

Designed as a Teaching Recreational Using Third Order Cybernetics

Jair Eduardo Rocha González, Msc.¹, Carlos Andrés Arango Londoño, Msc.¹, and Wilson Alexander Pinzón Rueda, Msc.²

¹ Universidad de La Salle, Colombia, jerochag@unisalle.edu.co, cararango@unisalle.edu.co

² Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, wapinzon@udistrital.edu.co

Abstract– This paper presents a method for instructional design in the training of professionals in industrial engineering. The didactic design is done using a third order cybernetic circuit (CC3), within a third order cybernetic circuit (CC3DCC3).

The third-order cybernetic circuit (CC3) identifies one of the foundations of industrial engineering through the use of physical laws and links to a course or class purpose as an indicator of learning.

The third order cybernetic circuit embedded (CC3DCC3) includes aspects of teaching or lesson plan for the specific activity, in this case the calculation of the elements was made for the law of Little.

As a result of the process, was obtained an example described and extrapolated for the design of game based activities for the learning process. The description of teaching in engineering education and engineering application is obtained.

Keywords— Active Learning, Game Based Activities, Engineering Education, Third Order Cybernetics, Little Law.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.216>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.216>

Lúdicas Diseñadas como Didáctica Usando Cibernética de Tercer Orden

Jair Eduardo Rocha González, Msc Ing¹, Carlos Andrés Arango Londoño, Msc Ing², and Wilson Alexander Pinzón Rueda, Msc. Ing³

¹Universidad de La Salle, Colombia, jerochag@unisalle.edu.co

²Universidad de La Salle, Colombia, cararango@unisalle.edu.co

³Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, wapinzon@udistrital.edu.co

Resumen— Este texto presenta un método para el diseño de una lúdica como técnica didáctica en la formación de profesionales en ingeniería industrial. El diseño didáctico se hace usando un circuito de cibernética de tercer orden, (CC3), dentro de un circuito cibernético de tercer orden (CC3DCC3).

El circuito cibernético de tercer orden (CC3) identifica uno de los fundamentos de la ingeniería industrial a través del uso de leyes físicas y los vincula a un propósito de curso o clase como indicador de aprendizaje.

El circuito cibernético de tercer orden embebido (CC3DCC3), incluye los aspectos de la didáctica o plan de clase para la actividad específica, en este caso es el cálculo de los elementos de la ley de Little mediante un ejemplo lúdico.

Como resultado de ello se obtiene un ejemplo descrito y extrapolable al diseño de actividades lúdicas, el proceso didáctico, la descripción de las didácticas en la enseñanza de ingeniería y el uso de la ingeniería.

Palabras Clave— Aprendizaje Activo, Lúdicas, Educación en Ingeniería, Cibernética de tercer orden, Ley de Little.

Abstract— This paper presents a method for instructional design in the training of professionals in industrial engineering. The didactic design is done using a third order cybernetic circuit (CC3), within a third order cybernetic circuit (CC3DCC3).

The third-order cybernetic circuit (CC3) identifies one of the foundations of industrial engineering through the use of physical laws and links to a course or class purpose as an indicator of learning.

The third order cybernetic circuit embedded (CC3DCC3) includes aspects of teaching or lesson plan for the specific activity, in this case the calculation of the elements was made for the law of Little.

As a result of the process, was obtained an example described and extrapolated for the design of game based activities for the learning process. The description of teaching in engineering education and engineering application is obtained.

Keywords— Active Learning, Game Based Activities, Engineering Education, Third Order Cybernetics, Little Law.

I. INTRODUCCIÓN

Se propone un método para el diseño didáctico usando cibernética de orden tercero, (CC3) [1] [2] [3]. El circuito de cibernética se usa para la identificación, y cuantificación de los diversos elementos y componentes y su relación entre ellos.

Para ello se articula el circuito de cibernética de orden tercero (CC3) hasta llegar a un circuito cibernético de tercer orden embebido dentro de otro circuito de orden tercero

(CC3DCC3), el cual además de los elementos originales, incluya aspectos de la didáctica considerada como el plan de clase que vincula metas, entradas, procesos y salidas educativas.

Se ilustra la aplicación del CC3DCC3 por la aplicación en el diseño de una actividad lúdica para la ley de Little. Para ello se parte de su uso en Ingeniería Industrial, la cual se considera como una rama de la ingeniería encargada de obtener la gestión efectiva de los negocios a través de la coordinación de flujos de recursos considerados usualmente en esta disciplina [4] [5].

La coordinación de los flujos de recursos es realizada por un grupo de personas [6], que pretenden la formación de nuevas capacidades, rendimientos superiores, fomento de la innovación y mejorar el valor agregado entregado al cliente [7], objetivos formalmente enlazados a la Ingeniería industrial.

Cabe anotar que las ciencias físicas describen el funcionamiento de estos y otros flujos de recursos para diversas disciplinas entre ellas: matemáticas, física, biología, estadística, e investigación de operaciones entre otras ciencias [8].

