación de formulación, en la cual se encuentran todos los espectadores observando el lanzamiento de sus compañeros, momento en el cual están recolectando información para decidir qué estrategia usarían para lanzar la bomba y lograr insertarla entre la caneca. 68
- Ilustración 36 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos a dos estudiantes, realizan el lanzamiento de la bomba, acompañados por los estudiantes del semillero de investigación. 68
- Ilustración 37 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. En esta imagen encontramos a los estudiantes concentrado observando la explicación que el profesor realizaba sobre el manejo de las herramientas de Splash. 69

- Ilustración 38 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Podemos observamos a los estudiantes realizando el diseño de la actividad desarrollada anteriormente, con el acompañamiento de la docente titular, la docente y lo estudiantes del semillero de investigación. 69
- Ilustración 39 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos a una estudiante realizando el cambio de color de la interfaz de Splash, y realizando la construcción del modelo, en compañía de los profesores mientras se familiarizaba con el software. 69
- Ilustración 40 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Observamos la construcción del modelo mediante Splash, donde tiene el tanque, el tubo de salida del fluido y está buscando el icono para controlar el fluido 70
- Ilustración 41 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa . Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido..... 70
- Ilustración 42 Evidencia guía taller actividad No.2 Escuela La Mesa. Observamos a un estudiante de cada grupo preparado para salir a realizar la actividad, el cual ya tiene una estrategia definida para intentar ganarle a su rival en llevar el vaso a la meta. 70
- Ilustración 43 Evidencia guía taller actividad No.2 Escuela La Mesa. Es esta imagen observamos el desarrollo de la actividad por un estudiante de cada grupo. 71
- Ilustración 44 Evidencia guía taller actividad No.2 Encontramos en esta imagen a una estudiante del semillero de investigación, guiando a un estudiante en la construcción del modelo de la actividad desarrollada en la cancha, mediante el software Splash..... 71
- Ilustración 45 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos a los estudiantes realizar la actividad de disparar a un recipiente alejado, notando que un

- estudiante observa la estrategia de su compañero, para adaptarla en su experiencia y lograr aumentar el nivel de agua en el recipiente 71
- Ilustración 46 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa En esta imagen observamos a dos estudiantes que se encuentran realizando la actividad, en la cual destacamos que cada estudiante tiene una estrategia con la cual intenta realizar la actividad..... 72
- Ilustración 47 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos a un estudiante con el modelo terminado de la actividad realizada anteriormente. 72
- Ilustración 48 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos el diseño terminado de una estudiante, la cual nos presenta su modelo en funcionamiento..... 72
- Ilustración 49 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos el modelo diseñado por un estudiante, en funcionamiento..... 73
- Ilustración 50 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos a los estudiantes corriendo con el recipiente lleno de agua sosteniéndolo con las manos, a la altura de encima de la cabeza..... 73
- Ilustración 51 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa a otro estudiante realizando la actividad; el cual lleno el recipiente de agua y se está desplazando muy despacio hasta la ubicación de la caneca. 73
- Ilustración 52 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el instante en el cual el estudiante se inclina hacia adelante para lograr verter el agua en la caneca. 74
- Ilustración 53 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el diseño del modelo de un estudiante, el cual ya tiene el modelo terminado. 74

- Ilustración 54 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el modelo de un estudiante en funcionamiento, en el cual el líquido de cada tubo se encuentra llenando los tanques respectivos..... 74
- Ilustración 55 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa un diseño similar al anterior, pero usando colores distintos y ubicando los tanques y sus tubos, más cerca entre ellos. 75
- Ilustración 56 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos un diseño realizando por un estudiante, el cual situó dos tubos sobre un tanque, con la salida de fluido hacia el centro del tanque y cambiando los colores del fluido saliente de cada tubo. 75
- Ilustración 57 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos un diseño mucho más creativo que el anteriormente visto, en el cual el estudiante uso la creatividad para situar cuatro tubos sobre dos tanques y observar que sucedía al mezclar los colores de los fluidos de cada tubo..... 75
- Ilustración 58 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Finalmente observamos la huerta escolar, la cual es una herramienta importante para esta escuela que pertenece a escuela nueva, donde los estudiantes de los primeros grados de escolaridad puedes desarrollar algunas habilidades de motricidad, de igual forma se realiza un trabajo colaborativo en el cual los estudiantes de grado cuarto o quinto enseñan a sembrar, colgar y manejar las plantas a los otros estudiantes..... 76
- Ilustración 59 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos a los estudiantes en un círculo, realizando una actividad lúdica, en la cual cada uno se presentaría..... 80

- Ilustración 60 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen se observa a los estudiantes organizándose en dos filas, en compañía de los estudiantes del semillero de investigación, para realizar la actividad con los globos de agua..... 80
- Ilustración 61 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a dos estudiantes, realizan el lanzamiento de la bomba, acompañados por los estudiantes del semillero de investigación. 80
- Ilustración 62 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen encontramos a los estudiantes concentrado observando la explicación que el profesor realizaba sobre el manejo de las herramientas de Splash. 81
- Ilustración 63 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Podemos observamos a los estudiantes realizando el diseño de la actividad desarrollada anteriormente, con el acompañamiento del docente titular. 81
- Ilustración 64 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a los estudiantes realizando la construcción del modelo, paso por paso, bajo la dirección del profesor encargado. 81
- Ilustración 65 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido..... 82
- Ilustración 66 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos una fotografía del modelo terminado, creado por un estudiante de grado quinto, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido. 82
- Ilustración 67 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a los estudiantes de grado primero y segundo, realizando otra actividad con

fluidos, mediante pistolas de agua, en compañía de los estudiantes del semillero de investigación.	82
Ilustración 68 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Encontramos en esta imagen a un estudiante de la universidad de Cundinamarca, guiando a los estudiantes en la construcción del modelo de la actividad desarrollada en la cancha, mediante el software Splash.	83
Ilustración 69 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta fotografía encontramos a los estudiantes terminando el diseño del modelo que representa la actividad experimental realizada en la cancha.	83
Ilustración 70 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos el diseño del modelo de los estudiantes, los cuales terminaron el diseño original de la actividad, y están realizando modificaciones al sistema, ejecutándolo y observando que pasa con el líquido que sale por los tubos.	83
Ilustración 71 Diagrama de Forrester- Categoría ENSEÑANZA. Modelo exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	84
Ilustración 72 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría ENSEÑANZA Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	84
Ilustración 73 Diagrama de Forrester – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	85
Ilustración 74 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	85
Ilustración 75 Diagrama de Forrester – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Autoreferencia Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	86

Ilustración 76 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría APRENDIZAJE. Modelo	
Autoreferencia Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	86
Ilustración 77 Diagrama de Forrester – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial	
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	86
Ilustración 78 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo	
Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	87
Ilustración 79 Diagrama Causal. Bucle Reforzador. Fuente: Elaboración propia, Screenshot	
of software Stella	87
Ilustración 80 Diagrama de Forrester. Subsistema ENSEÑANZA-APRENDIZAJE-	
INVESTIGACIÓN Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	88
Ilustración 81 Patrón de Conducta en el tiempo – Subsistema ENSEÑANZA-	
APRENDIZAJE- INVESTIGACIÓN Fuente: Elaboración propia, Screenshot of	
software Stella.....	88
Ilustración 82 Diagrama de Influencias, Proceso Invest-Acción Fuente: Elaboracion Propia,	
Screenshot of software Stella.....	90
Ilustración 83 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Santa Helena. Enfocada a la	
investigación y proyección social. En esta fotografía observamos a los estudiantes de la	
escuela con el estudiante encargado de la actividad, brindándoles un pequeño refrigerio	
mientras se desarrollaba la actividad.	93
Ilustración 84 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Santa Helena. Enfocada a la	
investigación y proyección social. Este quipo es muy funcional para que los estudiantes	
pasen y realicen modelos sencillos de sistemas mediante Splash, con la facilidad de que	
todos observaran la creatividad e ingenio del estudiante que este situado al frente;	
además es una herramienta muy útil para realizar explicaciones.	93

- Ilustración 85 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca dialogando con la profesora que labora en la escuela. 95
- Ilustración 86 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. Observamos a la profesora directora del semillero de investigación dialogando con la profesora que labora en la sede. 96
- Ilustración 87 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la directora del semillero de investigación, realizando la explicación de la modelación en Splash a una estudiante.. 96
- Ilustración 88 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos un espacio para celebrar el cumpleaños de los estudiantes que cumplieron en días cercanos a la realización de la actividad, con el fin de compartir un pequeño detalle..... 96
- Ilustración 89 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes de la escuela acompañados por las profesoras y los estudiantes semilleristas de la Universidad de Cundinamarca. 97
- Ilustración 90 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos los refrigerios que envió la Universidad de Cundinamarca. 97
- Ilustración 91 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen encontramos la huerta escolar, la cual es un proyecto que se tiene proyectado apoyar, con el diseño de un sistema de riego para todas sus plantas..... 97

- Ilustración 92 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos la interacción entre las docentes de la Universidad y el profesor que dirige los grados tercero, cuarto y quinto. 100
- Ilustración 93 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos las docentes de la universidad realizando interacción con la profesora que dirige los grado primero y segundo. 100
- Ilustración 94 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen encontramos a las profesoras, entablando vínculos y relaciones sociales..... 100
- Ilustración 95 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la profesora Martha Barreto dialogando con el profesor, realizando relaciones sociales. 101
- Ilustración 96 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes interactuando con un estudiante del semillero de investigación, donde formaron una fila para ir en orden al salón. 101
- Ilustración 97 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes compartiendo un refrigerio, que envió la Universidad, después de terminar todas las actividades. 101
- Ilustración 98 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la profesora Martha, enseñando a la profesora de la sede, las herramientas de Splash y la construcción de la modelo en el software..... 102

Ilustración 99 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. Observamos el grupo que estuvo en la sede rural Portones, realizando las diferentes actividades con los estudiantes.	102
Ilustración 100 Diagrama de Forrester – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	103
Ilustración 101 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	103
Ilustración 102 Diagrama de Forrester – Categoría PROYECCIÓN SOCIAL. Modelo Buscando Objetivo Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	103
Ilustración 103 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría PROYECCIÓN SOCIAL. Modelo Buscando Objetivo Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	104
Ilustración 104 Diagrama Causal. Bucle de Balanceo. Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella.....	104
Ilustración 105 Diagrama de Forrester. Subsistema INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella.....	105
Ilustración 106 Patrón de Conducta en el tiempo – Subsistema INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL. Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	105
Ilustración 107 Circulo de causalidad Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	107
En este trabajo, el proceso reforzador se representa en la Ilustración 108:	109
Ilustración 109 Diagrama Causal – Reforzador Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella.....	110

Ilustración 110 Diagrama Causal – Compensador Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella.....	111
Ilustración 111 Diagrama Causal – Ciclo Reforzador con Demora Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	112
Ilustración 112 Diagrama Causal – Ciclo Compensador con demora Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	113
Ilustración 113 Arquetipo – Límite del crecimiento Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	115
Ilustración 114 Diagrama Stock y Flujo – Proceso de Enseñanza Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella.....	117
Ilustración 115 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Aprendizaje Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	118
Ilustración 116 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Interacción Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	119
Ilustración 117 Diagrama Stock y Flujo – Proceso de Investigación Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella	119
Ilustración 118 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Modelación Didáctica. Adaptado del curso: Introducción al modelado dinámico de sistemas. IseeSystems.....	120
Ilustración 119 Página Principal Fuente: Screenshot of software Stella	120
Ilustración 120 Menú Fuente: Screenshot of software Stella	121
Ilustración 121 Arquetipo Fuente: Screenshot of software Stella	121
Ilustración 122 Ecuaciones en Código STELLA Fuente: Screenshot of software Stella.....	121
Ilustración 123 Diagrama Causal. Bucle Reforzador Fuente: Screenshot of software Stella	123

Ilustración 124 Diagrama Causal. Bucle Compensador Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	123
Ilustración 125 Arquetipo “Límite de Crecimiento” Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	124
Ilustración 126 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	124
Ilustración 127 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	125
Ilustración 128 Código STELLA del modelo exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	125
Ilustración 129 Expresión Matemática Fuente: Elaboración propia.....	125
Ilustración 130 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	126
Ilustración 131 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	126
Ilustración 132 Código STELLA del modelo exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	126
Ilustración 133 Expresión Matemática Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	127
Ilustración 134 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	127
Ilustración 135 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	128

Ilustración 136 Código STELLA del modelo exponencial Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	128
Ilustración 137 Expresión Matemática Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	128
Ilustración 138 Diagrama Forrester. Modelo de Autoreferencia Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	129
Ilustración 139 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento. Modelo Autoreferencia Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	129
Ilustración 140 Código STELLA del modelo Autoreferencia Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	129
Ilustración 141 Diagrama Forrester. Subsistema EAI Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	130
Ilustración 142 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curvas de crecimiento del subsistema EAI. Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	131
Ilustración 143 Código STELLA del subsistema EAI Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	131
Ilustración 144 Diagrama Forrester Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	132
Ilustración 145 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curvas de crecimiento del subsistema IPS. Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	132
Ilustración 146 Código STELA – Sistema EAIPS Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella.....	133
Ilustración 147 Arquetipo Límite de Crecimiento. Sistema EAIPS. Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella	133

Ilustración 148 Diagrama Forrester y Patrones de Comportamiento del Sistema EAIPS

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella 134

Ilustración 149 Arquetipo Desplazamiento de Carga – Sistema EAIPS Fuente: Elaboración

propia, Screenshot of software Stella 135

Índice de tablas

Contenido	Pag.
Tabla 1 Diario de campo en IEM Ciudad Eben Ezer.....	53
Tabla 2 Diario de campo Escuela Santa Helena	57
Tabla 3 Diario de campo Escuela rural unitaria la Mesa	62
Tabla 4 Diario de campo Escuela Unitaria Portones	76
Tabla 5 Diario de campo Escuela rural Santa Helena.....	91
Tabla 6 Diario de campo Escuela rural La Mesa	93
Tabla 7 Diario de campo Escuela rural Portones.....	98

Índice de anexos

Contenido	Pag.
Anexo 1 Glosario de términos.....	147
Anexo 2 Documento de inscripción Red colombiana de semilleros de investigación ...	152
Anexo 3 Evidencia fotográfica de participación en la Red colombiana de semilleros de investigación en Bogotá.....	157

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad la producción de un prototipo de simulador de procesos didácticos, construido en base al proceso de modelación didáctica y enriquecida con herramientas computacionales, cuya construcción es un proceso gradual que evoluciona con los resultados del ejercicio de la investigación-Acción, en las distintas interacciones.

El diseño empleado fue la metodología de Investigación – Acción puesto que ella consiste en un proceso de aprendizaje en el que las personas actúan conscientemente sin dejar, por ello, de abrirse a la posibilidad de sorpresas y conservando la posibilidad de responder a las oportunidades.

La implementación de la modelación dinámica de sistemas se realizó mediante actividades lúdicas y el software Splash, introduciendo gradualmente el modelado dinámico de sistemas como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje en las diferentes escuelas unitarias multigrado de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Sede Fusagasugá.

Realizando el análisis y reflexión sobre los datos obtenidos que contribuyo a la creación de la modelización de los procesos de enseñanza, aprendizaje e investigación y la modelización de los procesos de investigación y proyección social. Para lo cual, siguiendo con este patrón de desarrollo se realizó la construcción del simulador de la Enseñanza – Aprendizaje – Investigación – Proyección Social, a través de la implementación de técnicas de modelación computacional, para comprender su comportamiento desde la perspectiva de la Dinámica de Sistemas.

Palabras clave: simulador, modelación, aprendizaje, procesos didácticos.

Abstract

The purpose of this research is to produce a prototype of a didactic process simulator, built on the didactic modeling process and enriched with computational tools, whose construction is a gradual process that evolves with the results of the Action-research exercise. in the different interactions.

The design used was the methodology of Investigation - Action since it consists of a learning process in which people act consciously, therefore, to open themselves to the possibility of surprises and preserving the possibility of responding to opportunities.

The implementation of dynamic systems modeling was carried out through play activities and the Splash software, gradually introducing the dynamic modeling of systems as a methodology to articulate the teaching - learning processes in the different multigrade unitary schools in the area of influence of the Bachelor 's Degree in Mathematics of the University of Cundinamarca - Headquarters of Fusagasugá.

Carrying out the analysis and reflection on the data obtained that contributed to the creation of the modeling of the teaching, learning and research processes and the modeling of the research and social projection processes. For which, following this pattern of development was made the construction of the simulator of the Teaching - Learning - Research - Social Projection, through the implementation of computational modeling techniques, to understand their behavior from the perspective of Systems Dynamics

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la temática de modelar los procesos didácticos a través de la implementación del modelado dinámico de sistemas, en donde se observaron y analizaron los procesos de enseñanza, aprendizaje, e investigación, y proyección social, tomando las diferentes teorías inmersas en la dinámica de sistemas, la ingeniería didáctica y la modelación para el desarrollo de todo el proceso investigativo.

La temática tratada se desarrolló en base a los requisitos planteados en los lineamientos curriculares en los cuales se incluyó la modelación en el aula de matemáticas para favorecer los procesos de pensamiento matemático y de otros procesos como son el planteamiento, razonamiento y resolución de problemas. De esta manera se planificaron y aplicaron las actividades en las zonas rurales de la zona de influencia de la Universidad de Cundinamarca.

En esta investigación se realizó en el capítulo uno el planteamiento del problema y la delimitación de objetivos a conseguir con este proceso, tales como la construcción del simulador del proceso didáctico que articule docencia, investigación y proyección social en la implementación del modelado dinámico de sistemas en educación básica primaria rural en la provincia de Sumapaz.

En el capítulo dos se efectuó una aproximación y análisis a los referentes teóricos, sobre temáticas pertinentes a este proyecto, para lo cual se indago sobre la teoría de la simulación, modelización computacional, simulación multimétodo, dinámica de sistemas, modelación didáctica y pensamiento sistémico como categorías importantes que aumentaran la comprensión y el entendimiento. Posteriormente se realizó una breve descripción de las herramientas tecnológicas utilizadas en el proceso de modelización y simulación. Las cuales se usaron para realizar la introducción gradualmente del modelado dinámico de sistemas

como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje en las escuelas y para la construcción de la simulación del proceso didáctico.

En el capítulo tres se estableció el diseño metodológico de esta investigación que corresponde al de Investigación – Acción, descrita como un proceso de peldaños en espiral, que se compone de la planificación, acción y evaluación del resultado de la acción. Así como la estructuración de dos componentes para el desarrollo de este trabajo como lo son la ingeniería didáctica y la dinámica de sistemas.

En el capítulo cuatro se realizó la implementación didáctica mediante la planificación y aplicación de actividades lúdicas con materiales sencillos y mediante el uso del software Splash se realizó la introducción gradual del modelado dinámico de sistemas como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje en Escuelas Multigrado de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Sede Fusagasugá. Acto seguido se realizó el análisis de la información obtenida en las interacciones, y se realizaron las construcciones de los diferentes niveles explicativos desde el pensamiento sistémico en las estructuras circulares complejas, obteniendo el modelado dinámico de la enseñanza, aprendizaje e investigación.

En el capítulo cinco se conservó la estructuración de la secuencia de niveles de explicación en la perspectiva del Pensamiento Sistémico, realizando el análisis, reflexión y estructuración a partir de los lineamientos de la investigación - acción, obteniendo el modelado dinámico de la investigación y proyección social.

En el capítulo seis se realizó la simulación del proceso didáctico que se construyó en base a la implementación del Modelado Dinámico de Sistemas en Educación Básica Primaria Rural a través de los Talleres Itinerantes de Alfabetización Constitucional, donde fue posible analizar y reflexionar sobre los procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación y

Proyección Social (EAIPS) inmersos en la interacción y que fueron los patrones de cambio en el simulador.

CAPÍTULO 1

PRELIMINARES

Definición del problema

1.1 Planteamiento

La modelación matemática es uno de los procesos generales que se proponen en Colombia oficialmente desde 1998, teniendo en cuenta los lineamientos curriculares presentados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN); se reconoce la importancia de la modelación en la enseñanza de las matemáticas, por lo tanto, permite que los estudiantes aprendan a partir de la resolución de problemas cotidianos, creando una relación entre el mundo real y las matemáticas.

En el informe de la evaluación externa con fines académicos realizado por el Consejo Nacional de Acreditación al programa Licenciatura en Matemáticas, se evidencian algunas oportunidades de mejora en el nivel académico como lo son:

- Continuar con la implementación herramientas de modelación y simulación que faciliten la gestión continua y estructurada del currículo basado en competencias, según la Pag 26 del PEI. (Londoño Bustamante, O., & Lina, G, 2017, P 104).
- El Programa realiza registros, pero no cuenta con una sistematización de su información a las diferentes actividades y productos de investigación y extensión que realiza el Programa para continuar con la evaluación del impacto social del mismo. El Programa debe realizar estudios periódicos sobre las necesidades de la formación del Licenciado en Matemáticas. (Londoño Bustamante, O., & Lina, G, 2017, P 104).

En base a estas observaciones realizadas por los pares, se evidencio la necesidad de sistematizar la información mediante alguna estrategia, para articular los procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación y proyección social, para lo cual desde este proyecto

investigativo se planteó realizar un prototipo de simulador a través de la implementación de técnicas de modelación computacional.

Así mismo, según la Resolución No. 11735 de 9 de junio de 2017 del MEN, a través de la cual se niega la Acreditación de Calidad de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca, se destacan algunas debilidades del programa, donde observamos una debilidad con principal atención en el lineamiento 4:

En el lineamiento #4

Mínima proyección social del programa. En los cuadros maestros solo se registran cuatro actividades de extensión del programa en los últimos cinco años; además de ser actividades puntuales para las que no se registran sus usuarios, ni se denota su impacto social. Relacionado con este tema los pares señalan en su informe que el programa debe "ampliar la participación en proyectos y actividades de extensión o proyección social, de directivos, profesores y estudiantes. (MEN, 2017).

En cuanto a la proyección social, se define como la "Interacción Universitaria ofrece la oportunidad de enriquecer la formación individual de la comunidad a partir de la programación de conferencias, seminarios, diplomados, cursos, talleres y planes de atención a la población. Las actividades de proyección social son el insumo para enmarcar las diferentes líneas de Responsabilidad Social Universitaria en la Universidad de Cundinamarca, con el propósito de construir procesos sociales mediante proyectos transversales dirigidos a la población." (Londoño Bustamante, O., & Lina, G, 2017, P 49).

Partiendo de la realidad observada por los pares académicos, con respecto a la mínima proyección social, se aprovecharon las salidas realizadas en la implementación didáctica de este proyecto para aumentar los procesos de proyección social de la licenciatura, con el fin

de aumentar los procesos de interacción social universitaria, así como evidenciando la sistematización y seguimiento continuo de este proceso.

1.2 Formulación

¿Como construir la simulación del proceso didáctico que articule docencia, investigación y proyección social, para estudiar su comportamiento a través de la implementación del modelado dinámico de sistemas en Educación Básica Primaria Rural en la provincia de Sumapaz?

1.3 Delimitación

1.3.1 Geográfica. La simulación computacional del proceso didáctico se aplicará en algunas escuelas rurales unitarias cercanas a la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca, en los municipios de Granada, Arbeláez, y San Bernardo. Para ello es conveniente tener en cuenta que si bien, un modelo computacional de igual manera nunca representara toda la realidad, si es cierto que puede ayudar a entenderla y guiar el desarrollo de nuevas ideas que luego podrán confirmarse.

1.3.2 Tiempo. Teniendo en cuenta que la simulación del proceso didáctico implica la implementación de la modelación computacional como metodología de investigación articulada a la investigación - acción, el proceso requiere de mínimo un (1) año lectivo de duración para obtener el prototipo de la Simulación.

1.4 Justificación

El presente proyecto aportará a la generación de nuevo conocimiento contribuyendo a la creación de la Red Regional de Modelación Computacional para la Educación, que pretende aportar a la *transformación del campo*, a través del diseño de un Plan especial para la Educación Matemática - Computacional a partir de la básica rural.

Desde la perspectiva investigativa el trabajo garantiza la estructuración de procesos colaborativos liderados por el Grupo GIIMMYC¹ con el Semillero de Modelación Matemática y Computacional – UDEC, así como el desarrollo e innovación didáctica para el fortalecimiento de las actuales acciones que desarrollan las comunidades educativas rurales de Fusagasugá y la Provincia de Sumapaz en la preparación de la niñez y juventud de la Generación Siglo XXI.

Fundamentados en la importancia de articular teoría y práctica, el presente trabajo aporta a la construcción social de conocimiento didáctico estructurando procesos de pensamiento matemático, sistémico y computacional en la búsqueda de alternativas para la resolución de situaciones directamente relacionadas con las problemáticas educativas del sector rural y urbano de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas.

La implementación de la simulación de los procesos educativos, en este caso, procesos didácticos, es de gran utilidad y se refleja en la ventaja de realizar una transposición de las técnicas y herramientas utilizadas para la simulación de procesos fuera del sector educativo, y adaptarlos para simular el funcionamiento del sistema didáctico en el mundo real. Esto se hace posible a través de la ejecución de un programa en un computador, o varios computadores, que permiten saber cómo va a comportarse el sistema que se está representando en ese programa. En el presente proceso se modela computacionalmente un proceso didáctico a través del software Stella.

El proyecto es importante para la licenciatura en matemáticas porque fortalece algunas oportunidades de mejora que manifiestan los pares académicos en el informe de evaluación externa con fines de acreditación del consejo nacional de acreditación , al realizar la

¹ Grupo de investigación e innovación en modelación matemática y computacional

negación de la acreditación de calidad; Para lo cual se propuso realizar un prototipo de simulación de los procesos didácticos a través de la implementación de técnicas de modelación computacional, para comprender su comportamiento desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, así como fortalecer la proyección social con los talleres aplicados en las diferentes instituciones, donde se continuaran las practicas.

En el proyecto investigativo se ha logrado cumplir con lo establecido en el Acuerdo 0009 de 2010. Realizado por Cruz Banoy, Artículo 1. Opciones de grado para pregrado. Donde como opción para optar por el título realizamos una actividad investigativa, en la modalidad de participación en proyectos de investigación, la cual implica la participación del estudiante investigador auxiliar dentro de un proyecto de investigación avalado institucionalmente a través de las siguientes actividades.

- Actividad teórico-prácticas de carácter científico, tecnológico o artístico que desarrolla un estudiante sobre un área de formación profesional, mediante la cual aplica y adapta los conocimientos adquiridos contribuyendo con ellos a la solución de un problema.
- Actividades investigativas para la creación y desarrollo de nuevos modelos y esquemas teórico-prácticos relacionados desde los cuales pueda aportar sus conocimientos en las áreas de formación profesional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General. Construir la Simulación del proceso didáctico que articule docencia, investigación y proyección social, para estudiar su comportamiento a través de la implementación del modelado dinámico de sistemas en Educación Básica Primaria Rural en la provincia de Sumapaz.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- I. Identificar las características más relevantes de las comunidades rurales participantes a través de actividades que permitan la interacción entre los estudiantes, para así dar solución a problemas basados en la vida cotidiana.
- II. Diseñar secuencias didácticas articulando los ambientes de aprendizaje de las instituciones de educación básica rural con los disponibles en el campus de la Universidad de Cundinamarca – Sede Fusagasugá, para configurar gradualmente la Red Regional de Modelación Computacional para la Educación.
- III. Aplicar las secuencias didácticas en las comunidades rurales participantes generando los primeros pasos hacia el pensamiento sistémico y computacional.
- IV. Modelar el subsistema Enseñanza – Aprendizaje – Investigación, a través del diseño de secuencias didácticas sobre modelado dinámico de sistemas para su introducción en educación básica primaria rural, desde la perspectiva del modelo didáctico de Brousseau.
- V. Modelar el subsistema Investigación – Proyección Social, a través de la implementación de talleres itinerantes de Alfabetización Computacional en Escuelas Rurales de la Provincia de Sumapaz, para generar impacto en la zona de influencia del programa.
- VI. Simular el sistema Enseñanza – Aprendizaje – Investigación – Proyección Social, a través de la implementación de técnicas de modelación computacional, para comprender su comportamiento desde la perspectiva de la dinámica de sistemas en la gestión de la didáctica de la educación superior.

CAPÍTULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Geográfico

Fusagasugá es un municipio colombiano, capital de la provincia del Sumapaz en el departamento de Cundinamarca, ubicado a 59 km al suroccidente de Bogotá, en una meseta delimitada por el río Cuja y el Chocho, el cerro de Fusacatán y el Quininí que conforman el valle de los Sutagaos, y la altiplanicie de Chinauta.

El proceso investigativo tiene su punto de partida en Fusagasugá, y se implementa gradualmente en los municipios de la provincia del Sumapaz, proyectando el establecimiento de vínculos académicos con instituciones de educación básica primaria rural para los diez (10) municipios de la provincia, en el marco del proyecto denominado Red Regional de Modelación Computacional para la Educación y articulando los procesos de Formación y Aprendizaje, Investigación y Proyección Social con la implementación de talleres itinerantes de Alfabetización Computacional.

En este documento se presenta la Fase 1 de su implementación conectando el proceso con la comunidad educativa de las siguientes instituciones: la Escuela Unitaria Rural Santa Helena, ubicada en la vereda Santa Helena en el municipio de Granada, la Escuela Unitaria Rural – La Mesa, ubicada en la vereda de San José en el municipio de Arbeláez, la Escuela Unitaria Rural Portones, ubicada en la vereda de Portones en el municipio de San Bernardo, y la Escuela Unitaria Guayabal, ubicada en la vereda Guayabal del municipio de Fusagasugá.



Ilustración 1 Talleres itinerantes - Fase 1.
 Los lugares marcados por estrellas son donde se han realizado las practicas
 Fuente: (GoogleMaps, 2019)

2.2 Marco Legal

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, según la Ley 1341 del 2009 o Ley de TIC, es la entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. “Dentro de sus funciones está incrementar y facilitar el acceso de todos los habitantes del territorio nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios”. (MinTIC, 2018)

Desde la Ley 115 de 1994 por la cual se expide la ley general de educación, en sus artículos 19, 23 y 31, se establecen unas directrices obligatorias en las instituciones educativas, que deben entenderse como un conjunto de saberes, procesos y valores fundamentales en el desarrollo integral del sujeto en los diferentes contextos del territorio nacional.

El área de tecnología e informática hace parte de las nueve áreas fundamentales y obligatorias para la educación de básica y media, por lo cual hace parte del plan de estudios y el Proyecto Educativo Institucional (PEI en adelante). De este modo, la ley 115 de 1994; pretende llevar a cabo procesos educativos que favorezcan el desarrollo de pensamiento tecnológico y competencias en la solución de problemas que contribuyan a satisfacer necesidades individuales y sociales en tanto la tecnología ayuda al desarrollo de las capacidades creativas, críticas y reflexivas de las personas, motivándolas a participar activamente en la construcción de sociedades con mejor calidad de vida.

Además, el Plan Especial de Educación Rural “Hacia el desarrollo rural y construcción de paz” (MEN, 2017) da cuenta de la importancia de contribuir desde la Licenciatura en Matemáticas con procesos que fortalezcan la actividad académica en las instituciones de educación rural y para ello con la ayuda de herramientas computacionales se implementan acciones dirigidas al desarrollo de habilidades computacionales para su aplicación en la resolución de problemas, y con ello coadyuvar con la eliminación de las brechas existentes entre el sector urbano y rural, promoviendo una educación de calidad para todos los niños y niñas de la provincia de Sumapaz, el departamento de Cundinamarca y el país.

2.3 Marco Teórico

En el presente trabajo producto de la actividad investigativa en el marco del Proyecto Código 56 – Red Regional de Modelación Computacional para la Educación, la simulación se constituye en un aspecto esencial para la estructuración de todo el proceso investigativo, por tal motivo, es esencial declarar que se adoptan como aspectos clave en la organización teórica de este documento, los siguientes planteamientos acerca de la Teoría de la Simulación:

2.3.1 Teoría de la Simulación. “Según Harrell, C. (2001) y Tumay, K. (2001), la teoría de la simulación podría definirse como un medio que experimenta con un modelo detallado de un sistema real, para determinar cómo responderá el sistema a los cambios en su estructura o entorno”. (Fullana Belda, Carmen y Urquía Grande, Elena., 2009). En esta investigación, el sistema se estructura sobre la base de tres Categorías Analíticas que corresponden a las funciones sustantivas de la Universidad de Cundinamarca: Formación y Aprendizaje, Ciencia-Tecnología e Innovación, e Interacción Universitaria.

“Por otro lado, Harrington, H.J. (1999) y Tumay, K. (1999) consideran que se podría afirmar que la simulación permite experimentar con un modelo del sistema para comprender mejor los procesos, con el fin de mejorar la actividad en las empresas”. (Fullana Belda, Carmen y Urquía Grande, Elena., 2009). Desde este punto de vista, ha sido de vital importancia para el fortalecimiento de los procesos académicos en la Licenciatura en Matemática, la implementación de la modelación computacional (simulación) como una de las estrategias planteadas en el Plan de Contingencia del Programa con miras a garantizar la existencia de recursos de apoyo para la gestión de las funciones de docencia, investigación y proyección social, innovación que fue sustentada ante los Pares Evaluadores del MEN en las visitas de Acreditación de Calidad y Renovación de Registro Calificado en los años 2016 y 2017, recibiendo un concepto positivo de parte de ellos.

