

**LA SIMULACIÓN DINÁMICA COMO POSIBLE APOYO A LA
COMPRENSIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE POZOS
PETROLEROS.**

ELIÉCER PINEDA BALLESTEROS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2007**

**LA SIMULACIÓN DINÁMICA COMO POSIBLE APOYO A LA
COMPRENSIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE POZOS
PETROLEROS.**

ELIÉCER PINEDA BALESTEROS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
Presentado como requisito parcial para obtener el título de
MAGISTER EN INFORMÁTICA

DIRECTOR

FERNANDO ENRIQUE CALVETE GONZÁLEZ
Ingeniero de Petróleos
Magíster en Informática
Profesor Asistente

CODIRECTOR

FERNANDO RUÍZ DÍAZ
Ingeniero de Sistemas
Magíster en Ingeniería de Sistemas
Profesor Asociado

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2007**

AGRADECIMIENTOS

A la UIS, a mi país y a quienes contribuyeron para que este trabajo se pudiera realizar, pero muy en especial al grupo de "métodos de producción" de ingeniería de petróleos de la UIS, primer semestre de 2007.

DEDICADO A

Mi hijo José Alejandro, mi madre Margarita, mi señora Gerly Johanna, mi tía Bernarda, mi padre Benjamín y mi tío Camilo.

CONTENIDO

	Pag.
Parte Uno. La Pertinencia Del Modelado Y Simulación Como Estrategia De Aprendizaje En El Contexto De La Producción De Pozos Petroleros.....	14
1. Modelado Y Simulación Como Estrategia Para Apoyar Procesos De Aprendizaje.....	15
1.1 Descripción De La Situación De Interés: La Escuela Tradicional Y El Modelo De Enseñanza En Ingeniería.....	15
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 General.....	18
1.2.1 Específicos.....	18
1.3 El Contexto De Desarrollo Del Trabajo: Los Sistemas De Producción De Pozos Petroleros.....	18
1.4 Método De Trabajo: Un Acercamiento Preliminar A La Investigación Acción.....	20
1.5 Desarrollo De La Investigación.....	21
1.6 Descripción De La Estructura De Este Libro.....	22
Parte Dos. Estado Del Arte Y Reescritura De Un Marco De Ideas De Referencia Para La Propuesta De Uso De Simuladores Como Apoyo Al Proceso De Aprendizaje.....	24
2. Estado Del Arte.....	25
2.1 Alcances Del Inventario.....	25
2.2 Fases Del Proceso De Documentación.....	25
2.2.1. Definición De Universo De Búsqueda: Parámetros De Búsqueda O Descriptores.....	26
2.2.2. Búsqueda En Internet.....	26

2.2.3. Elaboración De Reseñas Y De Documento De Estado Del Arte.....	27
3. El Modelado Como Posibilidad De Representación Y Algunas De Sus Expresiones.....	35
3.1 Introducción.....	35
3.2 Modelado Según El Uso Del Modelo.....	35
3.2.1. Modelado Para El Aprendizaje.....	36
3.2.2. Modelado Para La Explicación.....	37
3.2.3. Modelado Para La Intervención.....	38
3.3 El Modelado Según La Praxis.....	39
3.3.1. Modelado De Réplica.....	39
3.3.2. Modelado De Reconstrucción.....	40
3.3.3. Modelado De Construcción.....	41
Parte Tres. La Experiencia Construyendo Y Utilizando Modelos.....	43
4. Prácticas.....	44
4.1 Descripción De Los Experimentos.....	44
4.1.1. Pretest.....	44
4.1.2. Resultados De La Aplicación Del Pretest.....	45
4.1.3. Prácticas De Modelado Con Micropet Y Evolución 3.5.....	48
4.1.4. Postest.....	56
4.1.5. Resultados Del Postest.....	57
4.1.6. Comparación De Los Resultados Del Postest Vs Otras Instituciones.....	60
4.1.7. Conclusión Preliminar.....	62
4.1.8. Posibles Explicaciones Del Resultado Del Postest.....	63

5. Orientaciones Para Desarrollar Actividades Utilizando Micropet.....	64
Parte Cuatro. Conclusiones Y Recomendaciones.....	66
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	69
Bibliografia.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. modelado para el aprendizaje.....	36
Figura 2. modelado para la explicación.....	38
Figura 3. modelado para la intervención.....	39
Figura 4. Modelado de Réplica.....	40
Figura 5. Modelado de Reconstrucción.....	41
Figura 6. Modelado de Construcción.....	42
Figura 7. Panorámica de la primera sesión.....	49
Figura 8. Panorámica de la segunda sesión.....	50
Figura 9. La ley de Darcy.....	51
Figura 10. Modelo de la ley de Darcy.....	52
Figura 11. Solución analítica.....	52
Figura 12. Modelo y simulación de la presión vs radio.....	53
Figura 13. Panorámica de la tercera sesión.....	54
Figura 14. Vaciado de un tanque.....	54
Figura 15. Modelo de la curva de declinación.....	55
Figura 16. Panorámica De La Tercera Sesión.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura Del Libro.....	23
Tabla 2. Distribución De Las Fuentes Bibliográficas.....	27
Tabla 3. Distribución Según Escuelas Pedagógicas.....	28
Tabla 4. Distribución Según Dominio Del Conocimiento.....	28
Tabla 5. Distribución Según Comunidad Científica.....	28
Tabla 6. Dinámica De Sistemas Y Educación.....	33
Tabla 7. Resultados Del Desafío 1, La Bañera.....	45
Tabla 8. Resultados Del Desafío 2, El Balance De Caja.....	46
Tabla 9. Resumen De Asistencia Al Seminario.....	56
Tabla 10. Resumen De Resultados Del Postest.....	57
Tabla 11. Resumen De Resultados UIS.....	60
Tabla 12. Resumen De Resultados UIS vs Otras Instituciones.....	61
Tabla 13. Resumen De Promedios Internacionales.....	62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Pretest.....	74
Anexo 2: Solución Al Pretest.....	77
Anexo 3: Postest.....	78
Anexo 4: Solución Al Postest.....	79
Anexo 5: Micropet.....	80
Anexo 6. Formato Para Revisión De Artículos.....	86

RESUMEN

TÍTULO: LA SIMULACIÓN DINÁMICA COMO POSIBLE APOYO A LA COMPRENSIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE POZOS PETROLEROS.*

AUTOR: ELIÉCER PINEDA BALLESTEROS**

PALABRAS CLAVE: Simulación Dinámica, Producción de Pozos Petroleros, Micromundos, Pensamiento Sistémico, Ley de Darcy.

DESCRIPCIÓN:

Este documento pretende mostrar el desarrollo de una propuesta de investigación que se llevó a cabo como requisito para optar el título de magister en informática. La idea que la guío fue que el uso del modelado y la simulación pueden contribuir en la comprensión de los fenómenos físicos que gobiernan el fenómeno de producción de pozos petroleros y el futuro ingeniero de producción tendrá más y mejores herramientas para lograr procesos excelentes de producción. La propuesta comprendió la modelación del fenómeno que incluye al yacimiento y el pozo, tomando como referente teórico la ley de Darcy. Una vez modelado el fenómeno se reconstruyó un micromundo que facilitó la experimentación y la construcción de modelos. La parte final del proceso contempló el uso del micromundo en sesiones con los estudiantes y posterior validación de los efectos de su uso comparando el desempeño de los estudiantes del grupo de control que participaba en el experimento con aquellos que seguían la asignatura de manera tradicional. Una vez terminado el trabajo de investigación se puede concluir que al trabajar con modelos de simulación es preciso no caer en la trampa del modelo, es decir, que se debe estar consciente de que se trabaja con una representación de la realidad y además se concluye que este es restringido a la perspectiva del modelista; además que cuando se parte de la simulación manual, en un proceso de modelado, parece ser que se obtienen mejores resultados cuando se está en el proceso de aprendizaje de la dinámica de sistemas, constituyéndose en un punto de partida de futuras investigaciones sobre el aprendizaje del proceso de modelado.

* Trabajo de Investigación

** Facultad De Físico Mecánicas, Programa de postgrado: Maestría en Informática. Director: Fernando Calvete MSc. Profesor Asistente.

ABSTRACT

TITLE: THE DYNAMIC SIMULATION LIKE POSSIBLE SUPPORT TO THE UNDERSTANDING OF THE PRODUCTION SYSTEMS OF OIL WELLS*

AUTHOR: ELIÉCER PINEDA BALLESTEROS**

KEYWORDS: System Dynamic, Oil Well Production, Microworlds, Systemic Thinking, Darcy´s law.

DESCRIPTION:

This document tries to show the development of an investigation proposal that was carried out like requirement to choose the title of magister in computer science. The idea it guided this proposal is that the simulation and use modeling can contribute in the understanding of the physical phenomena that govern the phenomenon of oil well production and once obtained to this the future production engineer it will have more and better tools to obtain optimal processes of production. The proposal included the modeling of the phenomenon that includes the deposit and the well, taking like referring theoretician the law of Darcy. Once modeling the phenomenon a microworld was reconstructed that facilitated the experimentation and the construction of models. The final part of the process contemplated to the use of the microworld in sessions with the students and later validation of the effects of its use comparing the performance of the students who participate in the experiment with those who follow the subject in a traditional way. Upon completion of the research work it can be concluded that by working with simulation models must not fall into the trap of the model, ie, that one must be aware that working with a representation of reality and it is concluded that this is restricted to the perspective of Designing; besides that, when part of the simulation manual, a process modeling, it appears that the best results are obtained when you are in the process of learning the system dynamics, constituting a point starting for future research on the learning process modeling.

* Research work

** Faculty Physical and Mechanical Engineering, Postgraduate program: Master in Informatics. Director: Fernando Calvete MSc. Asistant Profesor.

**PARTE UNO. LA PERTINENCIA DEL MODELADO Y SIMULACIÓN
COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LA
PRODUCCIÓN DE POZOS PETROLEROS**

1. MODELADO Y SIMULACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA APOYAR PROCESOS DE APRENDIZAJE.

Este trabajo de investigación tiene sus orígenes en el año de 1994, cuando en una clase de econometría hacían eco en la cabeza del autor los supuestos que se debía cumplir para que un modelo econométrico se pudiera considerar como confiable al ser usado para predecir el comportamiento del sistema económico modelado. La razón por la cual estos supuestos llamaban a la reflexión están directamente relacionados con los conocimientos previos que se tenía sobre otra forma de hacer modelos, específicamente, el modelado dinámico–sistémico. Esta situación favoreció que la percepción que se tuvo de esa nueva forma de modelado fuera recibida con una lente crítica y es en ese contexto en que comienzan a tomar cuerpo una serie de preguntas las cuales llevan inicialmente a la realización de un trabajo de grado¹ en ingeniería de sistemas, en el cual se planteaba la construcción de un micromundo para el estudio del ciclo económico de Adam Smith² utilizando la dinámica de sistemas. Posteriormente se propone la realización de un trabajo de grado³ en economía cuyo objetivo principal buscaba explicitar algunas diferencias y coincidencias del modelado econométrico y el modelado dinámico sistémico.

De la realización de estos trabajos, en los cuáles había una preocupación por el modelado específicamente en economía, quedaba una pregunta sin respuesta y era si efectivamente el uso de modelos como apoyo a los procesos de aprendizaje tendría un efecto medible y por lo tanto demostrable, es decir, que pudiera darse cuenta del aporte de modelos dinámicos simulables por computador, como apoyo al proceso de aprendizaje.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE INTERÉS: LA ESCUELA TRADICIONAL Y EL MODELO DE ENSEÑANZA EN INGENIERÍA

Cómo se dijo antes, de la experiencia propia del autor referente a su proceso de formación en la universidad quedaron algunas reflexiones de las cuáles partió esta propuesta de investigación y que están directamente relacionados con el uso de modelos matemáticos para dar explicaciones acerca del comportamiento de la realidad. Esta situación se encuentra profundamente

1 LIZCANO, Adriana y PINEDA, Eliécer, MicrAS: Micromundo para el estudio del ciclo de crecimiento económico de Adam Smith, un enfoque sistémico. Tesis de Grado en Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2000.

2 Adam Smith fue el principal economista de la escuela clásica que junto a David Ricardo y Roberth Malthus ponen los cimientos del liberalismo económico del cual aún persisten algunos de sus postulados en lo que se ha dado en llamar neoliberalismo.

3 PINEDA Eliécer, Un Reconocer A Nivel Práctico De Las Diferencias Y Coincidencias De Los Enfoques De Modelado Conductista Y Estructural En La Economía. Tesis de Grado en Economía, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2005.

arraigada en la mayoría de las asignaturas propias del currículo que deben seguir en su proceso de formación tanto los ingenieros como los economistas, es decir, que abarca un amplio espectro del conocimiento que va desde las ciencias sociales hasta las ciencias exactas.

En economía los modelos matemáticos son utilizados para dar cuenta de los fenómenos micro y macroeconómicos, pero con un inconveniente significativo y es que en la mayoría de los casos son importados, es decir, se inspiran en realidades un tanto diferentes a aquellas en que se aplican y por lo tanto rara vez se corresponden con la realidad particular que pretenden explicar. Al respecto Joseph Stiglitz en su libro "El Malestar En La Globalización", sugiere que "lamentablemente, con demasiada frecuencia la formación de los macroeconomistas no los prepara para los problemas con los que habrán de lidiar en los países subdesarrollados⁴."

Volviendo al caso de la formación de los ingenieros, específicamente en lo que se denomina "el ciclo básico", la gran mayoría de las asignaturas corresponden a exposiciones teóricas de modelos matemáticos que por lo general son realizadas por parte del docente. Posteriormente el estudiante se limita a memorizarlos y manipularlos para hallar solución a problemas planteados por el docente; pero luego de este proceso quedan dudas y es si efectivamente el estudiante estaría en capacidad de dar cuenta del fenómeno estudiado.

La hipótesis del trabajo sugiere que los estudiantes cuando hacen uso de los modelos dinámicos, mediante la simulación, ganan en la comprensión del fenómeno. Debe entenderse que la utilización de modelos como estrategia de aprendizaje no implica necesariamente la construcción de los mismos, cosa que sería deseable, sino que se refiere a una capacidad de interpretar los modelos usando para ello los lenguajes en que fueron contruidos⁵, dentro de los cuales el más común es el lenguaje de las matemáticas.

Algunos autores del área de la dinámica de sistemas plantean ciertas ideas que permiten apoyar la hipótesis planteada; entre ellos los profesores Michael J. Radzicki y Barbara Karanian⁶ quienes proponen algunas razones por las cuales los estudiantes de ingeniería deberían estudiar dinámica de sistemas

Porque (Traducción Libre):

- Pueden ver la naturaleza genérica de los flujos y niveles y las estructuras de realimentación.

4 STIGLITZ, Joseph. (2002). El malestar en la globalización, p.61.

5 Para una mayor información al respecto se invita al lector para que revise el capítulo 3 del libro "Pensamiento Sistémico: Diversidad En Búsqueda De Unidad" del profesor Hugo Andrade y otros, editado por la Universidad Industrial de Santander.

6 RADZICKI M. et al, Why Every Engineering Student Should Study System Dynamics, en 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2002 IEEE November 6 - 9, 2002, Boston, MA.

- Les provee de una herramienta interdisciplinaria que puede ser utilizada para resolver sistemas dinámicos que fueron vistos por ellos como estáticos, en el colegio.
- Desarrollan habilidades para resolver e integrar problemas multidisciplinarios.
- Aprenden vía procesos experimentales desarrollando competencias esenciales.
- Aprenden mediante procesos de aprendizaje centrado en el aprendiz.
- Les provee de una herramienta para estudiar la interacción entre tecnología y sociedad.

Considerando lo anterior se formuló el problema en términos de una pregunta a la que en los capítulos siguientes se propone una respuesta. La pregunta planteada fue: ¿Es posible mejorar la curva de aprendizaje de un grupo de estudiantes usando un micromundo con simulación dinámica?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1.GENERAL

- Analizar los efectos del uso de simulaciones sobre el aprendizaje de temáticas de producción de pozos petroleros, que posibiliten la inserción de la informática en los procesos de aprendizaje, usando para ello ambientes informáticos.

1.2.2. ESPECÍFICOS

- Elaborar una revisión del estado actual de la modelación dinámica como apoyo a los procesos de aprendizaje.
- Replicar, mediante la simulación dinámica, modelos de los procesos de producción que conformen una unidad del curso de Métodos de Producción 1, de la Escuela de Petróleos.
- Montar los modelos construidos en un micromundo que posibilite su uso por parte de los estudiantes.
- Programar sesiones de trabajo con el grupo de estudiantes seleccionados y elaborar comparaciones del desempeño académico con un grupo de control y trabajos previos.
- Diseñar y aplicar instrumentos de recolección y análisis de información en cada sesión de trabajo.

1.3 EL CONTEXTO DE DESARROLLO DEL TRABAJO: LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE POZOS PETROLEROS

En el ámbito de la ingeniería de petróleos, es el ingeniero de producción el que debe desarrollar una serie de competencias que le permitan hacer producir de manera óptima los pozos de aceite y para ello es preciso que comprenda claramente los principios que rigen tanto el movimiento del aceite, como el del gas y el agua, desde la formación hasta el cabezal del pozo. Si se lograra garantizar que el futuro ingeniero alcanza el dominio sobre tales fundamentos, podrá en consecuencia aplicar correctamente las técnicas de ingeniería disponibles y por tanto decidir cuáles han de ser las especificaciones precisas del equipo de producción que deben ser implementadas en cualquier pozo.

Según el profesor Nind⁷ los referentes teóricos que dan cuenta de los fenómenos físicos asociados a la producción de pozos petroleros se encuentran dispersos en múltiples publicaciones y cada una de ellas trata una fase particular del comportamiento del pozo, entre ellos, los índices de productividad, las pérdidas de presión en un flujo vertical bifásico, el comportamiento de la relación gas-aceite o los problemas de bombeo de los pozos profundos.

Continuando con Nind, la ingeniería de producción deberá tener como principal propósito la aplicación de los principios físicos asociados a las técnicas de producción de los pozos petroleros e indicar cómo se deben usar para decidir la mejor forma de hacer producir un pozo en particular, o lo que es igual, optimizar ganancias. En consecuencia se puede intuir que el ingeniero de producción ha de ser competente en el uso de todo el arsenal teórico, pero es absolutamente necesario que sea consciente de lo que está haciendo. Uno de los presupuestos de esta investigación era que la modelación y la simulación contribuyen de una manera significativa para lograr este propósito; en los próximos capítulos se retomará y se desarrollará esta idea a la luz de los resultados.

De lo anterior se puede afirmar que un pozo productor de aceite o petróleo es solo una parte de un sistema complejo el cual comprende el yacimiento, los pozos mismos y las instalaciones superficiales. Esta situación hace caer en cuenta de que la ingeniería de producción no debería ser vista como un proceso aislado si no que por el contrario debe ser concebida como un elemento constituyente de un sistema mayor y por tanto es en este contexto donde el pensamiento sistémico aparece como pertinente para que guíe los procesos de aprendizaje.