Por lo anterior se presume es pertinente comprender el fundamento que describe estos flujos de recursos para vincular estas descripciones de la física con los conceptos de la ingeniería industrial, Esto es posible el vínculo de la ley de los flujos de recursos con las medidas operacionales de los objetos de interés de la ingeniería industrial [9]. En consecuencia, en la formación de los ingenieros industriales es oportuno la inclusión de la comprensión, el uso y la articulación de esta ley como fundamento explicado desde las ciencias físicas para su práctica profesional, labor que puede ser realizada con un diseño didáctico que propone el uso de un circuito de cibernética de tercer orden, (CC3) [1] [2] [3], dentro de un circuito cibernético de tercer orden (CC3DCC3) para explicar el fundamento de la ley física de flujos en el ámbito de la formación en ingeniería industrial.

II. LA LEY DE LITTLE COMO FUNDAMENTO EXPLICATIVO DEL FLUJO DE RECURSOS.

La ley de Little [10] es una propuesta teórica que describe el comportamiento de un proceso con procesos de llegada en la estructura:

$$L=\lambda W \quad (1)$$

En el cual, los parámetros para esta razón describen el estado estable de un sistema de colas, vinculando a L como el número de unidades en el sistema, W como la media del tiempo de una unidad en el sistema y λ como la inversa de la media del tiempo entre dos llegadas consecutivas, en otras palabras la tasa de llegadas de unidades al sistema [10].

Los procesos estocásticos de colas de acuerdo a esta relación de parámetros cumplen con los siguientes teoremas, los cuales son propios de la ley enunciada de flujo de unidades en un sistema [10]:

- 1) Teorema 1: en un proceso de colas cada proceso estocástico para el número de unidades, el tiempo medio de una unidad en el sistema y el tiempo medio entre las llegadas de unidades al sistema son estrictamente estacionarios con medias finitas, además que el tiempo entre llegadas es métricamente transitivos con media $1/\lambda$ y mayor a cero.
- 2) Teorema 2: para todo tiempo de permanencia de una unidad en el sistema, cada parámetro tiene como límites una probabilidad condicional de la cual es posible deducir:

$$W=L/\lambda \quad (2)$$

A partir de lo anterior es posible derivar modelos específicos que describan el comportamiento de un sistema de colas, a partir del cálculo del número de unidades en el sistema (L) o el tiempo esperado de una unidad en el sistema (W) de acuerdo a las especificaciones y propiedades del sistema en análisis, lo cual facilita en extremo la toma de decisiones con respecto al flujo de recursos en diferentes tipos de organizaciones.

En otro aspecto, la ley de Little es usada en diversos contextos, debido a la fácil generalización de sus resultados ya que tan solo al obtener dos de las tres medidas de las reseñadas es fácil obtener la tercera, algunos ejemplos al respecto son [11]:

- 1) Determinación del tamaño de una sección hospitalaria de ginecología: en esta aplicación se realizó un seguimiento que mostro que los registros históricos con promedio de cinco nacimientos por día, los registros también evidencian que la mayoría de las madres permanecían en promedio dos días en el hospital, antes de ser enviadas a casa con su bebe, sin embargo en algunas ocasiones ocurría que los partos con complicaciones tardaban un poco más de días en el hospital, a partir de esto fue posible al consultar estos registros encontrar que el 90% de las madres durante seis meses de estudio permanecieron dos días y el restante 10% una duración promedio de siete días, lo cual conduce a estimar la duración esperada presente en la ecuación (3), estimación que a través de

la ley de Little, sirve para calcular el número promedio de madres en la sala de maternidad de acuerdo a los cálculos mostrados en la ecuación (4), este valor fue útil en el cálculo del tamaño de la sala de maternidad en relación a camas disponibles y requerimientos de personal de atención en promedio, lo cual implicaría un poco más de recursos con el fin de manejar la variabilidad, ya que las medidas halladas son para necesidades medias de recursos en la sección hospitalaria, sirviendo como inicio de la investigación en simulación y colas para el análisis de utilización de infraestructura.

$$0.9 \times 2 \text{ Días/sistema} + 0.1 \times 7 \text{ Días/sistema} = 2.5 \text{ Días/sistema} \quad (3)$$

$$L=5 \text{ Madres/día} \times 2.5 \text{ Días/sistema} = 12.5 \text{ Madres/sistema} \quad (4)$$

- 2) Evaluación del servicio en cabinas de peaje: analiza el comportamiento del túnel Ted Williams en la ciudad de Boston (MA), el cual en promedio es recorrido por 50000 vehículos por día, los cuales en promedio en horas pico representan en promedio unos 3600 vehículos por hora repartidos entre seis cabinas, según datos suministrados por la autoridad de tránsito de Massachusetts (MTA), quienes también valoraron que el número promedio de vehículos en espera del pago de peajes nunca excede los 20 autos, datos con los cuales fue posible estimar el tiempo promedio de atención de cada cabina de peaje de acuerdo a la ecuación (6):

$$W=20 \text{ autos/sistema} / 3600 \text{ autos/hora} = 0.005 \text{ horas/sistema} \approx 20 \text{ s} \quad (5)$$

Factor que presenta un tiempo medio de atención razonable del sistema según el parámetro esperado por la entidad de tránsito.