Otro aspecto muy importante que destacar dentro de las distintas definiciones de la teoría de la simulación lo exponen Fullana Belda, Carmen y Urquía Grande, Elena (2009) al sostener que “ésta pretende imitar el comportamiento del sistema real, evolucionando como éste, pero lo más frecuente es estudiar además la evolución del sistema en el tiempo”. Dicha evolución siempre estará acompañada de la articulación continua entre teoría y praxis

educativa que ha caracterizado la actividad investigativa en la Licenciatura en Matemáticas y que se sustenta en más de cuarenta años de experiencia en la formación de docentes.

2.3.2 Modelización Computacional.

El National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering - NIBIB, sostiene que la modelización computacional es el “uso de computadora para simular y estudiar el comportamiento de sistemas complejos”. El sistema educativo es tan complejo que puede ser modelado computacionalmente, ajustando gradualmente un conjunto de Categorías Analíticas hacia “variables que solas o combinadas permiten observar cómo los cambios afectan los resultados” ((NIBIB), 2016).

En el 2016, el NIBIB plantea que los resultados de las simulaciones de modelos ayudan a los investigadores a hacer predicciones acerca de qué pasará en el sistema real que se está estudiando en respuesta a condiciones cambiantes, en este sentido, la implementación de la simulación en investigación en educación contribuye significativamente en los procesos de Autoevaluación de los programas académicos de la Facultad de Educación, y la proyección de nuevas ofertas de programas de educación superior, aprovechando una “característica clave de los modelos computacionales”, relacionada con su capacidad para estudiar un sistema en múltiples niveles, y observar y evaluar cómo dichas interacciones producen cambios.

“La capacidad de estudiar un sistema en estos múltiples niveles se conoce como modelado multiescala” ((NIBIB), 2016), constituyéndose en una herramienta muy útil para aplicar en la gestión educativa en los diferentes niveles del sistema educativo, desde el punto vista de la “filosofía del Zoom” (Marina, 2016).

2.3.3 Simulación multimétodo. “La modelización computacional (simulación) proporciona un importante método de análisis que se puede verificar, comunicar y

comprender fácilmente. En todas las industrias y disciplinas, la simulación proporciona soluciones valiosas al proporcionar una visión clara de los sistemas complejos” (AnyLogic, 2019), esto incluye a la “Didáctica como disciplina científica y pedagógica” (Prieto González, G., & Sánchez Chávez, A., 2019), lo que justifica su implementación en el proceso investigativo que se comunica a través de este documento.

A través de la simulación multimétodo se integran diferentes metodologías de modelado para superar los inconvenientes de los enfoques individuales y aprovechar al máximo cada uno. Según la firma AnyLogic (2019), existen tres metodologías principales que se utilizan para construir modelos dinámicos de simulación: modelado dinámico de sistemas, modelado de eventos discretos y modelado basado en agentes.

El modelado dinámico de sistemas asume un nivel alto de abstracción y se utiliza principalmente para problemas de nivel estratégico. Ignora los detalles finos de un sistema, como las propiedades individuales de las personas, productos o eventos, y produce una representación general de un sistema complejo. Estos modelos de simulación abstracta se pueden usar para el modelado y la simulación estratégica a largo plazo. En esta investigación, la simulación del proceso didáctico se construye sobre el software STELLA con el cual se realiza modelado dinámico sobre la base de la disciplina conocida como dinámica de sistemas.

2.3.4 Dinámica de Sistemas. El precursor de la dinámica de sistemas, Jay W. Forrester, recalca la necesidad de esta clase de herramientas porque, mientras que la gente es buena en la observación de la estructura local de un sistema, no está siempre tan bien adaptada a predecir cómo se comportarán los sistemas complejos interdependientes (Morlán, 2010).

“El profesor Javier Aracil, catedrático de la Universidad de Sevilla, precursor y principal referencia de la Dinámica de Sistemas en España, quien en 1986 recibió el premio J.W.

Forrester por sus contribuciones a la investigación en esta disciplina” (Morlán, 2010), afirma que para entender el enfoque de esta metodología sistémica:

(...) el mero análisis de un sistema no es suficiente; no basta con saber cuáles son sus partes. Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran: cuáles son los mecanismos mediante los cuales se produce su coordinación.

Necesitamos saber cómo se produce la síntesis de las partes en el sistema. (...).

(Morlán, 2010),

El énfasis en la síntesis distingue la metodología sistémica de las metodologías científicas más clásicas de análisis de la realidad, en las que se tiende a sobrevalorar los aspectos analíticos por oposición a los sintéticos, mientras que en la metodología sistémica se adopta una posición más equilibrada. Tan importante es el análisis, que nos permite conocer las partes de un sistema, como la síntesis. Mediante la cual estudiamos cómo se produce la integración de esas partes en el sistema (Aracil, 1995).

Desde este punto de vista, se comprende en esta investigación la Didáctica Universitaria, motivo que ha impulsado a la construcción del Simulador utilizando el enfoque metodológico de Dinámica de Sistemas.

En este orden de ideas, la introducción de la Simulación en la investigación educativa, en particular, en didáctica de la educación superior invita a aprovechar las ventajas que ésta brinda como medio mediante el cual tanto los nuevos procesos como los procesos ya existentes pueden proyectarse, evaluarse y contemplarse sin correr el riesgo asociado a experiencias llevadas a cabo en un sistema real y que durante muchos años no han permitido salir de la fase exploratoria. (Fullana Belda, Carmen y Urquía Grande, Elena., 2009).

Esto permite a las instituciones educativas estudiar sus procesos desde una perspectiva sistemática procurando una mejor comprensión de las relaciones circulares de causa y efecto entre ellos, además de facilitar la predicción de ciertas situaciones, contribuyendo con la valoración, replanteamiento y medición, inherentes al ejercicio continuo de la Autoevaluación de los programas académicos.

A través de la introducción de la Modelización y Simulación como metodología de investigación interdisciplinar garantiza la comprensión del proceso como un sistema en constante evolución. Esta tendencia desde mediados de 1990 se ha expandido de modo sistemático para el estudio de procesos sociales en antropología, economía, sociología, arqueología y ciencia política (Leonardo Rodríguez Zoya y Pascal Roggero., 2016).

Sin embargo “la modelización y simulación computacional como metodología de investigación científica constituyen un enfoque poco conocido y empleado en la actualidad por parte de las ciencias sociales latinoamericanas, aunque se destacan interesantes contribuciones realizadas desde nuestro continente” (Rodríguez y Roggero, 2016)

“Introducir la modelización computacional en ciencias sociales y humanas implica necesariamente una apertura hacia un concepto y una forma de práctica científica que no se encuentra en el repertorio habitual de las disciplinas sociales y humanísticas” (Leonardo Rodríguez Zoya y Pascal Roggero., 2016). Sin embargo, “Rodríguez y Roggero defienden la tesis que la modelización y la simulación constituyen una estrategia para abordar la complejidad social” (Morin, 1984), “ofreciendo nuevas posibilidades para un trabajo colectivo de carácter verdaderamente interdisciplinario” (García, 2006).

Así como, el trabajo de modelización y simulación brinda la posibilidad inédita de integrar conocimientos de distintas disciplinas y, por tanto, de abrirse a un diálogo fecundo

entre las diferentes ramas de la ciencia, en este proceso se percibe la oportunidad de tomar como punto de partida la articulación de modo sistémico, de las funciones sustantivas universitarias de Formación-aprendizaje, Ciencia-tecnología e innovación y Interacción Universitaria, y concretarlos en el programa académico en función de las Categorías Analíticas de Enseñanza, Aprendizaje, Investigación y Proyección Social que articuladas permiten describir los procesos didácticos en educación superior, y concebir esta interdependencia como sistema complejo no lineal.

Teniendo en cuenta que la dinámica de sistemas es una metodología para el estudio y manejo de sistemas de realimentación complejos, el uso del computador para realizar sus simulaciones, ofrece la posibilidad de estudiar el comportamiento y las consecuencias de las múltiples interacciones de los elementos de un sistema a través del tiempo. Esto la hace muy útil para el estudio de fenómenos sociales ya que en ellos están implicados una gran cantidad de elementos e interrelaciones en los que la presencia de no linealidades determina el comportamiento y dificultan una solución analítica (Morlán, 2010).

De lo anterior, se puede asumir que la dinámica de sistemas permite predecir consecuencias a largo plazo de una manera analítica y certera, ya que se puede estudiar el comportamiento de un sistema, analizando la interacción de las variables.

Desde esta perspectiva, en el presente trabajo el proceso metodológico de la investigación incluye las siguientes fases:

- Identificación del problema y análisis de comportamiento. Aquí se determinan las variables claves que intervienen en el proceso.
- Modelado cualitativo o causal del sistema. En esta fase se construye la hipótesis dinámica, que permite detectar cuáles son los elementos que se incluirán y cuáles tienen

mayor importancia del sistema. Su ejecución incluye la construcción de diagramas causales puesto que la identificación de los círculos de causalidad garantiza la reflexión sobre las relaciones de influencia entre los elementos que se integran.

- **Modelado cuantitativo.** Esta fase implica la traducción de los diagramas causales a diagramas de Forrester o diagramas de Niveles y Flujos (Stock & Flow), necesarios para la visualización de patrones y tendencias en el comportamiento del sistema, aspectos esenciales para la Simulación del sistema. En esta fase se definen las respectivas variables y se establecen los tiempos en los que la simulación tendrá su alcance definitivo.
- **Experimentación (Validación inicial del sistema).** En esta fase se utiliza el modelo generado para explorar la confiabilidad del sistema, verificando su coherencia al abordar el tema especificado, y brindando la seguridad del modelo ante los diferentes escenarios en los que se va a desarrollar.

2.3.5. Ingeniería didáctica.

Comprendida como metodología de investigación surgida en la didáctica de las matemáticas francesa, a principios de los años ochenta, forma parte de la tercera perspectiva desde la cual se sustenta el presente enfoque metodológico, debido a que ha sido empleada como una metodología para las realizaciones tecnológicas de los hallazgos de la teoría de Situaciones Didácticas y de la Transposición Didáctica.

El nombre surgió de la analogía con la actividad de un ingeniero, quien:

Para realizar un proyecto determinado, se basa en los conocimientos científicos de su dominio y acepta someterse a un control de tipo científico. Sin embargo, al mismo tiempo, se encuentra obligado a trabajar con objetos mucho más complejos que los depurados por la ciencia y, por lo tanto, tiene que abordar prácticamente, con todos

los medios disponibles, problemas de los que la ciencia no quiere o no puede hacerse cargo. (Artigue, 1998).

El término ingeniería didáctica se utiliza en didáctica de las matemáticas con una doble función: como metodología de investigación y como producciones de situaciones de enseñanza y aprendizaje, conforme mencionó Douady:

El término ingeniería didáctica designa un conjunto de secuencias de clase concebidas, organizadas y articuladas en el tiempo de forma coherente por un profesor-ingeniero para efectuar un proyecto de aprendizaje de un contenido matemático dado para un grupo concreto de alumnos. A lo largo de los intercambios entre el profesor y los alumnos, el proyecto evoluciona bajo las reacciones de los alumnos en función de las decisiones y elecciones del profesor. Así, la ingeniería didáctica es, al mismo tiempo, un producto, resultante de un análisis a priori, y un proceso, resultante de una adaptación de la puesta en funcionamiento de un producto acorde con las condiciones dinámicas de una clase. (Douady, 1996).

Las siguientes características de la ingeniería didáctica como metodología de investigación se han tomado como referentes metodológicos para el desarrollo del proceso que se comunica en este documento:

- I. Por un esquema experimental basado en las “realizaciones didácticas” en el aula, es decir, sobre la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza.
- II. Por el registro de los estudios de caso y por la validación que es esencialmente interna, basada en la confrontación entre el análisis a priori y a posteriori.

2.3.6 Modelización didáctica. “Consiste en recontextualizar los modelos científicos constituyéndolos en objetos de enseñanza” (Rojas Durango, 2015), donde el profesor,

“además de conocer la naturaleza y el alcance explicativo de un modelo científico debe adicionarle su saber didáctico” (Felipe, Antonio E. & Larrico, Romina, 2015). Desde esta perspectiva se concibe la modelización como un proceso recursivo, constituido por una serie de actividades en las cuales los estudiantes deben utilizar diferentes formas de representación de los conceptos para formular descripciones y explicaciones de los mismos, elaborar sus propias representaciones, analizar críticamente los modelos utilizados (señalando su utilidad y limitaciones) y compararlos con modelos presentados por libros de texto y publicaciones científicas.

Es así que los estudiantes adquieren experiencia trabajando con modelos, reflexionando sobre esas experiencias, discutiendo las funciones de los modelos en la enseñanza y la investigación.

Brousseau (1986) expone en los Elementos para una Modelización el siguiente interrogante:

¿Es posible modelizar todo un sistema educativo por medio de un sistema enseñante, definido por algunas relaciones que tiene con un sistema enseñado que a su vez representa a centenares de alumnos, cuya diversidad parece justamente ser la primera fuente de las dificultades enseñantes? Eso es un reto inevitable del proceso de teorización. (pp. 33-115)

2.3.7 Funciones sustantivas

Como estrategia para abordar este cuestionamiento de Brousseau y construir la estructura del proceso didáctico en el presente trabajo investigativo, se recurre al establecimiento de los pilares institucionales que constituyen las siguientes Funciones Sustantivas de la Universidad de Cundinamarca:

2.3.7.1 Formación y Aprendizaje. A través de esta acción la UDEC busca dar cumplimiento a los propósitos de formación integral de sus estudiantes, definidos en el modelo pedagógico en el marco de una educación humanista, liberadora, dialógica, flexible, emancipadora, crítica, compleja, que contribuya a la construcción de significados y sentidos. En suma, en el marco de esta función sustantiva se busca permanentemente el aseguramiento de la calidad de la formación y el aprendizaje. El profesor se concibe como un sujeto libre, transformador, interactivo y gestor de conocimiento. Así mismo, el estudiante es el centro de la cultura académica, creador de oportunidades, autónomo, crítico y propositivo. (UDEC, 2016).

2.3.7.2 Ciencia, Tecnología e Innovación.

Este campo del saber se concibe como una práctica permanente, articulada con la Misión y los objetivos institucionales, que permite consolidar formalmente un conjunto de capacidades, competencias y habilidades del orden teórico–conceptual, metodológico y técnico, identificadas con el seguimiento teleológico, científico y ético de principios de pluralidad, interdisciplinaridad, integralidad e intersectorialidad, que aportan al desarrollo económico, social y cultural del país. En tal sentido, la Universidad de Cundinamarca concibe el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación como una de las funciones sustantivas de la educación superior y, en su desarrollo, como una acción que exige vocación y disciplina para poder generar y gestionar conocimiento pertinente, y con capacidad de respuesta a la velocidad con la que se dan los cambios en la sociedad. En su acción social, la Universidad interactúa con la comunidad académica y empresarial del país, y oferta programas académicos con currículos contextualizados en relación a los avances científicos y tecnológicos, y a la problemática propia de sus comunidades.

Desde este campo, la Universidad asume la responsabilidad de fomentar el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y de la capacidad crítica, reflexiva y analítica, lo cual contribuye al avance y fortalecimiento científico y tecnológico nacional, orientada con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas y al progreso social y económico del país.

La Universidad de Cundinamarca define directrices sobre ciencia, tecnología e innovación en el aula, formación para la investigación, la producción de conocimiento científico, promoción de grupos de investigación, semilleros, auxiliares y jóvenes investigadores, y los parámetros fundamentales sobre líneas de investigación. En este proceso, es visto como un componente transversal del currículo en el desarrollo de competencias para la formulación de proyectos, el diseño de metodologías, el trabajo en equipo, los enfoques, el desarrollo de innovaciones y la búsqueda de alternativas para la solución de problemas.

La formación para la investigación asume el aprendizaje como un constructo mediado por la praxis que aplica el estudiante, acompañado del profesor, desde la observación, descripción y reflexión de los problemas de su entorno, buscando participar en la intervención calificada y solución de los mismos con el fin de capitalizar experiencias y conocimientos, aportando con esto a la transformación de la realidad.

Ciencia, tecnología e innovación en la UDEC son desarrolladas con la finalidad de crear nuevo conocimiento y transferencia; dinámica que se orienta al desarrollo del conocimiento disciplinar, que busca superar la docencia entendida como reproducción del conocimiento, y generar desde el aula de clase un proceso de

formación y aprendizaje que define, a su vez, el nuevo rol del investigador. (UDEEC, 2016)

2.3.7.3 Interacción Universitaria.

La interacción universitaria es una función que se articula con la ciencia, la tecnología y la innovación, con los procesos de formación-aprendizaje y la interacción social. Tiene como finalidad la realización de ejercicios permanentes de producción, construcción y transferencia de conocimiento y cultura que permita la integración, el encuentro y el diálogo con la comunidad y la sociedad en la creación de soluciones que aporten a las políticas nacionales y contribuyan a la comprensión y transformación de la realidad social, local, regional y nacional.

La interacción universitaria parte del propósito de formación de la comunidad educativa, tanto en el ejercicio de sus profesiones como en el marco de la responsabilidad ética de su accionar, desde procesos de indagación y construcción de conocimiento en entornos sociales específicos; la contextualización e intercambio de experiencias y saberes; la formación y capacitación de la comunidad, la socialización, difusión, promoción, circulación y comunicación de la cultura, el arte, el deporte, y el conocimiento y las innovaciones en las múltiples áreas del saber.

La interacción universitaria implicará la vinculación real y efectiva con el entorno, especialmente en tres ámbitos: el sector productivo, el Estado y la sociedad civil. La interacción con cada uno de ellos se dará a partir de la identificación de los intereses y necesidades de cada parte, atendiendo a criterios de solidaridad, sostenibilidad y reconocimiento de los ámbitos de acción de cada uno de los actores y su consecuente papel en la construcción del desarrollo sostenible (UDEEC, 2016).

En el siguiente Arquetipo se presenta la relación de influencia entre las tres funciones sustantivas universitarias que constituyen la plataforma teórica institucional sobre la cual se configura el proceso de Modelización en este trabajo.



Ilustración 2 Relaciones de influencia - funciones sustantivas
Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los referentes teóricos es esencial presentar en este apartado la estructura conceptual que sustenta el pensamiento, lenguaje, organización y acciones que estructuran el proceso investigativo que se comunica en este documento, desde el punto de vista del pensamiento sistémico:

2.3.8 Pensamiento Sistémico. El pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades. Es un marco para ver interrelaciones en vez de cosas, para ver patrones de cambio en vez de “instantáneas” estáticas. “Es un conjunto de principios generales destilados a lo largo del siglo XX, y abarca campos tan diversos como las ciencias físicas y sociales, la ingeniería y la administración de empresas” (Senge, 2011). Este tipo de pensamiento permite ver las “estructuras” que subyacen a las situaciones complejas, y ayuda a discernir cambios de alto y bajo apalancamiento. Ofreciendo un lenguaje que comienza por la reestructuración del pensamiento.

La esencia de la disciplina de pensamiento sistémico radica en un cambio de enfoque:

- Ver las interrelaciones en vez de las concatenaciones lineales de causa-efecto.

- Ver procesos de cambio en vez de instantáneas.

Para Senge (2011), el pensamiento sistémico comienza con la comprensión de un concepto simple llamado feedback o “realimentación”, que muestra cómo los actos pueden reforzarse o contrarrestarse (equilibrarse) entre sí. Es importante para ello practicar continuamente para aprender a reconocer tipos de estructuras recurrentes.

El pensamiento sistémico ofrece también desde la perspectiva de Senge (2011), un rico lenguaje para describir una vasta gama de interrelaciones y patrones de cambio, que para los propósitos que han direccionado el proceso investigativo vinculado con el presente trabajo, implica la estructuración del pensamiento y lenguaje a través de niveles de explicación que facilitan el abordaje de situaciones complejas, tal como sugiere Peter M. Senge en el diagrama que se describe a continuación:

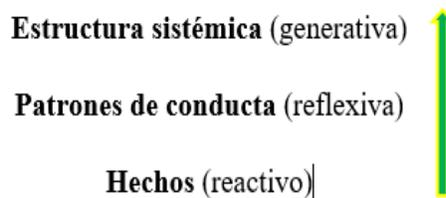


Ilustración 3 Niveles de explicación
Fuente: Elaboración propia

Para abordar el primer Nivel que corresponde a la fase Reactiva, se requiere de la práctica de estrategias que contribuyan a “intentar entender la realidad completa”. Puesto que “el pensamiento sistémico nos recuerda que el todo puede superar la suma de las partes” (Senge, 2011), es necesario examinar la dinámica del sistema y las interrelaciones entre sus partes, es decir, “ver el bosque, más allá de los detalles de cada uno de los árboles”.

El Waters Center for System Thinking (2019), sugiere las siguientes preguntas orientadoras para la estructuración conceptual en este nivel de explicación:

¿Cómo podemos mantener un balance entre una mirada panorámica de la realidad y los detalles importantes allí presentes?

¿Qué marco de tiempo debo considerar para ver el sistema?

¿Qué patrones o tendencias emergen en el tiempo?

En el segundo Nivel, correspondiente a la fase Reflexiva, “la identificación de patrones y las consecuentes explicaciones basadas en ellos conducen a ver las tendencias de largo plazo, evaluar sus implicaciones y sugerir cómo se puede responder a las tendencias cambiantes en el tiempo” (Senge, 2011). “Es esencial observar cómo cambian los elementos dentro del sistema, para entender su naturaleza dinámica. Se pueden utilizar gráficos del comportamiento en el tiempo para registrar y observar los patrones y tendencias que generan esos cambios” (Waters Center, 2019).

Las siguientes preguntas expuestas en Waters Center (2019) contribuyen a evolucionar en el tránsito al segundo nivel de explicación:

¿Cuáles elementos importantes han cambiado en el sistema?

¿Cómo han cambiado estos elementos en el tiempo?

¿Cuáles de los elementos cambiantes representan cantidades (es decir, cuáles se pueden cuantificar)? ¿Cómo crecen o decrecen?

¿Qué patrones o tendencias emergen en el tiempo?

En el tercer Nivel correspondiente a la fase Generativa, “la comprensión de la estructura sistémica implica concentrarse en la respuesta a la pregunta ¿qué causa los patrones de conducta?” (Senge, 2011). Estas explicaciones estructurales son importantes porque abordan las causas subyacentes de una conducta en un nivel en el cual los patrones de conducta se pueden modificar.

Como la estructura del sistema genera conductas, y el cambio de las estructuras subyacentes puede generar otros patrones de conducta, las explicaciones estructurales que caracterizan este Nivel, son inherentemente generativas. Más aún, como la estructura de los sistemas humanos incluye las “políticas operativas” de los que toman decisiones en el sistema, la redefinición de estas tomas de decisiones se redefine consecuentemente, haciendo evolucionar la estructura del sistema, fortaleciendo el Aprendizaje Generativo.

El aprendizaje generativo no se puede sostener donde predomina el pensamiento fáctico.

Requiere un marco conceptual de pensamiento “estructural” o sistémico, la aptitud para descubrir causas estructurales de conducta. (Senge, 2011)

2.4 Marco de Antecedentes

Este trabajo establece el desarrollo de la simulación de procesos didácticos en la implementación de la modelación de sistemas dinámicos mediante estrategias didácticas que articulen el pensamiento sistémico-matemático y computacional para contribuir con el proceso de enseñanza y aprendizaje en el cual los estudiantes interactúan con el contexto que los rodea, pretendiendo que puedan resolver problemas de su entorno con más facilidad.

Es fundamental desarrollar en los estudiantes competencias matemáticas que les permita comprender el tema, aplicar los conceptos adquiridos y desarrollar el pensamiento sistémico con el fin de que observen el mundo real como totalidades para realizar su análisis.

Se presentan a continuación los resultados de una revisión de investigaciones relacionadas que pueden servir para registrar y analizar el estado de ese conocimiento, en caso de que interese para algún aporte al presente trabajo.

Hoy las capacidades de modelización y de resolución de problemas son calificadas como básicas para acceder al proceso de producción del conocimiento. La comprensión de las interacciones y relaciones entre los factores que conforman estas

dos capacidades es importante para proponer a partir de esta comprensión estrategias didácticas que sirvan para desarrollar y fortalecer de manera integrada y complementaria estas capacidades en los estudiantes. (García-García, 2013)

El anterior artículo sobre modelación es una investigación que se deriva de un proyecto denominado la construcción de un modelo de interacciones complejas, la modelización representación y solución de problemas, en la cual se presenta un modelo construido sobre modelaciones complejas, a partir de factores descritos y analizados estadísticamente, la resolución de problemas, y la ejecución de la modelación, en los cuales se evidenciaron resultados como análisis de datos estadísticos, la resolución de algunos problemas y su respectiva modelación, en el cual los procesos pedagógicos fueron fundamentales para el desarrollo de este, se realizaron pruebas de resolución de problemas y, finalmente se hicieron test sobre modelización, y se concluyó que dados los factores como la capacidad de modelación y la capacidad de resolución de problemas, se evidencio la importancia de modelizar o modelar, sobre la resolución de problemas.

Por otro lado, en el informe de “La modelación matemática en la formación inicial de profesores de matemáticas: visiones de algunos formadores” Correa Carvajal, M. A., Úsuga, G., & Andrea (2015), exponen una investigación en la cual se plantearon examinar las ideas sobre modelación matemática presentes en las asignaturas del plan de estudios de la licenciatura de matemáticas de la Universidad de Antioquia, con el propósito de exponer los acercamientos entre el discurso de los profesores en las clases, y las tendencias sobre modelación matemática en los programas de formación de profesores. Se analizaron algunos elementos importantes como lo son los tipos de problemas, sus objetivos y las dinámicas que se llevan a cabo en el aula.

Para el desarrollo de esta investigación se realizó un estudio de casos como método de investigación cualitativo, con el propósito de buscar interpretaciones acertadas y con una finalidad descriptiva; para la recolección de información realizaron guías de lectura, bitácoras de observación, encuestas, entrevistas y cuestionarios para los docentes.

En el trabajo de grado presentado en el facultad de Ingeniería de la Universidad Católica titulada “Aplicación de una herramienta de modelado en dinámica de sistemas para la estimación de costos de proyectos en licitaciones de servicios de ingeniería de software y sistemas de información en Colombia” Sarmiento (2016), el cual consistió en la realización de un modelo en dinámica de sistemas que le permitiera a una empresa estimar la duración real de un proyecto y definir la conveniencia de participar en licitaciones de contratación públicas para servicios de ingeniería de software y seguridad informática, este proyecto se desarrolló en cuatro fases, cada una tenía dos actividades, que se desarrollaron de manera secuencial y en paralelo a la revisión periódica de los datos.

En la primera fase se revisó el plan de trabajo y se realizaron ajustes convenientes, además de realizar la revisión de bases de datos relacionados con el proyecto. En la segunda fase buscaron información sobre procesos licitatorios de servicios de ingeniería, y se realizaron encuestas a las empresas que estaban trabajando en este contexto, para su posterior análisis, identificando las variables esenciales en el proceso de conveniencia de participar en las licitaciones públicas. En la tercera fase se definió el modelo de la estructuración de las actividades de los proyectos de ingeniería de software en las licitaciones, por lo cual este modelo se realizó mediante las causales de dinámica de sistemas, utilizando el software iThink, o mejor conocido en la actualidad como Stella, para simular el comportamiento de la duración de un proyecto bajo las situaciones dadas en el pliego de condiciones, para

identificar su duración esperada. En la última fase se analizaron los resultados y se generaron las conclusiones de trabajo, donde utilizaron estadísticas probabilísticas del comportamiento del costo esperado del proyecto analizado en la licitación pública.

Finalmente encontramos el artículo “La simulación como estrategia didáctica en el aprendizaje y la resolución de problemas lógicos” de la Universidad Centrooccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA) (Marquez, 2012) presenta una investigación en la cual determino el efecto de la simulación como estrategia didáctica en la resolución de problemas lógicos, esta se sustentó en la teoría cognitiva del aprendizaje significativo, y para su desarrollo intervinieron dos grupos de estudiantes, uno experimental y otro de control; los cuales realizaron un pre-test de conocimientos previos de operaciones básicas de matemáticas, posteriormente aplicaron una preprueba sobre problemas de lógica y finalmente fueron sometidos a una post-prueba para medir el rendimiento alcanzado y los conocimientos adquiridos.

La simulación como estrategia didáctica se aplicó al grupo experimental, mientras que la técnica expositiva se aplicó al grupo de control y se concluyó que la simulación como estrategia experimental directa de aprendizaje permite que el estudiante desarrolle e incremente las destrezas y habilidades en la resolución de problemas de lógica matemática: así mismo esta contribuye a ilustrar con mayor facilidad situaciones del mundo real, para poder comprenderlas y hallar su solución.

De esta manera, después de realizar la revisión de investigaciones relacionadas con la temática de simulación de procesos didácticos en la implementación de la dinámica de sistemas, encontramos algunos proyectos desarrollados sobre la modelación con temas pertinentes al nivel empresarial y educativo, donde fue posible afirmar que hay muy pocos proyectos desarrollados sobre la temática de esta investigación.

2.5 Modelos Informáticos

En este capítulo se realiza una breve descripción de las herramientas tecnológicas utilizadas en el proceso de Modelización y Simulación. Para abordar el modelado dinámico de sistemas, existen diferentes programas computacionales entre los que se destacan: Vensim (Ventana Systems Inc., 2019), Powersim (Powersim Solutions Inc., 2015), Anylogic (The AnyLogic Company, 2019), Splash (Creative Learning Exchange & Visual Interfaces for serious Simulations, 2018) y STELLA (Isee systems, 2019); Splash y Stella versión para estudiantes se ha implementados en las prácticas exploratorias para la introducción del modelado dinámico de sistemas en educación básica, Splash se ha constituido en el referente para la modelación en la ejecución de los Talleres Itinerantes en educación básica primaria, y STELLA versión para estudiantes (2014) y STELLA PROFESSIONAL en la construcción de la Simulación del proceso didáctico.

“El software Splash proporciona un espacio atractivo donde es posible crear y probar ideas de modelos en movimiento, posibilitando el entendimiento de los sistemas que funcionan en el mundo, permitiendo así generar su propio aprendizaje y encontrando sus posibles soluciones” (Creative Learning Exchange & Visual Interfaces for serious Simulations, 2018). Fue creado, desarrollado y publicado el 14 de Septiembre del año 2018, gracias a la asociación creativa de CLE “Creative Learning Exchange”, organización sin ánimo de lucro fundada en 1991 por el creador de la dinámica de sistemas, Jay W. Forrester, para animar el estudio y desarrollo de los sistemas que utilizan el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, además fomenta el proceso de descubrimiento activo en la resolución de problemas significativos del mundo real a través del dominio del pensamiento sistémico y el modelado de la dinámica de sistemas. De igual manera este software también conto con el apoyo para su creación por parte de BTN “Visual interfaces for serious simulations”.

Splash fue diseñado principalmente para tabletas y dispositivos móviles, de descarga gratuita mediante la plataforma Android o iOS, donde los requerimientos para su funcionamiento son básicos y no exige contar con servicio de datos de navegación. Combina simulaciones de dinámica de fluidos con la dinámica de sistemas de una manera que enfatiza la diversión, el placer y la facilidad de uso, gracias a la múltiple cantidad e iconos y elementos de control disponibles en la interfaz del software (Creative Learning Exchange & Visual Interfaces for serious Simulations, 2018).

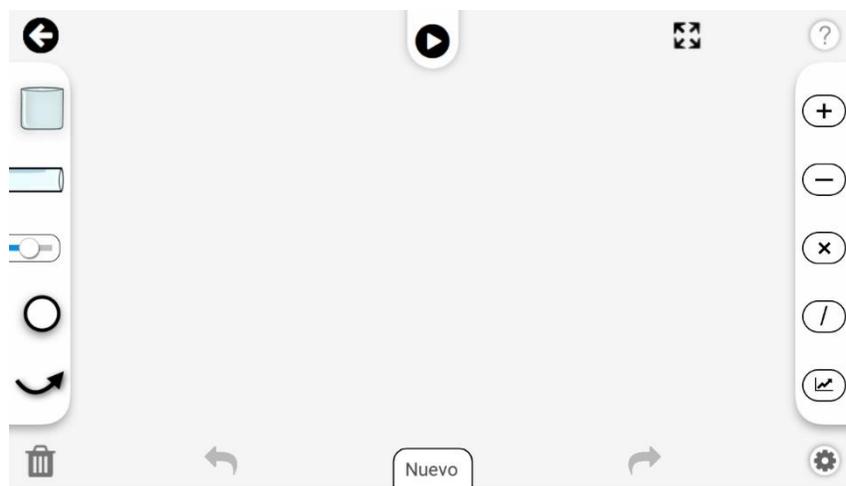


Ilustración 4 Interfaz de Splash
ventana de interacción con los elementos principales de modelación
Fuente: Screenshot of free software Splash

Por otro lado, Isee Systems (2019) compañía desarrolladora de software de pensamiento sistémico y modelado dinámico, fundada en 1985 por el científico y profesor de pensamiento sistémico Barry Richmond, bajo el nombre de High Performance Systems, con el apoyo financiero de Analog Devices y el soporte técnico de Apple Computer desarrolló el lenguaje de programación visual STELLA = Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation.