⁷ NIND, T.E.W. Fundamentos de producción y mantenimiento de pozos petroleros, México, 1987.

Nind también propone que el ingeniero de producción habrá de ser un experto en la ingeniería de yacimientos y deberá conocer totalmente los avances en tratamiento de los pozos petroleros y la tecnología del equipo superficial; por tanto es preciso que domine conceptualmente los principios físicos indispensables para el diseño y operación de pozos petroleros. Se esperaría que si el ingeniero de producción domina tales principios, estos le serán de ayuda para adaptarse a las restricciones y oportunidades ofrecidas por las condiciones de los yacimientos, la disponibilidad y avances del equipo y todos los factores inherentes a las operaciones de la empresa.

La producción de pozos petroleros sigue especialmente cuatro formas: pozos fluyentes, el bombeo neumático continuo e intermitente, el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico. Cada uno de estos métodos tiene sus propias variantes y existen combinaciones entre dichas formas. Esta característica hace que se deba tratar con un alto grado de complejidad, la cual crece de manera exponencial con respecto del número de elementos involucrados en el sistema. Otro de los supuestos con que se abordó esta investigación es que una forma en que se puede entender la complejidad es modelándola, de tal suerte que resulte en un aprendizaje significativo acerca de lo modelado.

Una vez que se aprende los principios físicos que dan cuenta de la dinámica propia de los pozos petroleros, el ingeniero de producción obtendrá curvas de comportamiento y también podrá realizar análisis de ingeniería de yacimientos; estas habilidades le permite estimar las presiones individuales de los pozos facilitando así la comprensión del comportamiento del yacimiento como un conjunto. Esta situación le permite también hacer predicciones del campo, siempre que se desee analizar las características de producción futura de los pozos y planear cambios en las técnicas y equipos de producción, para ajustar el ritmo futuro de explotación del yacimiento considerándolo como una totalidad.

De lo anterior se supuso que tanto el modelado como la simulación podían ayudar en esos propósitos, en la medida en que el modelado facilita ganar comprensión sobre los fenómenos y la simulación, mediante la experimentación por computador, permite tener ahora posibles comportamientos futuros. Debe advertirse que las curvas obtenidas de los modelos matemáticos son simples herramientas de cálculo que posibilitan el hacer extrapolaciones del comportamiento futuro y si el ingeniero carece del manejo conceptual de los principios físicos, como se ha insistido varias veces, difícilmente podrá tomar decisiones acertadas teniendo como referencia los resultados de la simulación.

Finalmente ha de indicarse que los modelos suelen hacer lo que de ellos se espera, por lo tanto deben ser usados con esa salvedad y evitar caer, en lo que el profesor Hernán López Garay, llama "la trampa del modelo".

1.4 MÉTODO DE TRABAJO: UN ACERCAMIENTO PRELIMINAR A LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN.

La forma en que se realizó este trabajo de investigación contempló 6 fases realizadas en forma secuencial. Cabe indicar que a pesar de no ser expuesta de manera explícita, la metodología utilizada, se puede evidenciar en las fases consideradas como un todo, rastros de la investigación acción. Para dar cuenta de tales rastros es preciso enunciar las fases que inicialmente fueron propuestas para la realización de esta investigación, planteadas en forma secuencial. Seguidamente se mostrará como fue efectivamente realizado el trabajo y es en esta parte en que se hará evidente un acercamiento a la investigación acción, entendida esta como la representación de un proceso por medio del cual los sujetos investigados son auténticos co-investigadores, participando muy activamente en el proceso de investigación en donde el investigador actúa esencialmente como un facilitador del proceso.

1.4.1. METODOLOGÍA INICIALMENTE PROPUESTA.

Fase 1: Exploración inicial. En esta fase se escogerán los modelos a ser replicados y se levantará un estado del arte de las aplicaciones de los modelos dinámicos como apoyo a los procesos de aprendizaje.

Fase 2: Reconstrucción de un micromundo. En esta fase se reconstruirá un micromundo con los modelos de los fenómenos asociados a la producción de pozos petroleros. El micromundo debe permitir experimentar con los modelos a partir de la definición de diferentes escenarios de simulación y también debe facilitar la lectura de los modelos y permitir abrir un software de simulación dinámica para estudiantes que deseen construir modelos o versiones de los modelos del micromundo.

Fase 3: Experimentación con el micromundo. Se definirá de común acuerdo con el docente de la asignatura "Métodos de Producción" la estrategia que se usará para incluir el uso del micromundo durante un mes en la asignatura, y a la vez se tomará la decisión que concierne directamente con la realización de la prueba y la aplicación de instrumentos de medición. Inicialmente se propone trabajar con un grupo de estudiantes del curso seleccionados al azar.

Fase 4: Recolección y análisis de datos. En esta fase se recogerán los resultados de las pruebas aplicadas a ambos grupos para poder realizar la comparación, de tal forma que se permita afirmar si es significativo o no el uso de los modelos en simulación dinámica como facilitadores de los procesos de aprendizaje, específicamente en lo que tiene que ver con la producción de pozos petroleros.

Fase 5: Recolección de información como punto de partida para una propuesta de diseño de sesiones con micromundos. A la luz de los resultados establecer unas recomendaciones y observaciones de lo que se debería considerar al momento de iniciar el trabajo con micromundos como apoyo a los procesos de aprendizaje.

Fase 6: Socialización de resultados. Esta fase permitirá la construcción del informe de la investigación y la elaboración de una ponencia en un evento internacional y un artículo que muestre los resultados de la investigación en una revista sobre educación o software educativo.

1.5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación surgió como una posibilidad de trabajo interdisciplinario junto con estudiantes y docentes de la Escuela de Petróleos, en el contexto de una asignatura en la que habitualmente se aprende a manipular modelos (ecuaciones diferenciales) que dan cuenta del fenómeno de producción de pozos petroleros.

Una vez hecha la propuesta y sustentada se inició el proceso de puesta en marcha del plan y en este proceso se realizó una serie de actividades entre ellas una revisión preliminar del tema de producción de pozos petroleros de la mano del texto del profesor Nind.

Luego de la revisión preliminar y de común acuerdo con el director se decidió que era una buena opción asistir a las clases de métodos de producción para imbuirse en el contexto en que se iba a desarrollar la investigación. La primera cosa que se pudo observar es que efectivamente la manera en que se desarrolla el curso parte de la definición de lo que es la ingeniería de producción y el lugar que esta ocupa en todo el proceso asociado a la obtención del petróleo de los pozos. En esa primera clase quedaba claro que el ingeniero de producción debía “maximizar la producción de hidrocarburos y la inyección de agua con un costo mínimo”, es decir, que el estudiante se iba a enfrentar a problemas de optimización.

En este caso específico todo coincidía con la hipótesis que indicaba que probablemente el uso de modelos de simulación permitiría, a partir de la identificación de diferentes escenarios, ganar en conocimiento del fenómeno físico asociado a la producción de petróleo y en consecuencia el ingeniero estaría en posibilidad de obtener el máximo de producción de los pozos.

Luego de varias clases en las que se iba desarrollando el contenido de la asignatura se llegó el momento de aclarar a los estudiantes acerca de la

presencia del personaje que estaba asistiendo al curso. Tras una breve presentación hecha por parte del docente sobre la investigación, se les pidió que se apuntaran en una lista aquellos que estuvieran interesados en hacer parte de la investigación. En la metodología planteada se esperaba que un subgrupo participara, pero al solicitar a los estudiantes su colaboración todos ellos manifestaron su deseo de participar; esta situación cambió de hecho la idea inicial, por lo que se optó de común acuerdo con el director proponer dos horarios para realizar la experimentación.

Durante el proceso de concreción de los horarios se cayó en cuenta de que si no se tenía un grupo con el cual comparar iba a ser muy difícil realizar una medición que diera cuenta de la influencia o no del modelado y simulación en el proceso de aprendizaje. Ante esta situación se optó por realizar dos grupos en los cuales se iba a experimentar con uno de ellos sobre la idea de usar modelos hechos en dinámica de sistemas a partir de las soluciones analíticas que se trabajan comúnmente en el curso y el segundo grupo trabajaría usando modelos que se obtenían a partir de la descripción del fenómeno.

Esto permitiría realizar unas primeras mediciones para encontrar indicios sobre si un acercamiento al fenómeno desde su modelo podría tener un mayor impacto que si se hace a partir de las soluciones de dicho modelo. Esta es una diferencia sutil pero muy importante en la medida en que lo último consiste en hacer lo mismo que antes solo que con el concurso de los computadores, en tanto que la primera opción apunta a un proceso de reconstrucción de la percepción de la realidad lo que presupone una mejor posibilidad de comprenderla. Se realizó el seminario con los estudiantes en dos grupos, pero debido a que se estaba en la última parte del semestre no acudieron en forma completa a las dos sesiones y además solo asistió la mitad del curso, por lo que optó de nuevo por comparar aquellos estudiantes que estuvieron en el seminario vs aquellos que no.

Se prepararon los test y se aplicaron uno a mitad de semestre y otro al final del mismo. Se buscó con los test medir las habilidades de los estudiantes para entender los conceptos fundamentales de la dinámica de los sistemas.

Finalmente se realizó el análisis de los resultados de los test llegando a conclusiones, las cuales no se alejaban de la hipótesis central de esta investigación expuestas al final de este informe.

1.6 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ESTE LIBRO

La estructura del libro se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura del Libro

Parte	Capítulo	Foco	Contenido
1	1	El modelado y simulación como estrategia de aprendizaje en el contexto de la producción de pozos petroleros.	Modelado y simulación como estrategia para apoyar procesos de aprendizaje. La escuela tradicional y el modelo de enseñanza en ingeniería. Los sistemas de producción de pozos petroleros. Un acercamiento preliminar a la Investigación Acción.
2	2	Estado del arte.	Alcances del inventario. Fases del proceso de documentación. Definición de universo de búsqueda: parámetros de búsqueda o descriptores. Búsqueda en Internet. Elaboración de reseñas y de documento de estado del arte.
	3	Formas de modelado.	Introducción. Modelado según el uso del modelo. Modelado para el aprendizaje. Modelado para la explicación. Modelado para la intervención. El modelado según la praxis. Modelado de réplica. Modelado de reconstrucción. Modelado de construcción.
3	4	El trabajo de investigación.	Descripción de los experimentos. Pretest. Resultados de la aplicación del pretest. Prácticas de modelado con Micropet y evolución 3.5. Postest. Resultados del postest. Comparación de los resultados del postest vs otras instituciones. Conclusión preliminar. Posibles explicaciones del resultado del postest.
	5	Recomendaciones para el uso de micromundos	Orientaciones Para Desarrollar Actividades Utilizando Micropet.
4	6	Resultados	Conclusiones.
	7	Expectativas	Recomendaciones.

**PARTE DOS. ESTADO DEL ARTE Y REESCRITURA DE UN MARCO
DE IDEAS DE REFERENCIA PARA LA PROPUESTA DE USO DE
SIMULADORES COMO APOYO AL PROCESO DE APRENDIZAJE**

2. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte se define como aquella revisión sistemática que se hace en un área del conocimiento con el propósito de reconocer la manera como se explica y las diferentes formas como se puede abordar la solución un problema. Bajo esta idea se hizo una revisión bibliográfica tratando de encontrar respuestas a preguntas como: ¿Hay experiencias que se ocupen del problema del aprendizaje de la dinámica de sistemas?, ¿Cómo se usa la dinámica de sistemas para apoyar procesos de aprendizaje?, ¿Se usa la dinámica de sistemas para aprenderla?, ¿Son los micromundos adecuados para implementar estrategias de aprendizaje?

2.1 ALCANCES DEL INVENTARIO

El estudio consistió en una investigación bibliográfica realizada inicialmente en Internet, con el fin de hallar información de instituciones y/o documentos en la web correspondiente al tema objeto de investigación. Posteriormente se hizo una clasificación y se procedió a realizar la lectura de los artículos teniendo como referencia el formato de guía que fue diseñado para tal fin, ver anexo 6.

Para el logro del objetivo se requirió la identificación, revisión y análisis de los artículos que se encontraron, teniendo en cuenta que hubiesen sido publicados en fecha posterior al 2000 incluido y considerando para su caracterización el tipo escuela pedagógica referenciada, la comunidad a la que pertenecían los autores y la forma de uso de la dinámica de sistemas.

2.2 FASES DEL PROCESO DE DOCUMENTACIÓN

- Definición de universo de búsqueda: parámetros de búsqueda o descriptores;
- Búsqueda en Internet y
- La elaboración de reseñas y del documento de Estado del Arte.

2.2.1. DEFINICIÓN DE UNIVERSO DE BÚSQUEDA: PARÁMETROS DE BÚSQUEDA O DESCRIPTORES.

Se seleccionaron los siguientes descriptores, para la búsqueda bibliográfica y en Internet: Dinámica de Sistemas, System Dynamics, Micromundos, Microworld, Simulación, Simulation, Modelado, Modelling, Modelos, Models, Aprendizaje, Learning.

La búsqueda arrojó nuevos descriptores como: Bathtub, Mental Models, building blocks, Systems Thinking, Inventory, Stock-Flow-Thinking, entre otros.

2.2.2. BÚSQUEDA EN INTERNET

Se realizó la búsqueda en la web para determinar la existencia de sitios o portales pertenecientes a Centros de Investigación, comprometidos con el tema, o publicaciones que pudieran aparecer en línea, en torno al mismo asunto. Esta tarea, además de suministrar información específica sobre investigaciones publicadas en la Red, permitió ampliar el universo de informes de trabajos que deberían ser revisados.

El término más comprensivo en la búsqueda en Internet fue la frase Dinámica de Sistemas, que arrojó la mayor cantidad de información. Los demás descriptores arrojaron información mínima, o ninguna información, en algunos casos. Esto parece que se debe a que los criterios de clasificación de la información en la Red, son similares a los utilizados por las bases de datos bibliográficas universales, que conservan cierta ortodoxia y restricción en sus claves de clasificación. Se buscó a través de varios sitios colombianos y algunos extranjeros.

Entre los buscadores colombianos consultados están: CONEXCOL: <http://www.conexcol.com/>, LA LUPA: <http://www.lalupa.com/>

Los buscadores internacionales fueron: ALTAVISTA: <http://www.altavista.com>, GOOGLE: <http://www.google.com>, LYCOS: <http://www.lycos.com>, <http://www.alltheweb.com>, <http://www.vivisimo.com>.

BASES DE DATOS: Proquest, E-libro.

Conviene señalar que en la actualidad estos buscadores están enlazados, de manera que los hallazgos realizados en los buscadores más potentes se repiten en nuevas búsquedas.

En los sitios colombianos no se encontraron artículos que cumplieran con los propósitos de la búsqueda; es posible explicar esta ausencia de publicaciones a lo pequeña que resulta ser la comunidad de dinámica de sistemas en Colombia.

2.2.3.ELABORACIÓN DE RESEÑAS Y DE DOCUMENTO DE ESTADO DEL ARTE.

2.2.3.1 RESEÑAS

Se realizaron 20 reseñas correspondientes a otros tantos documentos, distribuidas por fuente bibliográfica de la siguiente manera:

Tabla 2. Distribución de las Fuentes Bibliográficas

ORIGEN	NÚMERO	PORCENTAJE
Congresos, jornadas y encuentros	4	20%
Revistas	6	30%
Conferencias	6	30%
Universidades	4	20%

Entre los congresos, jornadas y encuentros que fueron tenidos en cuenta para revisar sus memorias están:

- Primer congreso virtual latinoamericano de educación a distancia.
- JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina.
- Memorias del 6 Congreso Iberoamericano, 4 Simposio Internacional de Informática Educativa, 7 Taller Internacional de Software Educativo.
- II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas.

Las revistas consultadas fueron:

- System Dynamic Review.

De las conferencias consultadas se tiene:

- International System Dynamics Conference

Los textos universitarios corresponden a las siguientes instituciones:

- Massachusetts Institute of Technology Cambridge.
- Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad Industrial de Santander.
- Universidad Autónoma de Bucaramanga.

2.2.3.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MODELO PEDAGÓGICO, DOMINIO DEL CONOCIMIENTO Y COMUNIDAD CIENTÍFICA

Al momento de hacer la lectura se tuvo en cuenta identificar a que escuela pedagógica se adhería en cada artículo, cuál era la comunidad científica a la que pertenecían los autores y cuál era su dominio de conocimiento encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 3. Distribución según escuelas pedagógicas

ESCUELA PEDAGÓGICA	%
▪ Aprendizaje Colaborativo.	20
▪ Constructivismo.	20
▪ No se especifica	30
▪ Aprendizaje centrado en el aprendiz.	15
▪ Perspectiva científico-cognitiva.	5
▪ Complejo	10

Tabla 4. Distribución según dominio del conocimiento

DOMINIO DE CONOCIMIENTO	%
▪ Educación a distancia.	5
▪ Modelamiento y simulación.	10
▪ Aprendizaje, modelamiento y simulación.	55
▪ Pedagogía y Dinámica de sistemas.	5
▪ Sistemología interpretativa, Pensamiento Sistémico e Ingeniería De Sistemas.	10
▪ Econometría, Dinámica de Sistemas, Dinámica Estratégica, Ingeniería de Sistemas.	5
▪ Enseñanza centrada en el aprendizaje.	5
▪ Planeación.	5

Tabla 5. Distribución según comunidad científica

COMUNIDAD CIENTÍFICA	%
▪ Educación a distancia.	5
▪ Educación en Informática y TICS en Argentina.	5
▪ Ribiecol.	5
▪ The System Dynamic Society.	85

2.2.3.3 PROPÓSITOS Y PROBLEMAS DE CADA ARTÍCULO

El primer artículo leído, "Experiencia con uso de simulaciones en la enseñanza de la física de los dispositivos electrónicos", tiene como propósito describir las bases fundamentales que orientaron el diseño de una simulación elaborada por los autores para facilitar el aprendizaje de determinados contenidos de física cuántica en el contexto de la formación básica en carreras de ingeniería. Es evidente que en este caso el problema atacado no está asociado al aprendizaje de una estrategia para el modelado, si no que intenta sentar las bases conceptuales de la forma en que la simulación puede ser utilizada como estrategia para el aprendizaje, en este caso, de la física cuántica.

La ausencia de significado del currículo para los alumnos de Física Cuántica, la evidencia los autores cuando manifiestan que existe una escasa conexión de la misma con contenidos correspondientes a unidades didácticas posteriores. Los alumnos, según los autores, la perciben como la asignatura más difícil ya que destacan el carácter abstracto, no intuitivo, de la formulación de sus ecuaciones.

En el segundo artículo, "All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist", sus autores buscaron identificar acerca de qué es lo que debería ser un pensador sistémico y además cómo llegar a enseñar la dinámica de sistemas de manera fructífera. Este es el primer intento por dar cuenta de la forma en que esta debería ser enseñada. Además concluye que si el neófito no tiene una visión sistémica será difícil que llegue a ser un buen modelador capaz de hacer buenas representaciones de la realidad.