- 3) Mercado inmobiliario: en este aspecto, un conjunto de agentes inmobiliarios tarda en promedio 120 días en promedio para vender una casa en promedio durante la década de análisis del sistema. De igual manera el número de anuncios de casas en venta varían en un periodo de un año entre 20 y 30, lo cual se parametriza en una media de 25 anuncios. A partir de estos parámetros es posible estimar el número de casas en venta que tendrá el mercado inmobiliario por año , como se muestra en la ecuación (6):

$$\lambda = 25 \text{ Casas} / 120 \text{ Días} = 0.208 \text{ Días} \approx 75 \text{ Casas/Año} \quad (6)$$

Un caso especial de aplicación de la ley de Little en sistemas de gestión industrial, se muestra bajo el concepto de

Física de planta donde cada uno de los parámetros de la ley tiene un homólogo en la relación del *throughput*, presentada en la ecuación (7), donde es posible relacionar el inventario en proceso (WIP), el tiempo de ciclo (CT) y el *throughput* (TH) definiendo cada elemento como a continuación se muestra [8] [11]:

$$TH=WIP/CT \quad (7)$$

Dónde:

- *Throughput*: son las salidas promedio de un proceso de producción (maquina, estación de trabajo, línea o planta) por unidad de tiempo.
- Inventario en proceso: es el inventario entre el inicio y fin de una ruta de producción.
- Tiempo de ciclo: es el tiempo promedio de liberación de un trabajo desde el inicio hasta el fin del proceso, en otras palabras es el tiempo que el trabajo es considerado como inventario en proceso.

Esta relación es equivalente en la ley de Little en los siguientes aspectos $TH = \lambda$, $WIP=L$ y $CT=W$, sin embargo con la diferencia fundamental que la ley de física de planta el *throughput* se expresa en términos de salida, o velocidad media de salida para el sistema, en lugar de una tasa de llegadas como lo hace λ en la ley de Little. Siendo esta diferencia la que permite la medición de las salidas, la cual es la razón de ser de cualquier de un sistema típico de fabricación, ya que una variación de aumento en las salidas requiere o bien un aumento de trabajo en el inventario en proceso o una reducción en el tiempo de ciclo o ambos [8] [11].

III. MODELO DE CIBERNÉTICA DE SEGUNDO ORDEN COMO FUNDAMENTO DEL FLUJO DE INFORMACIÓN Y RECURSOS

La figura 1 presenta un circuito de cibernética de segundo orden genérico, en el cual un arco dirigido representa un flujo de recursos productivo acorde a las categorías catalogadas por la ingeniería industrial: materiales, recurso humano, maquinaria, capital, infraestructura, energía, conocimiento, gestión organizacional entre otros [4] [12].

En esta nomenclatura gráfica, un flujo de recurso es visualizado a través de un arco continuo, mientras el flujo de información se simboliza mediante el uso de un arco punteado; De manera similar, un círculo o elipse representa un dispositivo de monitoreo, captura o comparación de información proveniente de los flujos de información o recursos presentes en el sistema en análisis; Por último un cuadro representa gráficamente un proceso de transformación de entradas en salidas por operaciones [1].

El modelo de cibernética presentado simboliza las siguientes estructuras y elementos del flujo de recursos en un sistema:

- 1) Vector de entradas: muestra los flujos de información y recursos requeridos en la operación del sistema.

- 2) Control de entrada: representa los procesos de selección y entrada de recursos e información al sistema en análisis.
- 3) Vector de desborde de entrada: simboliza las entradas descartadas por los procesos de selección y entrada del sistema.
- 4) Función de transformación: representa los procesos de operación que cambian las condiciones de los flujos de entrada en salidas del sistema.
- 5) Vectores de paso de entrada y salida: representan los flujos brutos de recursos aceptados por el sistema y los productos información que salen de la función de transformación.
- 6) Control de salida: es el sistema de clasificación y aceptación de las salidas del sistema, el cual permite el paso de productos a otros sistemas.
- 7) Vector de desborde de salida: son los productos y residuos generados por los procesos que no cumplen las especificaciones para su transferencia a otros sistemas.
- 8) Vector de salidas: corresponden a los productos e información que se consideran aptos para su transferencia hacia otros sistemas.
- 9) Vector de monitoreo: este vector indica el flujo de recursos e información entre las salidas y el nodo de comparación para la evaluación del sistema.
- 10) Comparación: este nodo indica los criterios medibles para la evaluación y contraste de las salidas frente a las metas objetivas del sistema.
- 11) Vector de ajuste de planeación: muestra el flujo de recursos e información entre la comparación y el sistema de planeación, con el cual se ajustan las entradas y la operación del sistema.
- 12) Plan: este nodo representa la conformación de acciones para la coordinación efectiva de los recursos que ingresan al sistema a través del plan de operación del sistema.
- 13) Vector de despliegue del plan: este arco simboliza las acciones de ajuste realizadas sobre las entradas de recursos e información del sistema, así como el despliegue de estas acciones en un plan de operación del sistema.
- 14) Plan de operación: el nodo muestra la disponibilidad de información y la formulación de acciones coordinadas para permitir el flujo, transformación y generación de productos a partir de entradas selectas.
- 15) Propósitos: este nodo simboliza la finalidad y razón de ser del sistema que se desagrega en todas las actividades del sistema.
- 16) Vector de materialización: este arco representa la formulación y establecimiento de objetivos y metas del sistema teniendo como fundamento los propósitos del mismo.