En 1989, Barry Richmond recibió el Premio Jay Wright Forrester de la System Dynamics Society por ser el primero en presentar una herramienta de simulación y construcción de

modelos basada en iconos. En 1990 isee systems (2019) introdujeron iThink para la simulación de negocios, también creó el primer Management Flight Simulator en 1991, fue pionero en la introducción del primer Learning Environment en 1995, y ofreció el primer taller de pensamiento sistémico conversacional en 1999. En 2007 isee systems se comprometió con el borrador del estándar XMILE para el intercambio de modelos, lanzando el primer producto compatible con XMILE en 2012. En 2015, presentó la próxima generación de software de modelado dinámico, denominado Stella Professional (Isee systems, 2019).

Stella es un software de programación visual para el modelado de dinámica de sistemas mediante computadora que requiere de una licencia de activación para su funcionamiento, a los usuarios se les presenta una interfaz gráfica en la que pueden crear modelos gráficos de un sistema utilizando cuatro elementos o bloques de construcción fundamentales: stocks, flujos, convertidores y conectores.

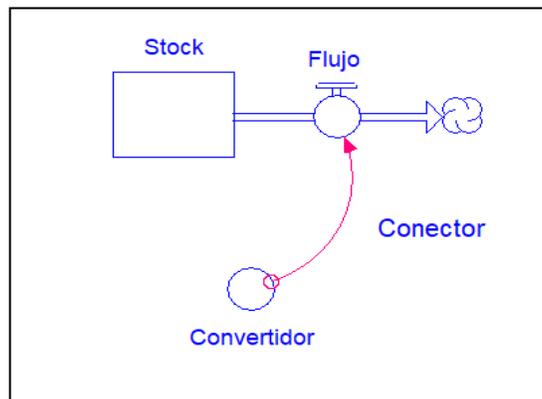


Ilustración 5 Elementos de construcción de Stella.
Modelación del diagrama de flujo
Fuente: Screenshot of free software Splash

CAPITULO 3

MARCO METODOLÓGICO

Teniendo en cuenta la naturaleza, los objetivos, el alcance y las limitaciones del proceso, la metodología que se ha seguido para el desarrollo de este trabajo, se estructura así:

3.1 Línea de investigación

Este trabajo se registra en la Línea de Investigación denominada Desarrollo del Pensamiento Matemático, cuyas acciones se enmarcan en el Plan de Trabajo del Proyecto de Investigación denominado: RED REGIONAL DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA EDUCACIÓN. Que se aborda desde el enfoque cualitativo de investigación social y educativa, llamado comúnmente como método Cualitativo.

Es esencial definir una postura desde la cual se haga posible la reflexión crítica acerca de la relación entre Teoría y Práctica Educativa, dicha posición se sustenta en la Epistemología Crítico – Social², ya que este enfoque Epistemológico se ha encargado del estudio de las formas de producción y reproducción del conocimiento y del análisis de los problemas que surgen en el proceso.

Este sentido epistemológico se estructura a partir del supuesto de que el análisis o la crítica de las ciencias únicamente es posible como crítica de las sociedades en las cuales ellas se forman y se desarrollan; por tanto, configuran una relación entre Teoría y Práctica.

² SALAZAR RAMOS, Roberto J. Introducción a la Epistemología. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Santafé de Bogotá, D.C. Colombia, 1993

3.2 Diseño de investigación

La perspectiva de la Investigación – Acción expresada por Kurt Lewin en el texto de Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988), como un proceso de peldaños en espiral, donde cada uno compone de planificación, acción y evaluación del resultado de la acción. En la práctica, el proceso empieza con la idea general de que es deseable alguna clase de mejora o cambio, no es una investigación acerca del trabajo de otras personas. Sino una investigación realizada por determinadas personas acerca de su propio trabajo con y para otros. Se considera a las personas agentes autónomos y responsables, participantes activos en la elaboración de sus propias historias y condiciones de vida, capaces de ser más eficaces en esa elaboración si conocen aquello que hacen y capaces de colaborar en la construcción de su historia y sus condiciones de vida colectiva. Puede ser iniciada por la acción de una sola persona (el investigador), quien no considera a las demás personas como objetos de investigación, sino que las alienta a trabajar juntas como sujetos conscientes y como agentes del cambio y la mejora.

Este proceso genera la interacción continua entre Teoría y Práctica, renovada por la acción transformadora de la reflexión crítica continua en el quehacer educativo, en virtud de que se trata de un ejercicio de utilización de la “inteligencia crítica” orientada a dar forma a la acción y a desarrollarla de tal modo que la acción educativa se convierta en una praxis (acción críticamente informada y comprometida) a través de la cual se puedan vivir consecuentemente los valores educativos.

Es importante aclarar que, en el desarrollo del presente trabajo, se integraron estrategias de la I-A³, después del estudio de diversas posibilidades metodológicas, y que no se aceptó

³ Investigación – Acción

acríticamente. Se adoptó porque se tenían ya razones procedentes de la aproximación a la realidad educativa, de manifestaciones concretas de la preocupación temática, y de los resultados de las reflexiones procedentes. El proceso metodológico de la Investigación – Acción, comprende los siguientes pasos básicos: Reflexión Inicial, Planificación, Acción, Reflexión – Replanificación.

3.3 Población y muestra

Avanzando en nuestro razonamiento, el proceso de simulación se construye para implementar gradualmente en los municipios de la provincia del Sumapaz con la población estudiantil de la Institución Educativa Ciudad Ebenezer en grado séptimo, posteriormente se realizó la implementación de más actividades en escuelas rurales unitarias cercanas a la zona de influencia de la Universidad de Cundinamarca, como lo fue en la Escuela rural unitaria Santa Helena de Granada, la Escuela rural unitaria La Mesa de Arbeláez, y la Escuela rural unitaria Portones de San Bernardo, para garantizar la coherencia entre el diseño del simulador del proceso y la realidad.

La institución educativa municipal ciudad Eben Ezer se encuentra ubicada en el municipio de Fusagasugá más específicamente la zona urbana en un sector oficial, calendario A , jornada completa, género mixto, su enfoque es en salud, la cual forma no solo a ciudadanos competentes intelectualmente sino también personas con valores e íntegros en todo aspecto, estos estudiantes al graduarse salen con su respectivo diploma y aparte con un certificado que los acredita como técnicos; este centro educativo forma no solo a ciudadanos competentes intelectualmente sino también personas con valores e íntegros en todo aspecto, su nivel educativo va desde básica primaria hasta la educación media.

La muestra en esta institución corresponde a veinticinco estudiantes del grado séptimo con los cuales se realizará la aplicación de las actividades.

La escuela rural multigrado Santa Helena, se encuentra ubicada en la Vereda Santa Helena, al sur del municipio de Granada, Cundinamarca. A una distancia de 2 km de la cabecera municipal, por carretera destapada. Esta sede pertenece a la Institución Educativa Departamental Gustavo Uribe Ramírez.

La muestra en la escuela Santa Helena, corresponde a doce estudiantes de los grados preescolar a grado quinto.

La escuela rural multigrado La Mesa, se encuentra ubicada en la vereda San José, en el municipio de Arbeláez, Cundinamarca. A una distancia de aproximadamente 3 km de la cabecera municipal por carretera pavimentada en su mayoría. Esta sede pertenece a la Institución Educativa Departamental Kirpalamar con especialidad agroecológica.

La muestra en la escuela La Mesa, corresponde a diez estudiantes de los grados preescolar a grado quinto, con los cuales se realizarán la aplicación de las actividades.

La escuela rural multigrado Portones, se encuentra ubicada en la Vereda Portones, en el municipio de San Bernardo, Cundinamarca. A una distancia de 7 km de la cabecera municipal, por carretera pavimentada en algunas partes. Esta sede pertenece a la Institución Educativa Departamental San Bernardo.

La muestra en la escuela Portones, corresponde a 46 estudiantes de los grados primero a quinto.

Llegados a este punto se pretende generar un modelo didáctico en el cual se tenga en cuenta el entorno de estas comunidades para partir de situaciones particulares y llevarlas a casos más complejos haciendo uso de programas que nos permitan modelar computacionalmente.

CAPÍTULO 4

MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA ENSEÑANZA - APRENDIZAJE - INVESTIGACIÓN

La organización de este capítulo sigue la secuencia de Niveles de explicación desde la perspectiva del Pensamiento Sistémico, referenciados en el Marco Conceptual.

4.1 Nivel Reactivo

En este Nivel, los momentos de exploración, diseño, observación e implementación de las actividades de enseñanza relacionadas con la introducción del Modelado Dinámico de Sistemas, se organizan en coherencia con referentes conceptuales de la Escuela Francesa de Didáctica de la Matemática, entre los que se destacan: la Ingeniería Didáctica y la Teoría de las Situaciones Didácticas.

La Ingeniería Didáctica contribuye con la estructuración del proceso en función de los siguientes momentos: *Análisis preliminar*, *Análisis a priori*, *Experimentación* y *Análisis a posteriori*. En esta fase del proceso (Fase 1) se ha realizado la secuencia en un nivel básico de profundidad, la Fase 2 implica un nivel mayor de análisis a partir del tratamiento de la información recolectada en la implementación de los Talleres a través de los registros de observación directa, fotográficos, videos y formatos de evaluación de las salidas.

Este Nivel se sustenta también en la Teoría de las Situaciones Didácticas, enfoque con el cual se estudian y modelan fenómenos didácticos, pues esta “permite diseñar y explorar un conjunto de secuencias de clase concebidas por el profesor con el fin de disponer de un medio para realizar cierto proyecto de aprendizaje” (Cantoral, 2000).

Se distinguen, entre las situaciones que se producen para su estudio experimental, cuatro tipos cuya secuencia en los procesos didácticos que organizan es la siguiente: *Situaciones*

de acción, Situaciones de formulación, Situaciones de validación y Situaciones de institucionalización. Si bien, en el proyecto investigativo la reflexión prospectiva conduce a lograr implementar la secuencia que transita por los cuatro tipos de Situaciones, el alcance de esta Fase se reduce a:

- I. Las *situaciones de acción*, en las que se genera una *interacción* entre los alumnos y el medio físico, que en la perspectiva de la Ingeniería Didáctica corresponde a momentos de Experimentación. Como aquí los alumnos deben tomar las decisiones que hagan falta para organizar su actividad de resolución del problema (Cantoral, 2000), ha sido posible direccionar la estructuración del proceso de diseño, observación y registro de las interacciones realizadas en las Escuelas Rurales visitadas, facilitando en esta Fase de la investigación el Análisis de tipo *preliminar, a priori y a posteriori*.
- II. Las *situaciones de formulación*, cuyo objetivo es la *comunicación* en informaciones entre los alumnos, como se plantea en Cantoral (2000) dicen que se debe modificar el lenguaje que utilizan habitualmente, precisándolo y adecuándolo a las informaciones que deben comunicar, han contribuido a la realización de procesos analíticos de tipo preliminar y a priori.

Los *Hechos* surgidos en el proceso que dan cuenta de la implementación, se presentan a continuación:

En este capítulo se presenta la componente didáctica del presenta proyecto, la cual corresponde a la implementación de la modelación dinámica de sistemas en educación básica primaria. Mediante el desarrollo de una serie de actividades lúdicas y modelos sencillos elaborados con materiales concretos y por medio del uso del software Splash y Stella se introduce gradualmente el modelado dinámico de sistemas como metodología para articular

los procesos de enseñanza - aprendizaje en Escuelas Multigrado de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Sede Fusagasugá.

Es importante destacar, que la Dinámica de Sistemas permite integrar diferentes disciplinas del conocimiento científico, y que la implementación del modelado dinámico de sistemas en la Escuela Multigrado puede contribuir al fortalecimiento de las estrategias de enseñanza - aprendizaje, de una parte, porque contribuye a la interpretación de la realidad en forma articulada, además, hace posible abordar la resolución de problemas integrando las diferentes disciplinas que se empiezan a estudiar a través del plan de estudios de la educación básica primaria, y también facilita el trabajo colaborativo y cooperativo dado que este tipo de escuela es un escenario que reúne estudiantes de diferentes edades y niveles en una sola aula, con un sólo profesor (máximo 2).

La metodología que se desarrollo fue la ingeniería didáctica de las matemáticas, la cual se caracteriza por un esquema experimental basado en las realizaciones didácticas en el aula, es decir, acerca del planeamiento, ejecución, observación y análisis de las secuencias de enseñanza. Asimismo, por el registro de los estudio y validación que es esencialmente interna, basada en la confrontación entre el análisis priori y a posteriori.

Donde el sustento teórico de la ingeniera didáctica proveniente de la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau (1997) y la teoría de la transposición didáctica de Chevallard (1991) las cuales como afirma Brousseau (1997) “tienen una visión sistémica al considerar a la didáctica de las matemáticas como el estudio de las interacciones entre un saber, un sistema educativo y los alumnos, con el objetivo de optimizar los modos de apropiación de este saber por el sujeto”

El proceso experimental de la ingeniería didáctica consta de cuatro fases, estructuras de la siguiente forma:

- I. Primera fase: Realizar un análisis preliminar.
- II. Segunda fase: planeación y análisis a priori de las situaciones didácticas.
- III. Tercera fase: La experimentación
- IV. Cuarta fase: Análisis a posteriori.

4.1.1 Diseño y aplicación de actividades. En consecuencia, se diseñaron actividades con la colaboración del Grupo GIIMMYC con el semillero de modelación matemática y computacional, las cuales mostraran la secuencia de situaciones didácticas en cada actividad, iniciando con la aplicación de una actividad, en la se realizó una aproximación en un grupo de grado séptimo, en el cual se pretendía observar el comportamiento de los estudiantes ante el desarrollo de una actividad con fluidos, donde los docentes observadores recolectarían información para la planeación de próximas actividades, por lo tanto a continuación, presentamos la actividad .

4.1.1.1 Actividad 1. ¿Qué recipiente se llena primero?

- Lugar de aplicación: Institución Educativa ciudad Eben – Ezer, Fusagasugá, Cundinamarca
- Fecha de aplicación: 21 de agosto de 2018
- Nivel educativo: Grado Séptimo

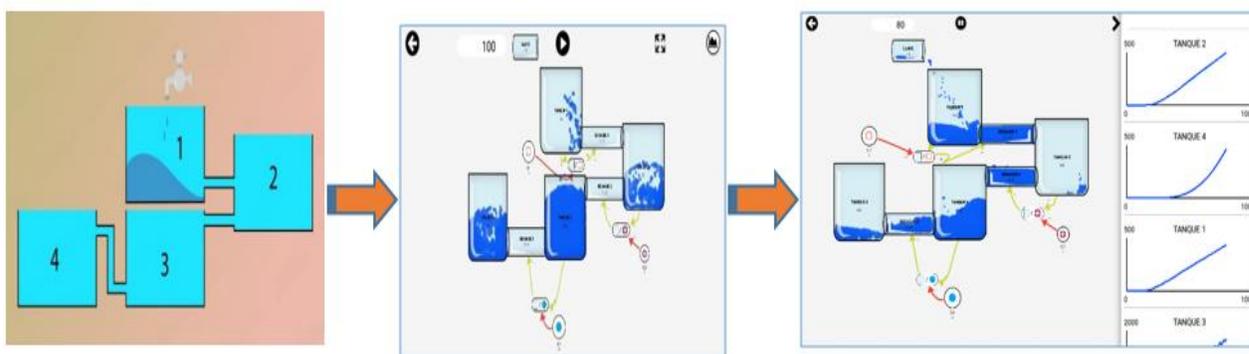


Ilustración 6 Acertijo de, ¿Qué tanque se llena primero?

Representación del diseño de la actividad desde el acertijo hasta la modelación mediante el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- Objetivo: Desarrollar una actividad mediante fluidos donde sea posible observar el comportamiento de un sistema, y sus variaciones, de acuerdo con la presión del líquido, la altura de los orificios de entrada y salida y la distribución en cada botella.
- Materiales y equipo:



Ilustración 7 Recursos necesarios para la actividad 1
Fuente: Google imágenes

- Número de jugadores: 4 grupos, cuatro o cinco estudiantes por grupo
- Instrucciones:
 - I. Observar el sistema que los profesores llevaron para la actividad.
 - II. Analizar el sistema propuesto y predecir en base a sus ideas que tanque se llenara primero.
 - III. Elabora un sistema similar al presentado anteriormente.
 - IV. Verter agua en el sistema construido, observando que sucede.
- Equipos para el registro de la actividad: Cámara fotográfica
- Conclusiones: Después de la aplicación de la actividad anteriormente mencionada en un grupo de secundaria, fue posible realizar un análisis sobre el desarrollo, en aspectos como el entendimiento del tema por los estudiantes, la observación de las situaciones didácticas inmersas en esta. Así mismo fue comprensible que el desarrollo de esta temática fuera aplicable en estudiantes de básica primaria, puesto que desde este nivel educativo sería posible observar un mayor desarrollo

de este pensamiento desde una edad más temprana, en temáticas relacionadas al plan de estudios.

Por tanto, se realizó esta actividad en la escuela rural multigrado de Santa Helena, en la vereda Santa Helena, en el municipio de Granada, Cundinamarca.

4.1.1.2 Actividad 2. *El mundo de los fluidos.*

- Lugar de aplicación: Escuela rural multigrado Santa Helena—Vereda Santa Helena, Granada, Cundinamarca
- Fecha de aplicación: 29 de enero de 2019
- Nivel educativo: Básica Primaria, 6 a 11 años

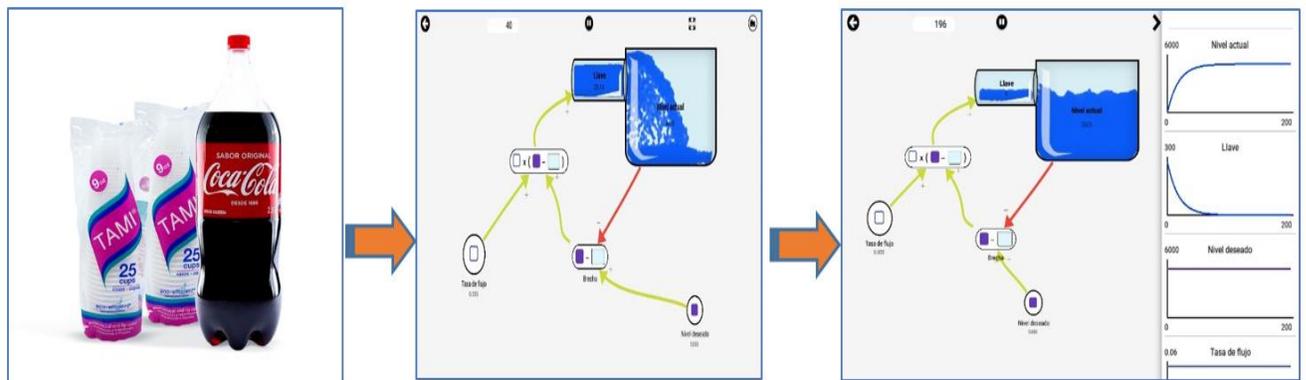


Ilustración 8 Mi nivel de gaseosa deseado

Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- Objetivo: Generar un primer acercamiento mediante una actividad relacionada con fluidos al pensamiento sistémico en estudiantes de escuelas multigrado.
- Materiales y equipo:



Ilustración 9 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad 2

Fuente: Google imágenes

- Número de jugadores: Dos grupos, cuatro o cinco estudiantes por grupo.
- Instrucciones:
 - I. Se entregará a cada niño un vaso plástico, el cual deben llenar de acuerdo con el volumen deseado de gaseosa; con el fin de observar y comprender el proceso que se genera al realizar la actividad, mediante el uso de herramientas del pensamiento sistémico.
 - II. Mediante la aplicación “Splash” instalada en siete dispositivos, se realizará la modelación del sistema que se desarrolló anteriormente.
- Equipos para el registro de la actividad: Cámara fotográfica
- Observaciones: Posteriormente se diseñó un taller itinerante de alfabetización computacional para aplicarlo en la escuela rural multigrado de la Mesa, en la vereda San José, en el municipio de Arbeláez Cundinamarca.

4.1.1.3 Guía taller No. 1. Alfabetización computacional.



Ilustración 10 Descripción de los lugares y recorridos a tomar para el desarrollo de la Guía taller No. 1
Fuente: Elaboración Propia, (Google Maps)

Introducción al Modelado Dinámico de Sistemas en educación básica primaria

Splash!

Como puente entre lo concreto y lo abstracto.



Ilustración 11 Exposición de página principal de la guía taller No.1
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3.1 Actividad 1. Globoncesto.

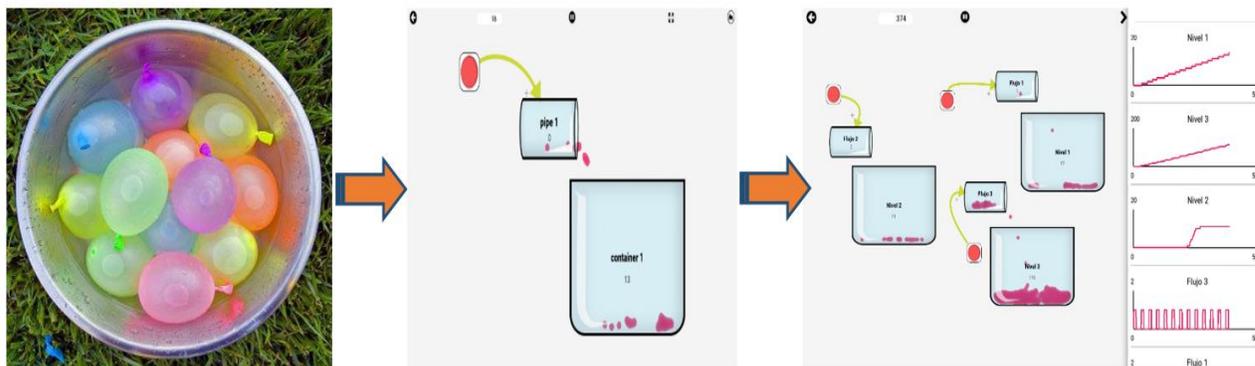


Ilustración 12 Jugando con globos

Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- **Materiales y Equipo:**



Ilustración 13 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad globoncesto

Fuente: Google imágenes

- **Número de Jugadores:** Dos (2) grupos, mínimo dos (2) niños(as) por grupo.
- **Instrucciones:**
 - I. Coloca el cubo en el suelo, o si quieres hacerlo más difícil sobre una silla o mesa de plástico (que se pueda mojar).
 - II. Después, llena los globos de agua.
 - III. El juego consiste en que los(as) niños(as) encesten los globos en el cubo.

¡Gana el que consiga encestar más globos!

- **Equipos para el Registro de la Actividad:** Cámara Fotográfica, Cámara de Video y Trípode

4.1.1.3.2 Actividad 2. Carreras de copa.

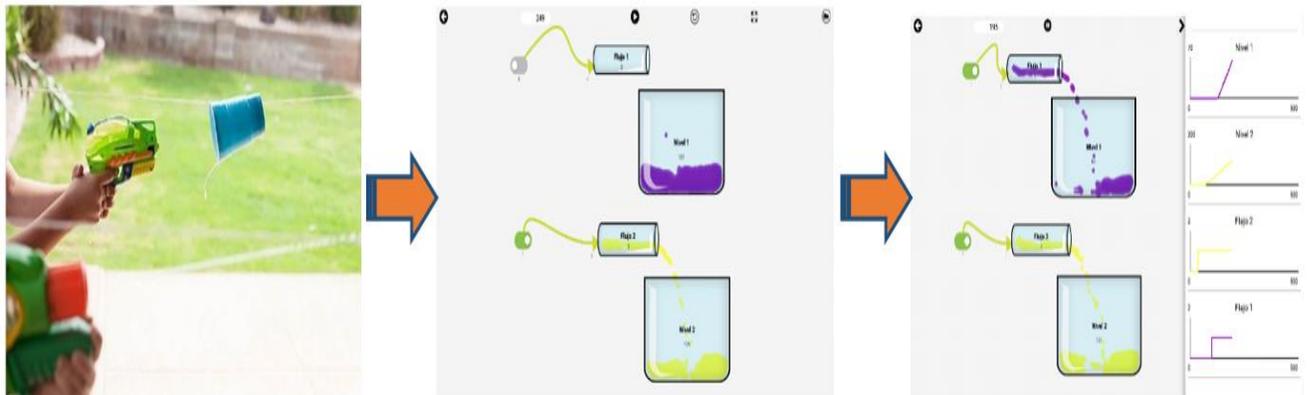


Ilustración 14 Probando tu puntería mediante fluidos

Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- Número de Jugadores: Dos (2) grupos, mínimo dos (2) niños(as) por grupo.
- Materiales y Equipo:



Ilustración 15 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad carreras de copas

Fuente: Google imágenes

- Instrucciones:
 - I. Prueba a hacer un recorrido con dos vasos de plástico a los que les harás agujeros para que se mantengan en posición horizontal.
 - II. Ténsalos en un recorrido hecho con hilo de pescar.
 - III. Solo queda hacer que los(as) niños(as) compitan entre ellos para ver que vaso llega primero. Tendrán que completar el recorrido empujando los vasos con los chorros de sus pistolas de agua.

¡Gana el equipo que consiga llevar el vaso al otro lado de la pista!

- Equipos para el Registro de la Actividad: Cámara Fotográfica, Cámara de Video y Trípode

4.1.1.3.3 Actividad 3 Tiro al Blanco.

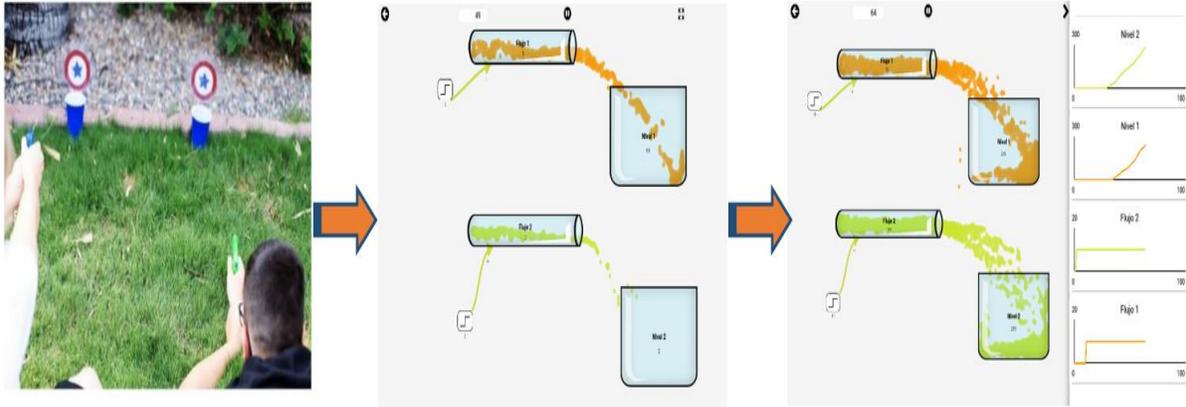


Ilustración 16 Precisando tu puntería

Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- Número de Jugadores: Dos (2) grupos, mínimo dos (2) niños(as) por grupo.
- Materiales y Equipo:



Ilustración 17 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad tiro al blanco

Fuente: Google imágenes

- Instrucciones:

I. Construye el montaje que se presenta en la fotografía de la izquierda.

- II. Se divide a los(as) niños(as) en dos (2) grupos, un(a) niño(a) de cada equipo debe disparar el agua de tal forma que impacte en la estrella para llenar el vaso.
- III. Si hay más de dos (2) niños(as), una vez que el primero vacíe su pistola, deberá llevársela al segundo, que empezará de nuevo el proceso y así sucesivamente, como en una carrera de relevos.

¡Gana el equipo que consiga llenar primero el vaso!

- Equipos para el Registro de la Actividad: Cámara Fotográfica, Cámara de Video y Trípode

4.1.1.3.4 Actividad 4 Carrera con Vasos de agua.

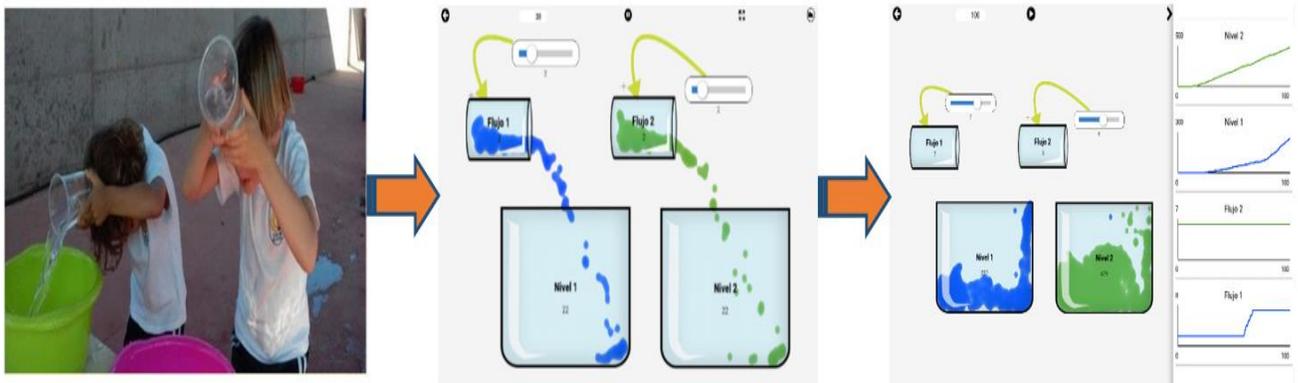


Ilustración 18 ¿Quién tendrá mayor equilibrio?

Representación de la actividad experimental hasta el diseño de la modelación por parte de los estudiantes en el software Splash

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of free software Splash

- Materiales y Equipos:



Ilustración 19 Recursos necesarios para el desarrollo de la actividad carreras con vasos de agua

Fuente: Google imágenes

- Número de Jugadores: Dos (2) grupos, mínimo dos (2) niños(as) por grupo.

- Instrucciones:
 - I. Se colocan dos (2) recipientes llenos de agua en un punto, y los otros dos (2) vacíos a unos metros de distancia, de forma paralela.
 - II. Se divide a los(as) niños(as) en dos (2) equipos, un(a) niño(a) de cada equipo debe llenar el vaso en su recipiente, colocárselo en la cabeza y correr con él hasta el otro recipiente lo más rápido posible, procurando no verter el agua.
 - III. Si hay más de dos (2) niños(as), una vez que el primero vacíe su vaso, deberá llevárselo al segundo, que empezará de nuevo el proceso y así sucesivamente, como en una carrera de relevos.

¡Gana el que consiga llenar primero el recipiente vacío!

- Equipos para el Registro de la Actividad: Cámara Fotográfica, Cámara de Video y Trípode

4.1.2 Diarios de campo. A continuación, se presentan los registros de observación de las actividades implementadas en las distintas sedes de educación básica, para lo cual se diseñó una tabla distribuida en tres espacios; en la primera columna se sitúa la secuencia de situaciones didácticas; en la segunda columna encontramos la descripción de las actividades y finalmente en la tercera columna encontramos las observaciones de la actividad, en base a cada situación didáctica.

4.1.2.1 Diario de campo en la IEM Ciudad Eben Ezer. La primera actividad se realizó en la Institución educativa Ciudad Eben Ezer, donde realizamos una actividad lúdica, buscando observar el desarrollo de la actividad por parte de los estudiantes de grado séptimo.

Tabla 1

Diario de campo en IEM Ciudad Eben Ezer

Observación - Implementación de Talleres		
Nombre del Observador: Alejandra Mayorga y Rayid Reyes		
Fecha: 21 de agosto del 2018		
Lugar: Institución Educativa Ciudad Eben -Ezer		
Tema: Dinámica de fluidos		
Objetivo: Desarrollar una actividad mediante fluidos donde sea posible observar el comportamiento de un sistema, y sus variaciones, de acuerdo con la presión del líquido, la altura de los orificios de entrada y salida y la distribución en cada botella.		
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
ACTIVIDAD		

Situación de Acción

El día veintiuno de agosto del año anterior nos dirigimos a la Institución Educativa Ciudad Eben Ezer, en la cual, siendo las diez de la mañana, llegamos al salón en el cual se dicta la clase matemáticas, saludamos al profesor y estudiantes, nos presentamos e informamos la actividad que realizaríamos, dando las pautas para su posterior desarrollo.

La actividad consistía en observar un acertijo situado mediante una imagen en el tablero, realizando cada estudiante un análisis de cuál tanque se llenará primero, por lo tanto, se dieron diferentes opiniones entre los estudiantes, a lo cual planteamos realizar la construcción de este, con materiales como botellas de gaseosa de diferentes dimensiones, tijeras, silicona, y manguera transparente.

Rápidamente se formaron grupos de cinco estudiantes, donde escogerían a un líder, el cual tomaría las botellas, y estaría a cargo del diseño de su actividad.

Cada grupo tomo la decisión de qué tipo de botellas usarían, y a que altura se realizarían los orificios de salida y entrada del fluido.

Acto seguido, pasaron dos personas de cada grupo con una botella, para realizarle los orificios, insertar las mangueras y realizar el sellado de la parte externa de los orificios, para impedir la pérdida de fluido por una fuga.

Guiados por los docentes, en orden y completo silencio se realizó la construcción completa del sistema.

Para finalizar informamos a los estudiantes que saldríamos al campo de futbol a realizar la experimentación del sistema construido, por ende solicitamos silencio, y no ir a mojar a los compañeros con agua.

Encontrándonos en el campo de futbol, un representante por grupo, mediante canecas o botellas sobrantes fue a traer agua, y la vertieron en el sistema.