La pregunta que motivó la escritura del artículo apuntaba a recalcar que la falta de una visión sistémica para el aprendizaje de la dinámica de sistemas, es consecuencia de seguir el enfoque reduccionista, en donde el modelador de este tipo de corriente, no va a asumir la responsabilidad de los efectos colaterales que puedan llegar a tener sus propias representaciones (quizás erróneas) de la realidad.

El tercero de los artículos, "La Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje del Alumno en la educación escolar", presenta a la dinámica de sistemas como un marco referencial para dar cohesión, significado y motivación a la educación en todos los niveles, incluso desde la educación primaria. En este caso la dinámica de sistemas es utilizada como estrategia de aprendizaje.

Este artículo advierte sobre la necesidad de develar cuáles son las piedras angulares para una educación más efectiva, y propone como marco de referencia la dinámica de sistemas, en tanto estrategia de aprendizaje.

Un cuarto artículo, "The Beginning of System Dynamics", describe mediante una relatoría la manera en que surge la dinámica de sistemas acudiendo a una narración de hechos relevantes que dan cuenta de su evolución. El texto escrito por Forrester, creador de la dinámica de sistemas, adquiere importancia en la medida en que al conocer cómo es que esta surgió, se pueden encontrar pistas acerca de cómo enseñarla. En un aparte del artículo, cuando Forrester explica a la gente de "General Electric" el por qué de la fluctuación de sus inventarios acude a la simulación, de una manera particular, pues lo hace con lápiz y papel, mostrando y explicando de esta manera la evolución de los inventarios, los empleados y las órdenes; a renglón seguido se lee esto: "That first inventory control system with pencil and paper simulation was the beginning of system dynamics", tal vez ahí esté la clave de lo que en parte se está buscando en este trabajo de grado.

Finalmente el lograr establecer los orígenes de la dinámica de sistemas, para explorar herramientas pedagógicas que ayuden a su enseñanza, fue el problema que motivó la escritura de este artículo.

Al revisar el quinto artículo, "What are we talking about? A taxonomy of computer simulations to support learning", se encontró que el problema que buscaba resolver consistía en establecer una clasificación o taxonomía sobre la terminología utilizada en el área de dinámica de sistemas en relación con su uso como herramienta de apoyo a los procesos de aprendizaje. Aclaran términos como "simulador de vuelo", "micromundo", "simulador de negocios", "simuladores de vuelo para administradores", "juego de negocios", "simulador de gerencia" y "ambientes de aprendizaje". La importancia de este artículo consiste en que hace claridad sobre los conceptos, resaltando la importancia de la dinámica de sistemas como herramienta pedagógica, más que indagar sobre cómo adquirir habilidades para desarrollar cada una de las etapas de la construcción de un modelo.

El sexto artículo "los sistemas centrados en el aprendizaje" los autores muestran una experiencia en el uso del Balance Scorecard trabajando con grupos de estudiantes y gerentes de empresas en problemas de manejo de información. Este artículo aporta una experiencia en que se aprovecha los útiles de la dinámica de sistemas para comprender el balance scorecard.

En este artículo la pregunta ¿cómo la aplicación de la dinámica de sistemas y el balance scorecard pueden llegar a contribuir en el trabajo de pequeños sindicatos al tratar problemáticas administrativas y de manejo de información? fue la que orientó su desarrollo en el sentido de dar cuenta de los sistemas centrados en el aprendizaje.

Documentar la experiencia del uso de la dinámica de sistemas como apoyo al proceso de planeación del tratamiento de las enfermedades crónicas en un condado del estado de Washington, es el objetivo del artículo 7 titulado

“Models for collaboration: how system dynamics helped a community organize coct-effective care for chronic illness”.

Además, el artículo apuntaba a mostrar como era posible usar los modelos de simulación para diseñar los procesos de administración de la atención a los enfermos crónicos de un condado de Washington, a partir del enfoque del costo beneficio.

La pregunta ¿cómo incluir la dinámica de sistemas al currículo de los primeros 12 años de educación? guía el desarrollo del octavo artículo, “System Dynamics and K-12 Teachers”, en el que se propone el uso de la dinámica de sistemas como fundamento que debería ser considerado para la configuración de los currículos del sistema educativo desde el jardín, hasta el grado 12, en los Estados Unidos. Esta es una propuesta en la que se pone la dinámica de sistemas como apoyo en el proceso de aprendizaje y no se preocupa por el problema de su aprendizaje.

Presentar una herramienta interactiva para el modelamiento y simulación como fundamento para el aprendizaje con modelos y aprendizaje por modelado, es el objetivo perseguido en el noveno artículo “Collaborative Modeling in Group Learning Environments”. Como la mayoría de los trabajos que relacionan dinámica de sistemas y el aprendizaje, en este caso también se usa como estrategia para potenciar procesos de aprendizaje. Lo anterior se refleja en la siguiente pregunta ¿qué efectos pueden llegar a tener en el proceso de aprendizaje, a partir del uso de la integración de varios lenguajes de simulación en un espacio de trabajo colaborativo?

El décimo de los artículos, “El Cambio en el Aprendizaje de la Economía, Guiado con Micromundos Construidos con Dinámica de Sistemas, Micras 1.0”, presenta el modelado con dinámica de sistemas, cómo alternativa para el aprendizaje de la economía y como posible complemento del modelado econométrico. Este artículo enfatiza en que el modelado funcional de la econometría puede ser complementado con el modelado estructural de la dinámica de sistemas para abordar el estudio de problemas en la economía. La pregunta que orientó esta tesis fue “¿cuál puede ser la influencia en el aprendizaje de la economía, si se usara los micromundos dinámico-sistémicos?”

Presentar los resultados preliminares de un estudio cognitivo de un ambiente de clase de estudiantes de maestría en dinámica de sistemas en la universidad Lund en Suecia, es el objetivo del décimo primer artículo titulado “Learning system dynamics: cognitive processes and constraints”. Este trabajo está en proceso de ejecución por lo que aún no hay resultados, pero en todo caso sus hipótesis son importantes para el desarrollo de esta investigación. La pregunta que guía esta investigación intenta dar cuenta acerca de ¿cómo puede ser mejorado el aprendizaje de la dinámica de sistemas?

El decimosegundo artículo busca mostrar la relación que existe entre alguien que tiene una gran experticia en Dinámica de Sistemas, aquellos que tienen unos pre-saberes en éste tema y aquellos que no tienen un pre-saber acerca del mismo al momento de enfrentarse a problemas simples y dinámicos. El artículo intenta responder a la pregunta ¿cuál ha de ser el desempeño de un grupo de personas al enfrentarse al mismo desafío si se tiene en cuenta el nivel de conocimientos previos en la dinámica de sistemas?

¿Cómo jalonar los procesos de aprendizaje de la dinámica de sistemas mediante el acercamiento al pensamiento dinámico en términos de flujos y niveles? es el problema abordado por el artículo "Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory", para lo que presenta un conjunto de reglas y un grupo de desafíos para que los novatos adquieran habilidades sistémicas para pensar en términos dinámicos de flujos y niveles.

Con las ideas propuestas por Sterman en el 2000, acerca del uso del "bathtub" en la higher management education institutions in Stuttgart, se presentan en el décimo cuarto artículo sus resultados. Los profesores del MIT prepararon un cuestionario para revelar habilidades de pensamiento sistémicos asociadas a retardos en el tiempo, la realimentación, los flujos y niveles, cuyos resultados se describen en el artículo décimo quinto. Este artículo relata la forma en que se comparan los resultados obtenidos en el MIT y las universidades de Stuttgart y el Instituto de Tecnología y administración de Stuttgart, sobre la propuesta de los desafíos de la tina, la cuenta bancaria, el almacén y el sistema de producción propuestos por Sterman.

Dar cohesión, significado y motivación a la educación en todos los niveles, desde la educación primaria en adelante, a través de un laboratorio de investigación con Dinámica de Sistemas son las pretenciones que tiene el décimo sexto artículo. Para ello afronta el problema descrito por la pregunta ¿cómo aprender a pensar sistémicamente?, ¿qué tipo de habilidades se requieren?, ¿qué tipo de conocimiento previo favorece la habilidad de pensar sistémicamente?, ¿cuáles conceptos sistémicos son más fácilmente aprendidos y cuáles los más difíciles?

Bajo la consideración de que los datos no son nada sin el contexto del cual provienen, en el décimo séptimo artículo se busca establecer un marco referencial y un esquema metodológico para que cualquier fenómeno en estudio se pueda expresar y que el modelador logre dar significado a lo modelado. Para ello se parte de la hipótesis en que la mente humana toma imágenes, mapas y relaciones estáticas de una manera efectiva, pero en los sistemas donde los componentes interactúan, esa mente humana es un mal simulador para percibir el los cambios del sistema a través del tiempo. De ésta manera se ha detectado que los estudiantes están repletos de hechos sin tener

un marco de referencia para convertirlos en hechos relevantes ante las complejidades de la vida.

En el artículo décimo octavo la investigación que se describe, presenta el proceso para definir un marco de referencia en donde se aparece una Dinámica de Sistemas para el reconocimiento de la perspectiva ajena asumiendo este fin como un llamado esencial del Enfoque de Sistemas. El proceso de enseñanza tanto por parte del docente como por parte del estudiante es un proceso carente de reconocimiento y esta carencia se multiplica al desempeño social de los estudiantes como ciudadanos. El estudiante no le interesa las soluciones del docente a los problemas de él, le interesan las soluciones que él le pueda construir a sus propios problemas. En este sentido esta pregunta adquiere relevancia ¿podría ser la Dinámica de Sistemas, el paradigma, el lenguaje y la metodología de modelamiento (el discurso), un motor que impulse con su racionalidad de representación un terreno común de reconocimiento de la perspectiva ajena?

Proponer un enfoque alternativo para modelar y simular estrategias empresariales con Dinámica de Sistemas, basadas en la idea de reutilización de submodelos es el objetivo que plantea el décimo noveno artículo de éste trabajo. Una de las barreras en la difusión de la Dinámica de Sistemas, tiene que ver con el aprendizaje de este lenguaje y metodología de modelado y simulación. Se propone entonces que la Dinámica de Sistemas debe demandar un cierto tipo de abstracción de la estrategia empresarial que debe ser claramente más compleja que un “mapa estratégico” de balance scorecard. Una limitación de los arquetipos es que su utilización requiere de todos modos de un proceso de aprendizaje de un comportamiento abstracto representado por cada arquetipo.

“Understanding the building blocks of dynamic systems” fue el último de los artículos leídos; en él los autores intentan mostrar por qué razón las personas tienen percepciones equivocadas acerca de la relación existente entre los flujos y los niveles. El problema que abordaron consistía en probar si la familiaridad con del tipo de problema influye en el entendimiento de dichas relaciones. Los autores concluyen que tener percepciones equivocadas es un importante y abundante problema en el razonamiento humano.

Tabla 6. Dinámica de Sistemas y Educación.

Balance Scorecard	Enseñar Dinámica de Sistemas	Enseñar con Dinámica de Sistemas	Enseñar con Simuladores	Historias de la dinámica de Sistemas	Otros
5 %	30 %	35 %	5 %	5 %	20 %

A partir de los artículos leídos se encontró que para el interés de la tesis solo el treinta por ciento (30%) aportaban ideas significativas, en tanto que el treinta y cinco (35%) de los artículos mostraban a la dinámica de sistemas como estrategia para el aprendizaje. Se debe tener en cuenta que del treinta por ciento (30%) de los artículos de interés lo son en la medida en que se preocupan por tratar de explicar el por qué de las percepciones erróneas de las personas sobre los conceptos de cambio y acumulación, que le son esenciales a la dinámica de sistemas.

El veinte por ciento (20%) muestran el uso de la dinámica de sistemas en otros intereses diferentes a la educación; solo un cinco por ciento (5%) se encarga de describir la posibilidad de trabajo en llave con el Balance Scorecard y el restante cinco por ciento (5%) da cuenta del devenir histórico de la dinámica de sistemas. Este último cinco por ciento (5%) aporta una idea importante en la búsqueda de estrategias para aprender dinámica de sistemas, en tanto relata el hecho, que según Forrester, fue la primera simulación con dinámica de sistemas, es decir, la simulación hecha con lápiz y papel. ¿No será que simular a mano, antes de acercarse a los software, permite una mejor comprensión de los fenómenos de acumulación y cambio? Esta pregunta puede dar las primeras luces acerca del problema del aprendizaje de la dinámica de sistemas y seguramente puede ser la pregunta de investigación de una posterior investigación que avance en este sentido.

3. EL MODELADO COMO POSIBILIDAD DE REPRESENTACIÓN Y ALGUNAS DE SUS EXPRESIONES

Si bien es cierto que el interés de esta investigación se centra sobre la forma en que los estudiantes finalmente logran un aprendizaje significativo del proceso de producción de pozos petroleros, también es cierto que tras de ese propósito está escondida la noción de modelado de la cual parte la hipótesis que permite proponer que a partir de la recreación del fenómeno en cuestión, se gana en su comprensión. Se debe declarar que el siguiente material expuesto ya ha sido tratado en una tesis⁸ precedente, que le permitió al autor optar el título de economista.

3.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se presentará un marco conceptual del modelado en términos generales, que permitirá explicitar las formas más habituales para la construcción de modelos.

3.2 MODELADO SEGÚN EL USO DEL MODELO.

Esta clasificación* del modelado esta orientada según sea el resultado esperado a partir del uso que el modelador haga del modelo. Luego de construido el modelo, se puede hablar de varios tipos de modelado. Si el principal interés radica en el entendimiento del fenómeno para quien realiza el modelado, se puede hablar entonces de un modelado para el aprendizaje; pero si el modelado se realiza con la pretensión de que el modelo resultante sirva para dar cuenta a otros del fenómeno, entonces se estaría hablando de un modelado para la explicación; y en tercera instancia si no solo se desea aprender o explicar, sino que la intención central consiste en tener un referente (en el modelo) sobre el fenómeno para posteriormente realizar en él una acción con propósito, se estaría hablando de un modelado para la intervención.

⁸ Un reconocer a nivel práctico de las diferencias y coincidencias de los enfoques de modelado conductista y estructural en la economía. Tesis de economía, 2005, UIS tesis dirigida por Héctor Méndez y codirigida por Hugo Andrade.

* Esta clasificación resulta de un proceso reflexivo en torno a la praxis de modelado realizado en el grupo Simon de investigaciones de la UIS.

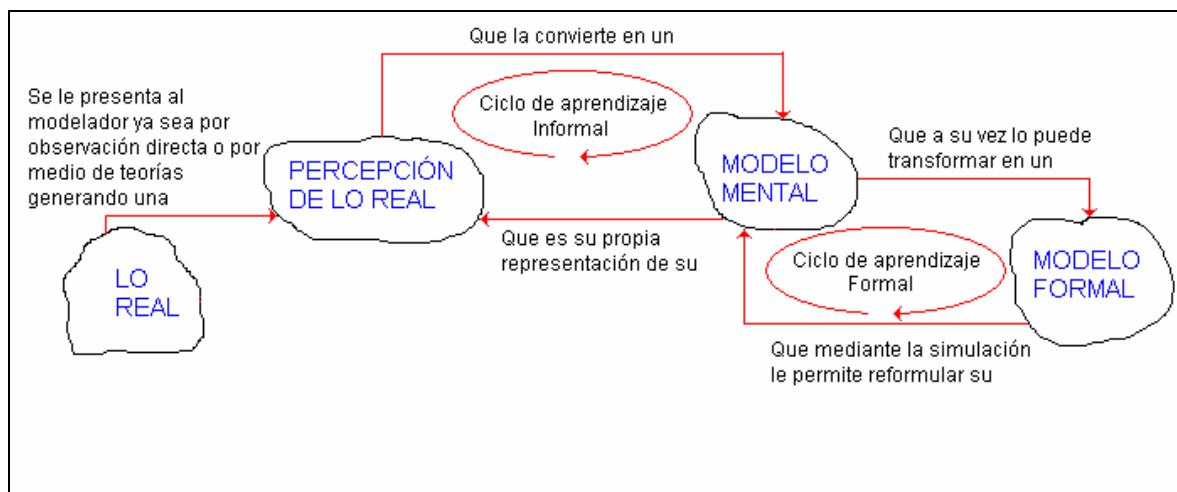
En los párrafos siguientes se hará una descripción detallada de cada una de las formas de modelado antes mencionadas.

3.2.1. MODELADO PARA EL APRENDIZAJE.

Según el diccionario de Norma, aprender es “adquirir el conocimiento de algo y recordarlo. Educarse, instruirse”. Considerando la anterior definición y teniendo en cuenta lo que implica el proceso de modelado en el modelador, es posible considerar que este llega a adquirir conocimiento sobre lo modelado; de no ser así, no sería posible la realización del modelo, puesto que dicho modelo viene siendo la representación del fenómeno como tal.

En la figura 1 se ilustra la manera en la que en el proceso de modelado se puede llegar a promover el aprendizaje en el modelador. También se puede apreciar que el punto de partida viene siendo la observación de lo real. Aquí lo real se asume reconociendo la existencia de un “universo” que está ahí y es por ello que se puede hablar de lo real como algo único y a partir de ello cada quien tiene su propia percepción. Dicha percepción presupone entonces que no se tiene una “anteojera” especial que le permita a cada observador percibir lo real de la misma manera y el hecho de llegar a reconocer dicha situación sienta las bases para que se pueda dar el reconocimiento de las diferentes perspectivas y en consecuencia aparece el reconocimiento de la perspectiva ajena.

Figura 1. modelado para el aprendizaje.



Fuente, el autor.

Se debe considerar también que la percepción que tiene el modelador de lo real, es decir la realidad por él percibida, es posible que la adquiera ya sea por su propia capacidad de observación, o haciendo uso de la capacidad de otros, es decir, usando las teorías que también son una interpretación consensuada y ampliamente aceptada de lo que aquí se ha dado en llamar como lo real. Luego que se ha percibido lo real esta percepción se aloja en la mente del modelador en la forma de un modelo mental, que según Peter Senge “son supuestos hondamente arraigados, generalizaciones e imágenes que influyen sobre nuestro modo de comprender el mundo y actuar⁹”. Tales modelos mentales se convierten entonces en las representaciones que cada modelador tiene de su percepción de lo real.

Según se aprecia en la anterior figura se cierra un primer ciclo de aprendizaje al cual cabe señalársele como aprendizaje informal, pues no hay más evidencia de dicho aprendizaje que en la mente del modelador.