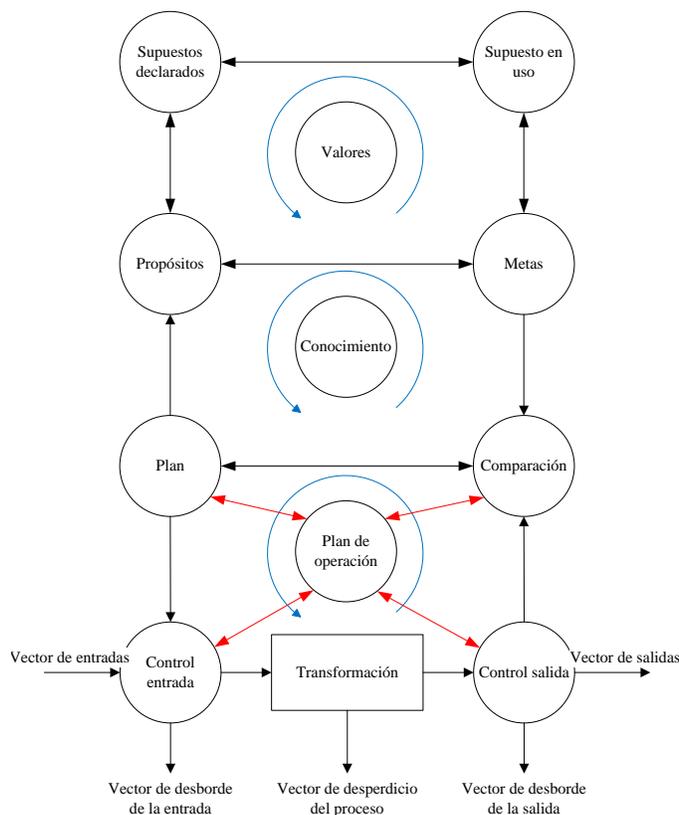


Fig. 1 Circuito de realimentación de segundo orden genérico (Nova Arevalo, Pinzón Rueda, & Quintero, 2011)

- 17) Metas: este nodo representa el establecimiento y difusión en el sistema de metas medibles y alcanzables para lograr el propósito del sistema.
- 18) Vector de evaluación: representa el flujo de información que despliegan los objetivos en indicadores para la comparación con las salidas del sistema.
- 19) Vector de corrección de propósito: este simboliza el flujo de información para la reformulación de los propósitos una vez estos son logrados a través de la verificación del cumplimiento de los planes de operación del sistema.
- 20) Conocimiento: este nodo representa la adquisición de experiencias, competencias y actitudes del sistema para su operación.
- 21) Nodos de supuestos: representan los referentes internos, externos, postulados y de actuación sobre los cuales se postulan los objetivos y propósitos del sistema.
- 22) Vectores de influencia: representan los flujos de información que salen y llegan a los supuestos, propósitos y objetivos del sistema para su integración, formulación dentro de referentes de actuación y postulación del sistema frente al entorno interno y externo.

- 23) Valores: representa el conjunto de normas axiológicas que rigen el desempeño y logro de objetivos del sistema.

IV. MODELO DE CIBERNÉTICA DE SEGUNDO ORDEN PARA EL DISEÑO DE LÚDICAS

El uso de modelos de cibernética generalmente es vinculado a sistemas de regulación de comportamiento humano teniendo como fundamento la utilización de ciclos de control sobre la variación de este fenómeno [13].

A partir de esta premisa, el trabajo de investigación desarrollado por los autores ha mostrado resultados en los cuales mediante el uso de ciclos realimentados fue posible la formulación de un modelo de cibernética de segundo orden para el diseño de lúdicas en los procesos de aprendizaje en ingeniería industrial.

Este modelo vincula elementos y estructuras que en apariencia están desconectados y sin influencia en conjunto en los procesos de aprendizaje, con lo cual fue posible encontrar ciclos de realimentación tal como se presenta en la figura 2, mostrada en la siguiente página.