Observaron que algunos sistemas tenían fugas de agua debido a fallas de construcción, no obstante, evidenciamos en la mayoría de grupos que se llenaba

- Se evidencio que cada grupo tomo algunas decisiones definitivas e importantes para el correcto funcionamiento de su sistema, como lo fue el tamaño de las botellas, la distancia de la manguera, el ancho del orifico y la manera como sostendrían su construcción en el acto de verter agua desde la primera botella.
 - Es de destacar la situación acción como el acto en el cual los estudiantes toman decisiones que afectarían el funcionamiento del sistema, a recursividad de algunos para algunos para ubicar el sistema en el suelo, o sobre una silla, o en el aire y sostenido por los mismos estudiantes, así como la recursividad de aquellos que fueron por el agua, en una caneca o en botellas sobrantes de la actividad.
-

Situación de Formulación	<p>primero la botella número tres y posteriormente la botella número cuatro</p> <p>Al iniciar la actividad, los estudiantes observaron la manera como sus compañeros realizar los orificios e instalaron las mangueras, esta información les sirvió para dirigirse a sus grupos y brindar ideas de la manera como se podrían realizar los orificios adecuadamente.</p> <p>Así mismo, al momento de buscar una estrategia de como ubicar su construcción en ladrillos o alguna silla, observaron las ideas funcionales de sus compañeros de otros grupos para idear una solución con su construcción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En esta situación encontramos a los estudiantes siendo observadores de otros grupos que pasaban a realizar la construcción, recibiendo información que pudiera usar para su diseño. • Así mismo se evidencio la comunicación entre los integrantes de cada grupo, buscando alternativas viables a problemas como, conseguir agua o ubicar su construcción similar al diseño observado en el tablero.
--------------------------	---	---

Fuente: Elaboración Propia con datos recolectados en la practica

4.1.2.1.1 Evidencia fotográfica. A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la actividad.



Ilustración 20 Evidencia actividad No. 1. En esta imagen se observa a los estudiantes realizando la construcción del sistema, con motivación alegría, entusiasmo por una actividad muy diferente a la clase magistral.



Ilustración 21 Evidencia actividad No. 1. Podemos observar a los estudiantes de un grupo, sosteniendo entre sus manos algunas botellas, vertiendo agua entre la primera botella y observando que sucede con este fluido en las otras botellas.



Ilustración 22 Evidencia actividad No.1. Observamos a otro grupo de estudiantes realizando el llenado de las botellas, usando como soporte de estas sus extremidades.



Ilustración 23 Evidencia actividad No 1. Podemos evidenciar las herramientas que un grupo uso para ubicar las botellas en el suelo.



Ilustración 24 Evidencia actividad No. 1 observamos a todos los estudiantes realizando la experimentación en el prado, donde encontramos algunos sistemas construidos por los estudiantes y puestos en funcionamiento.

4.1.2.2 Diario de campo de la Escuela rural unitaria Santa Helena. La segunda actividad se aplicó en la escuela rural unitaria Santa Helena, con todos los grados de educación básica primaria, debido a lo cual, presentamos los registros de observación.

Tabla 2

Diario de campo Escuela Santa Helena

Observación - Implementación de Talleres		
Nombre del Observador: Alejandra Mayorga y Rayid Reyes		
Fecha: 29 de enero del 2019		
Lugar: Escuela unitaria rural Santa Helena, Granada, Cundinamarca		
Tema: Dinámica de fluidos		
Objetivo: Generar un primer acercamiento mediante una actividad relacionada con fluidos al pensamiento sistémico en estudiantes de escuelas multigrado.		
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
ACTIVIDAD 1		
Situación de Acción	El martes, veintinueve de enero del año cursante nos desplazamos a la escuela Santa Helena, ubicada en la Vereda Santa Helena del municipio de Granda, donde siendo las diez de la mañana llegamos al salón de clase, saludamos a los estudiantes, y profesora, nos presentamos e informamos que teníamos planeada una actividad con ellos, por lo cual la profesora les solicito que guardaran sus elementos escolares y permaneciera en silencio mientras la realización de dicha actividad; Como acto seguido se indicó el objetivo de la actividad que consistía en tomar un vaso plástico y llenarlo de gaseosa, hasta el nivel que cada estudiante creyera pertinente, así mismo establecimos la	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencio que cada estudiante opta por una estrategia, y esta es modificada, en base a algún error visto o con el fin de llegar a su nivel deseado en el menor tiempo posible. • Algunas estrategias fueron pertinentes para la actividad y se logró alcanzar el nivel deseado de gaseosa en un tiempo mínimo, sin incumplir la regla. • Así mismo algunos estudiantes usaron una estrategia de llenado que tomo más tiempo, para

	<p>regla de no poder verter liquido fuera del vaso.</p> <p>Por lo cual la actividad inicio con un estudiante de grado quinto que lleno su vaso muy rápidamente, pero estuvo muy cerca de regar la gaseosa.</p> <p>El docente observador realiza el llenado de un vaso, para que los estudiantes de grado preescolar y primero, observaran como se debe llenar el vaso, sin correr el riesgo de romper la regla.</p> <p>Posteriormente fue pasando cada estudiante a realizar la actividad, hasta todos tener el vaso lleno.</p>	<p>llegar al objetivo propuesto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fue interesante observar que una estudiante tomara el vaso en una posición de 45° con el fin de no llenar su vaso de mucha espuma y que fueran a incumplir la regla.
Situación de Formulación	<p>Al iniciar la actividad, los estudiantes espectadores estuvieron atentos observando todos aquellos aspectos que les fueran útiles al momento de realizar la actividad, así mismo se dio una comunicación amistosa entre los participantes en dicha actividad, donde manifestaban cual podría ser la mejor forma de llenar el vaso sin ir a regar la gaseosa por exceso en el vaso.</p>	<p>Fue decisiva la concentración de los estudiantes de los primeros grados de escolaridad, al momento en que las estudiantes de grado quinto realizaron la actividad, aprendiendo de ellas e imaginando como realizarían su actividad.</p>
ACTIVIDAD 2		
Situación de Acción	<p>Después de compartir con los estudiantes la gaseosa que llevamos para la actividad, pasamos a entregar siete tabletas digitales, una por cada dos estudiantes, en las cual, mediante el software Splash, aspirábamos a realizar la modelación de la actividad desarrollada anteriormente, por lo cual iniciamos con el reconocimiento y familiarización de los estudiantes con la aplicación; realizamos la construcción de un tanque y un tubo de ingreso de líquido, luego tratamos de realizar la modelación del sistema, en este espacio los estudiantes intentaron poner un tanque, ubicar un tubo sobre el tanque y con el apoyo de los profesores, insertar el operador de resta y multiplicación, así como agregar dos elementos auxiliares, cada estudiante imagino un diseño y trato de realizarlo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La manera en que cada estudiante uso la aplicación fue cambiando a medida que tenían más tiempo para explorar las herramientas y su funcionalidad. • En los estudiantes de grado cuarto y quinto el manejo de la aplicación fue con mayor facilidad que con los estudiantes de grado primero o segundo. • La modelación del sistema, de la mayoría de los estudiantes estuvo influenciada por el apoyo y seguimiento constante del profesor, puesto que los estudiantes solos, no tienen la suficiente practica y las habilidades necesarias para manejar un software, de este tipo.
Situación de Formulación	<p>En esta fase, los estudiantes se concentraron alrededor del profesor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se destacaron los espacios en que los estudiantes observaron

observando como este realizaba el modelo, luego se dirigieron a su dispositivo e intentaron realizar la construcción de su modelo.

En varias oportunidades solicitaron ayuda para lograr manipular las herramientas y terminar el diseño de la modelación en Splash.

cómo se realizaba el modelo, por parte del docente, realizando un aprendizaje, de la manera como se podía manipular las herramientas de Splash.

- Las estudiantes de grado quinto apoyaron a los estudiantes que estaban sin terminar el sistema para que fuera posible observar el modelo construido por los estudiantes.

Fuente: Elaboración Propia con datos recolectados en la practica

4.1.2.2.1 Evidencia fotográfica. A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la actividad.



Ilustración 25 Evidencia actividad No. 2. En esta imagen se observa al docente, apoyando a una estudiante de grado primero, para lograr llenar su vaso con gaseosa, sin verter esta fuera de él, siendo un ejemplo para todos aquellos estudiantes que a continuación realizarían el mismo proceso.



Ilustración 26 Evidencia actividad No.2. Podemos observar una estudiantes de grado quinto en la situación de acción, en la cual se trazó un nivel de deseado de gaseosa y una manera para llenar su vaso sin exceder su capacidad y está realizando la actividad, sus compañeros espectadores se encuentran en la situación de

formulación, realizando un aprendizaje a partir del medio en el cual la compañera sirve de ejemplo de aprendizaje, momento en el cual ellos comunican ideas que pueden servir para lograr no exceder la capacidad del vaso y regar la gaseosa.

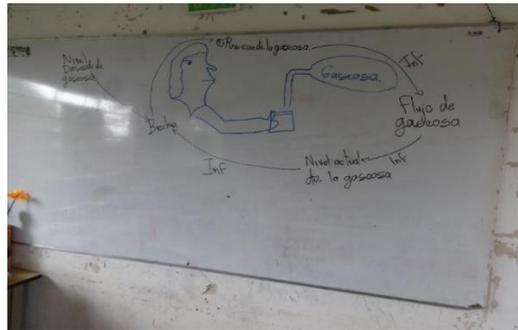


Ilustración 27 Evidencia actividad No.2. El docente realiza una representación de un círculo causal, en el cual explica que este sistema representa la actividad que cada estudiante acaba de realizar, donde encontramos algunas variables que los estudiantes manipularon a la hora de llenar el vaso como son el nivel actual, el nivel deseado, la brecha entre el nivel deseado y el nivel actual, el flujo y la posición de la botella sobre el vaso, para no realizar desperdicio de la gaseosa fuera del vaso; por lo tanto se evidenció que ellos realizaron esta actividad implícitamente.



Ilustración 28 Evidencia actividad No.2. Observamos como el docente orienta a los estudiantes en la manipulación de las herramientas de Splash, para lograr realizar su modelo. Así mismo partiendo de la teoría de las situaciones didácticas, se evidencia al docente en la situación acción, y a los estudiantes en la situación de formulación.



Ilustración 29 Evidencia actividad No.2. Se presenta un espacio donde una estudiante de grado quinto logra manipular las herramientas de Splash, e intenta guiar a tres compañeras, sobre la forma como deben usar la aplicación.



Ilustración 30 Evidencia actividad No.2. Se observa cómo funciona el modelo creado mediante la herramienta Splash por un estudiante, donde vemos que aun su modelo presenta alguna falla, y observamos como sale liquido del tubo hacia la parte superior, esta fase de manipulación de la aplicación por parte de los estudiantes es muy importante, porque a medida que interactúan con esta, van acumulando más experiencia en su manejo, sin embargo en esta actividad se evidencia la dificultad que presentan para usar la aplicación, por lo tanto se plantearía para una próxima actividad, realizar más actividades que conlleven el manejo de Splash.

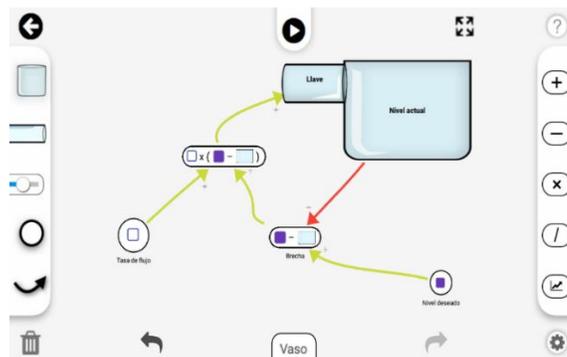


Ilustración 31 Evidencia actividad No.2. Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante de grado quinto en Splash, donde se vio la facilidad para el manejo de un dispositivo electrónico, gracias a que en su hogar hay una Tablet, donde ella juega, y se le ha desarrollado esta capacidad de manipulación de un dispositivo electrónico.

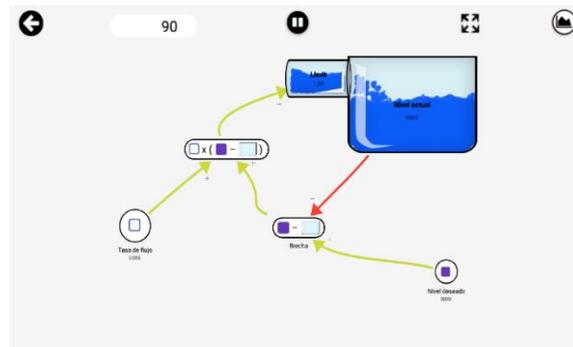


Ilustración 32 Evidencia actividad No.2. Observamos el modelo terminado con su respectivo funcionamiento.

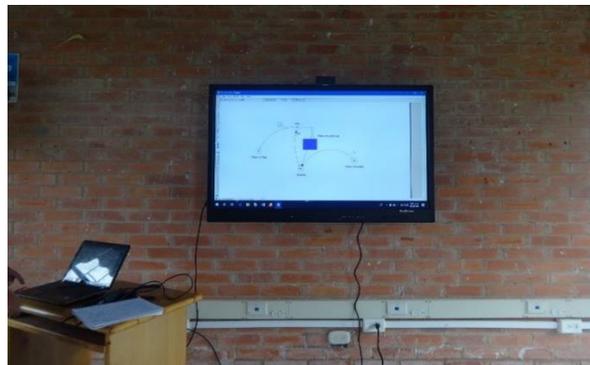


Ilustración 33 Evidencia actividad No.2. Podemos observar finalmente un modelo de la actividad creado en Stella, en cual el docente explica que es posible asociar el modelo que realizaron en las tabletas con este, sin profundizar mucho en este, puesto que los estudiantes aún no están en este nivel de abstracción.

4.1.2.3 Diario de campo de la Escuela rural unitaria La Mesa. La tercera actividad se aplicó en la escuela rural unitaria La Mesa, con todos los grados de educación básica primaria, por lo tanto, presentamos los registros de observación.

Tabla 3

Diario de campo Escuela rural unitaria la Mesa

Observación - Implementación de Talleres

Nombre del Observador: Alejandra Mayorga, Rayid Reyes

Fecha: 25 de abril de 2019

Lugar: Escuela Rural Unitaria La mesa, Arbeláez, Cundinamarca.

Tema: Dinámica de fluidos

Objetivo: Introducir gradualmente el modelado dinámico de sistemas a través de actividades lúdicas y mediante el uso del software Splash.

SECUENCIA

DESCRIPCIÓN

OBSERVACIÓN

ACTIVIDAD 1.

Situación de Acción	<p>El jueves veinticinco de abril del presente año nos desplazamos en compañía de estudiantes pertenecientes al semillero de modelación matemática y computacional, a la escuela Unitaria San José, ubicada en la vereda la Mesa, en el municipio de Arbeláez, donde siendo las ocho de la mañana llegamos a dicho lugar, en el cual fuimos recibidos por la profesora, y los estudiantes, saludamos, nos presentamos e informamos que realizamos algunas actividades muy divertidas con todos los estudiantes.</p> <p>Acto seguido invitamos a los estudiantes a desplazarse a la cancha de fútbol y formar dos filas, explicamos la actividad, la cual consistía en lanzar una bomba con agua hacia una caneca, que se encontraba a cierta distancia. Los primeros en realizar la actividad fueron los niños de grado primero y segundo, y así fueron pasando a realizar el lanzamiento de las bombas sucesivamente; todos tuvieron la oportunidad de realizar más de 3 lanzamientos de la bomba hacia la caneca, hasta que quedaron todas las bombas en su caneca respectiva y así finalizó la actividad experimental. Posteriormente todos nos dirigimos al restaurante escolar, donde se encontraban veinte tabletas digitales, mediante las cuales los estudiantes realizarían la modelación de la actividad desarrollada anteriormente en el software Splash, por lo cual iniciamos con el reconocimiento y familiarización de la aplicación; posteriormente se realizó la construcción de un tanque, ubicamos sobre el tanque un tubo de salida de líquido, e insertamos un icono de variación en color rojo, el cual mediante un conector en forma de flecha, les permitiría indicar en qué momento de la simulación, saldría agua por el tubo.</p> <p>Cada estudiante realizó su modelo a su gusto, usando los distintos colores para la interfaz, para el fluido, y modificando el tamaño de los tanques y los tubos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidenció que cada estudiante antes de realizar su lanzamiento tenía una estrategia para lograr insertar la bomba en el recipiente. • A medida que el estudiante realiza lanzamientos, su estrategia se reafirma o se modifica, dependiendo del resultado obtenido. • Algunas estrategias fueron acertadas y el estudiante logró insertar en el recipiente dos o tres bombas de agua. • Fue interesante observar como los estudiantes escogían bombas pequeñas con agua o medianas o grandes para realizar el lanzamiento, teniendo como base su lanzamiento anterior. • En el acto de realizar la modelación de la actividad en Splash fue importante el manejo de dispositivos electrónicos de cada estudiante, para lograr una mayor adaptación en el manejo de la aplicación.
Situación de Formulación	<p>En esta fase los estudiantes realizaron observación acerca de la estrategia que los estudiantes que estaban lanzando la bomba usaban para lograr insertar la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En esta fase encontramos que los estudiantes que no están realizando el lanzamiento, están en un proceso de observación

bomba en la caneca, así mismo se dio un proceso de observación en el momento en que comenzaron a realizar la modelación en Splash, tomando información sobre como sus compañeros insertaban un tanque, un tubo o realizan la conexión del icono rojo de variación con el tubo.

que fue fundamental para realizar su lanzamiento, puesto que se quedaban con la manera como sus compañeros lanzaban la bomba y lograban insertarla en la caneca.

- Para ganar un grupo la actividad, no basto con que un estudiante insertara su bomba en cada lanzamiento, por tanto, fue fundamental la comunicación de este con sus compañeros para que estos comprendieron como era la mejor forma de realizar el lanzamiento e intentar ganarle al otro grupo en terminar la actividad.
- En el acto de realizar la modelación de la actividad desarrollada es fundamental la concentración que tiene los estudiantes al momento en que el docente enseña cómo se usa la aplicación, para poder ir a su dispositivo posteriormente y construir su modelo.
- Se evidencio a los estudiantes comunicarse entre ellos, para lograr cambiar los colores o aumentar el tamaño de un tanque, proceso que sirvió para mejorar la construcción del modelo de los estudiantes.

Situación de Validación En esta actividad no se llegó a esta fase de validación.

Situación de Institucionalización En esta actividad no se llegó a esta fase de institucionalización.

SECUENCIA

DESCRIPCIÓN

OBSERVACIÓN

ACTIVIDAD 2

Situación de Acción

Esta actividad inicio a las nueve de la mañana con la formación de dos grupos, en la cancha, donde posteriormente se explicación la actividad la cual consistía en llenar una pistola de agua, cargar la presión y dispar a un vaso que se encontraba ubicado sobre una cuerda de nylon, donde el representante del grupo que llevase primero el vaso a la meta,

- Observamos que cada estudiante planeaba una estrategia para llevar el vaso mediante disparos de agua en el menor tiempo posible, realizaría la actividad, y su estrategia seria cada vez más aceptada, si logra ganar a sus rivales la mayor cantidad de

	<p>antes que su rival del otro grupo recibiría un punto.</p> <p>Acto seguido los dos primeros representantes de los grupos iniciaron la actividad y fue divertido ver a los estudiantes competir corriendo, por llevar un vaso hasta la meta con solo disparos de agua.</p> <p>Al terminar la actividad experimental los estudiantes ingresaron al restaurante escolar donde estaban las tabletas digitales, medio con el cual se volvió a realizar la construcción del modelo de la actividad desarrollada con las pistolas de agua.</p>	<p>veces posibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> En la construcción del modelo en Splash, los estudiantes aun presentaban algunos problemas para crear los tanques, los tubos y realizar las conexiones, por lo cual fue fundamental el apoyo de los estudiantes del semillero de investigación.
Situación de Formulación	<p>Al inicio de la actividad, mientras dos estudiantes realizaban la actividad, sus compañeros observaron y acumularon información para escoger la mejor estrategia para la actividad, y los últimos que pasaron a realizar la actividad, la hicieron muy rápido; evidenciamos el grado de habilidad y manejo de la estrategia adecuada, para lograr correr con la pistola de agua moviendo el vaso.</p> <p>De igual forma, en la creación del modelo en Splash, mediante la observación, aprendieron un poco más sobre el manejo de las herramientas de Splash.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Es muy importante que los estudiantes que son espectadores analicen que estrategias de sus compañeros funciona, y adaptarla a su estrategia, para intentar ganar.
Situación de Validación	<p>En esta actividad no se llegó a esta fase de validación.</p>	
Situación de Institucionalización	<p>En esta actividad no se llegó a esta fase de institucionalización.</p>	
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
ACTIVIDAD 3		
Situación de Acción	<p>La actividad se realizó después de que los estudiantes estuvieron en el receso escolar, por lo tanto, fue necesario solicitar silencio para la explicación de la siguiente actividad.</p> <p>Acto seguido se explicó la actividad, la cual tenía como objetivo llenar un recipiente con agua, para lo cual cada estudiante en su turno podía realizar solo cinco disparos con la pistola de agua.</p> <p>Rápidamente los estudiantes estuvieron organizados en dos grupos, por lo cual se dio inicio a la actividad, en la cual observamos que los primeros en pasar no lograban disparar a la tapa del</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se evidencio que cada estudiante toma una estrategia para realizar los disparos a un objeto fijo, sin embargo, al principio muchas estudiantes fallaron, por falta de práctica, sin embargo, al tener más oportunidades, fueron mejorando. Evidenciamos la situación de acción en todos los estudiantes que planeaban una estrategia para lograr ganar la actividad, la cual fue acertada o deficiente

	<p>recipiente, sin embargo, a medida que fueron repitiendo la actividad en su turno, fueron mejorando.</p> <p>Cada grupo uso dos cargas de agua para la pistola, y al terminar con el agua, observamos que grupo había ganado, lo cual fue confuso puesto que los estudiantes de cada grupo afirmaban que tenían más agua en su recipiente que el otro grupo, pero se solucionó rápidamente gracias a la observación de los estudiantes del semillero de investigación.</p>	<p>y fueron mejorando su estrategia a medida que tuvieron más oportunidades de realizar los disparos al objetivo.</p>
Situación de Formulación	<p>La actividad se volvió a realizar, con una pequeña variación, ahora el recipiente será más pequeño, lo cual dificultaría de cierta forma, lograr llenar el recipiente.</p> <p>Se evidencio la dificultad que genero esta variación, especialmente en los niños de los primeros grados de escolaridad.</p> <p>De esta manera se dio por terminada la actividad y nos dirigimos al restaurante donde realizaron el modelo de la actividad desarrollada anteriormente, donde observamos el aumento de las habilidades en el manejo de las herramientas de Splash, ya que construyeron el modelo en menos tiempo que en las actividad de modelaron anteriores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fue interesante observar a algunos estudiantes, ubicados en el piso analizando que pasaba con los disparos de sus compañeros. • De igual forma la comunicación entre cada grupo fue fundamental para la culminación de la actividad, antes que el otro grupo.
Situación de Validación	<p>En esta actividad no se llegó a esta fase de validación.</p>	
Situación de Institucionalización	<p>En esta actividad no se llegó a esta fase de institucionalización.</p>	

SECUENCIA**DESCRIPCIÓN****OBSERVACIÓN****ACTIVIDAD 4**

Situación de Acción

Siendo las once y veinte de la mañana, nos desplazamos hacia la cancha, a realizar la última actividad planeada, por lo cual invitamos a los estudiantes a realizar silencio, para dar explicación a la actividad, la cual consistía en llevar la mayor cantidad de agua de una caneca a otra, con la regla de que tendrían que llevar el agua en un recipiente mediano sobre la cabeza, sosteniéndolo con las manos.

De esta manera los estudiantes formaron dos grupos, y escogieron a un estudiante que sería el primero en llevar agua.

- En la situación de acción fue evidente que algunas estrategias de los estudiantes no funcionaron y esto los llevo a reformular un ideal que tuviera un mejor resultado.

Situación de Formulación	<p>Los primeros que participaron corrieron mucho, por ende, se mojaron, y desperdiciaron agua, de tal modo que nos les funciono la estrategia de correr.</p> <p>Los siguientes estudiantes que participaron, se desplazaron más lentamente, y llevaron mucha más agua.</p> <p>Así mismo los estudiantes de los primeros grados de escolaridad apenas lograron llegar a la caneca a verter un poco de agua sin mojarse.</p> <p>Observamos que los estudiantes estuvieron muy animados y deseaban repetir turno.</p> <p>Fue una actividad muy entretenida, que disfrutaron mucho los estudiantes.</p> <p>Posterior a la actividad, los estudiantes se desplazaron a la cancha a realizar el modelo que representaba la actividad desarrollada, donde fue sorprendente observar que los estudiantes realizaron el diseño del modelo y luego comenzaron a mover los tanques y los tubos, a partir de su propia creatividad, realizando modelos distintos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La situación de formulación la observamos cuando los estudiantes que no estaban realizando la actividad, entendieron que la estrategia no pasaba por correr mucho para llevar el agua, por lo contraria, la estrategia era llevar el agua que cada estudiante pudiere, pero tratando de regar la menos posible por el camino.
Situación de Validación	En esta actividad no se llegó a esta fase de validación.	
Situación de Institucionalización	En esta actividad no se llegó a esta fase de institucionalización.	

Fuente: Elaboración Propia con datos recolectados en la practica

4.1.2.3.1 *Evidencia fotográfica.* A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la guía taller actividad número uno.



Ilustración 34 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa a los estudiantes, formados en una fila y siendo repartidos en dos grupos, para luego dar explicación de la actividad, e iniciar su desarrollo.



Ilustración 35 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Podemos observar a los estudiantes realizando lanzamientos de una bomba desde su posición hasta una caneca, en esta imagen se evidencia la situación de acción, en el instante que cada estudiante toma la decisión de lanzar con mucha fuerza o con poca fuerza la bomba. Así mismo se evidencia la situación de formulación, en la cual se encuentran todos los espectadores observando el lanzamiento de sus compañeros, momento en el cual están recolectando información para decidir qué estrategia usarían para lanzar la bomba y lograr insertarla entre la caneca.



Ilustración 36 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos a dos estudiantes, realizan el lanzamiento de la bomba, acompañados por los estudiantes del semillero de investigación.



Ilustración 37 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. En esta imagen encontramos a los estudiantes concentrado observando la explicación que el profesor realizaba sobre el manejo de las herramientas de Splash.



Ilustración 38 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Podemos observamos a los estudiantes realizando el diseño de la actividad desarrollada anteriormente, con el acompañamiento de la docente titular, la docente y lo estudiantes del semillero de investigación.



Ilustración 39 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos a una estudiante realizando el cambio de color de la interfaz de Splash, y realizando la construcción del modelo, en compañía de los profesores mientras se familiarizaba con el software.

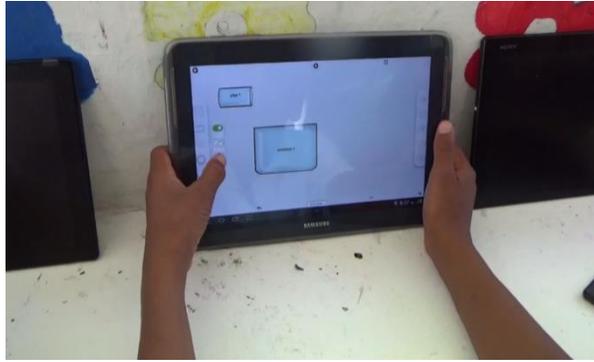


Ilustración 40 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa. Observamos la construcción del modelo mediante Splash, donde tiene el tanque, el tubo de salida del fluido y está buscando el icono para controlar el fluido

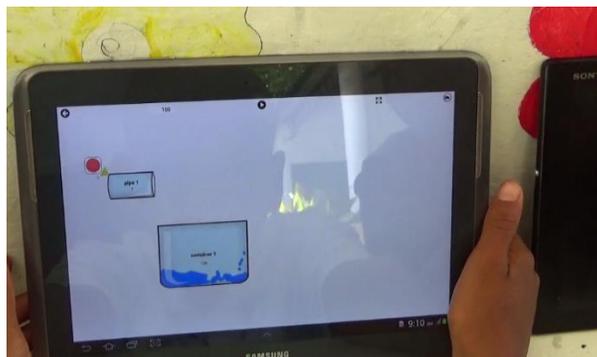


Ilustración 41 Evidencia guía taller actividad No. 1 Escuela La Mesa . Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido

A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la actividad número dos.



Ilustración 42 Evidencia guía taller actividad No.2 Escuela La Mesa. Observamos a un estudiante de cada grupo preparado para salir a realizar la actividad, el cual ya tiene una estrategia definida para intentar ganarle a su rival en llevar el vaso a la meta.



Ilustración 43 Evidencia guía taller actividad No.2 Escuela La Mesa. Es esta imagen observamos el desarrollo de la actividad por un estudiante de cada grupo.



Ilustración 44 Evidencia guía taller actividad No.2 Encontramos en esta imagen a una estudiante del semillero de investigación, guiando a un estudiante en la construcción del modelo de la actividad desarrollada en la cancha, mediante el software Splash.

A continuación, se presenta la evidencia fotográfica derivada de la actividad número tres



Ilustración 45 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos a los estudiantes realizar la actividad de disparar a un recipiente alejado, notando que un estudiante observa la estrategia de su

compañero, para adaptarla en su experiencia y lograr aumentar el nivel de agua en el recipiente



Ilustración 46 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa En esta imagen observamos a dos estudiantes que se encuentran realizando la actividad, en la cual destacamos que cada estudiante tiene una estrategia con la cual intenta realizar la actividad.



Ilustración 47 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos a un estudiante con el modelo terminado de la actividad realizada anteriormente.



Ilustración 48 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos el diseño terminado de una estudiante, la cual nos presenta su modelo en funcionamiento.



Ilustración 49 Evidencia guía taller actividad No.3 Escuela La Mesa. Observamos el modelo diseñado por un estudiante, en funcionamiento.

A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la actividad número cuatro.



Ilustración 50 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos a los estudiantes corriendo con el recipiente lleno de agua sosteniéndolo con las manos, a la altura de encima de la cabeza.



Ilustración 51 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa a otro estudiante realizando la actividad; el cual lleno el recipiente de agua y se está desplazando muy despacio hasta la ubicación de la caneca.



Ilustración 52 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el instante en el cual el estudiante se inclina hacia adelante para lograr verter el agua en la caneca.

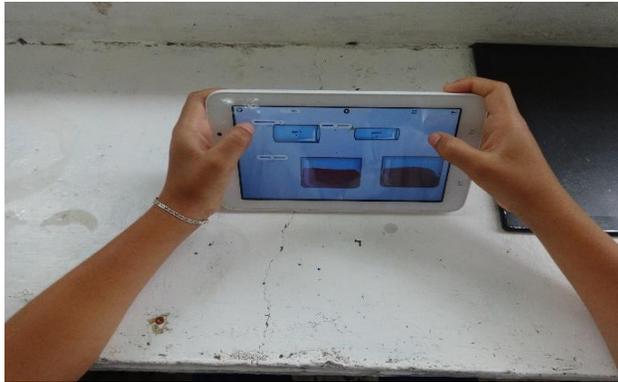


Ilustración 53 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el diseño del modelo de un estudiante, el cual ya tiene el modelo terminado.

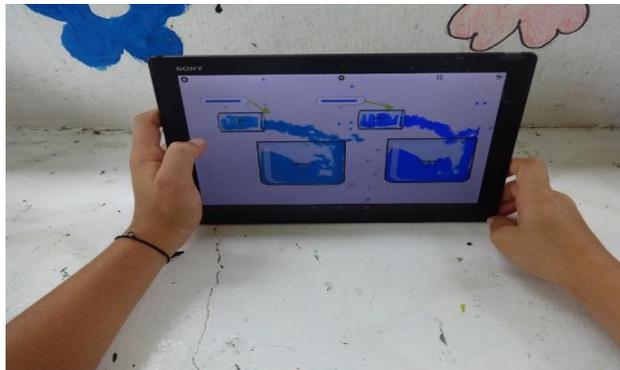


Ilustración 54 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos el modelo de un estudiante en funcionamiento, en el cual el líquido de cada tubo se encuentra llenando los tanques respectivos.



Ilustración 55 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen se observa un diseño similar al anterior, pero usando colores distintos y ubicando los tanques y sus tubos, más cerca entre ellos.

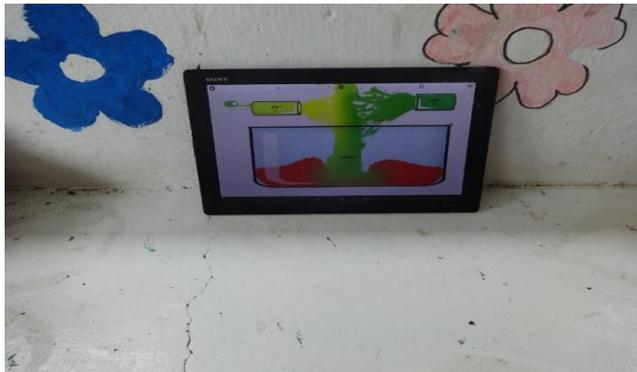


Ilustración 56 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. En esta imagen observamos un diseño realizado por un estudiante, el cual situó dos tubos sobre un tanque, con la salida de fluido hacia el centro del tanque y cambiando los colores del fluido saliente de cada tubo.