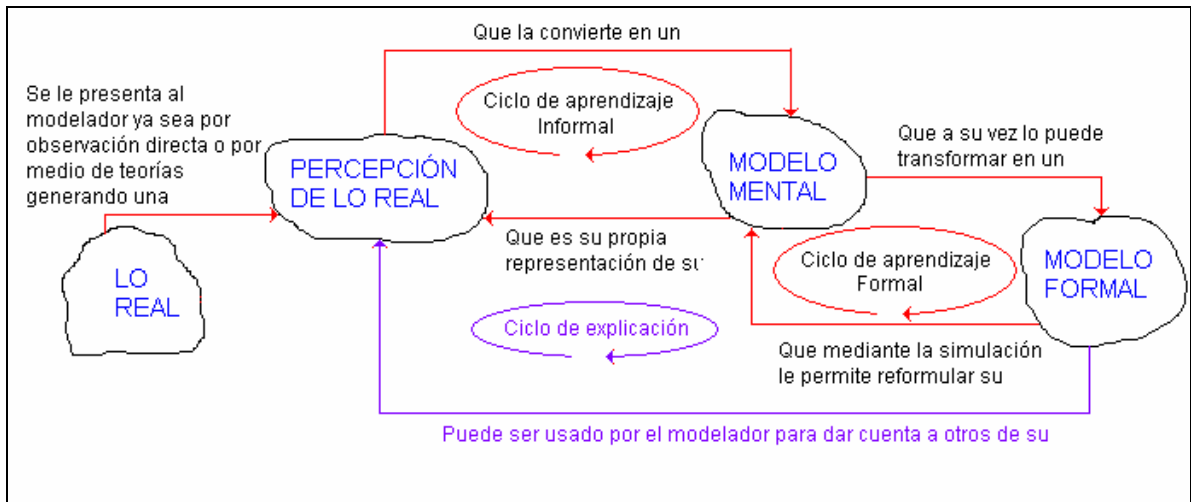
Posteriormente el modelador puede explicitar su modelo mental mediante alguna forma de modelado (econometría, dinámica de sistemas, etc) de tal forma que se tiene un “copia” formalizada, mediante el lenguaje de modelado usado, del modelo mental. El modelo formal tiene la ventaja que puede ser fácilmente comprendido por otros observadores sin la indispensable presencia del modelador, sino que estos solo requieren del conocimiento del lenguaje de modelado, con el cual fue construido. Ya con el modelo formalizado, preferiblemente de manera matemática, se puede recurrir a la simulación por computador para generar posibles estados del sistema que contrastados con la percepción de lo real, le puede generar cambios en los modelos mentales del modelador y es aquí en donde surge un segundo ciclo de aprendizaje denominado aprendizaje formal. De esta manera, si el modelado solo se realizara hasta este punto, se tendría entonces un modelado para el aprendizaje. Dicho modelado puede llegar a ser pertinente en la medida en que se pueda adoptar como estrategia pedagógica en los procesos de aprendizaje formalmente establecidos.

3.2.2. MODELADO PARA LA EXPLICACIÓN.

Si el proceso de modelado no se detiene en el punto antes señalado y por el contrario es usado por parte del modelador para dar cuenta del fenómeno modelado, a otros observadores, se estaría en frente de un modelado para la explicación. Ver la figura 2.

⁹ SENGE, Peter, La quinta disciplina. Barcelona: Granica, 1999, p. 17.

Figura 2. modelado para la explicación.



Fuente, el autor.

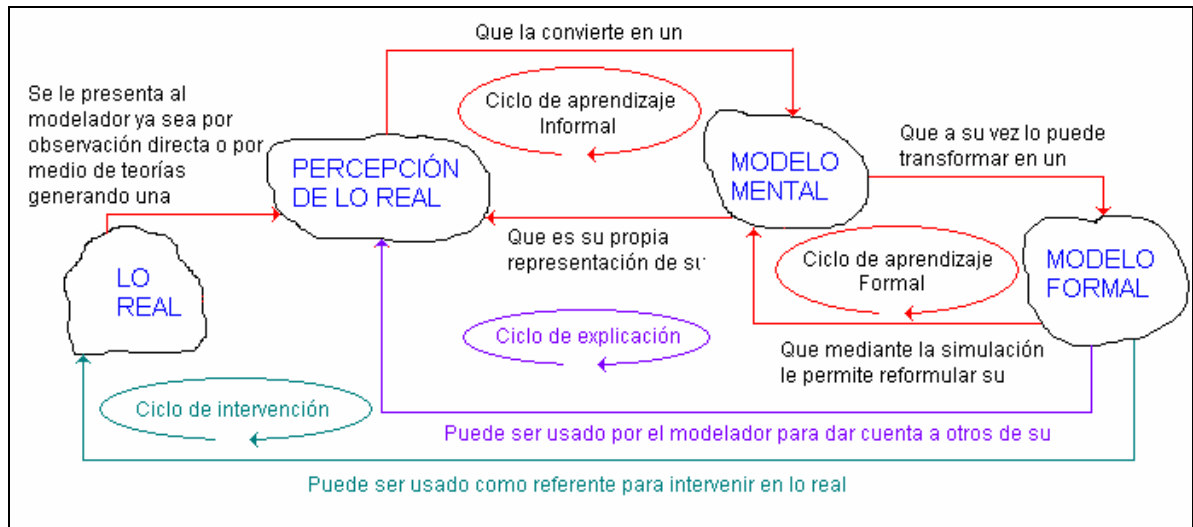
El modelado para la explicación contiene dentro de sí el modelado para el aprendizaje y considera además las relaciones establecidas en la figura señaladas con el color morado; dicha relación así indicada muestra que el modelo formal, pertinente según el criterio del modelador para el caso que le ocupa, puede en consecuencia ser usado para dar cuenta del fenómeno cerrándose nuevamente otro ciclo señalado como el ciclo de la explicación. En este caso el modelado para la explicación sería pertinente a aquellos que cumplen con la noble tarea de la docencia en un primer instante en el proceso de enseñanza, posteriormente los alumnos podrían usarlo para realizar sus propias explicaciones de sus modelos mentales, convirtiéndose así el modelado en una buena estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.2.3. MODELADO PARA LA INTERVENCIÓN.

Si además de aprender y poder ofrecer explicaciones sobre lo modelado, la intención del modelador es intervenir en lo modelado, es decir, lo real para llevarlo a un estado deseado; se estaría frente al modelado para la intervención. Dicho modelado además de incluir las dos anteriores formas de modelado consideraría de parte del modelador su intervención directa sobre lo modelado, en procura de la consecución de objetivos bien o mal intencionados: Se diría aquí que se usa el modelo para apoyar el proceso de toma de decisiones, pues esta situación particular pone de manifiesto que el proceso de modelado no solo sería pertinente en los procesos de aprendizaje, sino que también lo serían en el campo de desempeño profesional del modelador. En la

figura 3 se observa cómo el modelado para la intervención incluye un nuevo ciclo al que se le ha denominado ciclo de intervención.

Figura 3. modelado para la intervención.



Fuente, el autor.

Dicho ciclo se muestra con el color verde y en el se aprecia como el modelado, considerado de esta manera, puede ser muy importante a la hora de tomar decisiones, pues mediante la simulación por computador se tendría un posible futuro, lo que haría del proceso de toma de decisiones ciertamente un tanto menos incierto.

3.3 EL MODELADO SEGÚN LA PRAXIS.

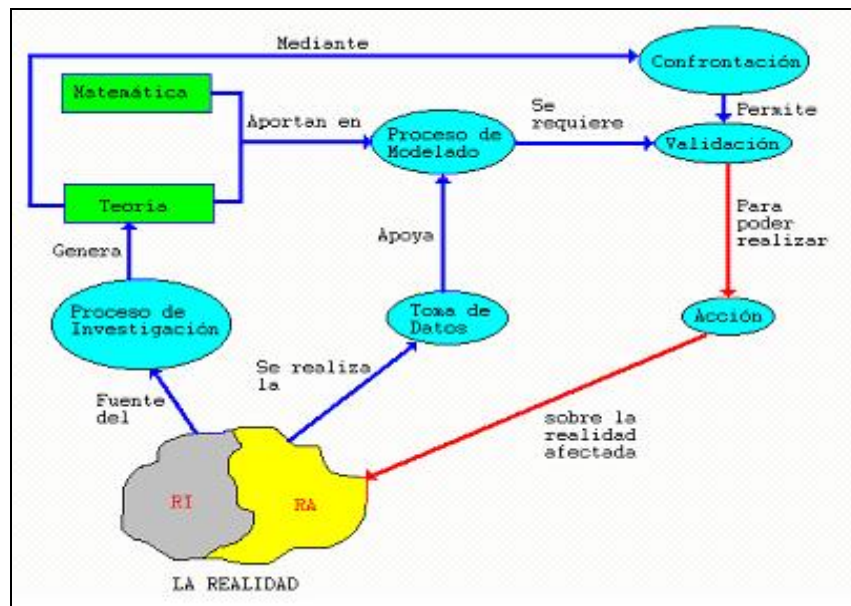
Según la experiencia previa en modelado de parte del autor, junto con la labor de maestros que han contribuido en su proceso de formación en este campo, se han identificado tres formas de hacer o construir modelos.

3.3.1. MODELADO DE RÉPLICA.

El modelado de réplica se caracteriza principalmente por ofrecer explicaciones de las perspectivas de lo real a partir de las que ofrece la teoría u otra persona distinta al modelador. Este tipo de modelado parte de la teoría que explica el fenómeno a ser representado y simplemente implementa, con los útiles de la

forma de modelado utilizada, los postulados que la teoría plantea sobre lo real. En este tipo de modelado, el modelador cumple meramente con un papel secundario, el de traductor del lenguaje de la teoría al lenguaje de la forma de modelado. Debe quedar claro que en este tipo de modelado, el modelador no cumple un rol activo en el proceso de aprehensión y comprensión del fenómeno, pues su perspectiva de lo real no interesa aquí, sino la que la teoría plantea. En este tipo de modelado lo que se persigue es que el modelo replique lo que la teoría explica y no hay mucha preocupación si dicha réplica es coincidente con la perspectiva que tiene el modelador.

Figura 4. Modelado de Réplica.



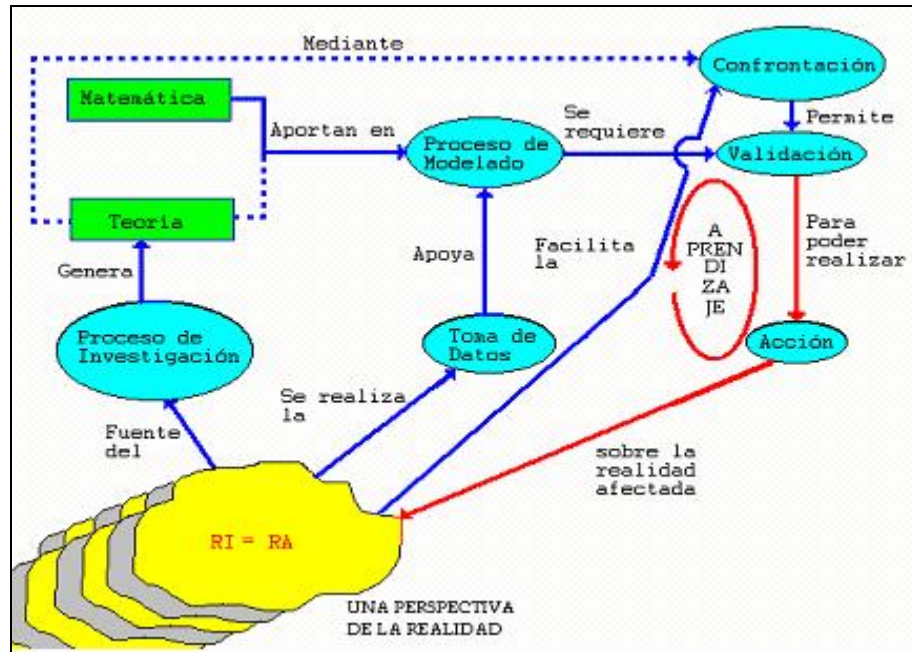
Fuente, el autor.

3.3.2. MODELADO DE RECONSTRUCCIÓN.

Otro proceso de modelado es el que se ha identificado como de reconstrucción en el cual las explicaciones que brindan los modelos siguen siendo guiadas por la teoría pero no ya como una repetición de lo expuesto por ella sino que en este caso la teoría es una guía y el modelista intenta, a partir de la observación de su propia perspectiva de lo real, reconstruir el conocimiento que representa la teoría.

a emanciparse del poder monopólico-explicativo de lo real por parte de la teoría y lo induce a atreverse a proponer explicaciones que se soportan en su propia perspectiva.

Figura 6. Modelado de Construcción.



Fuente, el autor.

Esta situación cobra especial interés pues en el caso de los países latinoamericanos, con una cultura absolutamente diferente a la de los países "desarrollados" que han dado origen a la mayoría de las teorías, si ser la excepción las económicas, dichas teorías son aplicadas por sus gobernantes a la manera de recetas medicadas por entes como el FMI, sin que haya aparentemente un proceso de reflexión, para resolver los problemas de sus países "subdesarrollados", generando naturalmente los descalabros económicos, a los que Joseph Stiglitz hace referencia en su libro, "El Malestar en la Globalización". No se espera que con el modelado de construcción se resuelvan todos los problemas, pero sería un primer paso al entendimiento de los contextos en que emergen los problemas de tal forma que estos adquieran sentido y por consiguiente se oriente la toma de decisiones pertinentes de tal forma que se conduzca a la realidad hacia donde realmente se desea que vaya.

**PARTE TRES. LA EXPERIENCIA CONSTRUYENDO Y UTILIZANDO
MODELOS.**

4. PRÁCTICAS

Este capítulo tiene como propósito hacer una descripción de los experimentos llevados a cabo con el fin de probar o no la hipótesis central que ha orientado esta propuesta de investigación. La investigación pudo ser llevada a cabo gracias al concurso de los estudiantes de la asignatura “Métodos de Producción” de la Escuela de Ingeniería de Petróleos del primer semestre de 2007.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

En esta sesión se describe una serie de actividades que en orden de ejecución fueron las siguientes: aplicación de un pretest para evaluar las habilidades dinámico-sistémicas en el grupo de estudiantes; seis sesiones de trabajo que cubren desde una aproximación al pensamiento dinámico - sistémico, pasando por el uso de micromundos y terminando en una sesión de creación colectiva de modelos de los sistemas de producción de pozos petroleros; aplicación del postest y valoración de resultados.

4.1.1. PRETEST

Se aplicó un test que fue diseñado y utilizado por Sterman y Booth¹⁰, y replicado por Kapmeier¹¹, Ossimitz¹² y Armenia y Oroni¹³; existe otro experimento diferente, pero que en principio intenta develar las mismas habilidades Cronin y González¹⁴. Los referentes antes citados fueron tenidos en cuenta para valorar los resultados del pretest.

El principal objetivo del test consiste en hacer evidentes la existencia o no de habilidades dinámico – sistémicas en los estudiantes, entendidas en este caso como la facilidad para la realización de la integración gráfica, al momento de

10 BOOTH S. Linda, STERMAN John D. Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory, *System Dynamics Review*; Winter 2000; 16, 4; ABI/INFORM Global, pg. 249

11 KAPMEIER, Florian. Findings from Four Years of Bathtub Dynamics at Higher Educational Institutions in Stuttgart, en: *Proceedings of the 22nd International System Dynamics Conference*, Albany, NY 2004

12 OSSIMITZ, Günther. Stock-Flow-Thinking and Reading stock-flow-related Graphs: An Empirical Investigation in Dynamic Thinking Abilities en: *Proceedings of the 20nd International System Dynamics Conference*, Palermo, Italy, 2002

13 ARMENIA, Stefano., ORONI, Ricardo. Bathtub Dynamics At The “Tor Vergata” University In Rome Italy, en: *Proceedings of the 22nd International System Dynamics Conference*, Albany, NY 2004

14 CRONINA, Matthew A., GONZALEZ, Cleotilde. Understanding the building blocks of dynamic systems

abordar la solución de los dos desafíos; la bañera y el balance de pagos. El test inicialmente se diseñó teniendo en cuenta que para su solución no se requiriera más allá de las matemáticas elementales, papel y lápiz y sí que evidenciara la presencia o no de habilidades para hacer distinción entre las variables de estado y las variables responsables de su cambio y además establecer claramente la relación entre ellas.

En apéndice 1 se presenta el test aplicado a los estudiantes.

4.1.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PRETEST

Para tener un punto de referencia, las soluciones al pretest se analizarán a la luz de los resultados obtenidos por Sterman y demás autores, de cuyos trabajos se tiene conocimiento.

Al momento de hacer la interpretación de los datos es preciso indicar que en esta ocasión se tuvo en cuenta la solución numérica, como sucede en los trabajos citados y las habilidades cualitativas para la representación medidas en términos de la tendencia de los niveles en función de los flujos.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos por los estudiantes y su comparación con trabajos previos.

Tabla 7. Resultados Del Desafío 1, La Bañera.

NRO	CRITERIO	Pineda	Sterman	Ossimitz	Kapmeier	Kapmeier	Armenia
		UIS	MIT	University of Klagenfurt	SIMT	Universität Stuttgart	Università Tor Vergata
		Colombia	EEUU	Austria	Alemania	Alemania	Italia
1	Cuando el flujo de entrada excede el de salida, el nivel crece.	0,58	0,87	0,42	0,77	0,83	0,84
2	Cuando el flujo de salida excede el de entrada, el nivel decrece.	0,50	0,86	0,43	0,68	0,82	0,80
3	Los máximos y los mínimos del nivel ocurren cuando el flujo neto es igual a cero (t = 4, 8, 12 y 16)	0,46	0,89	0,56	0,64	0,82	0,92
4	El nivel no muestra saltos discontinuos.	0,42	0,96	0,64	0,82	0,86	0,78
5	En cada instante de tiempo	0,46	0,84	0,38	0,59	0,79	0,82

	el flujo es continuo por tanto el nivel crece o decrece linealmente.						
6	La pendiente del nivel durante cada segmento es la tasa de cambio. (+/- 25 unid/t)	0,25	0,73	0,26	0,50	0,70	0,73
7	La cantidad añadida o removida al nivel en cada segmento será el área bajo la curva de flujo neto. En 4 periodos sube a 200 o cae a 100.	0,13	0,68	0,27	0,55	0,65	0,67
MEDIA		0,40	0,83	0,42	0,65	0,78	0,79

Tabla 8. Resultados Del Desafío 2, El Balance De Caja.