Donde la descripción de elementos se estableció de forma conceptual como se presenta a [14]:

- 1) Vector de entradas: representa los elementos necesarios para un aprendizaje significativo y satisfactorio.
- 2) Gestión de aula: representa los elementos utilizados para la selección de contenidos y condiciones de aprendizaje, así como el uso de actividades en el aula de clase, por el docente.
- 3) Vector de paso de entrada: representa los factores, condiciones y contenidos a ser usados en los procesos de aprendizaje a través de las actividades lúdicas.
- 4) Conocimiento, formación y capacidad: representa el proceso de aprendizaje a través de la mediación del juego, con el cual existe aprendizaje pero también recreación en los estudiantes.
- 5) Vector de paso de salida: representa los conceptos, competencias y técnicas aprendidas con el juego por los participantes.
- 6) Prueba educacional: representa los resultados esperados al utilizar la lúdica en el proceso de aprendizaje.
- 7) Vector de salida: representa los participantes que termina con los conceptos y competencias de manera satisfactoria en su aprendizaje.
- 8) Vector de monitoreo: simboliza la información resultante del proceso de aprendizaje que establece como la lúdica aporta al proceso de aprendizaje.
- 9) Introevaluación: este aspecto corresponde a la comparación entre los logros obtenidos por la lúdica y las metas educacionales esperadas al final del proceso de aprendizaje.

10) Vector de ajuste de planeación: simboliza a la información útil de los resultados que se utiliza en la planificación de mejoras a la lúdica o la generación de nuevos juegos.

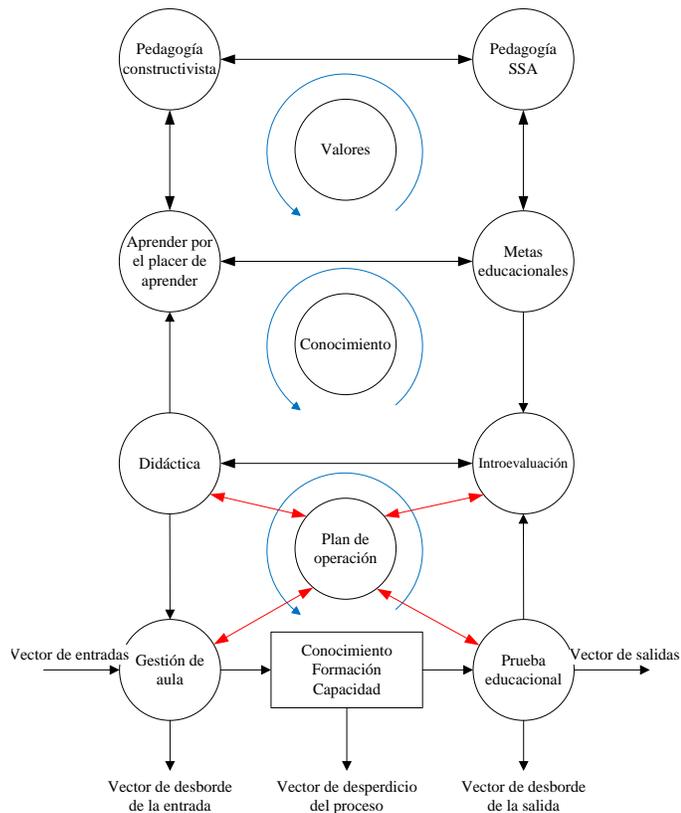


Fig. 2 Circuito de realimentación de segundo orden para el diseño de lúdicas (Arango Londoño, Rocha González, & Pinzón Rueda, 2013)

- 11) Didáctica: establece la forma en la cual se realiza la lúdica de forma más satisfactoria, con el propósito de mejorar el sistema de gestión de aula y el proceso de aprendizaje.
- 12) Vector de despliegue de plan: muestra el flujo de información de la didáctica hacia la gestión de aula en el cual se enriquecen los procesos de selección de contenidos y condiciones más propicias para el aprendizaje.
- 13) Plan de operación: simboliza la administración de la lúdica en función de los recursos e información disponible para garantizar el máximo aprovechamiento de las actividades propuestas y diseñadas.
- 14) Metas educacionales: corresponde a los indicadores de logro de competencias esperadas por la comunidad educativa o profesional, así como los niveles de satisfacción y significancia proporcionados por el uso de la lúdica.

15) Aprender por el placer de aprender: simboliza la intervención de la lúdica en los procesos de aprendizaje significativo, satisfactorio y activo de los participantes de la lúdica.

16) Conocimiento: representa las experiencias compiladas por los participantes para la mejora, generación y motivación de otros grupos que usen esta actividad con fines educativos.

17) Vectores de conexión: son los canales de comunicación para establecer los flujos de información en los nodos señalados.

18) Pedagogía Constructivista y pedagogía satisfactoria, significativa y activa (SSA): corresponden a los principios declarados y en uso al momento de realizar una activada lúdica.