Ilustración 57 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Observamos un diseño mucho más creativo que el anteriormente visto, en el cual el estudiante usó la creatividad para situar cuatro tubos sobre dos tanques y observar que sucedía al mezclar los colores de los fluidos de cada tubo.



Ilustración 58 Evidencia guía taller actividad No.4 Escuela La Mesa. Finalmente observamos la huerta escolar, la cual es una herramienta importante para esta escuela que pertenece a escuela nueva, donde los estudiantes de los primeros grados de escolaridad pueden desarrollar algunas habilidades de motricidad, de igual forma se realiza un trabajo colaborativo en el cual los estudiantes de grado cuarto o quinto enseñan a sembrar, colgar y manejar las plantas a los otros estudiantes.

4.1.2.4 Diario de campo de la Escuela rural unitaria Portones. La cuarta actividad se aplicó en la escuela rural unitaria Portones, con todos los grados de educación básica primaria, por lo que a continuación, presentamos los registros de observación.

Tabla 4

Diario de campo Escuela Unitaria Portones

Observación - Implementación de Talleres		
Nombre del Observador: Alejandra Mayorga y Rayid Reyes		
Fecha: 22 de mayo de 2019		
Lugar: Escuela rural multigrado Portones, San Bernardo, Cundinamarca		
Tema: Introducción a la d inámica de fluidos		
Objetivo: Generar un primer acercamiento mediante una actividad relacionada con fluidos al pensamiento sistémico en estudiantes de escuelas multigrado.		
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
ACTIVIDAD 1		
Situación de Acción	El día miércoles, veintidós de mayo del año cursante nos desplazamos a la escuela rural unitarias de Portones, ubicada en la Vereda Portones del municipio de San Bernardo, donde siendo las ocho y media de la mañana llegamos a la escuela, saludamos a los estudiantes, y profesores, nos presentamos e informamos que teníamos planeada una actividad con los estudiantes, por lo cual la profesora que estaba con los grados 1, y 2, y el profesor que se encontraba con los	<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencio que cada estudiante antes de realizar su lanzamiento, toma una decisión sobre la forma como lanzara la bomba para lograr insertarla en el recipiente. • A medida que los estudiantes realizan más lanzamientos, su estrategia se modifica, dependiendo del resultado obtenido, en el lanzamiento

	<p>grados 3,4,y 5 les solicitaron a los estudiantes que guardaran sus elementos escolares y permaneciera en silencio, para salir a realizar algunas actividades.</p> <p>Nos desplazamos hacia la cancha de microfútbol de la escuela, en la cual, realizamos un círculo en compañía de los estudiantes del semillero de modelación matemática y computacional-Udec.</p> <p>La profesora líder del semillero, Martha Barreto y la coordinadora de la Licenciatura de Matemáticas, Diana Contenido.</p> <p>Para iniciar las actividades, realice una lúdica, la cual consistió en que cada estudiante, y profesor se presentara, por lo cual todos nos presentamos.</p> <p>Como acto seguido se formaron 2 filas de estudiantes y se indicó la actividad que se desarrollaría a continuación, la cual consistía en lanzar una bomba con agua hacia una caneca, que se encontraba a cierta distancia.</p> <p>Los primeros en realizar la actividad fueron los niños de grado primero y segundo, momento en el cual una estudiante se quedó congelada y se tardó como 2 minutos en lanzar la bomba, posteriormente fueron pasando a realizar el lanzamiento de las bombas sucesivamente; todos tuvieron la oportunidad de realizar entre 2 y 3 lanzamientos de la bomba hacia la caneca, hasta que quedaron todas las bombas en su caneca respectiva y así finalizó la actividad experimental.</p>	<p>anterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algunas estrategias de estudiantes de grado 4 y 5 fueron acertadas y lograron insertar en el recipiente 1 o 2 bombas de agua. • Fue motivante observar a los estudiantes escoger bombas y estar listos y animados y eufóricos para realizar el lanzamiento. • Al momento de realizar la modelación de la actividad en Splash fue importante el manejo de medios tecnológicos de cada estudiante, para lograr una mayor familiarización y habilidad para manejar la aplicación.
<p>Situación de Formulación</p>	<p>Posteriormente me dirigí con los estudiantes de grado 3, 4 y 5 al salón de clase, donde se encontraban veinticinco tabletas digitales, mediante las cuales los estudiantes realizarían la modelación de la actividad desarrollada anteriormente en el software Splash; mientras los estudiantes de grado 1, y 2 se encontraban realizando otras actividades con los compañeros del semillero de investigación, por lo cual iniciamos este ejercicio con el reconocimiento y familiarización de la aplicación por parte de los estudiantes; a continuación se llevó el tanque de la barra de herramientas, hacia el centro de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que los estudiantes que no están realizando el lanzamiento, están en un proceso de observación que es primordial para realizar su lanzamiento, puesto que reciben y adaptan la manera como sus compañeros realizan el lanzamiento de la bomba para conseguir insertarla en la caneca. • Con el objetivo de conseguir terminar en el menor tiempo posible la actividad, no basto con que un estudiante insertara

pantalla, situamos sobre el tanque un tubo de salida de fluido, e insertamos un icono de variación en color rojo, el cual mediante un conector en forma de flecha, les permitiría indicar en qué momento de la simulación, saldría agua por el tubo.

Cada estudiante realizó su diseño a su gusto, usando los distintos colores para la interfaz, para el fluido, y modificando el tamaño de los tanques y los tubos. Después los estudiantes, situaron 2 o 3 tubos más sobre el depósito, y cambiando los colores de cada fluido que salía por cada tubo, siguieron experimentando con la aplicación, hasta las 10 de la mañana, hora en la cual, se dio por terminada la actividad y los estudiantes se dirigieron al restaurante escolar a tomar su merienda y a salir a descanso.

una bomba en cada lanzamiento, por tanto, fue la comunicación de este con sus compañeros fue crucial para que estos entendieran la mejor forma de realizar el lanzamiento e intentar la bomba en el recipiente.

- En el acto de realizar la modelación de la actividad desarrollada anteriormente es fundamental la concentración que tiene los estudiantes sobre el uso de la aplicación, para lograr en su dispositivo posteriormente y realizar el modelo de la actividad.
- Observamos a los estudiantes comunicarse, para lograr cambiar los colores o aumentar el tamaño de un tanque, proceso que sirvió para mejorar el diseño del modelo.

ACTIVIDAD 2

Situación de Acción

A las once de la mañana, congregué a todos los estudiantes de grado 1 y 2 y los invité a su salón de clase, para realizar una actividad muy interesante, por lo cual, primeramente, solicite que estuvieran bien sentados en el puesto. Por lo cual quedaron 4 mesas redondas con estudiantes y un estuante del semillero como guía de la actividad. Acto seguido comencé a entregar una tableta digital a cada estudiante, para posteriormente, dirigirme a una mesa, y comenzar a enseñarles la aplicación, mostrándoles las herramientas de esta. El uso de la aplicación por parte de los estudiantes estuvo limitada por sus habilidades motrices, por lo cual fue difícil el uso de esta; para lo cual fue necesario tener la mayor comprensión con los niños y explicar a cada uno, qué hacer con la aplicación.

Luego de realizar paso por paso, el diseño del modelo, y ponerlo en funcionamiento, los estudiantes se observaron motivados por esta extraña aplicación que les permitía observar un líquido en movimiento de un tubo hacia un tanque o depósito. Y el momento más feliz para nosotros fue, observar a niños

- La manera en que cada estudiante usó la aplicación fue cambiando a medida que tenían más tiempo para explorar las herramientas y su funcionalidad, sabiendo que eran niños de grado 1 y 2.
- La modelación del sistema, de la mayoría de los estudiantes estuvo influenciada por el apoyo y seguimiento constante del profesor, puesto que los estudiantes solos, no tienen la suficiente práctica y las habilidades necesarias para manejar un software, de este tipo.

de 6 y 7 años usando la aplicación por mismos, donde situaban 4 o 5 tubos sobre un depósito y comenzaban a observar cómo se llenaban el tanque con los diferentes colores de líquidos que vertían de cada tubo.

Resalto esta situación como fundamental, en esta introducción a la modelación de dinámica de sistemas que realizamos en esta institución, porque si fue posible con niños de grado 1 y 2 comenzar con una actividad experimental y luego ir a realizar la modelación en tabletas, observando solo los elementos básicos de Splash y su funcionamiento, es posible lograr a futuro que los estudiantes diseñen sistemas con más dificultad en la aplicación, y enseñarles que esta actividad divertida tiene como fin el desarrollo del pensamiento sistémico.

Sería magnifico que estos estudiantes que hoy juegan en Splash, realizando un diseño sencillo de un sistema de fluidos. En 10 años, estén diseñando sistemas en Stella profesional, en el laboratorio de matemáticas de la Universidad de Cundinamarca, comprendiendo toda la temática referente a modelación, a dinámica de sistemas, y mejorando el simulador que nosotros en este momento tenemos construido.

Situación de Formulación

En esta fase, los estudiantes se concentraron alrededor del profesor observando como este realizaba el modelo, luego se dirigieron a su dispositivo e intentaron realizar la construcción de su modelo. En varias oportunidades solicitaron ayuda para lograr manipular las herramientas y terminar el diseño de la modelación en Splash.

- Se destacaron los espacios en que los estudiantes observaron cómo se realizaba el modelo, por parte del docente, realizando un aprendizaje, de la manera como se podía manipular las herramientas de Splash.
-

4.1.2.4.1 Evidencia fotográfica. A continuación, se presentará la evidencia fotográfica derivada de la actividad 1.



Ilustración 59 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos a los estudiantes en un círculo, realizando una actividad lúdica, en la cual cada uno se presentaría



Ilustración 60 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen se observa a los estudiantes organizándose en dos filas, en compañía de los estudiantes del semillero de investigación, para realizar la actividad con los globos de agua.



Ilustración 61 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a dos estudiantes, realizan el lanzamiento de la bomba, acompañados por los estudiantes del semillero de investigación.



Ilustración 62 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen encontramos a los estudiantes concentrado observando la explicación que el profesor realizaba sobre el manejo de las herramientas de Splash.



Ilustración 63 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Podemos observamos a los estudiantes realizando el diseño de la actividad desarrollada anteriormente, con el acompañamiento del docente titular.



Ilustración 64 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a los estudiantes realizando la construcción del modelo, paso por paso, bajo la dirección del profesor encargado.



Ilustración 65 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Encontramos una fotografía del modelo creado por una estudiante, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido.

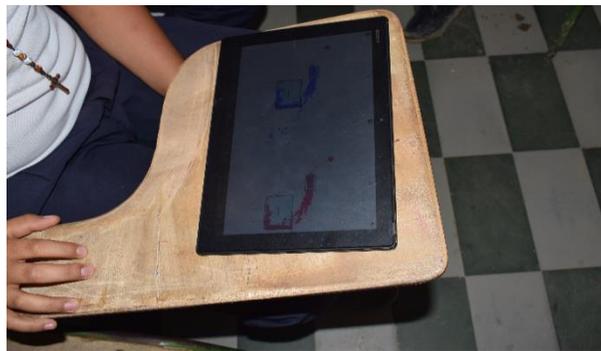


Ilustración 66 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos una fotografía del modelo terminado, creado por un estudiante de grado quinto, el cual ya está realizando la simulación del sistema construido.



Ilustración 67 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta imagen observamos a los estudiantes de grado primero y segundo, realizando otra actividad con fluidos, mediante pistolas de agua, en compañía de los estudiantes del semillero de investigación.



Ilustración 68 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Encontramos en esta imagen a un estudiante de la universidad de Cundinamarca, guiando a los estudiantes en la construcción del modelo de la actividad desarrollada en la cancha, mediante el software Splash.



Ilustración 69 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. En esta fotografía encontramos a los estudiantes terminando el diseño del modelo que representa la actividad experimental realizada en la cancha.



Ilustración 70 Evidencia guía taller actividad No.1 Escuela Portones. Observamos el diseño del modelo de los estudiantes, los cuales terminaron el diseño original de la actividad, y están realizando modificaciones al sistema, ejecutándolo y observando que pasa con el líquido que sale por los tubos.

4.2 Nivel Reflexivo

En este Nivel, se implementan procesos de pensamiento con perspectiva sistémica que facilita la identificación de la naturaleza circular de las relaciones complejas de causa – efecto, entre las categorías de análisis: Enseñanza, Aprendizaje e Investigación.

Con la ayuda STELLA se diseñaron los modelos básicos para el patrón de conducta de cada una de las categorías de análisis de este subsistema, como se presenta a continuación:

4.2.1 Enseñanza.

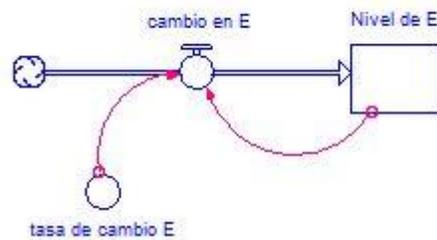


Ilustración 71 Diagrama de Forrester- Categoría ENSEÑANZA. Modelo exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

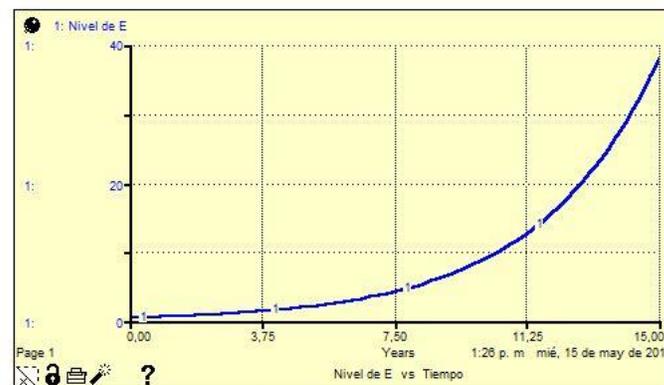


Ilustración 72 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría ENSEÑANZA
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

4.2.2 Aprendizaje.

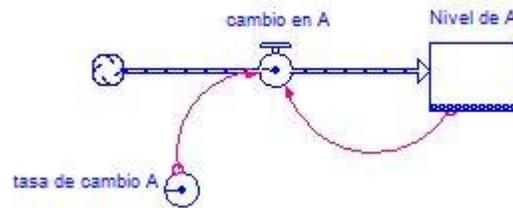


Ilustración 73 Diagrama de Forrester – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

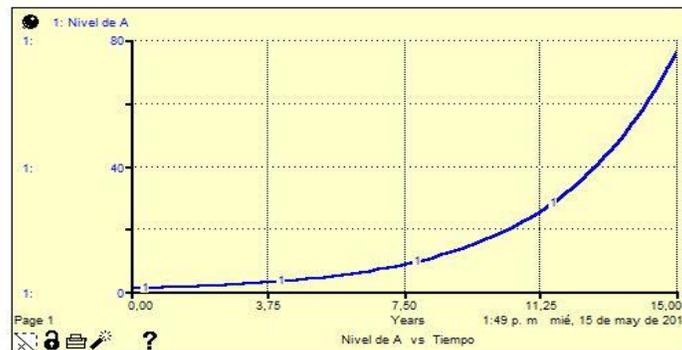


Ilustración 74 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

El Modelo de Autoreferencia también permite visualizar el patrón de conducta de la categoría APRENDIZAJE, puesto que el Nivel del APRENDIZAJE alcanzado influye en la rapidez de entrada de nuevos Aprendizajes.

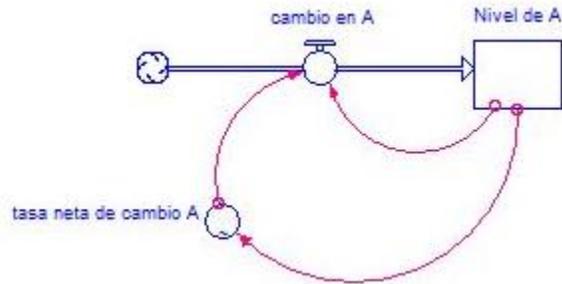


Ilustración 75 Diagrama de Forrester – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Autoreferencia
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

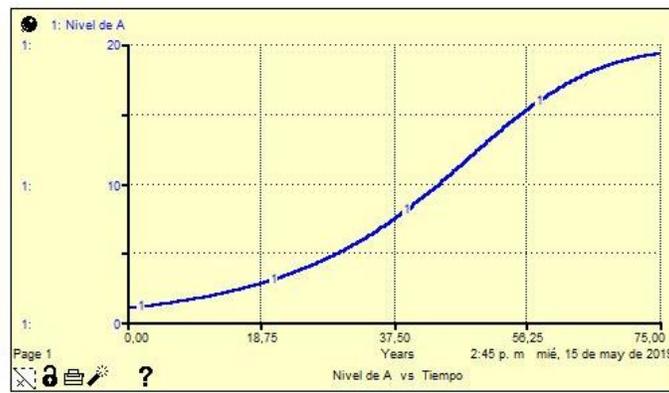


Ilustración 76 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría APRENDIZAJE. Modelo Autoreferencia
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

4.2.3 Investigación

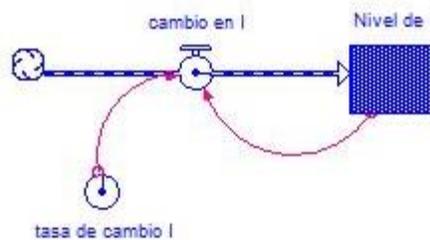


Ilustración 77 Diagrama de Forrester – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

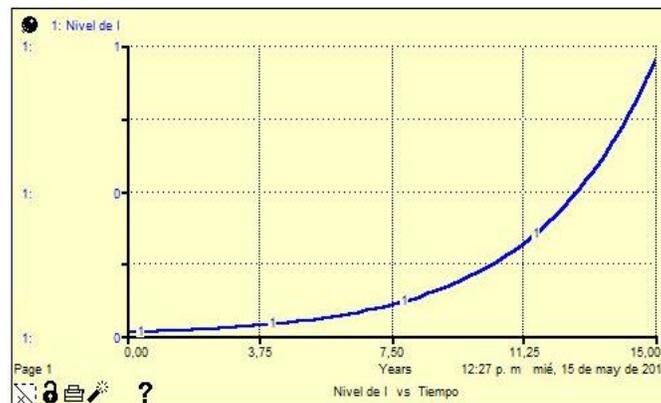


Ilustración 78 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

4.3 Nivel Generativo

En este Nivel se identifican las relaciones complejas que incluyen procesos de realimentación. La estructura básica es el Círculo Causal, estas relaciones de influencia se esquematizan por medio de Bucles de Realimentación, como se presenta en la siguiente

Figura:

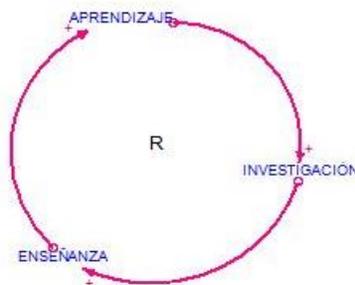


Ilustración 79 Diagrama Causal. Bucle Reforzador.
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

El Análisis sobre los HECHOS contribuye a la esquematización del comportamiento del proceso donde se articulan las Categorías ENSEÑANZA – APRENDIZAJE – INVESTIGACIÓN, se trata de un Bucle Reforzador (R) cuyo patrón de conducta es el Crecimiento, como se representa a continuación:

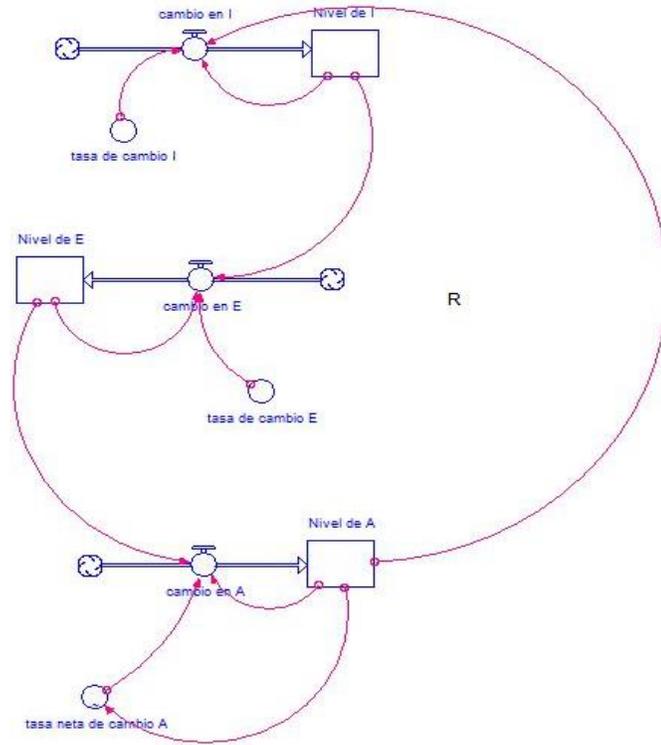


Ilustración 80 Diagrama de Forrester. Subsistema ENSEÑANZA-APRENDIZAJE- INVESTIGACIÓN
 Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

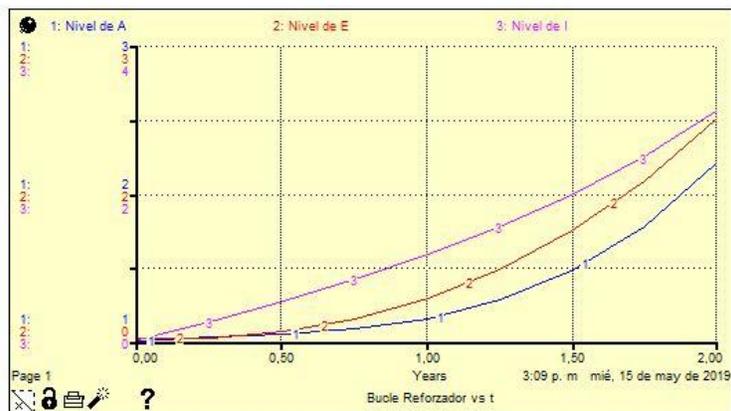


Ilustración 81 Patrón de Conducta en el tiempo – Subsistema ENSEÑANZA-APRENDIZAJE- INVESTIGACIÓN
 Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

4.4 Conclusión

El proceso de Modelización dinámica del subsistema ENSEÑANZA – APRENDIZAJE – INVESTIGACIÓN, genera una estructura dinámica de Crecimiento en el tiempo, causada por relaciones de influencia reforzadores.

CAPÍTULO 5

MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL

En este capítulo se conserva la estructuración de la secuencia de Niveles de explicación en la perspectiva del Pensamiento Sistémico, referenciados en el Marco Conceptual y aplicados en el Capítulo 4.

En este proceso los lineamientos de la Investigación – Acción (I-A) contribuyen con la organización de la secuencia de los siguientes momentos que facilitan la comprensión de la naturaleza dinámica de la espiral de I-A: *Reflexión inicial, Planificación, Acción-Observación, Reflexión, Replanificación*. Esta secuencia con enfoque sistémico se representa a través del Diagrama de Influencias (Diagrama Causal) de la Ilustración 82:

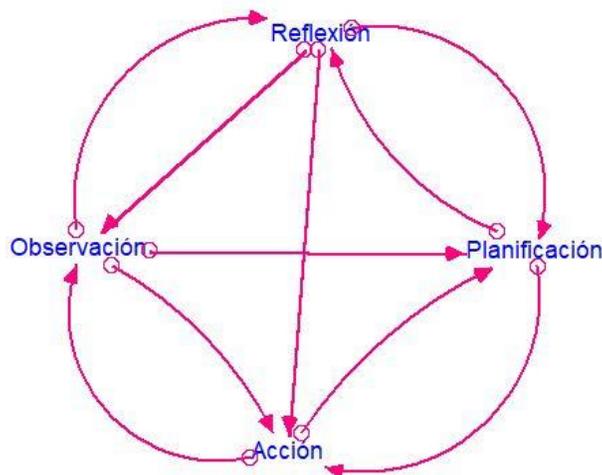


Ilustración 82 Diagrama de Influencias, Proceso Invest-Acción
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

5.1 Nivel Reactivo

Los momentos de la I-A, representados en la Ilustración 82 utilizando el enfoque sistémico, se concretan a través de la dinámica constructiva del proceso que condujo a la

implementación de Talleres Itinerantes de Alfabetización Computacional, los cuales incluyen temáticas relacionadas con Modelado Dinámico de Sistemas, Modelado Basado en Agentes, Modelado de Eventos Discretos y Procesos para el desarrollo del Pensamiento Matemático -Computacional, articulan las Categorías de Análisis de INVESTIGACIÓN y PROYECCIÓN SOCIAL.

Los *HECHOS* surgidos en esta primera Fase se presentan a continuación:

5.1.1 Diario de campo Escuela rural Santa Helena del Municipio de Granada. A

continuación, se presenta el diario de campo derivado de la interacción de los actores del proceso realizado.

Tabla 5

Diario de campo Escuela rural Santa Helena

Secuencia investigativa		
Nombre del Observador: Rayid Reyes		
Fecha: 29 de enero del 2019		
Lugar: Escuela unitaria rural Santa Helena, Granada, Cundinamarca		
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Planificación	<p>En el mes de diciembre se planteó realizar una actividad sobre dinámica de fluidos, con estudiantes de alguna escuela rural multigrado, por lo tanto, por facilidades de desplazamiento, seleccionamos la escuela rural Santa Helena, para lo cual nos dirigimos a hablar con la profesora titular de la escuela, la cual nos agenda para el día 29 de enero, después de las diez de la mañana.</p> <p>Acto seguido, se realizó la planificación de la actividad, obtuvimos los materiales para la actividad experimental gracias nuestros propios recursos, y nos planteamos conseguir ocho tabletas, para instalar el Software Splash, y realizar el modelo de la actividad desarrollada anteriormente; por lo cual gracias a la ayuda de nuestras familias logramos conseguir siete tabletas, y un teléfono, donde instalamos Splash.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos la buena disposición de la profesora, para permitirnos el espacio para el desarrollo de la actividad. • La recolección de las tabletas fue difícil, debido a que no fue posible obtener el préstamo de las tabletas de la Universidad. • Después de la actividad, la profesora ha manifestado, que cuando vamos a volver a ir a realizar más ejercicios con los estudiantes.
Acción	<p>En la interacción de los estudiantes de la Universidad con la profesora de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El interés de la profesora por la actividad fue alto, nos colaboró

Observación	<p>escuela Santa Helena, se dio un ambiente amistoso en el que desarrollamos la actividad y la profesora estaba observando la actividad, nos realizaba preguntas sobre la actividad y el fin del proyecto. Al realizar la actividad se encontraban en la escuela algunas madres de familia, acompañando los estudiantes de grado preescolar que estaban hasta ahora ingresan al sistema educativo. A las cuales les pareció interesante la actividad, siendo una actividad distinta a todas las que los estudiantes desarrollan día a día, y para los estudiantes fue aún más interesante observar, y estar inmersos en una actividad que les daría un beneficio como lo fue un vaso de gaseosa.</p>	<p>con tomar las fotografías mientras realizábamos la actividad experimental o estábamos con los estudiantes familiarizándonos con el Software Splash.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las personas (profesora, estudiantes, algunas madres, y la señora del restaurante) comprendieron que la Licenciatura de matemáticas de la Universidad de Cundinamarca está llevando a cabo procesos de aprendizaje en la región del Sumapaz.
Reflexión	<p>En el proceso de reflexión de la actividad realizada surgen varios temas a mejorar como lo son el diseño de la actividad, teniendo en cuenta la complejidad de los estudiantes para manejar Splash, por lo cual se hace pertinente planear más actividades, donde haya más acompañamiento del semillero de investigación y contemos con más tiempo.</p> <p>Es posible realizar alguna actividad donde se use un tablero digital que tiene la escuela y no está en uso.</p> <p>Además, sería pertinente seguir visitando esta sede rural unitaria así como muchas que hay en las veredas del municipio de Granada .</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que en la sede es posible realizar más actividades con las tabletas digitales del laboratorio de la Universidad de Cundinamarca, apoyándose en un tablero digital que tienen y no sabe manejar ni están usando. • Es posible realizar algunas actividades similares en otras escuelas rurales en el municipio de Granada, para que se conozcan los proyectos que se están desarrollando en la Universidad, y que se genere una conexión entre las sedes y la Licenciatura en Matemáticas.
Replanificación	<p>Este momento aún no se ha desarrollado debido a que no se han planificado más actividades para ir a desarrollar en esta sede.</p>	

5.1.1.2 Evidencia fotográfica. A continuación, presentamos la evidencia fotográfica derivada de la interacción de los actores del proceso realizado en la Escuela rural Santa Helena del Municipio de Granada.



Ilustración 83 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Santa Helena. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta fotografía observamos a los estudiantes de la escuela con el estudiante encargado de la actividad, brindándoles un pequeño refrigerio mientras se desarrollaba la actividad.



Ilustración 84 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Santa Helena. Enfocada a la investigación y proyección social. Este equipo es muy funcional para que los estudiantes pasen y realicen modelos sencillos de sistemas mediante Splash, con la facilidad de que todos observaran la creatividad e ingenio del estudiante que este situado al frente; además es una herramienta muy útil para realizar explicaciones.

5.1.2 Diario de campo de la Escuela rural La Mesa del Municipio de Arbeláez. A

continuación, se presenta el diario de campo derivado de la interacción de los actores del proceso realizado.

Tabla 6

Diario de campo Escuela rural La Mesa

DIARIO DE CAMPO. Secuencia investigativa

Nombre del Observador: Rayid Reyes

Fecha: 25 de abril de 2019

Lugar: Escuela Rural Unitaria La mesa, Arbeláez, Cundinamarca.

SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Planificación	<p>En el mes de abril se proyectaron algunas actividades a desarrollar en el municipio de Arbeláez, para lo cual se realizó el diseño de las actividades. Posteriormente la profesora Martha Barreto se comunicó con la docente de la escuela La Mesa, y fue posible tener su aprobación y enviar una carta de permiso para desarrollar la actividad al colegio donde pertenece esta sede, para ir a realizar la actividad.</p> <p>Acto seguido se solicitó el permiso de la salida académica para ir con los integrantes del semillero de modelación matemática y computacional, así mismo se solicitaron recursos para llevar refrigerios a los estudiantes de la escuela, conseguimos todos los materiales requeridos para las actividades experimentales y se solicitó los materiales y equipos del laboratorio de matemáticas (tabletas digitales, cámara fotográfica y cámara de video)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fue fundamental el apoyo de la directora de semillero de investigación para la planificación de las actividades, obtener el permiso académico para ir todos los integrantes del semillero y desarrollar buenas actividades con los estudiantes. • Llevar los equipos de la Universidad, para realizar la interacción, tomar fotografías y videos como evidencia de las actividades, fue crucial para el posterior análisis de las actividades.
Acción	<p>Al llegar a la escuela a realizar las actividades fuimos recibidos por la profesora, con muy buena disposición, e igualmente los estudiantes habían asistido en su mayoría en uniforme de educación física para realizar algunas actividades con agua.</p> <p>La comunicación entre la docente directora del semillero de investigación con los estudiantes de la escuela, así como los estudiantes del semillero con los estudiantes siempre fue amistosa, colaborativa y alegre.</p> <p>Por parte de la docente de la escuela, observamos un espíritu de inquietud frente al manejo de Splash por parte de los niños, por lo cual estuve presente en las actividades desarrolladas durante toda la jornada académica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos una comunicación excelente entre los estudiantes y docentes de la universidad con la profesora se la sede y los estudiantes, donde la profesora de la sede nos explicó los proyectos que actualmente está desarrollando la escuela y analizamos algunas ideas a futuro para ayudarlo con un sistema de riego para la huerta escolar.
Observación	<p>El comportamiento de los estudiantes al iniciar las actividades fue bueno, pero estaban un poco desconcentrados, pero al ir realizando la actividad se animaron y entusiasmaron.</p> <p>Por parte de la docente, esta se mostró siempre colaborado, interesada en las actividades y en que todos los estudiantes estuvieran participando.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El comportamiento de los estudiantes fue muy bueno, prestaron atención a la explicación de cada actividad y al manejo y posterior diseño del modelo en las tabletas mediante Splash.

Reflexión	<p>Para una próxima actividad en esta sede, es muy importante preparar una actividad rompe hielo donde los estudiantes se familiaricen con nosotros y comiencen las actividades aún más animados.</p> <p>Es importante realizar más interacciones en más escuelas rurales en el municipio de Arbeláez, y seguir con el proceso que se lleva en esta sede. Para una próxima practica en esta sede, es fundamental llevar una actividad con fluidos, en la que se evidencia la formación de un sistema de riego, para realizar la actividad con los estudiantes, así mismo llevar una idea para que los estudiantes y la profesora, acompaños del semillero de investigación, logren tener u sistema de riego en la huerta escolar de la escuela.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que es factible el desarrollo de más actividades, para seguir introduciendo la modelación dinámica de sistemas mediante actividades lúdicas sencillas donde los estudiantes juegan, y van interactuando en Splash.
Replanificación	<p>Este momento aún no se ha desarrollado debido a que no se han planificado más actividades para ir a desarrollar en esta sede.</p>	

5.1.2.1 Evidencia fotográfica. A continuación, presentamos la evidencia fotográfica derivada de la interacción de los actores del proceso realizado en la Escuela rural La Mesa del Municipio de Arbeláez.



Ilustración 85 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca dialogando con la profesora que labora en la escuela.