NRO	CRITERIO	Pineda	Sterman	Ossimitz	Kapmeier	Kapmeier	Armenia
		UIS	MIT	University of Klagenfurt	SIMT	Universität Stuttgart	Università Tor Vergata
		Colombia	EEUU	Austria	Alemania	Alemania	Italia
1	Cuando el flujo de entrada excede el de salida, el nivel crece.	0,25	0,48	0,25	0,27	0,52	0,57
2	Cuando el flujo de salida excede el de entrada, el nivel decrece.	0,25	0,48	0,23	0,32	0,49	0,57
3	Los máximos y los mínimos del nivel ocurren cuando el flujo neto es igual a cero (t = 2, 6, 10 y 14)	0,25	0,39	0,23	0,32	0,49	0,98
4	El nivel no muestra saltos discontinuos.	0,75	0,99	0,71	0,86	0,94	0,65
5	La pendiente del nivel en cualquier tiempo es la tasa neta por tanto. a) cuando el flujo neto es positivo y decrece el nivel crece a una tasa decreciente. $0 < t < 2$, $8 < t < 10$. b) cuando el flujo neto es negativo y decreciente, el nivel decrece a una tasa creciente $2 < t < 4$, $10 < t < 12$. c) cuando el flujo neto es negativo y creciente, el nivel decrece a una tasa decreciente $4 < t < 6$, $12 < t < 14$. d) cuando el flujo neto es positivo y creciente, el nivel crece a una tasa creciente	0,25	0,30	0,10	0,23	0,34	0,55

	6<t<8, 14<t<16.						
6	La pendiente del nivel cuando la tasa neta esta en su máximo es 50 unidades por periodo de tiempo. T = 0, 8, 16	0,38	0,52		0,23	0,25	0,41
7	La pendiente del nivel cuando la tasa neta esta en su mínimo es -50 unidades por periodo de tiempo. T = 4, 12	0,42	0,51		0,14	0,26	0,43
8	La cantidad adicionada o restada del nivel durante cada segmento de 2 periodos es el área encerrada por el flujo neto es +/- 50. Por tanto habrá picos de 150 unidades y un mínimo de 50 unidades.	0,00	0,41	0,14	0,32	0,41	0,41
MEDIA		0,32	0,51	0,28	0,34	0,46	0,57

Al revisar los datos se debe tener en cuenta el contexto en que se aplicaron los desafíos, es decir, que es un curso normal donde una persona ajena a ellos les propone hacer el ejercicio; esta situación pudo haber influido en los resultados.

Hecha la anterior aclaración se puede dar inicio a la revisión de las dos tablas anteriores que muestran la relación de desempeño de estudiantes de distintas universidades que resolvieron los desafíos de la bañera y el balance de caja. De esa información es evidente el hecho de que los estudiantes de petróleos de la UIS, que trabajaron los desafíos, se disputan el último lugar con los estudiantes de la University of Klagenfurt, de Austria; quienes en promedio tuvieron un mejor desempeño en el desafío de la bañera (0.42 vs 0.40) en tanto que los estudiantes locales respondieron de mejor forma en desafío del balance de caja (0.32 vs 0.28); lo que términos generales daría un desempeño total del 0.36 vs 0.35 a favor de la UIS.

Un detalle que sorprende, al revisar la tabla, son los excelentes resultados obtenidos por los estudiantes italianos, que incluso en promedio llegan a ser mejores que los obtenidos por los estudiantes del MIT (0.57 vs 0.51).

De la información se puede concluir también que los estudiantes UIS obtienen el mejor desempeño, luego de la continuidad de la función, en el entendimiento adecuado de la relación entre flujo positivo e incremento del nivel. Esto puede significar que en términos cualitativos hubo una buena comprensión del fenómeno, aún cuando hubo problemas en el tratamiento matemático del mismo.

Hay resultados que aparecen con una cierta incoherencia y son los concernientes a los ítems 1 y 2 en cada desafío. Para el primero el promedio fue del 54% de acierto en la solución, mientras que en el segundo fue del 25%, una caída en el desempeño de más del 100%. Una posible explicación se encuentra en el hecho de que la información relacionada con el flujo de entrada en el primer desafío tiene forma de “escalón” mientras que en el segundo tiene la forma de “sierra”. Las formas de las curvas hacen evidente un problema relacionado con la capacidad de integración numérica de los estudiantes, que previamente se había señalado.

De lo anterior se puede inferir que es posible que ejercicios de integración numérica, hechos de manera conciente, pueden resultar en un valioso aporte para el mejoramiento en las habilidades de los estudiantes para el reconocimiento del cambio y la acumulación en los fenómenos, como condiciones necesarias para formarse en el “deber-ser” del modelador.

4.1.3. PRÁCTICAS DE MODELADO CON MICROPET Y EVOLUCIÓN 3.5

Se propuso la realización de un trabajo práctico con el micromundo Micropet¹⁵ y el software Evolución 3.5¹⁶ dividido en seis sesiones de 2 horas cada una. Se trabajó dos sesiones con el micromundo en la cual los estudiantes se acercaron a la experimentación con modelos didácticos y escenarios de simulación predefinidos. Dos sesiones más fueron necesarias para un primer acercamiento a la dinámica de sistemas y las dos últimas sesiones de trabajo colaborativo fueron planteadas y ejecutadas para la construcción de modelos de fenómenos como la “ley de Darcy” y “las curvas de declinación”.

4.1.3.1 PRIMERA SESIÓN

Se programó trabajar un primer acercamiento al pensamiento sistémico como trasfondo filosófico que da sustento al modelado y que además aporta una forma de pensamiento para percibir y entender el mundo.

Seguidamente se trabajó con Micropet buscando que los estudiantes exploraran los diferentes lenguajes de la dinámica de sistemas acudiendo al concurso del modelo didáctico del CDT (inversión segura y rentable, con períodos de tiempo y tasas de interés previamente definidas).

¹⁵ Herramienta informática adaptada con modelos del área de producción de pozos petroleros. Para más información ver anexo 5.

¹⁶ Software de simulación en dinámica de sistemas desarrollado por el grupo Simon de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UIS.

Los estudiantes realizaron los recorridos pertinentes pasando por cada uno de los ambientes del micromundo, mostrando particular interés por la forma en que se presentaban los resultados mediante gráficas. A medida que se avanzó en la práctica pudieron observar como al hacer experimentos variando parámetros y niveles, se percataban que sus propios modelos mentales le hacían anticipar comportamientos errados; lo que los obligaba a hacer revisiones a la luz de los resultados y lo importante era que mediante el modelo podían dar cuenta de cual era la creencia que les había hecho equivocar. Esto pone de manifiesto el poder que tienen los micromundos para generar en las personas modificación en sus modelos mentales lo que finalmente deviene en un aprendizaje.

Figura 7. Panorámica de la primera sesión.



Fuente, el autor.

4.1.3.2 SEGUNDA SESIÓN

La segunda sesión se hizo un acercamiento a los fundamentos de la dinámica de sistemas.

La primera acción realizada consistió en describir cada uno de los lenguajes de la dinámica de sistemas, desde el lenguaje en prosa, hasta el lenguaje de los gráficos. En esta primera parte no se observó mucho interés por lo que se optó por construir un modelo e ir recordando durante el proceso cada uno de los lenguajes; de esta manera los estudiantes se ocupaban en el computador siguiendo las instrucciones.

Figura 8. Panorámica de la segunda sesión.



Fuente, el autor

Los modelos construidos fueron aquellos que constituían los desafíos que semanas antes ellos habían resuelto en clase. La solución de los mismos los hacía caer en la cuenta de los errores cometidos en aquella ocasión. El primer modelo se resolvió usando lápiz y papel, luego se utilizó una hoja electrónica. El paso del papel y el lápiz a la hoja electrónica no solo les facilitó las operaciones matemáticas sino que en este caso el estudiante era conciente acerca de qué es lo que estaba haciendo.

Posteriormente se trabajó con Evolución para resolver los mismos modelos, pero llamando la atención en lo referente a la relación de los íconos (nivel, flujo, parámetros, etc) con las nociones de cambio y acumulación. El autor de esta investigación sostiene una hipótesis y es que: si un estudiante llega por primera vez a la dinámica de sistemas usando un software como Powersim, Ithink o cualquier otro, puede perderse en ese conjunto de íconos y finalmente terminar haciendo cosas, con los útiles de la dinámica de sistemas, sin ser conciente de que fue lo que hizo. ¿Se podrá aprender así? Esta pregunta y la hipótesis anterior esperan ser resueltas en una pronta tesis doctoral.

Finalmente se recrearon modelos de la física como el movimiento uniformemente acelerado. Esto tuvo dos efectos importantes, el primero es que los estudiantes de antemano conocían el fenómeno, por un curso previo de

mecánica, esto los motivó para ver como se podía simular ese fenómeno; y lo segundo fue que lograron encontrar la relación entre la noción de derivada, la noción de cambio y la idea de flujo y también reconocieron al nivel como la integral o la relación de acumulación.

Seguidamente se propuso modelar el circuito RLC, se llegó hasta el planteamiento del diagrama de flujos y niveles quedando como tarea la simulación del mismo en casa.

De esta segunda sesión se puede concluir que efectivamente partiendo de la simulación manual, aparentemente se obtienen mejores resultados cuando de aprender a modelar se trata.

4.1.3.3 TERCERA SESIÓN

Para la tercera sesión se había programado y se pudo llevar a cabo un trabajo de modelado colaborativo que partía de los conocimientos teóricos de la ley de Darcy y las curvas de declinación.

Figura 9. La ley de Darcy

DS =

$\frac{Q}{A} = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{dp}{dL}$ [Darcy]

↳ FLUJO UNITARIO ó VISCOSO.

$\frac{Q}{A}$ → GASTO POR UNIDAD DE ÁREA TRANSVERSAL DE LA ROCA $[\frac{cm^3}{seg \times cm}]$

$-\frac{dp}{dL}$ → CADA DE PRESIÓN EN LA DIR. DEL FLUJO TOTAL. $[atm/cm]$

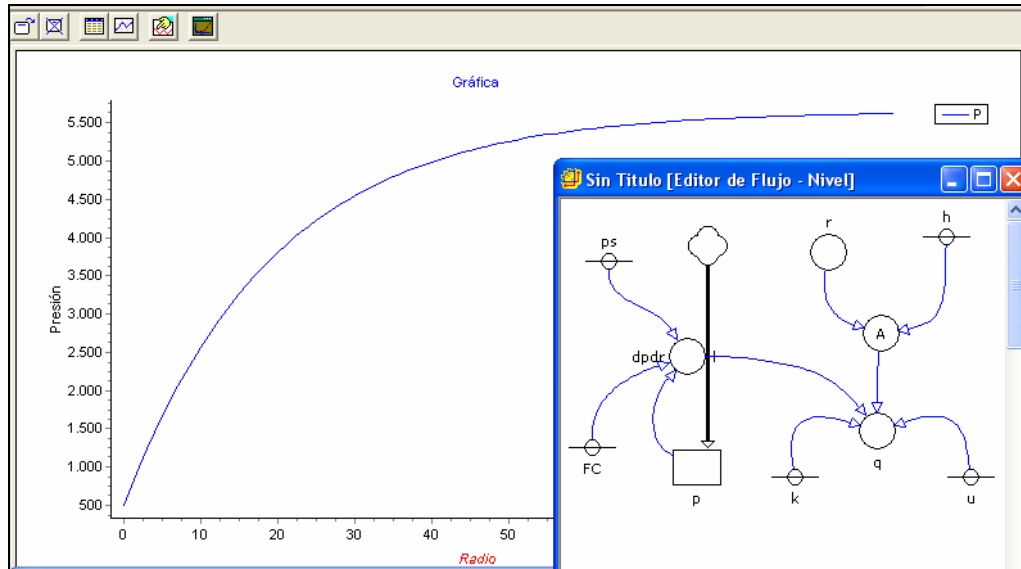
μ → VISCOSIDAD DEL FLUIDO. $[cP]$

Fuente, el director

De la práctica resultó un modelo que integraba los dos conocimientos, es decir, se logró integrar dos temas que en el curso se ven por separado. La ley de Darcy que es utilizada para dar cuenta de la disminución de presión en el yacimiento y las curvas de declinación que sirven para explicar la producción de petróleo a medida que avanza el tiempo.

Luego de plantear la ley de Darcy se construyó un primer modelo tratando de replicarla. El resultado atrajo la atención de los asistentes al seminario pues la aproximación del modelo, al menos en términos cualitativos, fue bastante similar a lo esperado por ellos.

Figura 10. Modelo de la ley de Darcy



Fuente, Evolución 3.5

Luego de ese primer acercamiento se mostró como era posible no solo crear la representación del fenómeno mediante modelado y simulación, si no que era posible replicar la solución analítica con la cual ellos habitualmente trabajan.

Figura 11. Solución analítica.

$$\Rightarrow P [PSI] = P_{wf} [PSI] + \frac{q_o [BPD] B_o \left[\frac{cP}{STB} \right] \mu [cP]}{0.007082 \cdot K \cdot h \cdot \ln \left(\frac{r}{r_w} \right)}$$

INTEL PARA $r \rightarrow \infty$ PORQUE $P \uparrow$ SI $r \uparrow$
 REAL $\rightarrow r \rightarrow r_{AC} \Rightarrow P \rightarrow P_s$

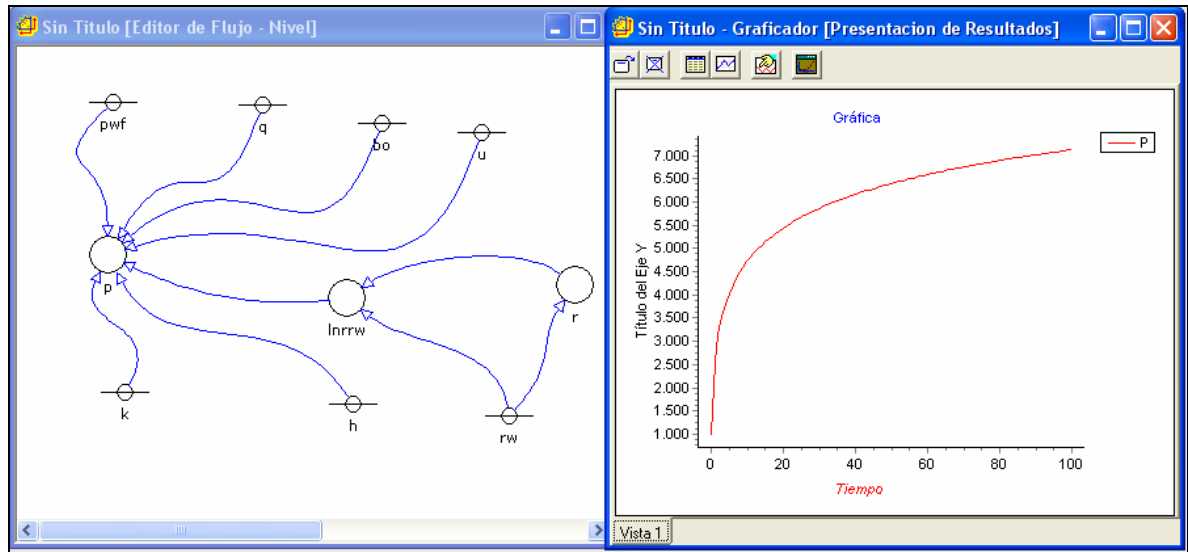
Fuente, el director

A partir de la solución de la gráfica se puede hallar la forma como cambia la presión con respecto de la distancia del *wellbore* (pozo) a las fronteras del yacimiento.

En esta ocasión se obtuvo un modelo que atrajo la atención en la medida en que, según los estudiantes, podía contribuir para resolver los ejercicios si tener que hacer tantas operaciones matemáticas; además percibían que al ser la

presión una variable dependiente, su comportamiento dependerá de como las demás variables se puedan manipular, claro está, sin perder de vista que algunas de ellas no se pueden variar en la realidad, por ser propiedades del yacimiento.

Figura 12. Modelo y simulación de la presión vs radio



Fuente, Evolución 3.5

Es evidente en este caso que se utilizan los elementos de la dinámica de sistemas, pero es absolutamente claro que eso no es modelado con dinámica de sistemas. Este caso ilustra la manera en que el modelado de réplica puede ser útil para hacer simulaciones, pero tiene el problema que solo es posible hacerlo si se cuenta con la solución analítica.

Cómo se muestra en la figura 11 existe una limitación relacionada con hecho de que los yacimientos tienen límites, cosa que no se especifica en la solución analítica y que es visible en la gráfica de la figura 12. Cuando se modela el fenómeno esta situación es posible resolverla; además debe indicarse que precisamente esa es una de las potencialidades de la simulación en comparación con la solución analítica.

Si se observa la figura 10 en ella se incluye como un elemento del sistema: la presión estática (PS), que es la que finalmente garantiza una solución mucho más cercana a la realidad.

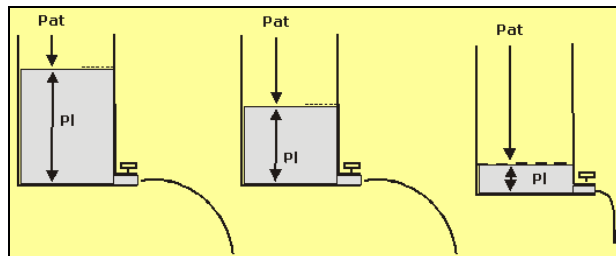
Figura 13. Panorámica de la tercera sesión.



Fuente, el autor

En el siguiente modelo construido se intentó recrear la forma en que se comporta la cantidad producida de petróleo durante un cierto tiempo y que en el ámbito de la producción de petróleos se conoce con el nombre de curva de declinación. Para su elaboración los estudiantes se apoyaron en la metáfora del tanque que se desocupa. En este caso mientras la presión que proporciona la columna de agua esté por encima de un cierto valor, el agua saldrá a una determinada tasa, luego de este valor lo hará a una tasa decreciente, ver la siguiente gráfica.

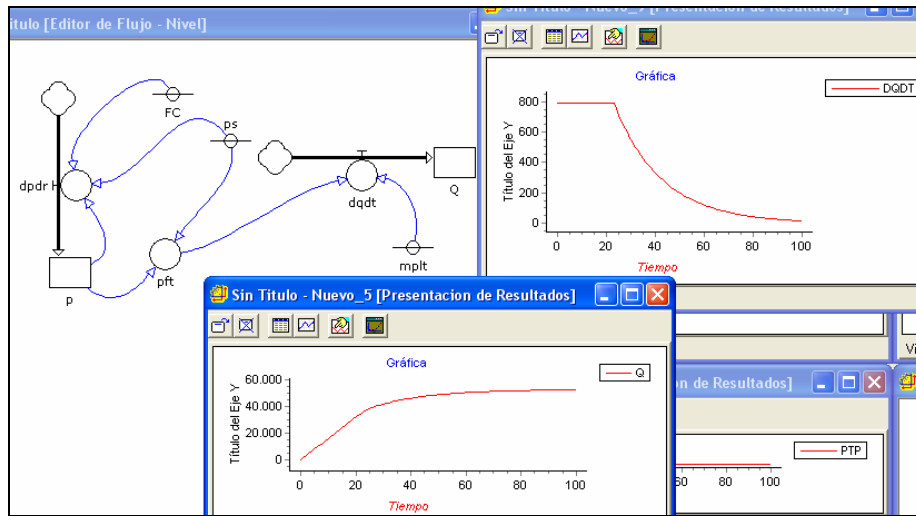
Figura 14. Vaciado de un tanque.



Fuente, <http://www.apuca.com.ar/NOTAS/uniflow.htm>autor

Luego de la discusión inicial se sugirió, por parte de los estudiantes, que el caudal, es decir, la forma en que cambia la cantidad de petróleo producida, debería ser expresado como consecuencia de la variación de la presión a través del tiempo y no en función del radio de drenaje. Para lograr esto se “volteó” la gráfica mediante un artificio matemático y se continuó el modelado según la expresión $Q = dq/dt$, que es la expresión que da origen a la solución de la curva de declinación. El resultado fue el siguiente:

Figura 15. Modelo de la curva de declinación.