De acuerdo a la vinculación de los anteriores elementos, los ciclos de realimentación ubicados en los dos niveles inferiores de la representación gráfica presentan características [14], como las presentes en el ciclo de realimentación de primer orden en el primer nivel: la cual consiste en la realimentación de la operación.

Este ciclo se compone de los nodos de didáctica, la orientación al pasado inteligencia intrapersonal, coordinación o plan y orientación al presente, así como todos los arcos conectores respectivos. Este ciclo representa la dinámica emotiva del estudiante [14].

El otro ciclo de realimentación de primer orden en el segundo nivel o realimentación de la gestión: el cual representa la dinámica del conocimiento. Para ello involucra información del nodo de propósito o entendimiento, nodo de metas o razón, nodo de plan o coordinación y el nodo de comparación o inteligencia intrapersonal [14].

En consecuencia al analizar estos ciclos de realimentación se cumple el principio básico la cibernética: las entradas están afectadas por la salida, es decir que las futuras elecciones que realice el estudiante dependen de los métodos que utilice en el presente y que ha utilizado en el pasado para elegir en que forma le gusta aprender [14].

V. MODELO DE CIBERNÉTICA DE TERCER ORDEN PARA LA DIDÁCTICA EN EL MODELO DE DISEÑO DE LÚDICAS

La innovación en el modelo de cibernética para el diseño de lúdicas, resultado de la investigación desarrollada hasta el momento por los autores, presenta la inclusión de un modelo de circuito de cibernética de tercer orden, CC3, dentro de un circuito cibernético de tercer orden CC3DCC3.

Esto es, en otras palabras la formulación de un nuevo circuito de cibernética para el desarrollo del nodo de plan o didáctica del circuito de cibernética de segundo orden ya presentado en el numeral anterior, lo que hace que ambos modelos se tornen en modelos de tercer orden por el uso de lenguaje propio que contribuye a la integración de estos circuitos bajo la ley de entropía de los sistemas.

De esta manera el nuevo circuito de cibernética para la realización de lúdicas como elemento de realimentación de la didáctica se define gráficamente en la figura 3, teniendo las siguientes descripciones de cada uno de los elementos que lo conforman:

- 1) **Nodo propósito = Enseñanza a través de lúdicas:** En este nodo se formula como propósito del circuito de cibernética, el uso de cibernética en el diseño de lúdicas para su empleo en capacitaciones.
- 2) **Nodo objetivos = Metas de aprendizaje:** En este nodo se establecen las metas del diseño de lúdicas con el uso de cibernética en términos de: jugar con el tema seleccionado, el uso de la cibernética, adquirir nociones del tema seleccionado y distinguir los conceptos asociados a la temática en estudio.
- 3) **Nodo de comparación = Estructura temática:** En este nodo se corrobora que las metas de aprendizaje son las obtenidas al final del proceso de capacitación estableciendo para ello criterios de evaluación del resultado frente a los conceptos tratados.
- 4) **Nodo de plan = Plan lúdico:** En este nodo se realizan los diferentes planes que conllevaran a la realización con éxito de la actividad lúdica para ello se realizan planes que buscan incluir una influencia de las entradas del sistema lúdico. Entre estos planes existen algunos relacionados con la explicación de la temática, la toma de datos, la realización de cálculos de ser necesario y la explicación como resultado de la lúdica.
- 5) **Nodo de entrada = Recursos lúdicos:** en este nodo se definen los recursos necesarios para llevar a cabo la lúdica según la planeación realizada con antelación, esperando lograr las salidas esperadas de aprendizaje. Este aspecto incluye recursos materiales, humanos, infraestructura, conocimiento, energía y otros requerimientos particulares contemplados para el desarrollo del juego.
- 6) **Cuadro de transformación = Lúdica:** en este aspecto se desarrolla la lúdica siguiendo las instrucciones y pasos probados por los diseñadores para su desarrollo, una vez se han realizado múltiples pruebas y ajustes contemplados en la planeación.
- 7) **Nodo de salidas = Aprendizaje, conocimiento explícito:** este nodo define las competencias, conceptos, procesos, procedimientos y experticia desarrollada por los participantes antes, durante y posterior al juego realizado, el cual incluye la construcción de conocimiento colectivo a partir de las experiencias personales mediante el trabajo en equipo bajo un modelo recreativo.
- 8) **Arcos o vectores de conexión y de transferencia:** representa los flujos de recursos e información entre cada uno de los nodos descritos para que exista la correcta realimentación del sistema didáctico en uso. Se consideran de especial importancia los vectores de

monitoreo, ajuste y despliegue de planeación, evaluación, materialización y ajuste de propósito.