Ilustración 86 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. Observamos a la profesora directora del semillero de investigación dialogando con la profesora que labora en la sede.



Ilustración 87 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la directora del semillero de investigación, realizando la explicación de la modelación en Splash a una estudiante.



Ilustración 88 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos un espacio para celebrar el cumpleaños de los estudiantes que cumplieron en días cercanos a la realización de la actividad, con el fin de compartir un pequeño detalle.



Ilustración 89 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes de la escuela acompañados por las profesoras y los estudiantes semilleristas de la Universidad de Cundinamarca.



Ilustración 90 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos los estudiantes con los refrigerios que envió la Universidad de Cundinamarca.



Ilustración 91 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela La Mesa. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen encontramos la huerta escolar, la cual es un proyecto que se tiene proyectado apoyar, con el diseño de un sistema de riego para todas sus plantas.

5.1.3 Diario de campo Escuela rural Portones del Municipio de San Bernardo. A

continuación, se presenta el diario de campo derivado de la interacción de los actores del proceso realizado en la

Tabla 7

Diario de campo Escuela rural Portones

DIARIO DE CAMPO. Secuencia investigativa		
Nombre del Observador: Rayid Reyes		
Fecha: 22 de mayo de 2019		
Lugar: Escuela rural multigrado Portones, San Bernardo, Cundinamarca		
SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Planificación	<p>En el mes de abril se proyectaron algunas actividades a desarrollar en el municipio de San Bernardo, más exactamente en la Vereda Portones, en la Sede rural multigrado Portones, para lo cual, ya teniendo planificadas las actividades de la practica anterior, se realizó un ajuste en algunos detalles de la planeación, como fue conseguir más materiales para las actividades, y planear las actividades para un grupo mucho más numeroso que el de la escuela en Arbeláez.</p> <p>Se realizo el contacto y se solicitó el permiso de los docentes de la sede Portones y del rector del colegio de San Bernardo, institución a la cual pertenece esta sede.</p> <p>La semana anterior al día en que se tenía proyectado realizar la actividad, se radico la solicitud de permiso académico para asistir la mayoría de integrantes del semillero de investigación dirigido con la profe Martha Barreto, con el fin de realizar diferentes actividades entre todos los integrantes del semillero donde fuera posible dividir los estudiantes en 2 grupos, para lograr trabajar con grupos más reducidos.</p> <p>Se realizo la solicitud de recursos para llevar a los estudiantes un pequeño refrigerio, el cual fue aprobado y llevaron pastel y jugo en caja.</p> <p>Se realizo la solicitud de préstamo de materiales como tabletas, cámaras fotográficas y cámaras de video.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que, al planificar mejor la actividad, se obtuvieron resultados diferentes a la actividad realizada en la anterior sede, por lo cual funciono mejorar las actividades planeadas en pequeños detallitos. • Se realizo un cambio en la fecha de la aplicación, para un día antes de lo proyectado en el taller itinerante, por lo se tuvieron que realizar solicitudes en la Universidad para cambiar la fecha de los permisos, y confirmar el transporte para el día 22 de mayo.
Acción	<p>La interacción en la sede entre las docentes que fueron de la universidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que los estudiantes y los docentes de la

	(profesora directora de semillero de investigación y la coordinadora de la Licenciatura en Matemáticas, Diana Contento), y estudiantes semilleristas con los estudiantes y profesores de la escuela fue muy buena.	escuela, se mostraron muy receptivos, con las diferentes actividades y los estudiantes disfrutaron mucho la jornada.
Observación	<p>La profesora de los grados primero, y segundo se mostró interesada en las actividades realizadas y en comunicación con la Profesora Martha, manifestó el interés por lograr una comunicación entre docentes.</p> <p>El comportamiento de los estudiantes fue ejemplar, se mostraron muy activos, alegres y amistosos.</p> <p>Los docentes fueron muy amables con todos, muy atentos durante toda la jornada, en el desarrollo de las actividades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que los actores en el proceso se comportaron muy bien, se dio una gran comunicación entre los estudiantes de la escuela y los estudiantes y profesores de la Universidad.
Reflexión	<p>En base a las actividades realizadas surgieron situaciones como por ejemplo una mayor organización de todos los estudiantes en el desarrollo de las lúdicas que nos conducen a mejorar las actividades, y garantizar la continuidad del proceso.</p> <p>De igual forma es posible realizar actividades en base al siguiente nivel de comprensión de los estudiantes.</p> <p>Así mismo es primordial realizar más actividades en otras sedes rurales en el municipio de San Bernardo, con estrategias que generen impacto en el municipio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observamos que es factible el desarrollo de más actividades mejoradas y con un grado de desarrollo diferente, para seguir introduciendo la modelación dinámica de sistemas mediante actividades lúdicas sencillas.
Replanificación	<p>Este momento aún no se ha desarrollado debido a que no se han planificado más actividades para ir a desarrollar en esta sede.</p>	

5.1.3.1 Evidencia fotográfica. A continuación, presentamos la evidencia fotográfica derivada de la interacción de los actores del proceso realizado en la Escuela rural Portones del Municipio de San Bernardo.



Ilustración 92 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos la interacción entre las docentes de la Universidad y el profesor que dirige los grados tercero, cuarto y quinto.



Ilustración 93 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos las docentes de la universidad realizando interacción con la profesora que dirige los grado primero y segundo.



Ilustración 94 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen encontramos a las profesoras, entablando vínculos y relaciones sociales.



Ilustración 95 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la profesora Martha Barreto dialogando con el profesor, realizando relaciones sociales.



Ilustración 96 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes interactuando con un estudiante del semillero de investigación, donde formaron una fila para ir en orden al salón.



Ilustración 97 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a los estudiantes compartiendo un refrigerio, que envió la Universidad, después de terminar todas las actividades.



Ilustración 98 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. En esta imagen observamos a la profesora Martha, enseñando a la profesora de la sede, las herramientas de Splash y la construcción de la modelo en el software.



Ilustración 99 Evidencia de la actividad No. 1 Escuela Portones. Enfocada a la investigación y proyección social. Observamos el grupo que estuvo en la sede rural Portones, realizando las diferentes actividades con los estudiantes.

5.2 Nivel Reflexivo

En este Nivel, se implementan procesos de pensamiento con perspectiva sistémica dada la naturaleza circular de las relaciones complejas de causa – efecto, entre las categorías de análisis: Investigación – Proyección Social.

Con la ayuda STELLA se diseñaron los modelos básicos para el patrón de conducta de cada una de las categorías de análisis de este subsistema, como se presenta a continuación:

5.2.1 Investigación.

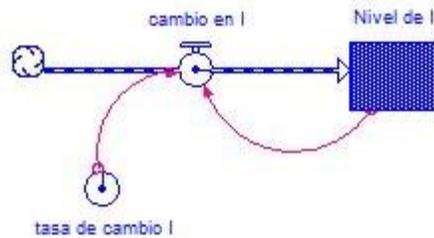


Ilustración 100 Diagrama de Forrester – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

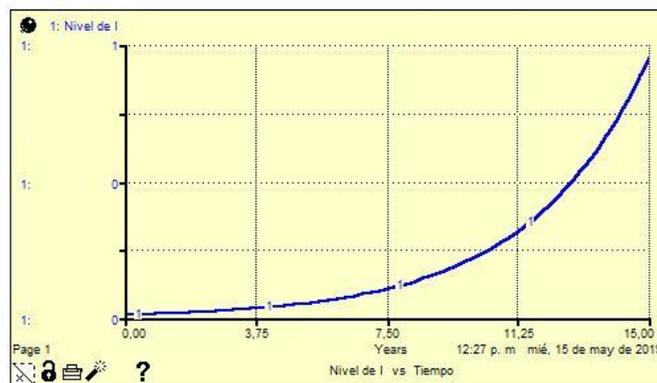


Ilustración 101 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría INVESTIGACIÓN. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

5.2.2 Proyección social.

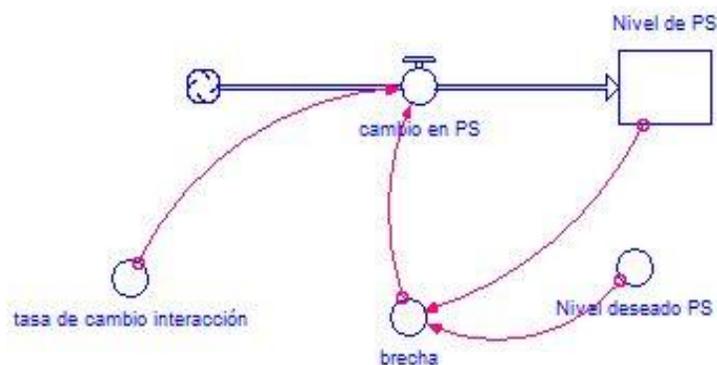


Ilustración 102 Diagrama de Forrester – Categoría PROYECCIÓN SOCIAL. Modelo Buscando Objetivo
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella



Ilustración 103 Patrón de Conducta en el tiempo – Categoría PROYECCIÓN SOCIAL. Modelo Buscando Objetivo

Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

5.3 Nivel Generativo

En este Nivel se identifican las relaciones complejas que incluyen procesos de realimentación. La estructura básica es el Círculo Causal, estas relaciones de influencia se esquematizan por medio de Bucles de Compensación (Balanceo o Equilibrio), como se presenta en la siguiente Figura:

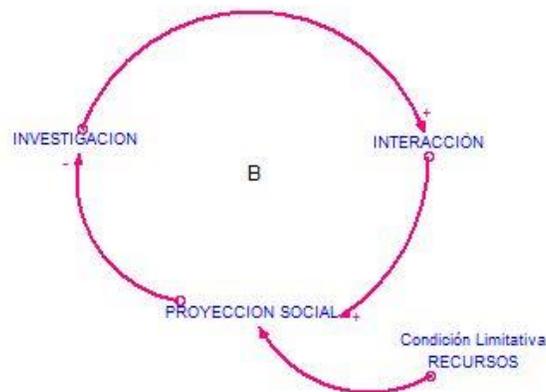


Ilustración 104 Diagrama Causal. Bucle de Balanceo.
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

El Análisis sobre los HECHOS contribuyó con la esquematización del comportamiento del proceso donde se articulan las Categorías INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL, se trata de un Bucle Compensador cuyo patrón de conducta es el representado a continuación:

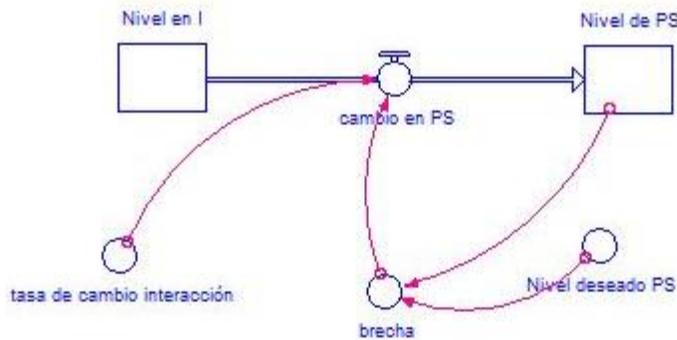


Ilustración 105 Diagrama de Forrester. Subsistema INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella



Ilustración 106 Patrón de Conducta en el tiempo – Subsistema INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL.
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

5.3.1 Conclusión. El proceso de Modelización dinámica del subsistema INVESTIGACIÓN – PROYECCIÓN SOCIAL, genera una estructura dinámica causada por relaciones de influencia de naturaleza circular con las características de un Bucle Compensador.

CAPÍTULO 6

MODELIZACIÓN DEL SISTEMA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE- INVESTIGACIÓN-PROYECCIÓN SOCIAL

La implementación del Modelado Dinámico de Sistemas en Educación Básica Primaria Rural a través de los Talleres Itinerantes de Alfabetización Constitucional, se ha constituido en la plataforma sobre la cual se ha realizado la Modelización del proceso didáctico, que comprendido en el contexto de la Educación Superior se concreta en la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca, a través de la dinámica generada en el sistema Enseñanza-Aprendizaje-Investigación-Proyección Social (EAIPS), cuyo proceso de Simulación se describe a continuación.

La estructuración del presente capítulo sigue el mismo patrón de los Capítulos 5 y 6, sin embargo, en el Nivel Reactivo los HECHOS que se describen corresponden a la secuencia de reflexiones constructivas que a través de procesos de reflexión crítica y replanificación configuraron el pensamiento del equipo de investigación y han conducido a la comprensión y construcción del prototipo de Simulador en la versión de junio de 2019.

6.1 Nivel Reactivo

Los HECHOS aquí relacionados se ejecutaron siguiendo las pautas metodológicas de la Modelización Dinámica de Sistemas, estructurada en las tres fases que se presentan a continuación:

6.1.1. Identificación del problema y análisis de comportamiento: Implica la determinación de variables clave que intervienen en el proceso didáctico.

La práctica del pensamiento sistémico conduce a ver interrelaciones, para ello se requiere de un lenguaje adecuado, constituido por círculos de causalidad. Este lenguaje es importante para enfrentar problemas dinámicamente complejos y opciones estratégicas, especialmente cuando los individuos, los equipos y las organizaciones necesitan trascender los hechos para ver las fuerzas que *modelan el cambio* (Senge, 2011).

A través de la siguiente figura se representa en forma sistémica la estructura circular como se ha concebido este proceso de construcción de conocimiento cuya meta es la Modelización Computacional (Simulación) del proceso Didáctico en la perspectiva de la formación de docentes en Educación Superior.

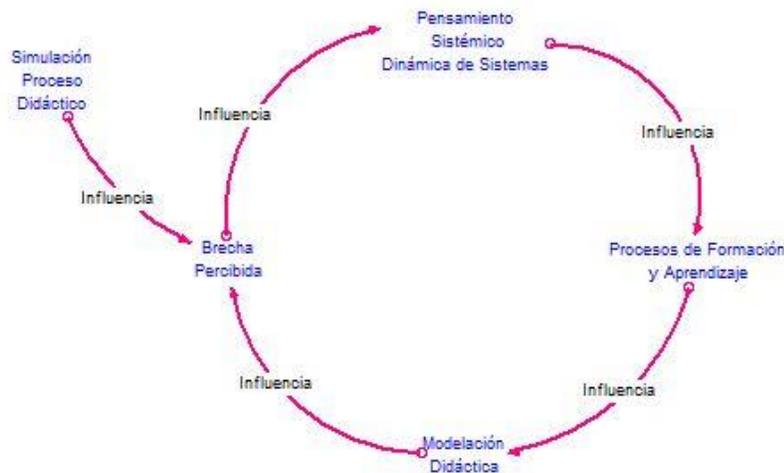


Ilustración 107 Círculo de causalidad

Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

La historia que se cuenta a través de este círculo de causalidad puede comenzar en cualquier elemento de la estructura sistémica y hace posible observar siguiendo el círculo como el tren de un ferrocarril de juguete. Un punto para comenzar esta lectura es la acción

realizada por quien tomó la decisión de introducir el pensamiento sistémico como referente clave para estructurar los procesos didácticos en la presente investigación, desde esta perspectiva la “historia” es la siguiente:

- I. Se fijó el Nivel del referente teórico: Pensamiento Sistémico tomando como punto de partida algunos Hábitos de Pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas.
- II. La implementación de Hábitos del Pensamiento Sistémico y de herramientas de la Dinámica de Sistemas, influyen la selección y ajuste de las Actividades que dinamizan la interacción en los procesos de Formación y Aprendizaje con estudiantes de educación básica primaria rural, secuenciadas en forma empírica ya que se parte de lo concreto y próximo a la cotidianidad de los estudiantes.
- III. La dinámica de los Procesos de Formación y Aprendizaje ejercen influencia en la implementación de estrategias para el Modelado Didáctico cuya organización inicial se establece sobre la base de los planteamientos de la Teoría de Situaciones Didácticas.
- IV. Al implementar ajustes en la Modelación Didáctica, la brecha percibida (diferencia entre la modelación actual y la modelación deseada) cambia, puesto que el tipo de Modelación deseado es computacional (Simulación). Por tanto, se requiere cambiar la brecha, lo cual implica ascender en el nivel de comprensión del sistema para mejorar la Simulación. Y continuar evolucionando sobre la base de este patrón de comportamiento.

Este tipo de diagrama cuenta una “historia” que permite ver: “¿cómo la estructura crea un patrón de conducta determinado (o en una estructura compleja, varios patrones de conducta)? y ¿cómo se puede influir sobre ese patrón?” (Senge, 2011). Aquí la historia consiste en la Modelización Computacional (Simulación) del proceso didáctico, el cual se ajusta

gradualmente como resultado de la reflexión continua sobre la acción (práxis), pues este estilo de pensamiento permite ver que continuamente se recibe influencia de la realidad y se ejerce influencia sobre ella (somos parte de esa realidad).

6.1.2 Modelado cualitativo o causal del sistema:

Se realiza como hipótesis dinámica, en esta etapa del proceso, se detectan cuáles son los elementos que se incluirán y tienen mayor importancia en el sistema, se realiza la construcción de los diagramas causales, los cuales muestran las relaciones que conectan a cada una de las variables, sin dejar de lado que, estos diagramas sólo recaudan información, pero no presentan el resultado en función del tiempo en el que se desarrolla el sistema. (Morlán, 2010).

Las categorías representadas en la anterior Ilustración 107, están organizadas en un círculo o rizo de relaciones causa – efecto, denominado “proceso de realimentación”. Este proceso opera continuamente para llevar la Simulación del proceso didáctico a su nivel deseado.

En el pensamiento sistémico, *la realimentación* es un *axioma* que indica que “*toda influencia es causa y efecto*”. Nunca hay influencias en una sola dirección.

“La clave para ver la realidad sistémicamente consiste en ver círculos de influencias en vez de líneas rectas”. (Senge, 2011)

Hay dos tipos de procesos de realimentación: de refuerzo (R) y de equilibrio (B). Los procesos de realimentación reforzadora (o amplificadora) son los motores del crecimiento, cuando en la situación estudiada las cosas (eventos) crecen, está operando la realimentación reforzadora. Este tipo de realimentación también puede generar la aceleración de la decadencia, ejemplo, un proceso de deterioro.

En este trabajo, el proceso reforzador se representa en la Ilustración 108:

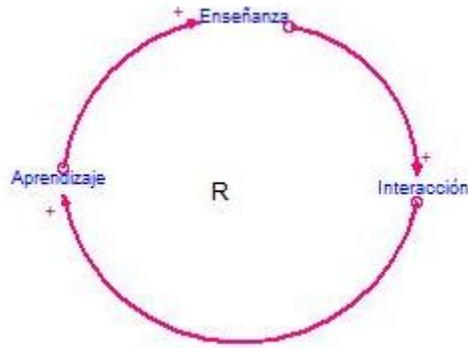


Ilustración 109 Diagrama Causal – Reforzador
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

El diagrama muestra el proceso de realimentación reforzador caracterizado por aquellas situaciones donde los actos forman una “bola de nieve”. Se puede seguir el proceso recorriendo el círculo. Por ejemplo, si las acciones de enseñanza son buenas, influyen positivamente en la interacción (estudiante – estudiante, docente – estudiante, estudiante – conocimiento, docente – conocimiento, etc.), lo cual significa más estudiantes satisfechos, más actitudes positivas hacia las actividades de aprendizaje, mayor motivación hacia la innovación, y así sucesivamente.

Es importante, tener cuidado, pues si el proceso es defectuoso, el círculo virtuoso se transforma en círculo vicioso, lo cual conduce a desmotivación y decadencia en los Aprendizajes.

“La conducta que deriva de un rizo reforzador es *crecimiento acelerado o deterioro acelerado*” (Senge, 2011)

Los procesos de realimentación compensadores (B), buscan la estabilidad. Argumenta Senge (2011) que “si nos agrada la meta, seremos felices. De lo contrario, todos nuestros esfuerzos para cambiar la situación quedarán frustrados, hasta que podamos cambiar la meta

o debilitar su influencia”. En un sistema compensador (estabilizador) la autocorrección procura mantener una meta u objetivo. La planificación crea procesos compensadores de largo plazo.

En la Figura siguiente, el diagrama causal muestra un proceso de realimentación compensadora.

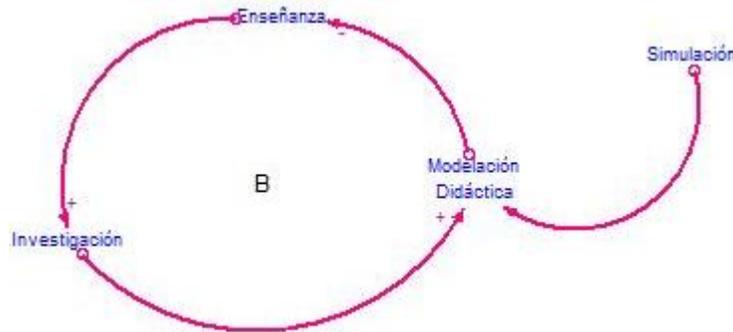


Ilustración 110 Diagrama Causal – Compensador
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

Para comprender el proceso, es más fácil comenzar en la lectura de la “historia” en la Brecha, es decir, donde se presenta una discrepancia entre lo deseado y lo existente. Por ejemplo, aquí hay un déficit en la implementación de herramientas computacionales para sistematizar los procesos didácticos, es decir, hay una brecha entre el estilo de modelación deseado (simulación) y el estado real.

Los actos realizados para corregir la brecha son los siguientes:

- Modelar computacionalmente (simular) el proceso didáctico. Esto aumenta la visualización, comprensión y comunicación del proceso de Modelado y reduce la brecha entre lo deseado (Simulación) y lo existente.
- Esta meta (Simulación) cambia a través del tiempo con el crecimiento o el deterioro del proceso de enseñanza. No obstante, el proceso compensador

continúa operando para ajustar las estrategias a las necesidades reales de la comunidad, y autorregular la Enseñanza.

Al proceso lo caracteriza la “resistencia al cambio”, es importante estacar, que cuando se presenta “resistencia al cambio”, sin duda hay uno o más procesos compensadores “ocultos”. La resistencia al cambio no es caprichosa ni misteriosa. Siempre surge de amenazas a normas y criterios tradicionales (Senge, 2011).

En la implementación de esta metodología (fase de modelado cualitativo), se presentan también, *demoras*, es decir, pausas entre nuestros actos y sus consecuencias. Las *demoras* pueden inducirnos a grandes errores, o tener un efecto positivo si las reconocemos y trabajamos con ellas.

Uno de los puntos de apalancamiento más relevantes para mejorar el desempeño de un sistema – dice Ray Stata, directivo de Analog Devices, citado La Quinta Disciplina (Senge, 2011), es la minimización de demoras en el sistema.

En el siguiente diagrama causal se representa el proceso reforzador con demora:

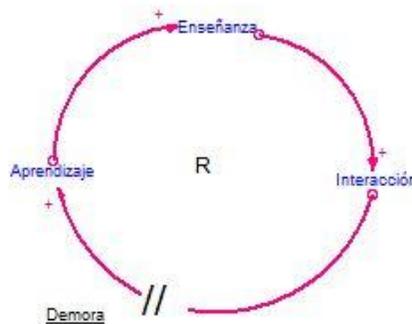


Ilustración 111 Diagrama Causal – Ciclo Reforzador con Demora
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

Al retomar el diagrama de realimentación del proceso reforzador que venía construyendo, la reflexión continua sobre la acción ha permitido identificar una *demora* significativa entre

el momento de Interacción y el momento en que vemos un *cambio* en el Aprendizaje de los estudiantes. Las demoras se representan con dos líneas transversales //.

Las flechas con líneas transversales no indican cuántos segundos (o años) durará la demora. Sólo se sabe que es tan prolongada como para tener importancia. Cuando se sigue la flecha con una demora, se añade la palabra “finalmente” a la historia que se narra.

Ejemplo, “realizamos las Interacciones y finalmente se percibió un cambio en el Aprendizaje”.

En el siguiente diagrama causal se representa el proceso compensador con demora:

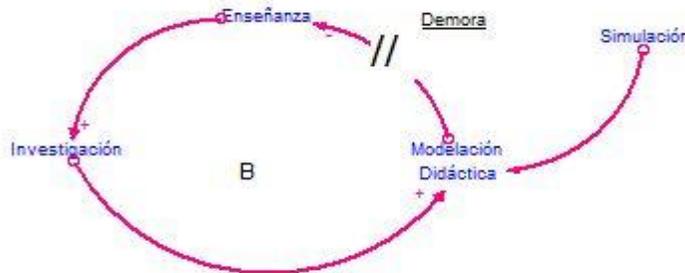


Ilustración 112 Diagrama Causal – Ciclo Compensador con demora
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

Continuando con la reflexión sobre la construcción, se identifica una demora significativa, representada en el diagrama de realimentación del proceso compensador entre el momento de Modelación Didáctica y el momento en que se percibe un cambio en el proceso de Enseñanza. En este caso en la “historia” se expresa lo siguiente: “Realizamos la Modelización Computacional del proceso didáctico y finalmente percibimos un cambio en la planificación y autorregulación del proceso de Enseñanza”.

Este proceso de compensación se evidenciará en la práctica, cuando se logre que la Modelización Computacional del proceso didáctico, cumpla la función que se persigue, de

autorregular las innovaciones didácticas a partir del uso eficiente de la Simulación como herramienta que contribuya a la visualización, experimentación y comunicación de los comportamientos en los procesos de investigación didáctica.

“Uno de los conceptos más importantes y decisivos en el campo del pensamiento sistémico es la idea de que ciertos patrones estructurales son recurrentes” (Senge, 2011). Estas estructuras genéricas (arquetipos sistémicos) constituyen la clave para aprender a ver estructuras en la vida personal y laboral.

Los arquetipos sistémicos,

fueron desarrollados en Innovation Associates a mediados de los 80. En esa época, el estudio de la dinámica de sistemas dependía de la graficación de los circuitos causales complejos y de la modelación por ordenador, que utilizaba ecuaciones matemáticas para definir la relación entre variables (Senge, 2011).

En este proceso el patrón estructural identificado es el Arquetipo conocido como *Límites del Crecimiento*, cuyo origen data de la traducción de “estructuras genéricas”, que Jay Forrester y otros pioneros del pensamiento sistémico habían descrito.

Como los arquetipos son herramientas accesibles que permiten construir hipótesis creíbles y coherentes, acerca de las fuerzas que operan en los sistemas, y también constituyen un vehículo natural para clarificar y verificar modelos mentales acerca de esos sistemas; en este proceso el Arquetipo denominado: Límites del Crecimiento ha sido la estructura sistémica que ha facilitado la interconexión entre las estructuras sistémicas conocidas como Bucles o Ciclos de Realimentación diseñadas en los párrafos anteriores y las presentadas en los Capítulos 5 y 6.

Para Senge (2011), “Nunca crecemos sin límites. En todo aspecto de la vida, las pautas de crecimiento y los límites se combinan de diversas maneras. A veces predomina el

crecimiento, a veces predominan los límites, y a menudo el grado de influencia predomina entre uno y otro.”

En el siguiente diagrama se presenta el Arquetipo que se ha construido como resultado de la reflexión continua que se ha descrito en los párrafos anteriores:

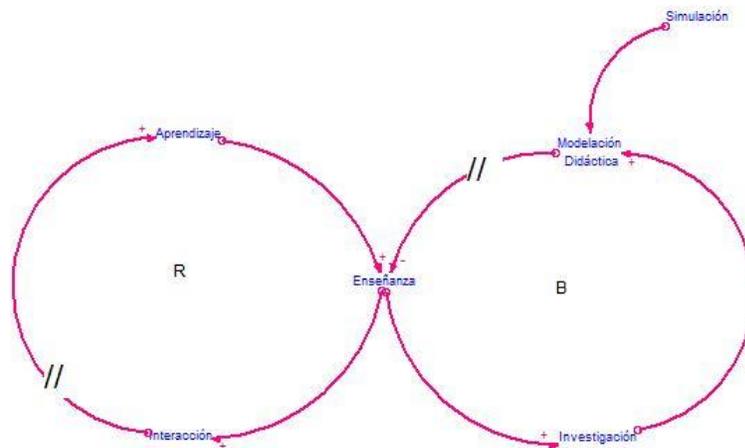


Ilustración 113 Arquetipo – Límite del crecimiento
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

Como el propósito de los arquetipos sistémicos es reacondicionar nuestras percepciones para que sepamos ver las estructuras en juego, en la Figura anterior se aprecia un proceso reforzador (amplificador) que se pone en marcha para producir un resultado deseado. Es decir, se han planificado Actividades para la Enseñanza las cuales han sido llevadas a la práctica a través de la Interacción con un grupo de estudiantes de educación básica, cuyo propósito es contribuir con la calidad del Aprendizaje.

Habitualmente en estas situaciones se crea una espiral de éxito que a su vez genera efectos secundarios inadvertidos (manifestados en un proceso compensador -que eventualmente atentan contra el éxito). En este caso, la estructura de los límites del crecimiento es útil para comprender todas las situaciones donde el crecimiento se topa con límites. Por ejemplo, se

ha percibido éxito en la Interacción con los estudiantes al implementar las Actividades, sin embargo, se requiere mayor tiempo para monitorear el cambio en el Aprendizaje de parte de los estudiantes, situación que genera demora para la replanificación de las siguientes actividades (Enseñanza) para reforzar el ciclo. Y producir resultados Investigativos que enriquezcan el proceso de Modelización del proceso didáctico y de implementación del Modelado Didáctico en educación básica primaria.

La Modelización Didáctica enriquecida con herramientas computacionales producirá una Simulación, cuya construcción es un proceso gradual que evoluciona con los resultados del ejercicio de Investigación-Acción, cuya dinámica se espera que fortalezca el proceso de implementación de la Modelación Dinámica de Sistemas y del Simulador del proceso Didáctico.

Sin embargo, cuando se presentan límites del crecimiento, hay un proceso reforzador de crecimiento o perfeccionamiento que opera por sí mismo durante un tiempo, y luego se encuentra con un proceso compensador (estabilizador) que opera para limitar el crecimiento. Cuando esto ocurre, la tasa de perfeccionamiento disminuye e incluso se detiene.

Durante el desarrollo de la Fase 1 del proceso investigativo vinculado con el presente trabajo, se percibe que la implementación de la modelización computacional en el Modelado Didáctico genera una demora, puesto que la construcción de la Simulación exige de varios momentos reconstructivos, esto implica la existencia de un proceso compensador (estabilizador), cuya influencia se espera incida significativamente en los siguientes momentos de planificación de la Enseñanza y la presencia de evidencias detectables en los procesos de Enseñanza, Interacción, Aprendizaje e Investigación.

6.1.3 Modelado cuantitativo: Al utilizar el software STELLA, el proceso puede simularse en un computador, para este caso es necesario traducir el Arquetipo, a los llamados diagramas de Forrester o diagramas de Stock y Flujos, los cuales son necesarios para poder realizar la construcción futura de ecuaciones matemáticas (las cuales no forma parte de los alcances del presente trabajo) que definen en un nivel más abstracto el comportamiento del sistema.

Para comprender el funcionamiento del sistema en esta etapa del proceso de implementación de la metodología (Modelización Dinámica de Sistemas), se utilizan diagramas de Stock y Flujo los cuales permiten representar las percepciones en términos de acumulaciones y tasas de cambio.

La aproximación inicial a este tipo de representaciones se muestra en la siguiente colección de imágenes diseñadas para un proceso de Enseñanza secuenciado bajo los parámetros de la Teoría de las Situaciones Didácticas de Brousseau):

6.1.3.1 Proceso de Enseñanza.

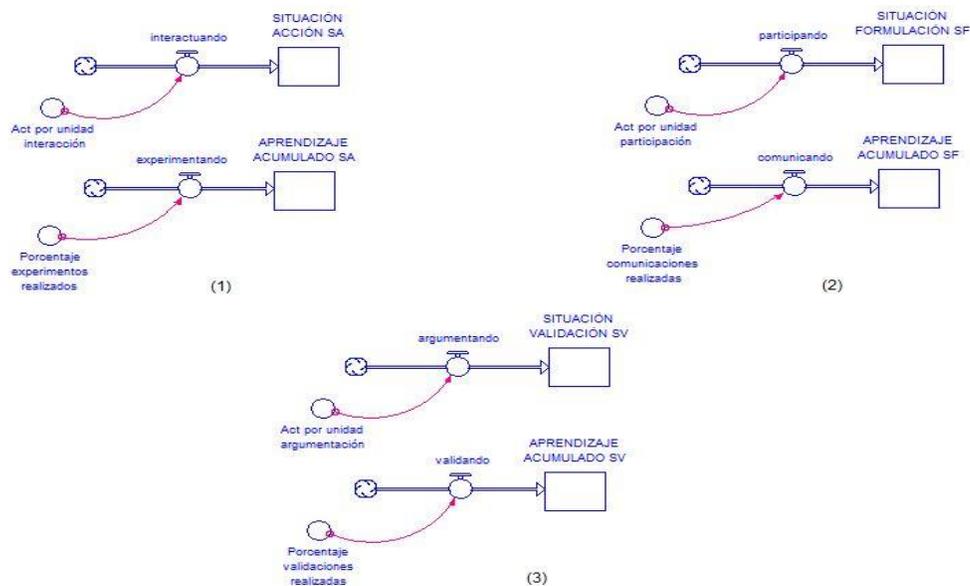


Ilustración 114 Diagrama Stock y Flujo – Proceso de Enseñanza
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

El diagrama de Stock y Flujo de la Ilustración 114, representa la siguiente secuencia: SITUACIÓN DE ACCIÓN – SITUACION DE FORMULACIÓN – SITUACIÓN DE VALIDACIÓN a través de la cual se ha estructurado el proceso de Enseñanza. El diseño paralelo de diagramas de Stock y Flujo relacionados con el Aprendizaje en cada momento de la secuencia facilitará la identificación de patrones de comportamiento asociados con los procesos de Aprendizaje en cada Situación.