Fuente, Evolución 3.5

La importancia de haber construido este modelo estuvo en que los estudiantes lograban entender que era posible dar explicaciones del fenómeno, asumiéndolo como si este fuera un sistema y no de la forma aislada en que se estudia el proceso de producción de pozos petroleros.

Figura 16. Panorámica de la tercera sesión.



Fuente, el autor

Luego de terminado el seminario queda la impresión de haber desencadenado en los estudiantes participantes la idea de que la simulación y sobre todo el modelado puede contribuir para en entendimiento de los fenómenos físicos.

4.1.3.4 RESUMEN DE ASISTENCIA SEMINARIO

Al seminario asistieron un total de 20 estudiantes que participaron asistiendo en promedio a cada sesión, 8 personas. Una causa de la no asistencia de todos los estudiantes puede explicarse en razón de que el seminario, por razones ajenas al autor, se programó en las últimas semanas de clase, con las implicaciones que eso tiene. A continuación se muestra en la tabla 9 un resumen de asistencia al seminario.

Tabla 9. Resumen de asistencia al seminario.

CANTIDAD DE ASISTIDAS DE SESIONES	1	2	3
CANTIDAD DE PARTICIPANTES	11	8	1
PORCENTAJE	55 %	40 %	5%

No es posible, a estas alturas del documento, inferir posibles efectos del seminario, consecuencia de la brevedad del mismo y de la falta de elementos de juicio que permitan llegar a conclusión alguna. En el siguiente apartado y luego de haber aplicado el postest y comparar los resultados obtenidos por quienes asistieron al seminario vs los que no y la comparación con los resultados obtenidos por otra instituciones se espera confirmar o no la conclusión previa. El test se aplicó al momento en que los estudiantes presentaron su último parcial, esto pudo haber sesgado los resultados.

4.1.4. POSTEST

El test final, ver anexo 3, buscaba medir si había una diferencia significativa entre los estudiantes que tomaron el seminario y los que no, y entre los resultados obtenidos por otras universidades.

De nuevo se acude a un ejercicio propuesto por Sterman¹⁷ y modificado por el autor para ponerlo en el contexto de la asignatura, pero sin alterar los valores numéricos para efectos de medición y comparación.

17 STERMAN, J. "All models are wrong: reflections becoming a systems scientist" Syst. Dyn. Rev. 18, 501–531, (2002), pag. 510.

4.1.5. RESULTADOS DEL POSTEST

El postest se aplicó el día 19 de septiembre, el día de terminación del semestre, al momento que estaban presentado el último parcial; presentaron el postest 37 de 40 Estudiantes que conforman el grupo.

Para realizar este análisis inicialmente se compararán los resultados obtenidos por aquellos que asistieron al seminario vs aquellos que no y se finalizará revisando los resultados a la luz de los obtenidos por estudiantes de otras instituciones.

Tabla 10. Resumen de resultados del postest.

CRITERIO	CURSO COMPLETO				CON SEMINARIO				SIN SEMINARIO			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Respuestas Acertadas	18	13	0	0	11	9	0	0	7	4	0	0
Respuestas Equivocadas	14	12	31	30	4	5	17	17	10	7	14	13
No Respuesta	1	3	2	3	1	1	1	1	0	2	1	2
No Se Puede Determinar	4	9	4	4	2	3	0	0	2	6	4	4
Participantes	37	37	37	37	18	18	18	18	19	19	19	19
% Respuestas Acertadas	0,49	0,35	0,00	0,00	0,61	0,50	0,00	0,00	0,37	0,21	0,00	0,00
% Respuestas Equivocadas	0,38	0,32	0,84	0,81	0,22	0,28	0,94	0,94	0,53	0,37	0,74	0,68
% No Respuesta	0,03	0,08	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,11	0,05	0,11
% No Se Puede Determinar	0,11	0,24	0,11	0,11	0,11	0,17	0,00	0,00	0,11	0,32	0,21	0,21

De la tabla anterior se puede apreciar que tan solo el cuarenta y nueve por ciento (49%) del grupo total logra dar respuesta correcta a la primera pregunta y el treinta y cinco por ciento (35%) a la segunda. El treinta y ocho por ciento (38%) no acierta en la respuesta de la primera pregunta pero curiosamente solo el treinta y dos por ciento (32%) responden de manera equivocada la segunda pregunta, el ochenta y cuatro por ciento (84%) y el ochenta y uno (81%) responden erróneamente la tercera y cuarta pregunta. Con respecto de las preguntas no respondidas, el tres por ciento (3%) no contestaron la primera, el ocho por ciento (8%) la segunda, el cinco por ciento (5%) la tercera y el ocho por ciento (8%) la cuarta. Finalmente la cuarta pregunta, según los estudiantes no se podía responder con la información aportada, la primera el once por ciento (11%), la segunda el veinticuatro (24%), la tercera el once por ciento (11%) y la cuarta y el once por ciento 11%. El alto puntaje en este ítem de la segunda pregunta explica porque razón hubo menos porcentaje de respuestas equivocadas.

De lo anterior queda que el cincuenta y uno (51%) de los estudiantes no fueron capaces de resolver la primera pregunta, el sesenta y cinco por ciento (65%) la segunda y el cien por ciento (100%) las preguntas tres y cuatro. Se

cree que lo anterior puede obedecer a las siguientes causas. Para una mejor comprensión de las mismas se recomienda al lector tener a la mano el postest y su solución, disponibles ambas en los anexos.

Primera pregunta: ¿Durante cuál día se produjo más petróleo?

Dos de los estudiantes parece ser que confundieron la idea de acumulación con la de variación dado que escogen como respuesta el día 13, justo cuando hay más petróleo en el tanque y no cuando se produjo más.

Un segundo estudiante parece haber escogido la respuesta equivocada (día 17) porque en ese punto se da la diferencia negativa más grande entre entrada y salida, es decir, cómo salió más de lo que entró, debía entonces haber en el tanque más petróleo.

Siete de los estudiantes escogieron como respuesta el día 21, lo que permite intuir que ellos confundieron entrada con salida ó también podría suponerse que usaron el siguiente razonamiento, “si se procesó más petróleo ha de ser porque ese día se produjo más”. También es posible pensar que los estudiantes confunden la producción del pozo con el procesamiento del crudo, ese sería un problema básicamente de comprensión de lectura.

Dos estudiantes escogieron el día 17 como el día en que se produjo más petróleo. Mediante un análisis simple se podría pensar que su respuesta se debe al hecho de que confunden acumulación con cambio y bajo este supuesto si él asume que el petróleo se produce en virtud de una capacidad limitada del tanque, es decir, que al entrar menos a este se deberá naturalmente a que está casi lleno y al estar así justo en ese día, entonces fue porque se produjo más.

De todas las respuestas erradas solo una de ellas carecía por completo de sentido.

Segunda pregunta ¿Durante cuál día se procesó más petróleo?

El día 8 fue escogido por dos estudiantes como sus respuestas correctas y se puede suponer que lo hicieron así porque “como salió menos petróleo procesado debía haber menos producido”, es decir, que confunden acumulación con cambio.

Las opciones 2, 3, 9 y 23 fueron seleccionadas cómo las respuestas adecuadas por cuatro de los estudiantes; al observar la gráfica no hay evidencia de que se hubiese utilizado algún tipo de raciocinio por lo que cabría esperar que respondieran de manera aleatoria, de ahí que carezcan completamente de sentido esas respuestas.

Porque es la diferencia negativa más grande entre entrada y salida, debió ser la razón que tuvieron tres estudiantes al escoger como respuesta al día 17, debido a ese día se dio el mayor de los flujos netos negativos y por ende fue cuando más bajó el nivel del tanque. De nuevo se reitera el problema de confundir acumulación con cambio.

Dos de los estudiantes escogieron el octavo día y solo podría explicarse si se asume que como salió menos petróleo procesado debía en consecuencia haber menos producido, es decir que también confunden acumulación con cambio.

De nuevo se percibe un problema de comprensión de lectura pues la respuesta (día 4) dada por tres estudiantes evidencia claramente que los estos confundieron entrada con salida.

Tercera pregunta ¿Durante cuál día hubo más petróleo en el tanque?

Dieciocho de los estudiantes, casi el cincuenta por ciento (50%) de la muestra, escogieron como respuesta el octavo día y podría pensarse que lo hicieron usando el siguiente raciocinio "como había menos petróleo saliendo entonces debió disminuirse en menor cantidad el nivel de petróleo ó que debido a que en ese día se tiene el mayor flujo neto positivo, se supone entonces que fue cuando más creció el nivel del tanque y en consecuencia se debe haber llenado casi por completo"

Porque había más petróleo entrando y en consecuencia ese día debería haber más petróleo en el tanque parece ser la razón que tuvo un grupo de cinco estudiantes para que escogieran el cuarto día como la respuesta acertada.

Del grupo de estudiantes dos escogieron el doceavo y el tercer día y si se analiza la gráfica del postest no hay razón alguna que dé cuenta de dichas respuestas.

Cuatro de los estudiantes parecía que estaban de acuerdo en que al entrar la menor cantidad de petróleo al tanque debía estar este casi lleno; esta es una posible razón para que hubiesen escogido el día 17 como la respuesta acertada.

Cuarta pregunta ¿Durante cuál día hubo menos petróleo en el tanque?

Porque el día 17 hubo menos petróleo entrando y además que se presentó la mayor diferencia negativa entre entrada y salida, pudo hacer pensar a los estudiantes que como el flujo neto negativo fue el mayor debió quedar casi

desocupado el tanque y esta ha debido ser esta la razón para que un grupo de 14 estudiantes escogiera esta opción.

El día 21 se procesó la mayor cantidad de petróleo, esto pudo hacer pensar a un grupo de 4 estudiantes, que si había salido la mayor cantidad de petróleo era lógico pensar que había quedado menos petróleo en el tanque ese día.

Nueve estudiantes entre ellos 3 que escogieron el día 13 y el resto que seleccionó uno de los siguientes días, 1, 3, 10, 11, 23 y 26, parece que no hicieron un esfuerzo significativo para hallar la respuesta correcta. Estos días no admiten razonamiento alguno.

Un estudiante escogió como respuesta el día 8. Es posible que pensara que por ser ese el día en que menos petróleo se procesó, debió ser consecuencia de la menor cantidad de petróleo en el tanque.

Dos de los estudiantes escogieron el día 4, muy seguramente suponiendo que si ese día había entrado al tanque la mayor cantidad, era porque había al comienzo del día la menor cantidad allí depositada.

4.1.6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL POSTEST VS OTRAS INSTITUCIONES

Para esta parte del documento se tendrán en cuenta los resultados publicados sobre experiencias realizadas con estudiantes de otras instituciones a nivel internacional. La importancia que esto pueda tener radica especialmente en que se podrá hacer una comparación de las habilidades dinámico-sistémicas de los estudiantes de la universidad, específicamente de ingeniería de petróleos, con respecto de sus pares en otras latitudes.

Inicialmente se mostrará los resultados obtenidos por todos lo grupos a ser comparados y luego se realizaran algunos comentarios al respecto.

Tabla 11. Resumen de resultados UIS.

CRITERIO	UIS - 37			
% Rtas Acertadas	0,49	0,35	0,00	0,00
% Rtas Equivocadas	0,38	0,32	0,84	0,81
% No Respuesta	0,03	0,08	0,05	0,08
% No Se Puede Determinar	0,11	0,24	0,11	0,11

Tabla 12. Resumen de resultados UIS vs otras instituciones.

CRITERIO	Universität Stuttgart 2003 - 04				Universität Stuttgart 2002-03			
% Rtas Acertadas	0,97	0,97	0,49	0,36	0,97	1,00	0,44	0,26
% Rtas Equivocadas	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Respuesta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Se Puede Determinar	0,00	0,00	0,13	0,23	0,00	0,00	0,26	0,38
CRITERIO	MIT				Carnegie Mellon University,			
% Rtas Acertadas	0,94	0,94	0,42	0,30	0,93	0,93	0,41	0,33
% Rtas Equivocadas	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Respuesta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Se Puede Determinar	0,00	0,00	0,17	0,28	ND	ND	ND	ND
CRITERIO	SMIT 2003				Sloan School of Management MIT - 173			
% Rtas Acertadas	1,00	0,95	0,42	0,26	0,96	0,94	0,44	0,31
% Rtas Equivocadas	ND	ND	ND	ND	0,01	0,01	0,01	0,01
% No Respuesta	ND	ND	ND	ND	0,00	0,01	0,01	0,02
% No Se Puede Determinar	0,00	0,00	0,21	0,21	0,00	0,00	0,17	0,25
CRITERIO	Carlisle Public Schools - 46				Worcester Polytechnic Institute - 80			
% Rtas Acertadas	0,95	0,95	0,13	0,10	0,98	0,98	0,31	0,28
% Rtas Equivocadas	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Respuesta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
% No Se Puede Determinar	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

En la medida en que no se dispone de la totalidad de los datos solo se hará referencia a los resultados de los aciertos, es decir, la primera fila para efectos de comparación.

Considerando como una totalidad todos los resultados y debido a que los valores obtenidos son muy similares se tomará el promedio aritmético de los resultados.

Para la pregunta uno, los estudiantes de las demás instituciones tuvieron un promedio del noventa y seis por ciento (96%) de respuestas acertadas, que evidentemente contrastan con el cuarenta y nueve por ciento (49%) de las respuestas acertadas del grupo UIS en total y aún del sesenta y uno por ciento (61%) que obtuvo el grupo que hizo el seminario.

La pregunta dos fue resuelta por cerca del noventa y seis por ciento (96%) de todos los estudiantes extranjeros, en tanto que solo el treinta y cinco (35%) del grupo UIS lo hizo bien y el cincuenta por ciento (50%) de quienes participaron del seminario.

El treinta y siete (37%) y el veinte ocho por ciento (28%) de las preguntas 3 y 4 respectivamente fueron correctamente resueltas en comparación con el cero por ciento (0%) de los estudiantes del curso UIS completo.

Los anteriores resultados pueden sugerir que hay una mala percepción de la razón de cambio y la acumulación en los estudiantes locales, en la medida en que sus respuestas así lo hacen pensar. Si esto es así cabría preguntarse que está sucediendo con la manera en que los estudiantes están aprendiendo el cálculo diferencial e integral, pues sería de esperarse que tuvieran claro los conceptos previamente mencionados.

Tabla 13. Resumen de promedios internacionales.

PROMEDIO			
P1	P2	P3	P4
0,96	0,96	0,37	0,28

Otro análisis busca recoger las diferencias entre el primer test y el segundo. Esta comparación debe tomarse con las debidas precauciones en la medida en que eran test diferentes aunque buscaban medir las mismas habilidades; además el grupo de estudiantes que participó fue diferente.

El primer test mostró que los estudiantes locales tuvieron un desempeño igual al treinta y seis por ciento (36%) en tanto que las instituciones extranjeras obtuvieron un desempeño del cincuenta y seis por ciento (56%). Lo anterior muestra un desempeño del cincuenta y cinco por ciento (55%) mejor de las instituciones extranjeras.

Como se mostró en los párrafos anteriores el desempeño en el postest aparentemente empeoró, siendo superado el grupo en un ciento veinte y ocho por ciento (128%), pero al compararlo con el grupo que tomó el seminario, este record baja considerablemente al setenta y dos por ciento (72.9%), lo que se presupone efecto del seminario.

4.1.7. CONCLUSIÓN PRELIMINAR

Ahora debe hacerse una comparación entre el desempeño de los estudiantes que asistieron al seminario y los que no. Los que asistieron tuvieron un desempeño del sesenta y uno por ciento (61%) y cincuenta por ciento (50%) de acierto en las preguntas 1 y 2 contra un desempeño de los que no asistieron del treinta y siete por ciento (37%) y veinte uno por ciento (21%) respectivamente. A primera vista se puede apreciar que en la primera

pregunta el rendimiento del grupo que asistió al seminario supera al que no en un sesenta y siete por ciento (67%) y en la segunda pregunta este porcentaje es del ciento veinte y ocho por ciento (128%). Si se revisa las respuestas equivocadas la relación es del veinte y dos por ciento (22%) vs un cincuenta y tres por ciento (53%) y el veinte y ocho (28%) vs treinta y siete por ciento (37%) manteniéndose una diferencia bastante significativa a favor de los asistentes al seminario.

Si bien es cierto que la muestra no es muy grande, si llama poderosamente la atención el hecho de que los estudiantes que asistieron al seminario hayan tenido un mejor desempeño comparado con los que no.

Lo anterior aporta evidencias a favor de la hipótesis que orientó esta investigación, pero naturalmente hay que hacer nuevos experimentos para poder validar los resultados obtenidos aquí.

Otra de las mediciones que se propuso hacer en el anteproyecto fue con respecto al desempeño del grupo piloto vs el grupo de control, es decir, aquellos que si y aquellos que no habían asistido al seminario, y consistía en comparar las notas finales del curso. De un análisis bastante simple y partiendo de los promedios de notas se encontró que el promedio del grupo fue de **3,67** en tanto que el subgrupo que asistió al seminario tuvo un promedio de **3,87** y el que no uno de **3,52**. Revisando las cifras el desempeño del grupo que asistió al seminario estuvo un diez por ciento (10%) por encima del que no. Estos resultados podrían sugerir que el seminario aportó en el desempeño de los estudiantes, lo que de nuevo daría elementos para pensar que la hipótesis de esta investigación apunta a ser cierta; pero de nuevo hay que decir que faltarían muchos más experimentos para poder afirmar con un mayor grado de certeza que la hipótesis propuesta es verdadera.

4.1.8. POSIBLES EXPLICACIONES DEL RESULTADO DEL POSTEST

Hay dos posibles explicaciones para que ninguno de los estudiantes pudiera responder correctamente las preguntas tres y cuatro. La primera es que hubo una evidente percepción equivocada de la noción de cambio y la noción de acumulación, al punto de llegar incluso a confundirlas.

La segunda razón es que pudo no haber el suficiente estímulo que garantizara una ejecución del cuestionario con un mejor esfuerzo pues debe tenerse en cuenta que estaban presentando un parcial, que tenía un valor del veinte y cinco por ciento (25%) de la asignatura.

Con las comparaciones previas se termina el proceso de investigación y en los siguientes capítulos se expondrán las conclusiones y recomendaciones.

5. ORIENTACIONES PARA DESARROLLAR ACTIVIDADES UTILIZANDO MICROPET.

Uno de los planteamientos que surgieron con el desarrollo de MicrAS es que la utilización de herramientas informáticas en la educación debe estar mediada por una reflexión pedagógica que defina las actividades adecuadas que potencien las características del software; esta idea se mantiene en esta investigación. Es por esto que la presente sección busca proponer algunas actividades que orienten al profesor en su labor, y le den sentido a la utilización de Micropet en el aula de clase.