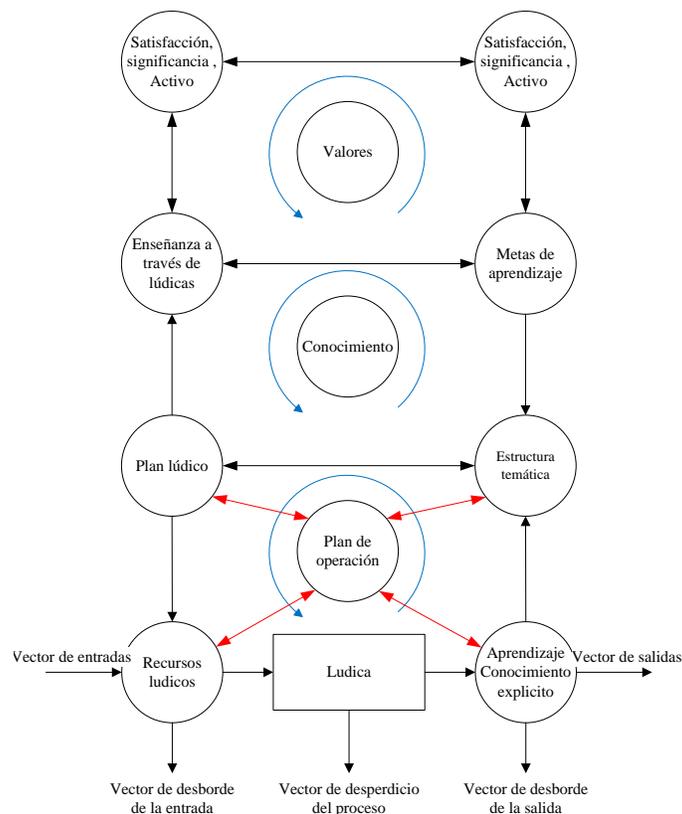


Fig. 3 Circuito de realimentación de segundo orden para la didáctica en el modelo de diseño de lúdicas. Autores

En conclusión, el modelo propuesto se inserta en el nodo de didáctica del modelo de segundo orden para el diseño de lúdicas, tal como se presenta en la figura 4, con lo cual ambos modelos conforman un modelo de tercer orden, útil para la formulación y diseño de actividades lúdicas intencionadas para el aprendizaje de temáticas en ingeniería industrial.

VI. APLICACIÓN DEL MODELO DE CIBERNÉTICA DE TERCER ORDEN EN UNA LÚDICA ACERCA DE LA LEY DE LITTLE

El modelo anteriormente presentado fue desarrollado y puesto en práctica en una sencilla actividad lúdica para la explicación de la ley de Little, la cual es el fundamento para explicar el flujo de recursos e información en las organizaciones, lo cual es de vital aprendizaje para el ingeniero industrial.

De esta manera los investigadores al diseñar la lúdica de la Ley de Little, describieron cada elemento del circuito cibernético de tercer orden para la didáctica de la siguiente manera:

- 1) **Enseñanza a través de lúdicas:** en la lúdica de la Ley de Little se contempla el propósito de uso de la

- 5) Recursos lúdicos: en este aspecto la lúdica acerca de la ley de Little, requiere de materiales unitarios de flujo, hojas blancas para la creación del formato de consignación de información, participantes con diferentes roles y una mesa para su desarrollo.
- 6) Lúdica: el procedimiento para realizar la lúdica consiste en realizar unos pasos simples descritos a continuación:
 - Paso 1, configuración de materiales: Sobre una superficie plana se establece un cuadro que representa el tanque donde se tendrá el número de unidades en el sistema (L), así como dos triángulos que representan en su orden de izquierda a derecha, las entradas de recurso y las salidas del sistema (λ) tal como se muestra en la figura 5, el tiempo de cada unidad en el sistema (W) se obtendrá por cada jugada es decir una unidad de tiempo es una jugada.

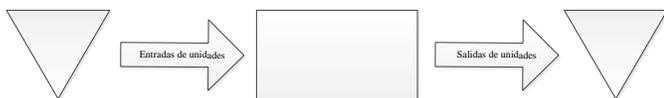


Fig. 5 Disposición de los elementos materiales en la lúdica de la Ley de Little. Autores.

- Paso 2, inicio del flujo de unidades por jugada: a través de un mecanismo de selección aleatoria se generan las primeras entradas al sistema este es el inicio de una jugada o un periodo de tiempo para el sistema, en un ejemplo se generan tres unidades tal como se muestra en la figura 6.



Fig. 6 Generación de llegadas de las unidades de flujo al inicio de una jugada en la lúdica de la Ley de Little. Autores.

- Paso 3, simulación de la transformación: en este paso las unidades que aparecen en el triángulo de entradas del sistema pasan al cuadrado, este movimiento simboliza el inicio de la transformación y por ende la conversión de estas unidades en producto en proceso (WIP) o cantidad de unidades en el sistema (L), tal como se muestra en la figura 7, en este instante se recolecta el primer dato de los observadores respecto al número de unidades que pueden ser contadas en el tanque.

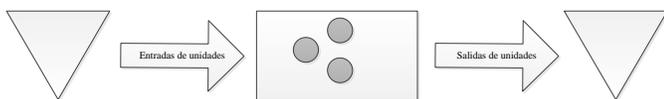


Fig. 7 Simulación de la transformación en una jugada en la lúdica de la Ley de Little. Autores.