Para el proceso de Aprendizaje se ha diseñado el siguiente Diagrama cuyos antecedentes se encuentran registrados en el Documento Maestro de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca.

6.1.3.2 Proceso de Aprendizaje.

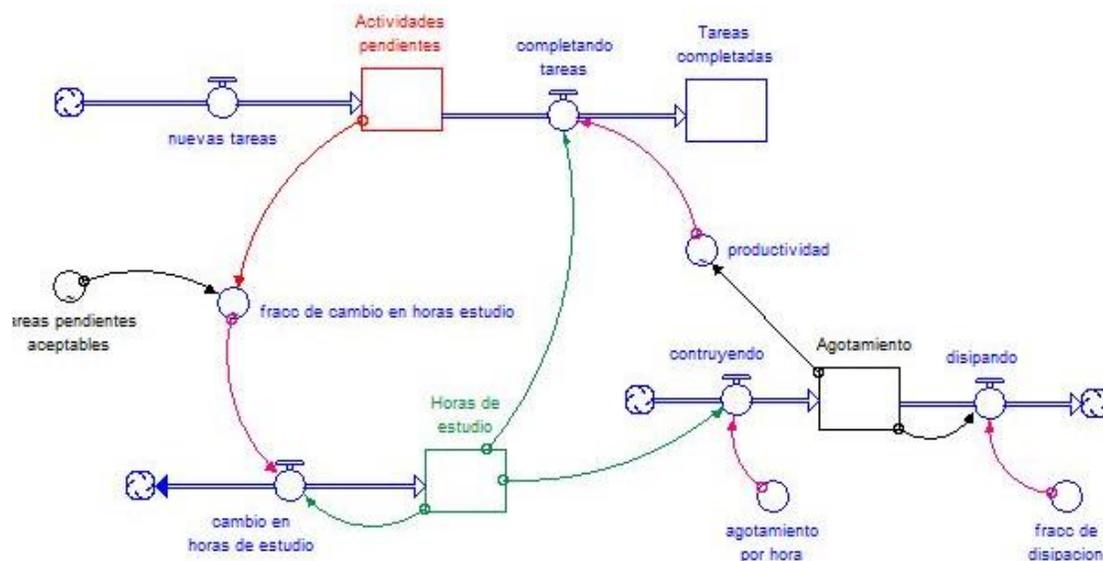


Ilustración 115 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Aprendizaje
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

El diagrama de la Ilustración 115, representa la estructura a través de la cual se percibe el patrón de comportamiento en un proceso de aprendizaje, que sirve como punto de partida

para la observación y registros de las conductas de los estudiantes durante el proceso investigativo.

6.1.3.3 Proceso de Interacción. El diagrama de Stock y Flujo de la Ilustración 116, representa la estructura inicial que facilita la planificación, sistematización y seguimiento al proceso de Interacción, en función de Acumulaciones y tasas de cambio.

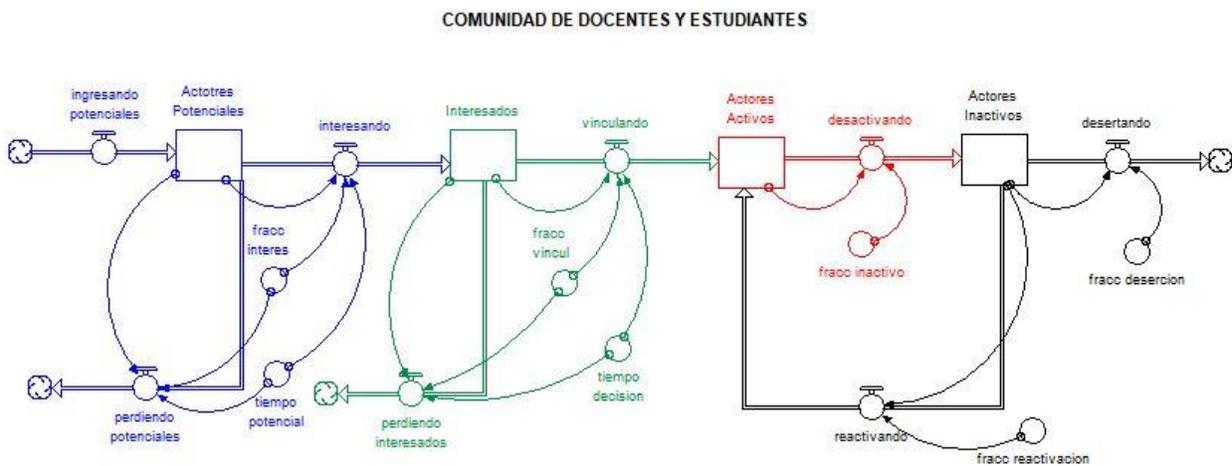


Ilustración 116 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Interacción
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

6.1.3.4 Proceso de Investigación. El diagrama de Stock y Flujo de la Ilustración 117, representa la estructura del proceso de investigación – acción.

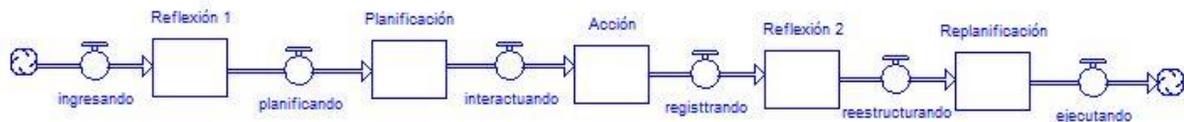


Ilustración 117 Diagrama Stock y Flujo – Proceso de Investigación
Fuente: Elaboración Propia, Screenshot of software Stella

6.1.3.5 Proceso de Modelado Dinámico de Sistemas adaptable a la Modelización

Didáctica. El diagrama de Stock y Flujo de la Ilustración 118, representa la estructura que guía el desarrollo actual y futuro del presente proceso de modelación aplicado a la Simulación del proceso didáctico que se ha abordado en el presente trabajo.

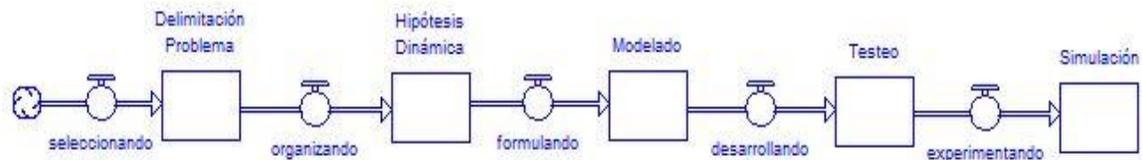


Ilustración 118 Diagrama de Stock y Flujo – Proceso de Modelación Didáctica. Adaptado del curso: Introducción al modelado dinámico de sistemas. IseeSystems

A continuación, se presentan imágenes de la Interface del Simulador – versión octubre de 2018.

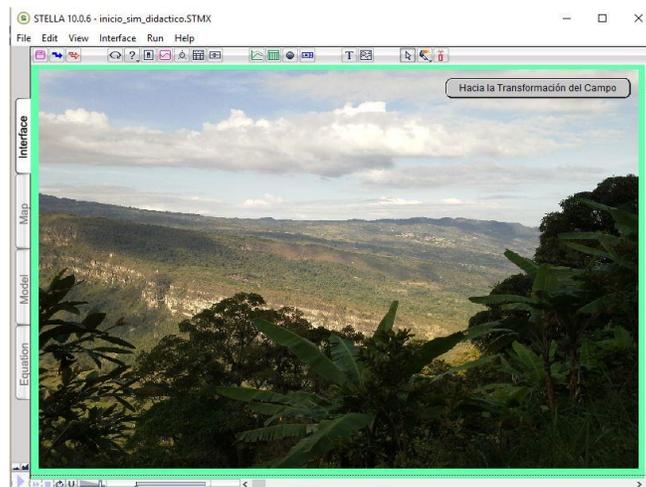


Ilustración 119 Página Principal
Fuente: Screenshot of software Stella



Ilustración 120 Menú
Fuente: Screenshot of software Stella

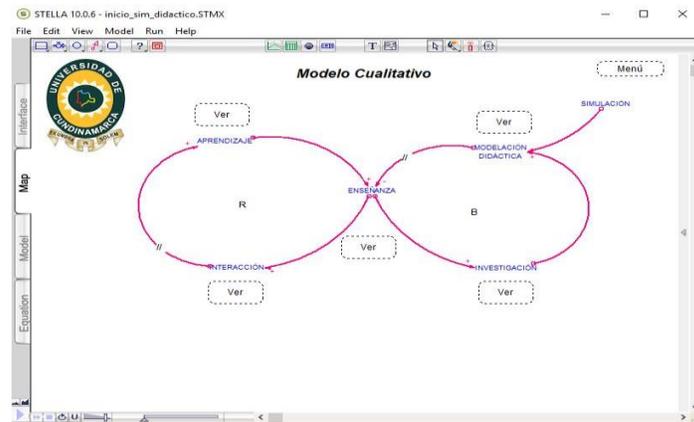


Ilustración 121 Arquetipo
Fuente: Screenshot of software Stella

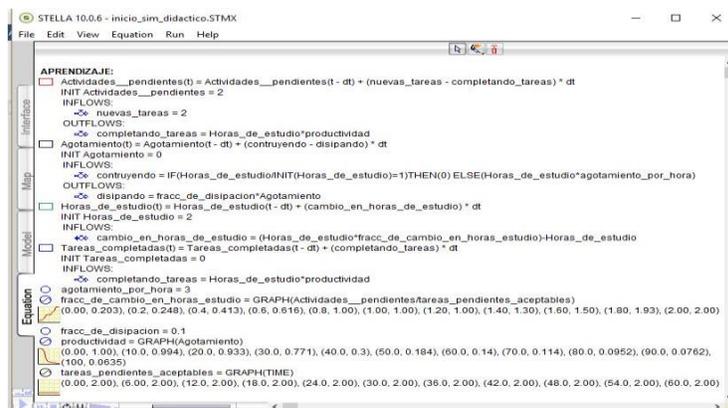


Ilustración 122 Ecuaciones en Código STELLA
Fuente: Screenshot of software Stella

6.2 Nivel Reflexivo

En este nivel reflexivo se articula el discurso con las construcciones presentadas en los Capítulos 5 y 6, donde se ha construido el proceso de Modelización de los subsistemas Enseñanza-Aprendizaje-Investigación (EAI) e Investigación-Proyección Social (IPS), haciendo una primera aproximación al estudio de cada componente de los subsistemas allí analizados en función de la representación gráfica de patrones de conducta y del diseño de las situaciones a través de diagramas que representan de Flujos y Acumulaciones.

La práctica de hábitos de pensamiento sistémico permite conectar los subsistemas para representar el sistema completo integrado por la interconexión entre el Ciclo Reforzador (EAI) y el Ciclo Compensador (IPS). Estos dos subsistemas se articulan en este Capítulo para configurar la Simulación sobre el Arquetipo que representa la estructura clave de las relaciones de influencia entre las cinco Categorías de análisis, a través de las cuales se desarrolla el proceso didáctico.

Esta acción se implementa dada la utilidad de prestar atención a que el lenguaje enriquecido con estructuras de pensamiento dadas por la identificación de los flujos y acumulaciones, ayudan a comunicar y comprender la estructura del sistema y a identificar el potencial para incrementar o disminuir su crecimiento e decrecimiento en el tiempo.

Las siguientes preguntas contribuyen a la construcción reflexiva de la Simulación, en esta etapa el proceso se sincroniza gradualmente con ritmo del desarrollo del pensamiento sistémico del equipo de investigación, evidencia de la evolución del proceso didáctico que avanza con la construcción y reconstrucción continua de conocimiento, en el ejercicio dinámico de estrategias que enriquecen el aprendizaje generativo.

6.2.1 Preguntas orientadoras

- ✓ ¿Cómo el proceso didáctico limita su crecimiento?

- ✓ ¿Cómo podría direccionar más efectivamente sus límites?
- ✓ ¿Dónde crece el proceso?

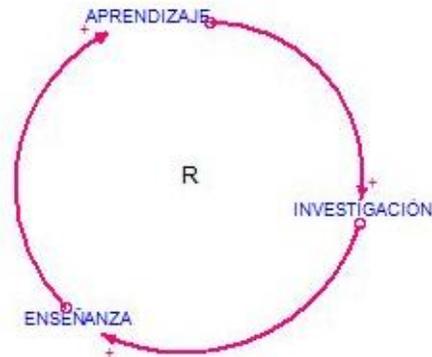


Ilustración 123 Diagrama Causal. Bucle Reforzador
Fuente: Screenshot of software Stella

- ✓ ¿Dónde el proceso limita su crecimiento?

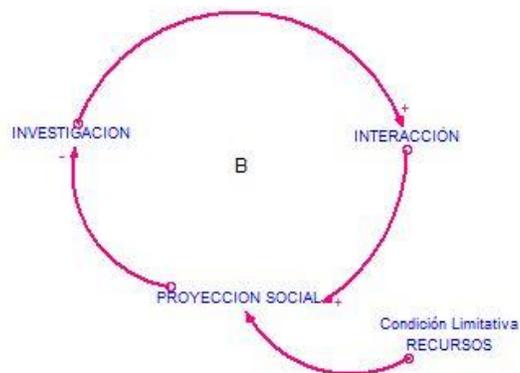


Ilustración 124 Diagrama Causal. Bucle Compensador
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

- ✓ ¿Cuál es la estructura del proceso?



Ilustración 125 Arquetipo “Límite de Crecimiento”
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

✓ ¿Cómo crece el proceso?

6.2.2 Investigación. La estructura del crecimiento es del Modelo Exponencial. Este es un modelo con tendencia a crecer de manera no lineal, ya que la entrada se construye con el producto del Nivel de Investigación y de la tasa de cambio de Investigación.

- Variable de Nivel: INVESTIGACIÓN
- Variable de Flujo: cambio en INVESTIGACIÓN
- Variable Auxiliar: tasa de cambio en INVESTIGACIÓN
- Tiempo de observación: 15 años.

6.2.2.1 Observemos el crecimiento de cada categoría:

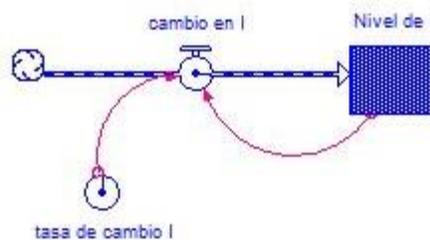


Ilustración 126 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

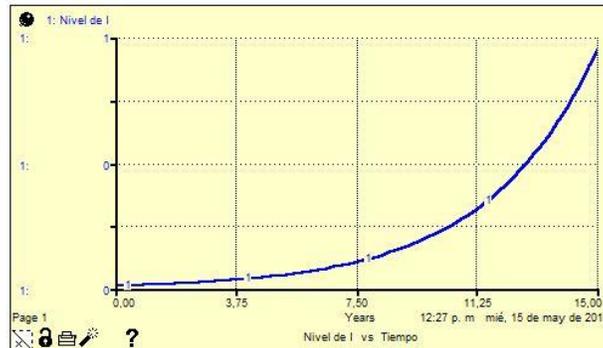


Ilustración 127 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

```

 Nivel_de_I(t) = Nivel_de_I(t - dt) + (cambio_en_I) * dt
INIT Nivel_de_I = 0.01
INFLOWS:
  -> cambio_en_I = Nivel_de_I*tasa_de_cambio_I
 tasa_de_cambio_I = 0.3

```

Ilustración 128 Código STELLA del modelo exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

$$\text{Cambio_en_I} = \text{Nivel_de_I} * \text{tasa_de_cambio_I}$$

$$\text{Nivel_de_I} = \int \text{cambio_en_I} dt$$

$$dI/dt = \alpha I$$

Ilustración 129 Expresión Matemática

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Enseñanza. Este es un modelo con tendencia a crecer de manera no lineal, ya que la entrada se construye con el producto del Nivel de Enseñanza y de la tasa de cambio de Enseñanza.

- Variable de Nivel: ENSEÑANZA
- Variable de Flujo: cambio en ENSEÑANZA

- Variable Auxiliar: tasa de cambio en ENSEÑANZA
- Tiempo de observación: 15 años.

6.2.3.1 Observemos el crecimiento de cada categoría.

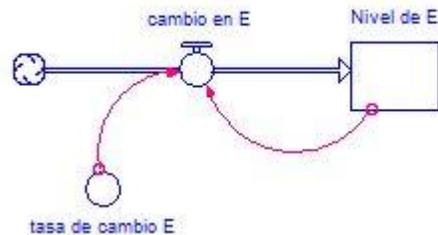


Ilustración 130 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

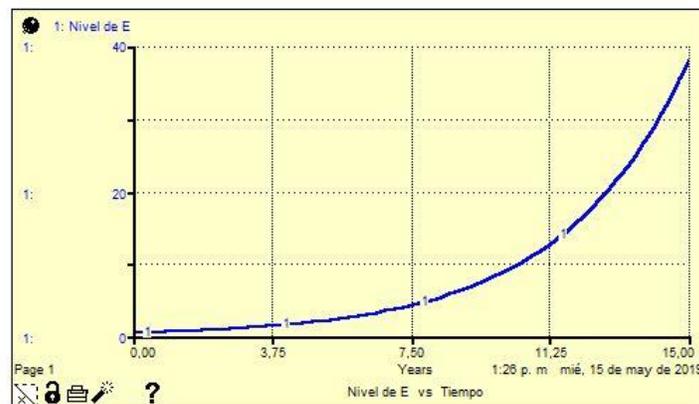


Ilustración 131 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

```

□ Nivel_de_E(t) = Nivel_de_E(t - dt) + (cambio_en_E) * dt
INIT Nivel_de_E = 0.5
INFLOWS:
  = cambio_en_E = Nivel_de_E*tasa_de_cambio_E
○ tasa_de_cambio_E = 0.3

```

Ilustración 132 Código STELLA del modelo exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

$$\text{Cambio_en_E} = \text{Nivel_de_E} * \text{tasa_de_cambio_E}$$

$$\text{Nivel_de_E} = \int \text{cambio_en_E} dt$$

$$dE/dt = \alpha E$$

Ilustración 133 Expresión Matemática

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

6.2.4 Aprendizaje. Este es un modelo con tendencia a crecer de manera no lineal, ya que la entrada se construye con el producto del Nivel de Aprendizaje y de la tasa de cambio de Aprendizaje.

- Variable de Nivel: APRENDIZAJE
- Variable de Flujo: cambio en APRENDIZAJE
- Variable Auxiliar: tasa de cambio en APRENDIZAJE
- Tiempo de observación: 15 años.

6.2.4.1 Observemos el crecimiento de cada categoría.

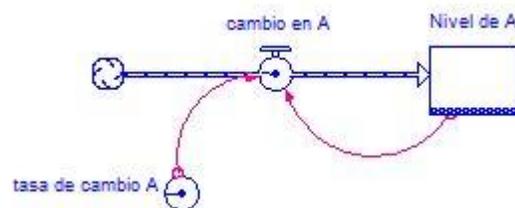


Ilustración 134 Diagrama Forrester. Modelo Exponencial

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

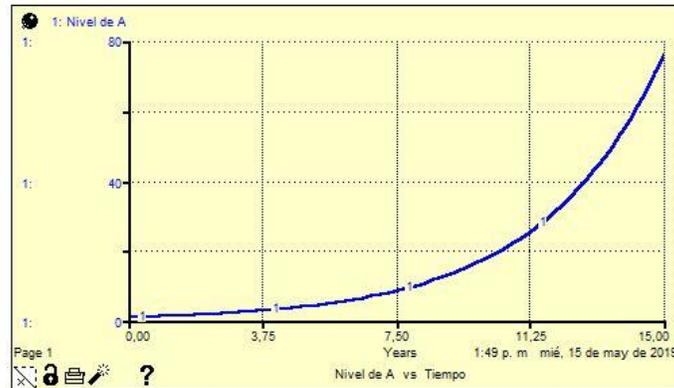


Ilustración 135 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

```

 Nivel_de_A(t) = Nivel_de_A(t - dt) + (cambio_en_A) * dt
INIT Nivel_de_A = 1
INFLOWS:
  -> cambio_en_A = Nivel_de_A*tasa_de_cambio_A
 tasa_de_cambio_A = 0.3

```

Ilustración 136 Código STELLA del modelo exponencial
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

$$\text{Cambio_en_A} = \text{Nivel_de_A} * \text{tasa_de_cambio_A}$$

$$\text{Nivel_de_A} = \int \text{cambio_en_A} dt$$

$$dA/dt = \alpha A$$

Ilustración 137 Expresión Matemática
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

El Modelo de Autoreferencia también permite visualizar el crecimiento en el Nivel de Aprendizaje, puesto que el STOCK influye en su propio flujo de entrada.

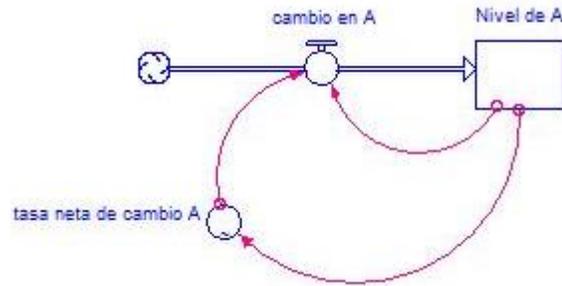


Ilustración 138 Diagrama Forrester. Modelo de Autoreferencia
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

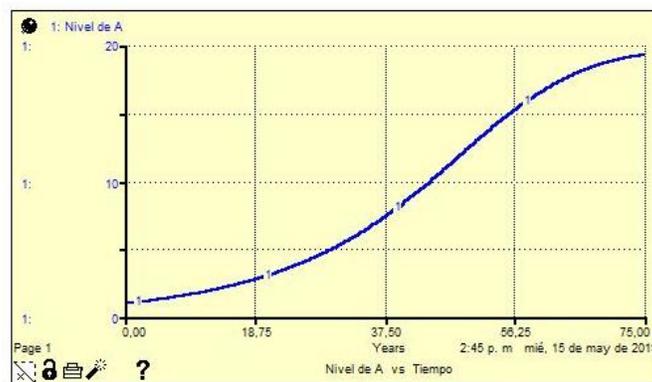


Ilustración 139 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curva de crecimiento. Modelo Autoreferencia
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

```

 Nivel_de_A(t) = Nivel_de_A(t - dt) + (cambio_en_A) * dt
INIT Nivel_de_A = 1
INFLOWS:
  ↻ cambio_en_A = Nivel_de_A * tasa_neta_de_cambio_A
  ⊗ tasa_neta_de_cambio_A = GRAPH(Nivel_de_A)
  (0,00, 0,0582), (2,00, 0,0554), (4,00, 0,0538), (6,00, 0,051), (8,00, 0,048), (10,0, 0,0433), (12,0, 0,0381),
  (14,0, 0,0299), (16,0, 0,0219), (18,0, 0,0128), (20,0, 0,00)
  
```

Ilustración 140 Código STELLA del modelo Autoreferencia
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

6.2.5 ¿Cómo crece el proceso IEA?

6.2.5.1 Observemos el crecimiento en conjunto.

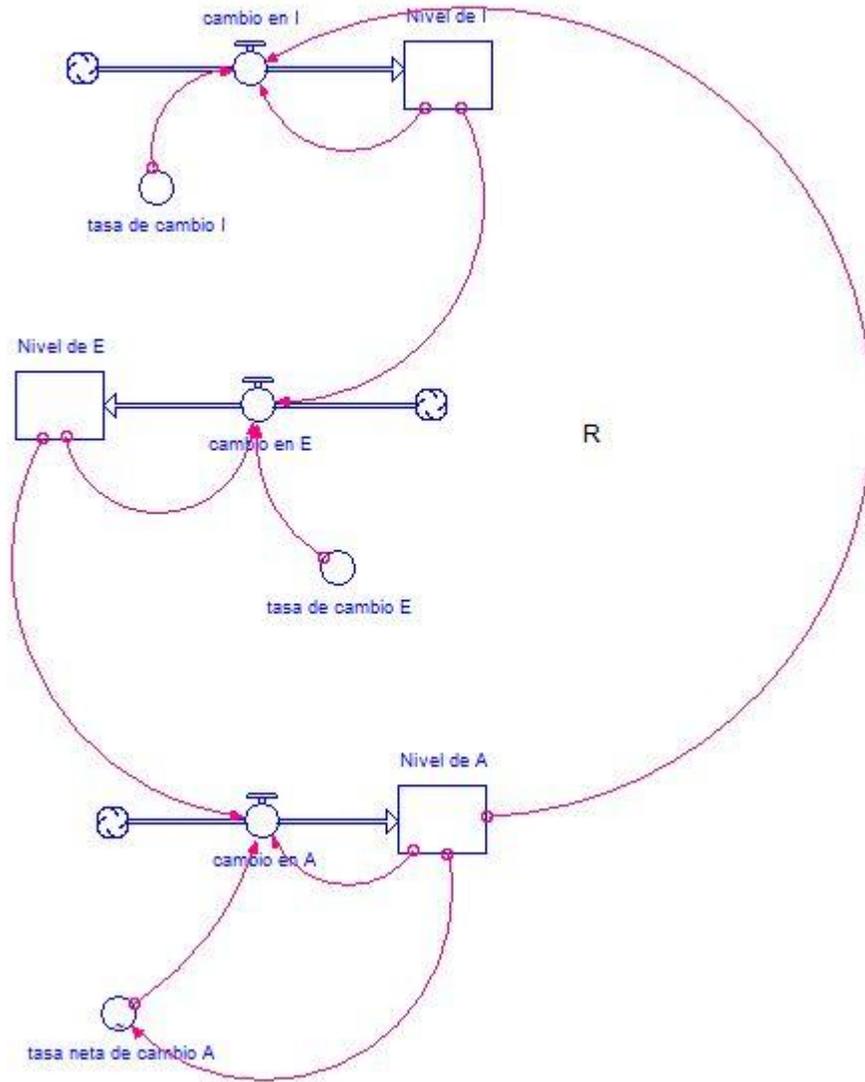


Ilustración 141 Diagrama Forrester. Subsistema EAI
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

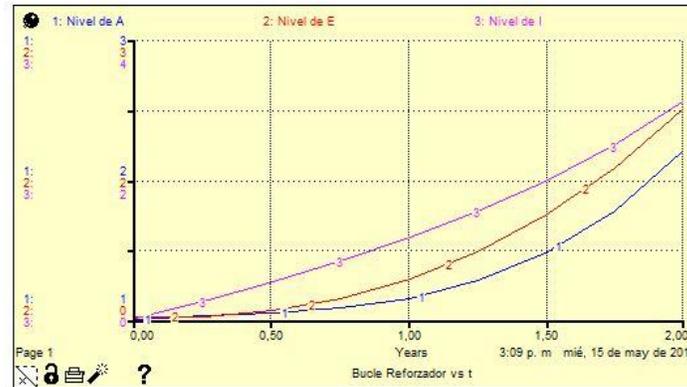


Ilustración 142 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curvas de crecimiento del subsistema EAI.
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

```

 Nivel_de_A(t) = Nivel_de_A(t - dt) + (cambio_en_A) * dt
INIT Nivel_de_A = 1
INFLOWS:
  -> cambio_en_A = (Nivel_de_A*tasa_neta_de_cambio_A)+Nivel_de_E
 Nivel_de_E(t) = Nivel_de_E(t - dt) + (cambio_en_E) * dt
INIT Nivel_de_E = 0.02
INFLOWS:
  -> cambio_en_E = Nivel_de_I+(Nivel_de_E*tasa_de_cambio_E)
 Nivel_de_I(t) = Nivel_de_I(t - dt) + (cambio_en_I) * dt
INIT Nivel_de_I = 0.01
INFLOWS:
  -> cambio_en_I = (Nivel_de_I*tasa_de_cambio_I)+Nivel_de_A
 tasa_de_cambio_E = 0.03
 tasa_de_cambio_I = 0.3
 tasa_neta_de_cambio_A = GRAPH(Nivel_de_A)
 (0.00, 0.0592), (2.00, 0.0578), (4.00, 0.0556), (6.00, 0.052), (8.00, 0.048), (10.0, 0.0437), (12.0, 0.0387),
(14.0, 0.0345), (16.0, 0.0295), (18.0, 0.0231), (20.0, 0.00)

```

Ilustración 143 Código STELLA del subsistema EAI
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

6.2.6 ¿Cómo el proceso limita su crecimiento?

La estructura que limita el crecimiento es del Modelo Buscando Objetivo. Este es un modelo donde el objetivo (meta) a alcanzar es un Nivel deseado de Proyección Social (cobertura e impacto).

- Variables de Nivel: INVESTIGACIÓN y PROYECCIÓN SOCIAL
- Variable de Flujo: cambio en INVESTIGACIÓN, cambio de PROYECCIÓN SOCIAL

- Variable Auxiliar: tasa de cambio en INVESTIGACIÓN, tasa de cambio en PROYECCIÓN SOCIAL (interacción)
- Tiempo de observación: 15 años.

6.2.6.1 Observemos el comportamiento de cada categoría:

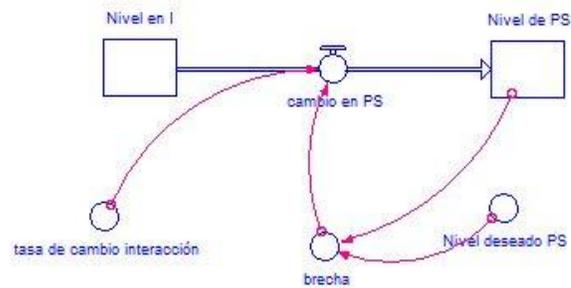


Ilustración 144 Diagrama Forrester

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella



Ilustración 145 Patrón de comportamiento en el tiempo. Curvas de crecimiento del subsistema IPS.

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

- $\text{Nivel_de_PS}(t) = \text{Nivel_de_PS}(t - dt) + (\text{cambio_en_PS}) * dt$
 INIT Nivel_de_PS = 1
 INFLOWS:
 ↻ cambio_en_PS = tasa_de_cambio_interacción*brecha
- $\text{Nivel_en_I}(t) = \text{Nivel_en_I}(t - dt) + (-\text{cambio_en_PS}) * dt$
 INIT Nivel_en_I = 10
 OUTFLOWS:
 ↻ cambio_en_PS = tasa_de_cambio_interacción*brecha
- brecha = Nivel_deseado_PS - Nivel_de_PS
 Nivel_deseado_PS = 10
 tasa_de_cambio_interacción = 0.05

Ilustración 146 Código STELA – Sistema EAIPS

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

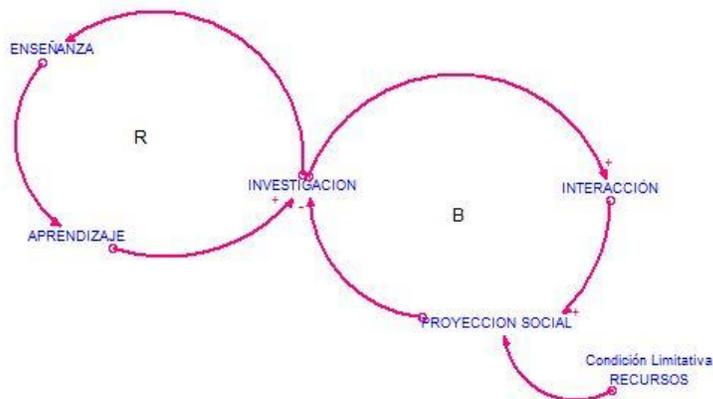


Ilustración 147 Arquetipo Límite de Crecimiento. Sistema EAIPS.

Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

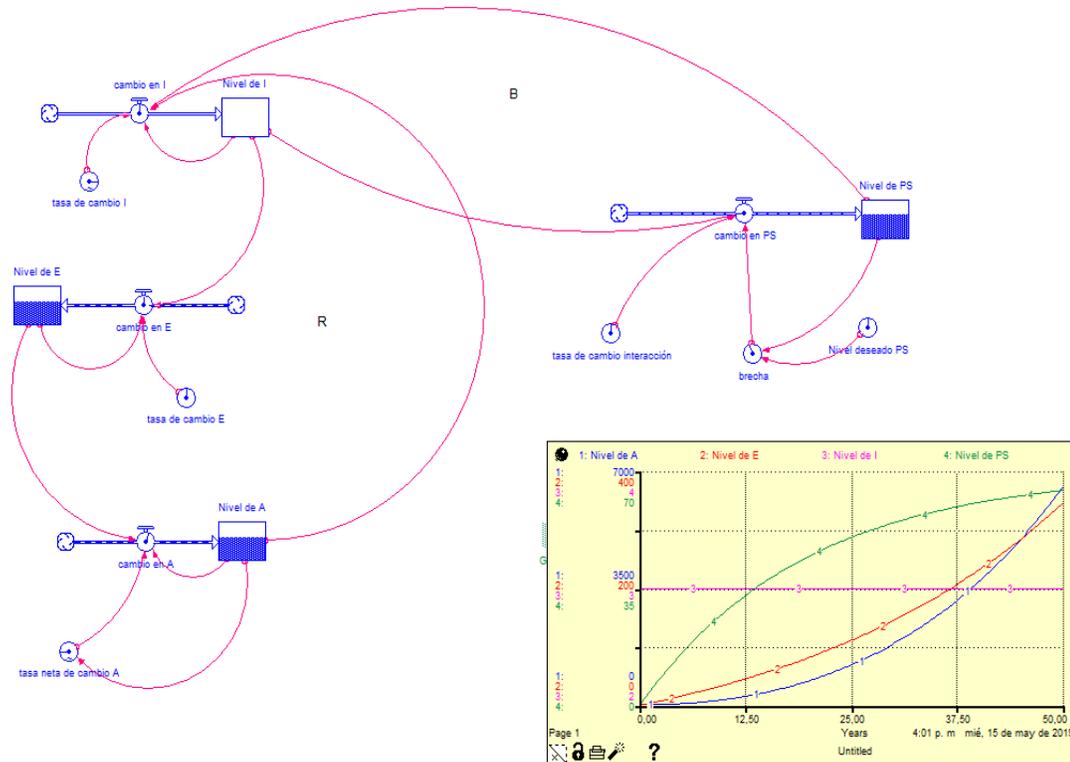


Ilustración 148 Diagrama Forrester y Patrones de Comportamiento del Sistema EAIPS
Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

6.3 Nivel Generativo

La reflexión desde la estructura arquetípica de Límites de Crecimiento del sistema EAIPS, ha conducido a identificar nuevas Categorías de análisis y sus consecuentes relaciones de influencia aspecto que ha enriquecido el Arquetipo inicial para dar paso a la Fase 2 del proceso investigativo que ubica la construcción del Simulador en un nivel superior, abriendo así un nuevo proceso de aprendizaje generativo, con la introducción del Arquetipo de Desplazamiento de Carga, representado en la siguiente Figura:

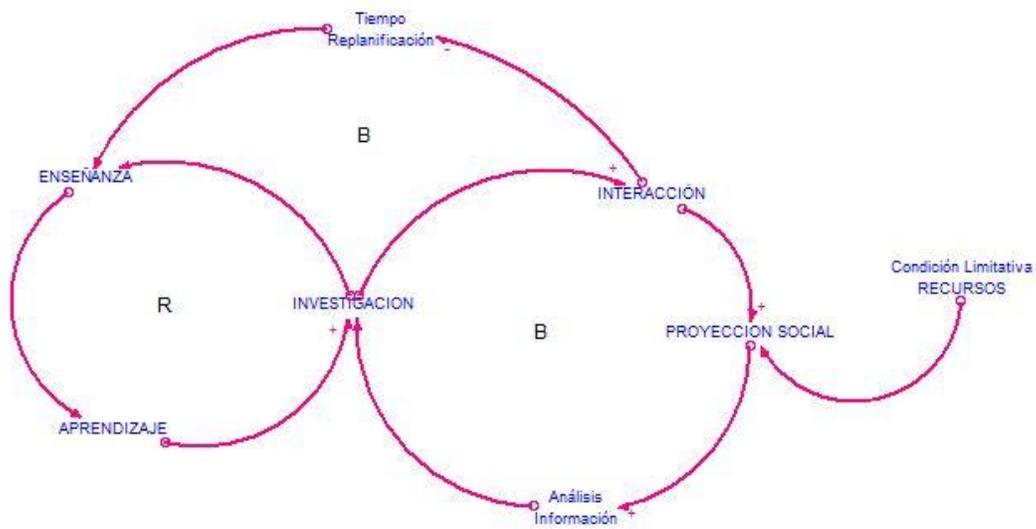


Ilustración 149 Arquetipo Desplazamiento de Carga – Sistema EAIPS
 Fuente: Elaboración propia, Screenshot of software Stella

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El ejercicio de modelación del subsistema de Enseñanza-Aprendizaje-Investigación fue posible desarrollarla en base a los niveles explicativos del pensamiento sistémico, en la cual se realizó la implementación didáctica, el diseño de los diagramas de Forrester de cada categoría y se identificó las relaciones complejas que formaron los procesos de realimentación reforzadora, esquematizados como Bucle de realimentación reforzadora, cuyo patrón de conducta es decrecimiento exponencial, mediante el cual es posible analizar la conducta del subsistema, en el momento en que en una de las categorías no se evidencien avances.

La modelación del subsistema de Investigación – Proyección Social se desarrolló efectivamente igualmente con respecto a los niveles explicativos del pensamiento sistémico, donde se realizó el análisis de la información en base a la investigación y proyección social, para posteriormente diseñar los diagramas de Forrester de cada una de estas categorías y se identificó las relaciones complejas que formaron los procesos de realimentación Compensadora, esquematizados como Bucle de realimentación de balanceo (Compensación o equilibrio), cuyo patrón de conducta de la investigación es el modelo exponencial y de la categoría de proyección social es el modelo buscando objetivo y el crecimiento se va haciendo cada vez menor.

Cuando se articulan las categorías de investigación con un crecimiento exponencial y la de proyección social con un crecimiento como el del modelo "buscando objetivo", se genera un crecimiento como el modelo logístico.

En la construcción del Arquetipo de límite de crecimiento, cuando se realizan reflexiones sobre nuestras percepciones es posible observar situaciones de éxito en la interacción con los estudiantes al implementar las actividades, donde se evidencia la necesidad de mayor tiempo

para monitorear el cambio en el aprendizaje de parte de los estudiantes, situación que crea una demora para la replanificación de las siguientes actividades para reforzar el ciclo. Y producir resultados investigativos que enriquezcan el proceso de modelización del proceso didáctico y de implementación del modelado didáctico en educación básica primaria.

El modelado didáctico enriquecido con herramientas computacionales produce el simulador cuya construcción es un proceso gradual que seguirá evolucionado con los resultados del ejercicio de la investigación Acción, cuya dinámica se espera que mejore el proceso de implementación de la modelación dinámica de sistemas e igualmente que mejore el simulador del proceso didáctico.

La educación e investigación resultan mucho más interesantes cuando se sale del salón de clase general, y se ofrece la oportunidad de crear, experimentar y ver por uno mismo. Stella ofrece una forma práctica de visualizar y comunicar dinámicamente cómo funcionan los sistemas complejos en la realidad del mundo que nos rodea. Las herramientas que ofrece este tipo de software son fundamentales para la representación de cualquier tipo de sistema, aún los más complejos, ya que un dibujo o imagen de un sistema en funcionamiento, en el tiempo, es mucho más atractivo que un sistema estático trazado en una superficie o un conjunto de ecuaciones diferenciales, motivando así la participación de los involucrados en el proceso de modelación.

Este proyecto investigativo se desarrolló en base a la modalidad de participación en proyectos de investigación, donde el estudiante participa como investigador auxiliar en un proyecto de investigación avalado institucionalmente a través de las siguientes actividades.

- Actividad teórico-prácticas de carácter científico, tecnológico o artístico que desarrolla un estudiante sobre un área de formación profesional, mediante la cual

aplica y adapta los conocimientos adquiridos contribuyendo con ellos a la solución de un problema.

Se partió de la teoría, se realizó la planificación de las actividades mediante talleres y se realizó la aplicación, llegando a realizar la introducción gradual del modelado dinámico de sistemas como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje en las escuelas.

- Actividades investigativas para la creación y desarrollo de nuevos modelos y esquemas teórico-prácticos relacionados desde los cuales pueda aportar sus conocimientos en las áreas de formación profesional

Se realizó la construcción en equipo de un prototipo de simulador que surge de esa actividad teórico practica y se convierte en un recurso computacional, que nos va permitir hacer un estudio juicioso de todas las implementaciones realizadas.

Por lo tanto, la implementación practica se va realizando y se va construyendo el prototipo de simulador que nos permite el estudio de esos procesos articulados que hemos denominado sistema de enseñanza, aprendizaje, investigación y proyección social.

Recomendaciones

Debido a que esta investigación tiene aun sin desarrollar un gran campo de acción, es fundamental para futuras líneas de investigación, la planificación y aplicación de más actividades lúdicas, apoyándose en los softwares para continuar introduciendo gradualmente el modelado dinámico de sistemas como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje para continuar con el desarrollo de cada capítulo de la presente investigación y lograr mejorar el simulador de los procesos didácticos.

En el semillero de investigación, es útil que los estudiantes promuevan la planificación, aplicación y análisis de actividades lúdicas con temas estudiados en este, buscando fomentar la construcción del conocimiento, por tanto, es fundamental que se tengan los conocimientos necesarios para el uso correcto de las herramientas usadas para este fin, por tanto, se puede fomentar el uso de softwares como Splash, y Stella, para realizar procesos de modelación con mayor facilidad, y realizando el análisis y reflexión de los comportamientos de un sistema, debido a lo cual se puede crear una electiva en modelación, donde su objetivo sea el uso adecuado softwares para el continuo desarrollo de proyectos de modelación computacional, con temáticas educativas, que favorezcan el crecimiento de los conocimientos del pensamiento computacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AnyLogic. (2019). *The AnyLogic Company*. Obtenido de <https://www.anylogic.com/company/about-us/>
- AnyLogic. (2019). Obtenido de <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/multimethod-modeling/>
- Aracil, J. (1995). *Dinámica de Sistemas. Monografías de Ingeniería de Sistemas*. Madrid: Isdefe.
- Armando C., Xavier C.& Nuno S. (2009). *Stella software para la modelación dinámica en biología*. Universidad nacional autónoma de México
- Artigue, M. (1998). *Ingeniería didáctica*. En Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P.
- Barreto M, Martha L, (1998). *El estudio de la función desde el movimiento. Reconocido con el Premio Nacional en Educación “Francisca Radke”*. (trabajo de grado de especialización). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Barreto M, Martha L, (2002). *La relación teoría práctica en la formación de docentes*. (tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Barrios, M. M. (2013). *Experiencia didáctica de aprendizaje en el espacio académico de pensamiento funcional y variacional*. (tesis de pregrado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Brousseau, G. (1986). Fondaments et méthodes de la didactique des Mathématiques. *Recherches en Didactique de Mathématiques*. Editado por: Martha C. Villalba y Víctor M. Hernández, Vol. 7 No. 2, pp. 33-115.
- Cantoral, R. (2000). *Desarrollo del Pensamiento Matemático*. México: Trillas.

Cárdenas, J. H. y Suárez P. J. J. (2018). *Modelación Computacional en la ejecución de técnicas de pateo en el Taekwondo*. Rle- Revista Latinoamericana De Etnomatemática [Electronic Only]. ISSN 20115474. Disponible en:

<http://www.revista.etnomatematica.org/index.php/RevLatEm/article/view/500>

Cárdenas, J. H. y Suárez P. J. J. (2018). *Modelación Computacional de las técnicas de pateo en el Taekwondo*. (tesis de pregrado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.

Carlos Monge, M. (2016, 14 agosto). ¿Qué es el pensamiento computacional y por que desarrollarlo? Recuperado 4 junio, 2019, de <https://www.pqs.pe/tecnologia/pensamiento-computacional-importancia>

Correa Carvajal, M. A., Úsuga, G., & Andrea (2015). *La modelación matemática en la formación inicial de profesores de matemáticas: visiones de algunos formadores*. . Medellín: Biblioteca Digital CEDED. Obtenido de http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1855/1/Informe_t%C3%A9cnico_Mar%C3%ADn_Correa_G%C3%B3mez_Modelaci%C3%B3n_julio9.pdf

Creative Learning Exchange & Visual Interfaces for serious Simulations. (2018). *Creative Learning Exchange*. Obtenido de <http://www.clexchange.org/splash>

Cruz Banoy J. M. (4 de agosto de 2010). ACUERDO 000009 DE AGOSTO 4 DE 2010 . Bogota. UDEC Recuperado de <http://gacetauniversitaria.ucundinamarca.edu.co/gaceta/index.php/superior/acuerdos-superior/superior-acuerdos2010?download=46:acuerdo-0009-de-agosto-4-de-2010>

Díez, J. N. Mensaje del Ministro.

Douady, R. (1996). *Ingeniería didáctica y evolución de la relación con el saber en las matemáticas*. Topiques éditions.

Felipe, Antonio E. & Larrico, Romina. (2015). *Modelización Didáctica en la formación del profesorado: ejemplos desde la Biología del desarrollo*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.

Fullana Belda, Carmen y Urquía Grande, Elena. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. *Encuentros multidisciplinares. Universidad Pontificia de Comillas*, ISSN-e 1139-9325, Vol. 11, N° 32, 2009, págs. 37-48.

García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.

García-García, J. & -R. (2013). Resolver problemas y modelizar: un modelo de interacción . *Revista Internacional de Investigación en educación* . Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/2810/281028437003/>

GoogleMaps. (15 de Abril de 2019). *Google*. Obtenido de <https://www.google.com/maps>

González, G., & Sánchez Chávez, A. (2019). La didáctica como disciplina científica y pedagógica. RASTROS Recuperado a partir de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/rastrosyrostros/article/view/9264>.

Iseesystems. (2019). *Isee Systems Inc*. Obtenido de <https://www.iseesystems.com/>

Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Laertes: Barcelona.

Leonardo Rodríguez Zoya y Pascal Roggero. (2016). La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. *Polis*.

León, J. A. (2007). Pensamiento sistémico: la clave para la creación de futuros realmente deseados. Recuperado 8 marzo, 2018, de <http://jmonzo.net/blogeps/psjpa1.pdf>

Londoño Bustamante, O., & Lina, G. (2017). Informe de evaluación externa con fines de acreditación, licenciatura en matemáticas, UCundinamarca . Bogotá: Consejo Nacional de Acreditación.

Marina, J. A. (2016). *Tratado de Filosofía del Zoom*. Barcelona: Ariel.

Márquez Vizcaya, Z. (2012). La simulación como estrategia didáctica en el aprendizaje y la resolución de problemas lógicos. *Educación Y Humanismo*, 14(22), 150-160. Recuperado a partir de <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/educacion/article/view/2254>

Martínez, F. L., & Londoño, J. E. (2013). El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas. *Revista Soluciones de Postgrado*, 4(8), 43-65.

MEN, M. D. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas. *Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio*.

MEN. (2017). *Plan Especial de Educación Rural. Hacia el desarrollo rural y la construcción de Paz*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://educapaz.co/wp-content/uploads/2018/08/PEER-TOTAL-9-julio.compressed.pdf>

MEN,. (2017). Resolución No. 11735, Bogotá.

MinTIC. (2018). *Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Obtenido de <https://mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>

Morin, E. (1984). *Ciencia con consciencia, Barcelona, Anthropos*. Barcelona: Anthropos.

Morlán, I. M. (2010). *Modelo de dinámica de sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la gestión estratégica universitaria*. Donostia, San Sebastián: Universidad del País Vasco.

Powersim Solutions Inc. (2015). *POWERSIM Solutions*. Obtenido de PowerSim Studio: <http://www.powersimsolutions.com/powersimstudio.html>

- Prieto González, G., & Sánchez Chávez, A. . (2019). La didáctica como disciplina científica y pedagógica. *RASTROS Y ROSTROS DEL SABER*, 2(1), 41-52. , Prieto
- Pueyo, E. (2017). Centro de Investigación Biomédica en Red. Obtenido de <https://www.ciber-bbn.es/programas-transversales/programa-de-difusion-e-internacionalizacion/biomedicina-con-y-para-la-sociedad/miniserie-de-tv/simulacion-computacional>.
- Sarmiento S, Diego F, (2018). *Modelado dinámico de la práctica pedagógica en la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca*. (tesis de pregrado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Sarmiento Gutiérrez, P. P. (2016). Aplicación de una herramienta de modelado en dinámica de sistemas para la estimación de costos de proyectos en licitaciones de servicios de ingeniería de software y sistemas de información en Colombia.
- Senge, P. M. (2011). *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Buenos Aires.: Ediciones Granica.
- Rojas Durango, Y. (2015). *Dificultades en la modelización didáctica del modelo biológico de flor: un estudio de caso en la licenciatura en educación básica, énfasis en ciencias naturales y educación ambiental de la Universidad de Antioquia*. Medellín: Universidad de Antioquia. Obtenido de <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>
- The AnyLogic Company. (2019). *The AnyLogic Company*. Obtenido de <https://www.anylogic.com/>
- Trujillo P, Cesar J, (2018). *Construcción del reglamento interno y de funcionamiento de la PPyE de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Colombia*. (tesis de maestría). Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, Ciudad de Panamá, Panamá.

UDEC. (2016). *Proyecto Educativo Institucional*. Obtenido de Universidad de Cundinamarca: <https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/universidad/proyecto-educativo-universitario>

Ventana Systems Inc. (2019). *VENSIM*. Obtenido de <https://vensim.com/>

Villamil B, L.A. e Iriarte G, J.A. (2014). *Modelación Matemática: alternativa didáctica en la formación de docentes de Matemáticas*. (tesis de pregrado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.

Villa-Ochoa, J., Bustamante, C., Berrio, M., Osorio, A., & Ocampo, D. (2008). El proceso de modelación matemática en las aulas escolares. A propósito de los 10 años de su inclusión en los lineamientos curriculares colombianos.

Waters Center . (2019). *Waters Center for System Thinking*. Obtenido de <https://waterscenterst.org/systems-thinking-tools-and-strategies/habits-of-a-systems-thinker/>

(NIBIB), N. I. (Septiembre de 2016). *National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering NIBIB*. Obtenido de <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/modelado-computacional>

ANEXOS

Anexo 1
Glosario de términos

Glosario

En el presente apartado se presentan algunos términos que se utilizan en el presente trabajo

- **Círculo Causal:** La realidad está constituida por círculos, pero vemos líneas rectas. Aquí radica el comienzo de nuestra limitación como pensadores sistémicos. Estas variables están organizadas en un círculo o rizo de relaciones causa–efecto que se denomina “proceso de realimentación” (Peter, 1990, P. 43)

En un círculo causal encontramos cinco variables que interviene en el sistema como lo son: El nivel deseado, el nivel actual, la brecha, la posición y el flujo.
- **Bucle de realimentación reforzadora:** Los procesos de realimentación reforzadora (o amplificadora) son los motores de crecimiento. Cuando estamos en una situación donde las cosas crecen, está operando la realimentación reforzadora. La realimentación reforzadora también puede generar la aceleración de la decadencia. (Peter, 1990, P. 47)
- **Bucle de realimentación compensadora:** La realimentación compensadora (o estabilizadora) opera cuando hay una conducta orientada hacia las metas. Si la meta es no moverse, la realimentación compensadora actúa como los frenos de un coche. Si la meta es moverse a noventa kilómetros por hora, la realimentación compensadora nos acelera hasta noventa kilómetros por hora, pero no más. (Peter, 1990, P. 47)
- **Arquetipo:** El propósito de los arquetipos es reacondicionar nuestras percepciones para que sepamos ver las estructuras en juego, y ver el punto de apalancamiento de esas estructuras. Una vez que identificamos un arquetipo, siempre sugieren zonas de alto y bajo apalancamiento para efectuar el cambio.

La realimentación reforzadora, la realimentación compensadora constituyen los ladrillos de los arquetipos, estructuras más complejas que se repiten una y otra vez en los sistemas. (Peter, 1990, P. 57)

- **Stock:** Es un símbolo genérico para cualquier cosa que acumula o consume recursos. Por ejemplo. Agua acumulada en una tina de baño. En cualquier tiempo, la cantidad de agua en la tina refleja la acumulación del agua que fluye desde la llave, menos lo que fluye hacía el drenaje. La cantidad de agua es una medida del stock de agua. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 11)
- **Flujo:** Un flujo es la tasa de cambio de un stock. En el ejemplo de la tina de baño, los flujos son el agua que entra y el agua que sale. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 11)
- **Convertidor:** Un convertidor se utiliza para tomar datos de entrada y manipularlos para convertir esa entrada en alguna señal de salida. En el ejemplo de la tina de baño, si se toma el control de la llave que vierte el agua al interior, el convertidor toma como entrada esta acción en la llave y convierte la señal en una salida que se refleja en la salida de agua. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 11)
- **Conector:** Un conector es una flecha que le permite a la información pasar entre: Convertidores; stocks y convertidores; stocks, flujos y convertidores. Un conector cuya dirección va de un convertidor 1 a un convertidor 2 significa que el convertidor 2 es función del convertidor 1. En otras palabras, el convertidor 1 afecta al convertidor 2. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 11)

- **Modelo Exponencial:** Este es un modelo con tendencia a crecer de manera no lineal, ya que la entrada se construye con el producto de la población y de la tasa de nacimientos. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 23)
- **Modelo Logístico:** En este modelo hay un autocontrol del crecimiento, por efecto del mismo tamaño poblacional, cuyo comportamiento se aprecia en el siguiente gráfico. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 26)
- **Modelo Estimulo-Respuesta:** En este caso, un flujo de entrada proporciona un estímulo para el cambio en el stock. En el ejemplo, la variable de estado Población tiene un flujo de entrada Inmigración neta que no depende de ninguna de ninguna variable de estado. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 38)
- **Modelo auto-referencia:** En este modelo el stock influye en su propio flujo de entrada. (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 30)
- **Modelo buscando objetivo:** En este caso una población destino es el objetivo y la diferencia entre la población actual y el destino conduce la población hacia el destino. Aquí explícitamente se busca llegar a un valor predefinido. Por ejemplo, el decaimiento de una sustancia radioactiva (el destino es radiación cero), el enfriamiento de un tabique caliente (el destino es la temperatura ambiente) o la difusión de un gas concentrado (el destino es la concentración de un cuarto, para controlar el escape del gas de su contenedor). (Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 31)
- **Modelo Goal-Setting:** Este es el más sofisticado de los cuatro modelos básicos. Aquí la variable de estado Población se involucra en la definición de la densidad poblacional, junto con otras fuerzas externas. Donde la densidad poblacional

se calcula simplemente como el cociente de número de individuos por área. Manuel.

(Armando, Xavier & Nuno, 2009, P. 33)

Anexo 2
Documento de inscripción Red colombiana de semilleros de investigación



FORMATO ÚNICO DE INSCRIPCIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN NBC-PY- - - -10
(PROPUESTA (POSTER), EN CURSO, TERMINADO)

I. DATOS DEL SEMILLERO

Ciudad y Fecha:	Fusagasugá, 21 de Marzo de 2019	País:	Colombia	Nº NBC	ID
Institución:	Universidad de Cundinamarca	Nombre Semillero:	Modelación Matemática y Computacional - UDEC	Red Institucional:	
Campo del saber:	Educación	Disciplina:	Didáctica	Nivel de formación:	Pregrado
Programa Académico:	Licenciatura en Matemáticas				

II. DATOS AUTOR (ES)

NOMBRES Y APELLIDOS DE AUTORES	C.C. / T.I.	email
Iosofael Rayid Reyes Ortíz	1018455041	irreyes@ucundinamarca.edu.co
María Alejandra Mayorga Henao	1069753598	mamayorga@ucundinamarca.edu.co
NOMBRES Y APELLIDOS DE PONENTES (Máximo dos)	C.C. / T.I.	email
Iosofael Rayid Reyes Ortíz	1069753598	irreyes@ucundinamarca.edu.co
María Alejandra Mayorga Henao	1069753598	mamayorga@ucundinamarca.edu.co

C A T E G O R I A:	Propuesta de Investigación (Poster)	Inv. En curso	X	Inv. terminada
Seleccione el área del proyecto de investigación	CIENCIAS AGRARIAS	CIENCIAS DE LA SALUD Y EL DEPORTE		
	CIENCIAS BIOLÓGICAS	CIENCIAS EXACTAS Y DE LA TIERRA		
	CIENCIAS HUMANAS	CIENCIAS SOCIALES	X	
	INGENIERÍAS	LINGÜÍSTICA, LETRAS, ARTES Y GESTIÓN CULTURAL		
	NAVALES Y DE SEGURIDAD			
Subárea:	Educación			
Título del Proyecto:	Implementación de la modelación dinámica de sistemas en educación básica primaria.			
Planteamiento del Problema:	¿Cómo contribuir al fortalecimiento de la educación básica rural en las Escuelas Multigrado de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Sede Fusagasugá?			

Introducción	<p>El presente proyecto "en curso" corresponde a la componente didáctica del trabajo de grado en construcción denominado: Simulación del proceso didáctico en la implementación de la modelación dinámica de sistemas en educación básica. Por medio de actividades lúdicas y modelos sencillos elaborados con material concreto y el software Splash y STELLA se introduce gradualmente el modelado dinámico de sistemas como metodología para articular los procesos de enseñanza - aprendizaje en Escuelas Multigrado de la zona de influencia de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Cundinamarca - Sede Fusagasugá. Es importante destacar, que la Dinámica de Sistemas permite integrar diferentes disciplinas del conocimiento científico, y que la implementación del modelado dinámico de sistemas en la Escuela Multigrado puede contribuir al fortalecimiento de las estrategias de enseñanza - aprendizaje, de una parte, porque contribuye a la interpretación de la realidad en forma articulada, además, hace posible abordar la resolución de problemas integrando las diferentes disciplinas que se empiezan a estudiar a través del plan de estudios de la educación básica primaria, y también facilita el trabajo colaborativo y cooperativo dado que este tipo de escuela es un escenario que reúne alumnos de diferentes edades y niveles en una sola aula, con un sólo profesor (máximo 2).</p>
Objetivos (generales y específicos)	<p>Objetivo General: Introducir el modelado dinámico de sistemas utilizando materiales concretos y el software Splash y STELLA como estrategia metodológica para contribuir al fortalecimiento de la educación básica primaria del sector rural en la provincia de Sumapaz pertenecientes a Escuelas Multigrado.</p> <p>Objetivos Específicos: 1. Visitar Escuelas Multigrado existentes en Fusagasugá y la Provincia de Sumapaz interactuando con los estudiantes y docente(s) para conocer sus fortalezas y necesidades. 2. Describir las características más relevantes de las Escuelas visitadas de tal forma que sea posible la identificación de aspectos clave para el diseño de secuencias didácticas conducentes a la implementación del modelado dinámico de sistemas. 3. Implementar talleres relacionados con la introducción gradual del modelado dinámico de sistemas en los procesos de enseñanza - aprendizaje en educación básica primaria. 4. Garantizar la continuidad del proceso y el acompañamiento continuo a docentes y estudiantes para consolidar vínculos de cooperación mutua y el trabajo en Red.</p>
Marco teórico	<p>La metodología de Dinámica de Sistemas difiere de otras técnicas de modelado. En un modelo sistémico la estructura del mismo no está predeterminada por un tipo de modelo matemático previo, sino que la establece un analista dialogando con un experto. Esto le da al modelo un componente heurístico que hace que el modelo se base en el modelo mental que posee el experto sobre el problema. El modelo resultante, aunque al final se traduce en un conjunto de ecuaciones matemáticas, tiene su origen en un punto de vista, con toda la carga de subjetividad que ello implica. (Iñaki Morlán Santa Catalina, 2010).</p> <p>En el campo de la educación se han desarrollado experiencias de implementación a nivel mundial (Forrester, J. 1997) y (Davidsen, P. 2011), latinoamericano y en el ámbito colombiano (Andrade, H. 2009).</p> <p>La Dinámica de Sistemas puede ayudarnos a abordar una amplia variedad de problemas dinámicos, y por tanto, para el campo educativo se constituye en un aspecto de gran importancia. La integración de la Dinámica de Sistemas a la escuela desde el preescolar hasta el último grado de educación secundaria, es un reto para la comunidad nacional e internacional de DS (Andrade, H, 2011). En esta línea de acción se han desarrollado esfuerzos a nivel internacional como las experiencias lideradas por experiencias lideradas por The CLE- Creative Learning Exchange.</p> <p>Según Andrade y su equipo de trabajo, la experiencia colombiana se ha guiado por</p>

un proceso de investigación - acción que permite a un investigador (en particular, un grupo de investigación) intervenir en una situación humana compleja con el propósito de producir un cambio para alcanzar una situación deseada, que en el caso de estos procesos consiste en la integración de la DS en la escuela de educación básica y media.

Metodología	<p>Este proceso pertenece a la Línea de Investigación denominada Desarrollo del Pensamiento Matemático, cuyas acciones se enmarcan en el Plan de Trabajo del Proyecto de Investigación: RED REGIONAL DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA EDUCACIÓN. Que se aborda desde el enfoque cualitativo de investigación social y educativa, llamado comúnmente como Método Cualitativo. El diseño metodológico corresponde al de Investigación – Acción puesto que ella consiste en un proceso de aprendizaje en el que las personas actúan conscientemente sin dejar, por ello, de abrirse a la posibilidad de sorpresas y conservando la posibilidad de responder a las oportunidades. Se trata de un proceso de utilización de la “inteligencia crítica” orientada a dar forma a la acción y a desarrollarla de tal modo que la acción educativa se convierta en una praxis (acción críticamente informada y comprometida) a través de la cual se puedan vivir consecuentemente los valores educativos.</p> <p>Lewin (citado por Stephen Kemmis) describió la Investigación – Acción como un proceso de peldaños en espiral, cada uno de los cuales se compone de planificación, acción y evaluación del resultado de la acción. En la práctica, el proceso empieza con la idea general de que es deseable alguna clase de mejora o cambio, no es una investigación acerca del trabajo de otras personas. Sino una investigación realizada por determinadas personas acerca de su propio trabajo con y para otros. Se considera a las personas agentes autónomos y responsables, participantes activos en la elaboración de sus propias historias y condiciones de vida, capaces de ser más eficaces en esa elaboración si conocen aquello que hacen y capaces de colaborar en la construcción de su historia y sus condiciones de vida colectiva. Puede ser iniciada por la acción de una sola persona (el investigador), quien no considera a las demás personas como objetos de investigación, sino que las alienta a trabajar juntas como sujetos conscientes y como agentes del cambio y la mejora.</p> <p>La interacción entre Teoría y Práctica se ha visualizado como una relación de tipo espiral, que pretende concebir la relación Teoría – Práctica, como una interacción en la cual cada vez que se vuelve a la Teoría o a la Práctica (según sea el caso), no se vuelve a los planteamientos o acciones originales, sino que se aborda Teoría y Práctica renovada, por la acción transformadora de la reflexión crítica continua en el quehacer educativo.</p>
Resultados esperados y/o alcanzados	<p>Talleres de introducción del modelado dinámico de sistemas en educación básica primaria utilizando materiales concretos.</p> <p>Talleres de modelado dinámico de sistemas en educación básica primaria utilizando Splash creative learning exchange.</p> <p>Talleres de modelado dinámico de sistemas en educación básica primaria utilizando STELLA de Isee Systems.</p> <p>Implementar los talleres en Escuelas Multigrado de la provincia de Sumapaz.</p> <p>Constituir una Red Regional integrada por docentes de las Escuelas Multigrado de la Provincia de Sumapaz para garantizar la continuidad del proceso.</p>

Conclusiones	<p>La implementación de nuevas formas de abordar procesos didácticos en educación básica rural es fundamental para los estudiantes quienes actualmente están siendo conducidos por la era de la globalización y requieren nuevas formas de abordar los problemas que le presenta la sociedad.</p> <p>Los docentes que laboran en las Escuelas Multigrado se fortalecen si reciben colaboración en pro de hacer de sus estudiantes personas hábiles que sean practicas e innovadoras en la solución de problemas.</p> <p>El diseño de materiales concretos que complementen los actualmente utilizados de carácter tecnológico tales como Splash (para Tablets) y STELLA (disponible en el Laboratorio de Matemáticas de la Universidad y en versión On Line) se constituyen en una valiosa herramienta didáctica para llevar este tipo de actividades a ambientes rurales superando los inconvenientes que surgen de la falta de conectividad en algunas zonas.</p>
Bibliografía	<p>Iñaki Morlán, Santa Catalina. (2010). Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria. Universidad del País Vasco.</p> <p>Forrester, Jay. System Dynamics and K-12 Teachers. Massachusetts: Institute of Technology Cambridge, 1997.</p> <p>Davidson, P., Bjurklo, M. y Wikström, H. Introducing system dynamics in schools: the Nordic experience. System Dynamic Review, Vol. 9, págs. 165- 181. 2011</p> <p>Andrade Sosa, Hugo Hernando y Maestre Gongora, sistemas en la escuela construyendo modelos mentales cotidianas. 2009.</p> <p>Andrade Sosa, Hugo Hernando y Maestre Gongora, Gina Paola. Una experiencia escolar con modelado y simulación para la comprensión de un fenómeno: el caso de la influenza A(H1N1). Bogotá: Pedagógica Nacional, UPN., 2009, Nodos y Nudos, págs. 91-103. ISSN: 0122-4328.</p> <p>Andrade Sosa, Hugo Hernando, López Molina, Giovanni, Maestre Góngora, Gina Paola. Una experiencia de investigación - acción en la integración de la DS en la escuela. En: La dinámica de sistemas: un paradigma de pensamiento. 9 encuentro colombiano de dinámica de sistemas. Bogotá, 2011.</p>
Ayudas necesarias para la exposición	<p>Computador portátil, Video Beam, Tablet.</p>

Anexo 3
Evidencia fotográfica de participación en la Red colombiana de semilleros de investigación en Bogotá.





Nodo Bogotá Cnd.
↑ 17 años

XVII ENCUENTRO REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN 2018

NOMBRE:

Rayid Reyes Ortiz

Inclusión y Equidad en la Investigación Formativa

INSTITUCIÓN:

Universidad de Cundinamarca



LUGAR: FUNDACION UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COLOMBIA FECHA: 8-10 MAYO