Como actividad previa a la clase práctica, se sugiere la realización de una discusión acerca de los principios teóricos del modelo escogido como objeto de estudio. Esta discusión busca generar en los estudiantes algunos pre-conceptos que lo lleven a asumir una postura crítica frente a los contenidos que le muestra el Micromundo, igualmente esta discusión puede estar planteada alrededor de la lectura y discusión del documento de Descripción del fenómeno que proporciona Micropet.

Posterior a esta discusión, se puede solicitar a los estudiantes un primer esbozo de lo que serían los elementos a contemplar en el fenómeno y las relaciones entre ellos, este ejercicio pretende formalizar la concepción del estudiante y compararla con el Diagrama de Influencias que presenta Micropet.

En este primer nivel de formalización se debe hacer énfasis en la estructura de realimentación, como responsable del comportamiento del fenómeno y solicitar a los estudiantes que encuentren los ciclos de realimentación existentes en su propia representación.

Antes de pasar al Diagrama de Flujos y Niveles se puede plantear la clasificación de algunos de los elementos que se observan en el Diagrama de influencias. En este nivel es importante relacionar los elementos comunes que se encuentran presentes en los dos Diagramas, así como, su naturaleza de flujo o de nivel.

Para el posterior paso al nivel de Experimentador se propone a cada grupo de estudiantes, el planteamiento de una política para intervenir el comportamiento del modelo y la definición de los valores que tomaría el escenario. Es necesario darle sentido a la actividad de experimentación en Micropet, orientándola hacia la formulación de políticas, para evitar caer en la búsqueda de respuestas por prueba y error. Otro elemento esencial del

proceso de experimentación es la confrontación conjunta con los compañeros de grupo, de los resultados obtenidos por los estudiantes e indagar por las razones para que se presenten discrepancias entre los diferentes resultados.

La interacción en el nivel Modificando y Experimentando se debe plantear, igual que para el nivel anterior, alrededor de la generación de políticas de intervención en el modelo, aunque exigiendo algunas modificaciones en la estructura del mismo.

Las actividades que se realicen deben promover la consulta y utilización de la información adicional contenida en el Micromundo, o la presentación de nueva información para almacenar en la base de datos, e igualmente contemplar el rol del profesor como promotor de las discusiones y como creador de interrogantes, debe propiciar un ambiente de intercambio de ideas donde los estudiantes puedan expresar libremente sus inquietudes para darles solución en conjunto.

Finalmente, es de tener en cuenta que el ambiente Constructor suministra las herramientas básicas para realizar formalizaciones. La creación de un tema específico y la alimentación de la base de datos con la mayor cantidad de información posible, pueden colaborar para llevar a cabo actividades que promuevan la construcción y experimentación con modelos propios del estudiante. Es de igual importancia hacer énfasis en responder las diferentes preguntas que Micropet va asignando a los usuarios, estas preguntas además pueden servir de punto de partida para la formulación de actividades o para el inicio de una actividad de discusión grupal.

PARTE CUATRO. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los pretest y postest indican que los estudiantes a quienes se les aplicaron los test muestran percepciones equivocadas de los conceptos de razón de cambio y acumulación, propias del cálculo diferencial e integral.

Un acercamiento al pensamiento dinámico sistémico, como el realizado por los estudiantes de sistemas de producción de pozos petroleros, mejora su habilidad para la comprensión de fenómenos físicos, como lo evidencia el postest y las notas finales del curso.

El uso de micromundos, con modelos de simulación dinámica puede contribuir para mejorar la percepción de los fenómenos físicos, como la variación de la presión en un pozo petrolero y la declinación de la producción.

Las publicaciones en dinámica de sistemas que abordan el problema del aprendizaje en un gran porcentaje se preocupan por presentar la dinámica de sistemas como estrategia para el aprendizaje y rara vez hay una preocupación por cómo aprender la dinámica de sistemas.

La descripción de los procesos de aprendizaje de la dinámica de sistemas podría contribuir para mejorar las habilidades dinámico-sistémicas de los estudiantes en la medida que mejora la percepción de los niveles y los flujos.

Se aporta una nueva forma para el proceso de aprendizaje de los sistemas de producción de pozos petroleros mediante los micromundos con simulación dinámica.

La investigación solo puede ser conocida y aprendida en la medida en que el investigador se lanza en búsqueda de respuestas a preguntas que lo abordan en su diario quehacer.

Al trabajar con modelos de simulación es preciso no caer en la trampa del modelo, es decir, se debe estar consciente de que se trabaja con una representación de la realidad y además que este es restringido a la perspectiva del modelista.

Cuando se parte de la simulación manual, en un proceso de modelado, parece ser que se obtienen mejores resultados cuando se está en el proceso de aprendizaje de la dinámica de sistemas; esto se constituye en un punto de partida de futuras investigaciones sobre el aprendizaje del proceso de modelado.

RECOMENDACIONES

Se debe continuar con los experimentos realizándolos con más grupos para tener suficientes datos y poder corroborar las conclusiones preliminares de esta investigación.

Se debería hacer un seguimiento a las estrategias que se están usando para la enseñanza del cálculo diferencial, integral y ecuaciones diferenciales para explicar de la regular habilidad de los estudiantes para dar cuenta del comportamiento de los sistemas dinámicos.

Se debe aprovechar los recursos informáticos existentes en la universidad para que los estudiantes comprendan, mediante el uso de simuladores, los fenómenos físicos y que de esta manera ganen en comprensión del mismo.

Incluir en las asignaturas procesos de modelado de reconstrucción buscándose que los estudiantes sean conscientes de lo que los modelos teóricos representan.

Al usar los micromundos es preciso hacer explícitos los supuestos bajo los cuales se erigen los modelos que lo conforman, para evitar que el estudiante caiga en la trampa de creer que los modelos son la realidad y no que son mera representación.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, Hugo et al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2001.

_____, PARRA, Jorge. Reconocimiento, Diversidad y Aprendizaje: Una Dinámica de Sistemas para el Reconocimiento de la Perspectiva Ajena como una Reinterpretación de una Encomienda Esencial del Enfoque de Sistemas. En: CONGRESO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA RIBIECOL. (6o: 2002: Medellín). Ponencias del VI congreso de informática educativa Ribiecol Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-75601_archivo.pdf

_____, LIZCANO, Adriana, PINEDA, Eliécer, El Cambio en el Aprendizaje de la Economía, Guiado con Micromundos Construidos con Dinámica de Sistemas, Micras 1.0. En: CONGRESO IBEROAMERICANO, 4 SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 7 TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO: IE-2002: (6o: 2002: Vigo) Ponencias del 6 Congreso Iberoamericano, 4 Simposio Internacional de Informática Educativa, 7 Taller Internacional de Software Educativo: IE-2002. Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-75576_archivo.pdf,

ARACIL, Javier. Máquinas, sistemas y modelos. Madrid: Tecnos, 1986.

ARIZA, Gerly Carolina, SOTAQUIRÁ, Ricardo. Un Nuevo Enfoque de Modelado de Estrategias Empresariales con Dinámica de Sistemas. En: Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. (2º: 2004: Santa Marta). Ponencias del II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Disponible en: http://simon.uis.edu.co/WebSIMON/Eventos/Encuentro_2004/trabajos/2/documento/2.pdf

ARMENIA, Stefano., ORONI, Ricardo. Bathtub Dynamics At The "Tor Vergata" University In Rome Italy. En: Proceedings of the 22nd International System Dynamics Conference, Albany, NY 2004

BOLLEN, Lars, H. HOPPE, Ulrich, MILRAD, Marcelo, PINKWART, Niels. Collaborative Modelling in Group Learning Environments. In Pal I. Davidsen, Edoardo Mollona, Vedat G. Diker, Robin S. Langer & Jennifer I. Rowe (Eds.), en: Proceedings of the XX International Conference of the System Dynamics Society, Palermo (Italy), July 2002, pp. 53

BUNGE, Mario. Teoría y realidad. Barcelona: Ariel. 1985.

CRONIN, Matthew A., GONZALEZ, Cleotilde. Understanding the building blocks of dynamic systems. Syst. Dyn. Rev. 23, 1–17, (2007)

DE ZUBIRÍA, Miguel, Los modelos pedagógicos, Aula Abierta magisterio, Bogotá, 2006.

FORRESTER, Jay W. La Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje del Alumno en la educación escolar. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA 02139, USA, 21 de Diciembre de 1992

_____. The Beginning of System Dynamics. Banquet Talk at the international meeting of the System Dynamics Society, Stuttgart, Germany, July 13, 1989

_____. System Dynamics and K-12 Teachers. Massachusetts Institute of Technology. Disponible en: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM1/D-4665-4.pdf>

GRÖSSER, Stefan, y TECHN Dipl.-Kfm. Does Experience or an Education in System Dynamics Help People to Solve Simple, Dynamic Problems? - A Laboratory Experiment. En: Proceedings The 23rd International Conference of the System Dynamics Society July 17-21, 2005 Boston. Disponible en: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2005/proceed/papers/GROSS367.pdf>

HOMER Jack, HIRSCH Gary, MINNITI Mary and PIERSON Mark. Models for collaboration: how system dynamics helped a community organize cost effective care for chronic illness. System Dynamics Review; Fall 2004; 20, 3.

KAPMEIER, Florian. Findings from Four Years of Bathtub Dynamics at Higher Educational Institutions in Stuttgart. En: Proceedings of the 22nd International System Dynamics Conference, Albany, N.Y. 2004. Disponible en : http://www.systemdynamics.org/conferences/2004/SDS_2004/PAPERS/197KAPME.pdf

LARSON, María y SVENSSON Mats. Learning system dynamics: cognitive processes and constraints. En: Proceedings The 22nd International Conference of the System Dynamics Society July 25-29, 2004 Oxford http://www.systemdynamics.org/conferences/2004/SDS_2004/PAPERS/214SVENS.pdf

LIZCANO, Adriana y PINEDA, Eliécer, MicrAS: Micromundo para el estudio del ciclo de crecimiento económico de Adam Smith, un enfoque sistémico. Tesis de Grado en Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2000.

MARCHISIO, Susana; PLANO, Miguel; RONCO, Jorge y VON PAMEL, Oscar: "Experiencia con uso de simulaciones en la enseñanza de la física de los dispositivos electrónicos". En: Primer congreso virtual latinoamericano de

educación a distancia. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Argentina, 2004.

MAIER Frank H. and GROBLER Andreas. What are we talking about? A taxonomy of computer simulations to support learning. System Dynamics Review, Volume 16, Issue 2 , Pages 135 – 148, Published Online: 4 Jul 2000

MARTINEZ, Silvio. Iniciación a la simulación dinámica. Ariel Economía, 2000.

NIND, T.E.W. Fundamentos de producción y mantenimiento de pozos petroleros, México, 1987.

ORTEGA y GASSET José, Sobre el estudiar y el estudiante, Diario la nación, Buenos Aires, 23 de abril de 1933.

OSSIMITZ, Günther. Stock-Flow-Thinking and Reading stock-flow-related Graphs: An Empirical Investigation in Dynamic Thinking Abilities. En: Proceedings of the 20nd International System Dynamics Conference, Palermo, Italy, 2002

PALMA Ricardo. Los Sistemas Centrados en el Aprendizaje. En: JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina, 2005. Disponible en: <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/17.pdf>

PINEDA Eliécer, Un Reconocer A Nivel Práctico De Las Diferencias Y Coincidencias De Los Enfoques De Modelado Conductista Y Estructural En La Economía. Tesis de Grado en Economía, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2005.

RADZICKI M et al, Why Every Engineering Student Should Study System Dynamics. En: 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2002 IEEE November 6 - 9, 2002, Boston, MA.

SALVATORE, Dominic. Econometría. México: McGrawHill. 1991.

SCHAFFERNICHT, Martin. La Tina – An online system for teaching and learning. En: Proceedings, The 24th International Conference of the System Dynamics Society July 23-27, 2006 Nijmegen, The Netherlands. Disponible en: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2006/proceed/papers/SCHAF181.pdf>

SENGE, Peter, La quinta disciplina. Barcelona: Granica, 1999, p. 17.

SMITH, Adam. Investigación Sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones, Fondo de cultura económica, 1987.

STERMAN, J. et al. "Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory" System Dynamics Review; Winter 2000; 16, 4; ABI/INFORM Global, pg. 249. Disponible en: <http://wwwu.uni-klu.ac.at/gossimit/pap/guest/bathtub.pdf>

_____. "All models are wrong: reflections becoming a systems scientist" Syst. Dyn. Rev. 18, 501–531, (2002)

_____. "Learning Bathtub Dynamics: A Follow-up". Sloan School of Management - MIT. Cambridge. Disponible en: www.systemdynamics.org/conferences/2003/proceed/PAPERS/S01.pdf. (2003)

_____. et al. "Why Don't Well-Educated Adults Understand Accumulation? A Challenge to Researchers, Educators, and Citizens" Disponible en: http://web.mit.edu/jsterman/www/Why_Adults_Accumulation.html

_____. FORRESTER J. W. All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. System. Dynamic. Review. 18, 501–531, (2002)

STIGLIZT, Joseph. El malestar en la globalización, Barcelona, 2002.

VASCO, Carlos, El saber tiene sentido, Bogota, 2000.

VILLAMIL, Jorge Eliécer y TORRES, Luís Carlos. Un Modelo para el Manejo de la Pérdida de Información en los Procesos de Abstracción del Modelado de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, 2004. Disponible en: <http://dis.unal.edu.co/profesores/lucas/progrado/TesisJEV.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: PRETEST

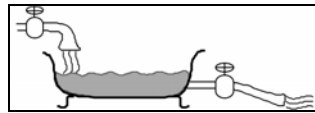
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA, PRETEST DINÁMICO SISTÉMICO¹⁸

CÓDIGO. _____ SEXO M ___ F ___ EDAD _____

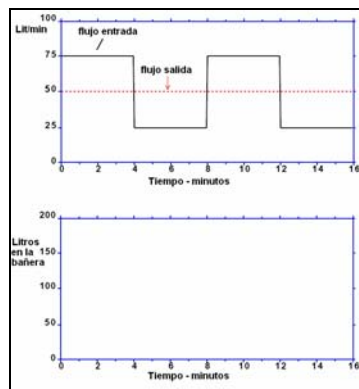
¿A JUGADO EL JUEGO DE LA CERVEZA? SI ___ NO ___

PRIMER DESAFÍO

Considere el siguiente gráfico que representa una tina. En ella hay una llave que la llena a razón de una cierta cantidad de agua por unidad de tiempo y también hay un desagüe (ver el dibujo).



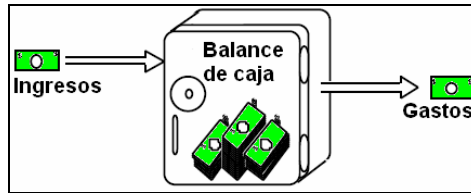
La siguiente gráfica muestra un posible comportamiento de las tasas de entrada y salida de agua de la tina. Con la información de la gráfica dibuje el comportamiento de la cantidad de agua en la tina, usando la gráfica que está en blanco. Suponga que inicialmente hay 100 litros en la tina.



¹⁸ Tomado y adaptado de Linda Booth Sweeney y John D. Sterman en "Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory" System Dynamics Review; Winter 2000; 16, 4; ABI/INFORM Global, pg. 249

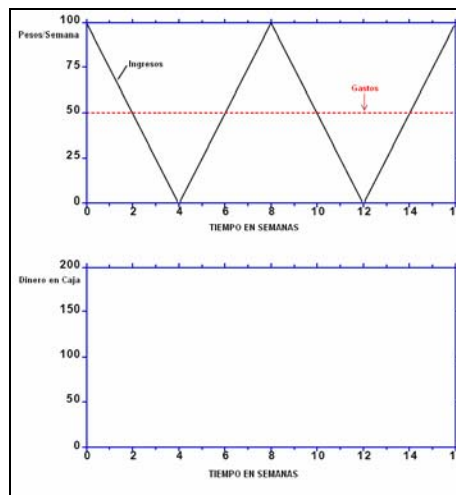
SEGUNDO DESAFÍO.

Considere el balance de caja de una empresa. En ella se recibe dinero a una cierta tasa y se incurre en gastos a razón de otra tasa.



La siguiente gráfica muestra el comportamiento hipotético de los ingresos y gastos en caja. A partir de esta información dibuje el comportamiento del balance de caja utilizando la gráfica que está en blanco.

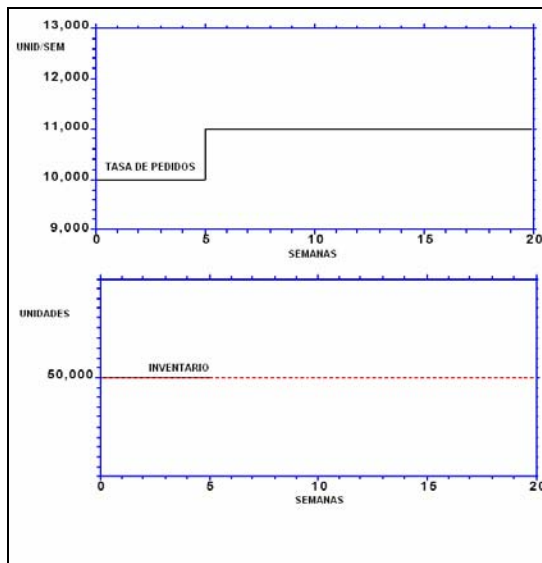
Supóngase que la cantidad inicial de dinero en la caja es de \$100



TERCER DESAFÍO

Suponga que usted trabaja en una empresa de manufactura. La empresa mantiene un inventario de productos terminados y lo usa para atender las órdenes de los clientes. Históricamente, la empresa ha tenido órdenes en promedio de 10,000 unidades por semana. Debido a que los pedidos de los clientes son absolutamente variables, la firma se esfuerza por mantener un inventario de 50.000 unidades para proporcionarles un excelente servicio, (esto es, poder cumplir al 100% con cada orden), y ajustan la producción para cerrar cualquier brecha entre el inventario deseado y el actual. Aunque la empresa tiene una amplia capacidad para manejar variaciones en la demanda, toma un tiempo de cuatro semanas para ajustar el plan de fabricación y hacer el producto faltante.

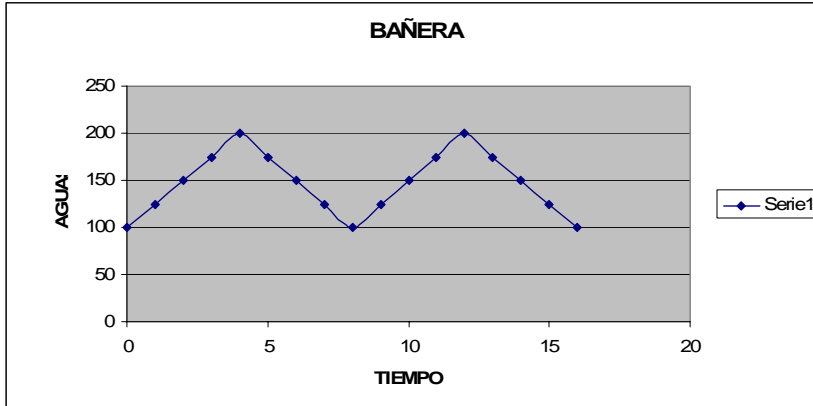
Ahora imagínese que la tasa de la orden de los productos de la empresa se incrementa de manera repentina e inesperada en un 10%, y permanece así de manera indefinida, según se indica en el gráfico siguiente. Antes del cambio en la demanda, la producción era igual a las órdenes de 10.000 unidades/semana, y el inventario era igual al nivel deseado, es decir, 50.000 unidades. Bosquejar la trayectoria probable de la producción y del inventario en el último de los gráficos. Proporcionar una escala apropiada para el gráfico del inventario.



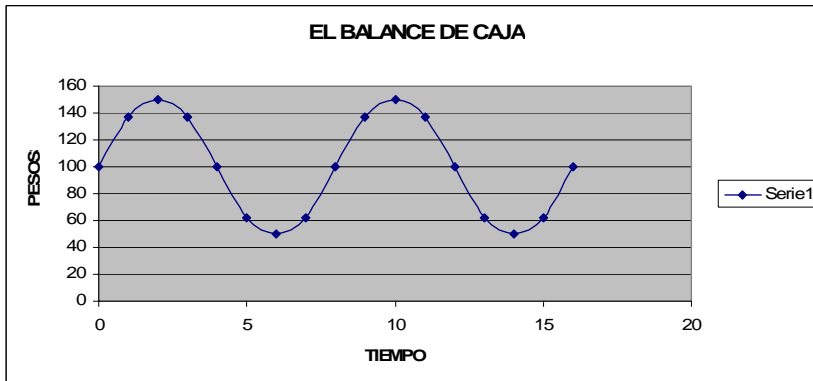
En caso de tener alguna duda consultar con el docente a cargo.

ANEXO 2: SOLUCIÓN AL PRETEST

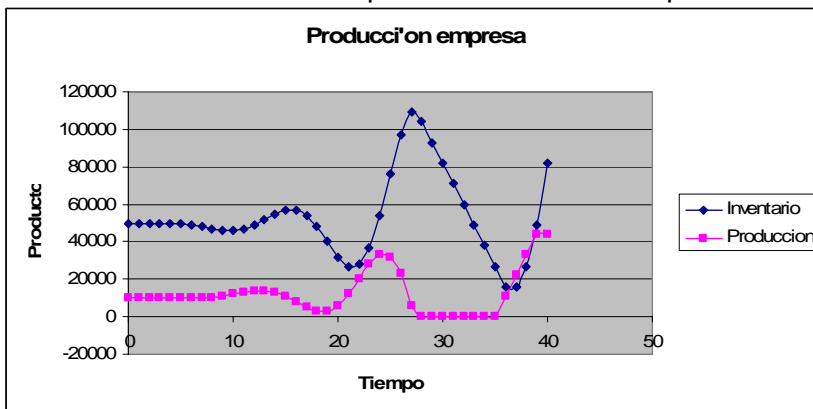
Solución al desafío de la Bañera.



Solución al desafío del balance de caja.



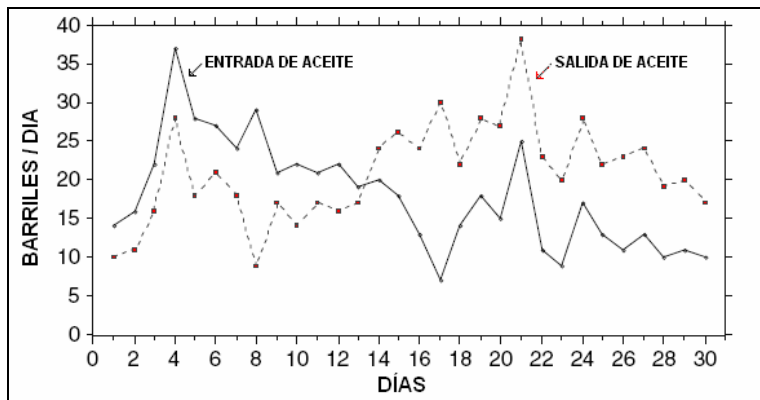
Solución al desafío de la producción en la empresa.



ANEXO 3: POSTEST

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER MAESTRÍA EN INFORMÁTICA, POSTEST DINÁMICO SISTÉMICO¹⁹

El siguiente gráfico muestra la cantidad de petróleo producida por un pozo, el cual se deposita en un tanque para luego ser procesado. La gráfica continua muestra cuanto petróleo entra al tanque mientras que la punteada se refiere al que sale; todo esto para un periodo de 30 días.



Chulee la caja si la respuesta no puede ser determinada por la información proveída.

1. ¿Durante cuál día se produjo más petróleo?
Día _____no se puede determinar
2. ¿Durante cuál día se procesó más petróleo?
Día _____no se puede determinar
3. ¿Durante cuál día hubo más petróleo en el tanque?
Día _____no se puede determinar
4. ¿Durante cuál día hubo menos petróleo en el tanque?
Día _____no se puede determinar

¹⁹ Tomado y adaptado de STERMAN, J. All models are wrong: reflections becoming a systems scientist, Syst. Dyn. Rev. 18, 501–531, (2002), pág. 510.

ANEXO 4: SOLUCIÓN AL POSTEST

1. ¿Durante cuál día se produjo más petróleo?

Día 4 no se puede determinar

2. ¿Durante cuál día se procesó más petróleo?

Día 21 no se puede determinar

3. ¿Durante cuál día hubo más petróleo en el tanque?

Día 13 no se puede determinar

4. ¿Durante cuál día hubo menos petróleo en el tanque?

Día 30 no se puede determinar

ANEXO 5: MICROPET

Micropet es la adaptación de MicrAS (Micromundo del ciclo económico de Adam Smith), esta adaptación consistió fundamentalmente en adicionar un par de modelos a los ya existentes en el micromundo y actualizar los elementos de información respectivos.

DESCRIPCIÓN DE MICROPET

Inicialmente se presenta la estructura general de los ambientes que definen la herramienta, así como su justificación teniendo en cuenta su utilidad en el desarrollo del objetivo pedagógico de Micropet.



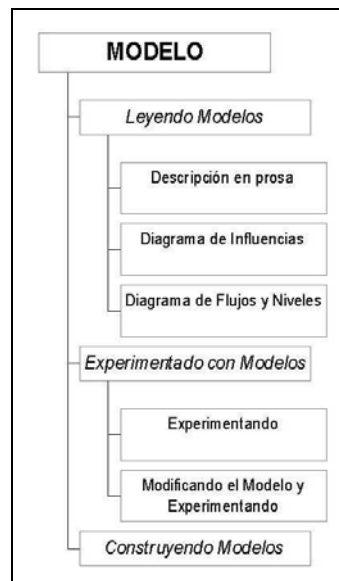
Presentación inicial del Micromundo

A continuación se exponen las características de cada uno de los componentes del Micromundo, teniendo en cuenta las especificaciones de diseño para la presentación del entorno visual y las opciones que implementa cada uno de ellos. Al finalizar se presentan algunas ideas que se tuvieron en cuenta para la formulación de las actividades del seminario "Modelado y Simulación de los Sistemas Dinámicos" con Micropet realizado con los estudiantes de la materia Métodos de Producción.

ESTRUCTURA GENERAL

Micropet²⁰ se encuentra conformado por dos componentes principales: *El Componente Micromundo* y el *Componente de Administración*. Para el caso que ocupa esta investigación no interesa describir el módulo de administración, por lo que solo se hará la descripción del módulo Micromundo.

Micropet esta conformado por 2 Módulos, el *Módulo Introductorio al Modelamiento Dinámico-Sistémico* y el *Módulo Modelos de Sistemas de Producción*. Cada uno de estos módulos desarrolla un conjunto de modelos y cumplen un objetivo pedagógico dentro del software. Cada modelo se desarrolla para ser presentado en tres ambientes, según se ilustra en la gráfica.



Estructura de presentación de cada Modelo

El ambiente *Leyendo Modelos* busca una familiarización inicial con el fenómeno que se modela, para ello hacen énfasis en los 3 primeros lenguajes dinámico-sistémicos, y se desarrolla a través de 3 pantallas: *Descripción del Fenómeno*, *Diagrama de Influencias* y *Diagrama de Flujos y Niveles*. Cada una de estas interfaces hace énfasis en un lenguaje específico, es decir, la Descripción del Fenómeno en el lenguaje en prosa, el Diagrama de Influencias en el lenguaje de influencias y el Diagrama de Flujo-Nivel hacen énfasis en el lenguaje de flujos y niveles. Cada uno de estos lenguajes suministra una mayor

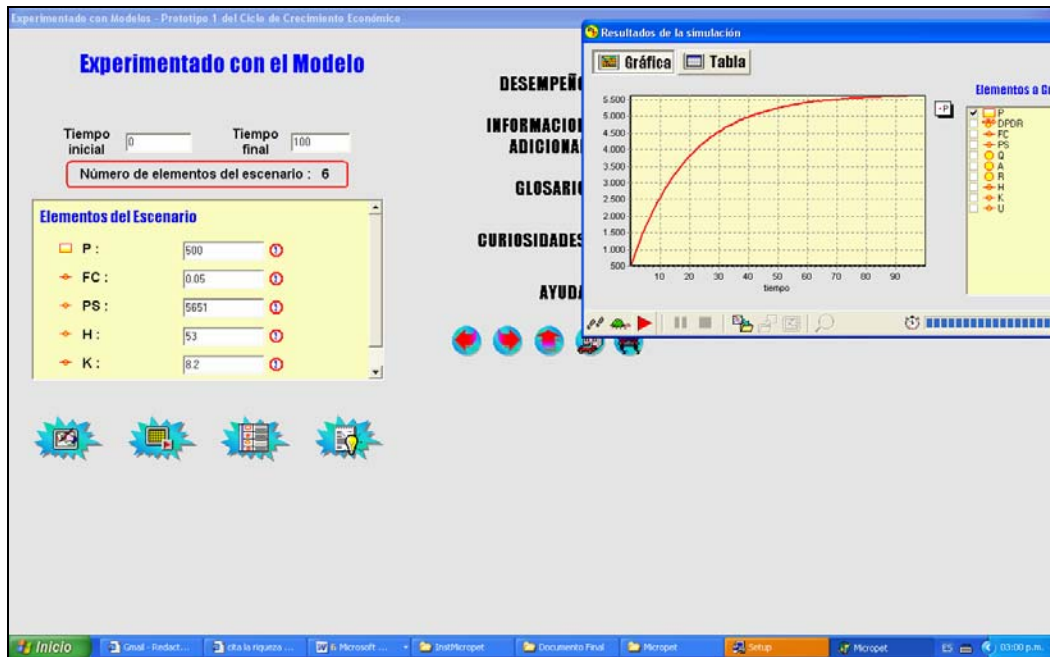
²⁰ La implementación de los dos componentes se realizó en Delphi 5 y las estructuras de datos están almacenadas en tablas Paradox para ser utilizadas con el Motor de Base de Datos de Delphi BDE.

información acerca del fenómeno, la estructura que le subyace y permite ir tomando elementos para inferir comportamientos del modelo al pasar al ambiente de experimentación.



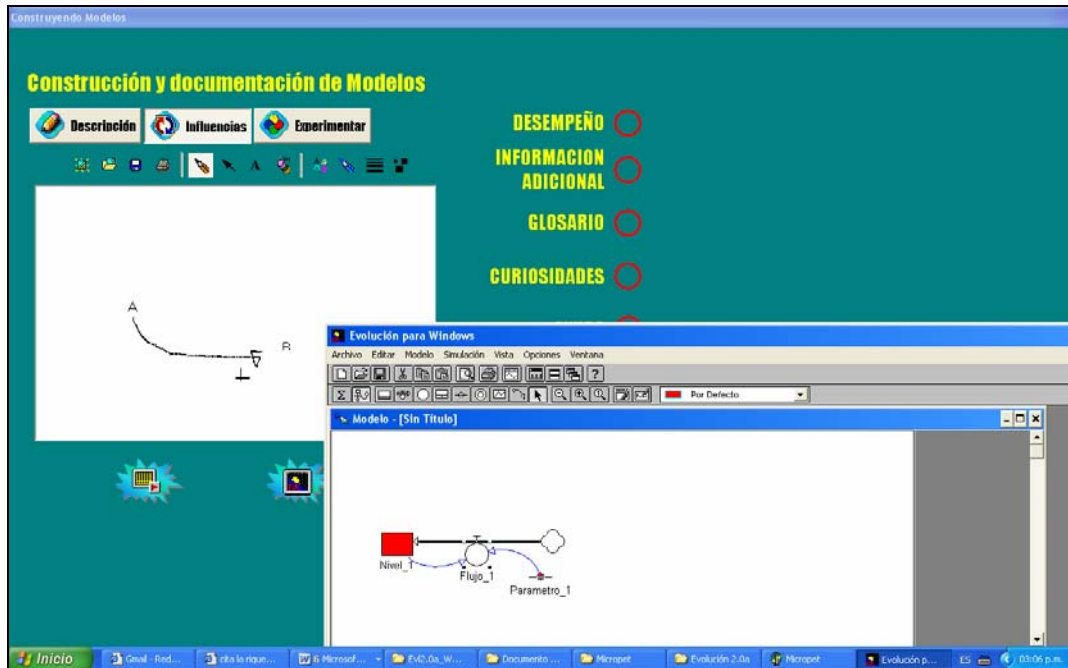
Ambiente Leyendo Modelos – Pantalla de Descripción del fenómeno

El ambiente *Experimentando con Modelos* tiene como objetivo que, el usuario confronte sus opiniones con el comportamiento observado en la simulación, y a través de los interrogantes que esto genere, reconstruya sus concepciones, aprendiendo sobre el fenómeno modelado. Esta experimentación se plantea con 2 grados de dificultad, en un primer grado de dificultad, mostrado en el ambiente *Experimentando*, el usuario puede crear escenarios asignando valores a los parámetros definidos para el modelo y observar la variación del comportamiento, reflexionando sobre lo leído y confrontándolo con su opinión de lo podría ser el comportamiento del modelo. En un grado de dificultad mayor, mostrado en el ambiente *Modificando y Experimentando*, se ofrece la posibilidad al estudiante que proponga, represente y pruebe políticas de intervención en el modelo, además de explicar y confronte sus concepciones a partir del comportamiento observado en la simulación; este segundo nivel de dificultad exige un mayor conocimiento del lenguaje de representación dinámico-sistémico, pues el usuario necesita conocer cada uno de los elementos del Diagrama de Flujos y Niveles y su significado en el modelo para poder realizar los cambios deseados, igualmente exige un mayor conocimiento de la estructura del modelo y de la teoría representada.



Ambiente experimentando con el modelo.

En el último ambiente *Construyendo Modelos*, el objetivo es que el estudiante construya su propio modelo, de tal manera que al formalizar sus concepciones el estudiante pueda confrontarlas con los resultados obtenidos mediante simulación, con las formalizaciones de sus compañeros de grupo y con las formalizaciones del profesor.



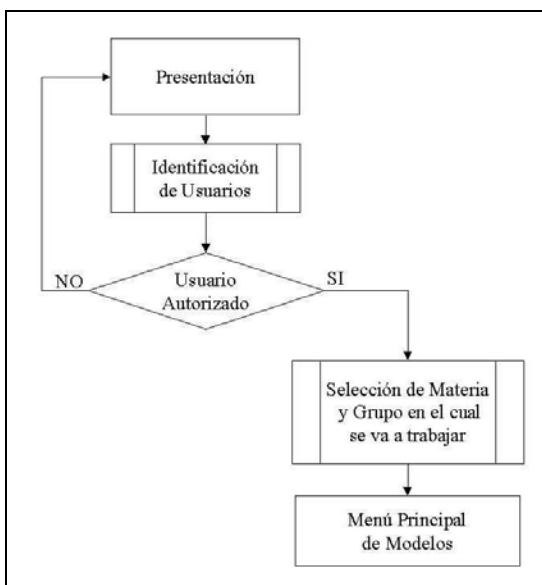
Ambiente construyendo modelos.

Este ejercicio de confrontación origina un intercambio de ideas que permitirá al estudiante reconstruir y enriquecer sus modelos mentales, a la vez que le ayudará a reconocer los vacíos que pueden presentar sus conceptos. Este ambiente concibe al estudiante como creador de su realidad virtual, entendiéndola, explicándola y representándola y por ende forjando su punto de vista de los fenómenos.

DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL COMPONENTE MICROMUNDO

- ¿Qué es Micropet?: Presenta los objetivos pedagógicos que persigue la herramienta y una breve descripción de la misma y su utilidad.
- Instalación de Datos: Mediante esta opción es posible instalar los cambios realizados en los contenidos del software y cargar las modificaciones realizadas a los archivos de los usuarios como resultado del trabajo desarrollado en otros equipos que también tienen Micropet.
- Iniciar sesión: Comienza una sesión de trabajo en el Micromundo.
- Equipo de Desarrollo: Muestra información acerca del equipo de desarrollo que construyó Micropet y las instituciones involucradas en este proyecto.
- Salir: Cierra Micropet.

ESTRUCTURA LÓGICA DEL ACCESO.



Estructura lógica del Acceso

Al Iniciar sesión en Micropet se hace un reconocimiento del Usuario y del Tipo de Usuario, a través de una consulta a la Base de Datos Personal, Micropet

maneja dos tipos de Usuario: Estudiante y Profesor, esta identificación se realiza para activar o desactivar algunas opciones del Micromundo, especialmente la de Agregar Contenidos.

MENÚ PRINCIPAL DE MODELOS.

Desde el Menú Principal de Modelos se tiene acceso a cada uno de los Modelos y de los Ambientes que los desarrollan, además presenta algunas opciones de Usuario como son:

- Cambiar la contraseña de usuario.
- Crear disco de Usuario: Copia toda la información personal del usuario en un diskette para entregarlo al profesor o para continuar trabajando en otro equipo.
- Impresión de Informes: Con esta opción se tiene acceso a la impresión de los documentos de Bitácora, Inquietudes, Todas las preguntas asignadas y sus últimas respuestas y Una pregunta con su respuesta.
- Salir de Micropet.

ANEXO 6. FORMATO PARA REVISIÓN DE ARTÍCULOS

IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO
Título: 1) 2) 3)
Autores: 1) 2) 3)
Publicado en: 1)
Nombre del archivo: 1) 2) 3)
Revisado por:

COMUNIDAD CIENTÍFICA
1) 2) 3)

DOMINIO DE CONOCIMIENTO
1) 2) 3)

ENFOQUE DE APRENDIZAJE
Complejo, colaborativo, autónomo, etc. 1) 2) 3)

OBJETIVOS DEL ARTICULO
1) 2) 3)

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1) 2) 3)

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA
Método utilizado en la investigación
1) 2) 3)

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
Contrastación de los resultados de investigación
1) 2) 3)

PROYECCIONES
Nuevos problemas o aplicaciones de la investigación.
1) 2) 3)

REFERENCIAS
1) 2) 3)