- Paso 4, finalización de la jugada: en este paso algunas de las unidades que aparecen en el cuadro

son declaradas como terminadas, la cantidad de unidades terminadas se realiza por medio de un dispositivo aleatorio, con el cual la cantidad seleccionada pasan al triángulo de salida, representando salidas del sistema, como se presenta en la figura 8, con el ejemplo presentado en el cual tan solo una unidad avanza al lugar de terminación.



Fig. 8 Finalización de unidades en una jugada en la lúdica de la Ley de Little. Autores.

Este valor del numero de unidades que salen terminadas del sistema, se incluye en el formato diseñado para tal caso.

- Paso 5, Estimación del valor del tiempo medio de una unidad en el sistema: en este paso se realiza un cálculo sencillo para establecer el tiempo promedio de una unidad en el sistema a partir de las leyes de Little y la física de planta, mediante la deducción de W, tal como se presentó en el teorema 2 de la citada ley. Para el ejemplo, este cálculo mostraría que el tiempo medio de una unidad en el sistema es de 1/2 periodo, tal como se presenta en la ecuación (8)

$$W=L/\lambda = 1 \text{ Unidad} / 2 \text{ Unidades} \cdot \text{Periodo} = \frac{1}{2} \text{ Periodo} \quad (8)$$

Este dato se consigna en el formato conciliado y desarrollado por los observadores para tal fin, con el objeto de tener un registro de lo que sucede en cada jugada.

- Paso 6, Realimentación del valor del dato, en este paso se realiza la revisión de los cálculos realizados por los observador, con el propósito de lograr concordancia entre los valores estimados en cada jugada.
- Paso 7, Repetición de la jugada: En este paso se repite nuevamente toda la secuencia de pasos desde el primero de ellos, hasta que se considere necesario.
- Paso 8, Calculo estimaciones medias. En este paso una vez se ha realizado el ejercicio numerosas veces, se realiza el cálculo del valor medio de los parámetros capturados para cada jugada, es decir los promedios de L, W y λ , los cuales mostraran el comportamiento del sistema en estado estable o periodos largos de tiempo, tal como se supone en el teorema 1 de la ley de Little.

- 7) Aprendizaje, conocimiento explícito: este nodo muestra las competencias, conceptos, procesos, y

procedimientos aprendidos por parte de la realización de la lúdica de la Ley de Little. Este conocimiento puede ser evaluado a través de una sencilla prueba de conocimiento acerca de los conceptos que rigen el flujo de recursos en una organización. Esta prueba puede también tener un componente lúdico en su ejecución esto con el fin de reforzar el ambiente de recreación, diversión y aprendizaje a través del juego.

VII. CONCLUSIONES

- Los métodos para el diseño de lúdicas y aun mas como didácticas en ingeniería, no es posible de ser identificada en la revisión bibliográfica [16].
- El método propuesto vincula el propósito de curso o clase como indicador de aprendizaje, fenómeno del cual existen referentes en la revisión bibliográfica, pero del cual no se especifica explícitamente el cómo hacer esta articulación entre estos dos elementos, lo cual limita este aspecto a la verificación del cumplimiento del propósito de enseñanza a la simple comparación proveniente de técnicas como el diseño experimental, sin establecer un método de transmisión de información entre ambos aspectos..
- El método propuesto, realiza la presunción que de lograr un proceso de mejora en la metodología utilizada para el diseño de didácticas, se logrará un aumento en la calidad y en la cantidad de las actividades realizadas.
- El uso de la cibernética de segundo orden para el diseño de actividades lúdicas, utiliza procedimientos y técnicas científicas para el estudio y operación de organizaciones. El uso de la misma, facilita el proceso de diseño ya que a partir de la definición del propósito de la lúdica “Aprender por el placer de aprender”, se definen las metas, su proceso de evaluación y los diferentes indicadores. Adicional El circuito cibernético de tercer orden embebido (CC3DCC3), facilita el proceso de planeación al no solo relacionar la actividad didáctica con su propósito, sino también relacionar el tipo de actividad didáctica a utilizar y sus diferentes elementos.
- El modelo propuesto de diseño de lúdicas, presenta tres ciclos de realimentación de primer orden en tres niveles, dos en segundo nivel y, uno en tercer nivel lo que proporciona un sistema de control en el cual se evalúa el conocimiento desde perspectivas axiológicas, epistemológicas y ontológicas.

Finalmente, el proceso de acompañamiento al proceso de construcción de actividades pedagógicas le da la oportunidad al docente de detectar las falencias, las dificultades y las posibilidades existentes para mejorar los procesos de enseñanza, de forma tal que se tenga un proceso satisfactorio y

significativo llevando al estudiante hacia los temas que les resultan interesantes y favoreciendo el acceso a la información más adecuado a diferentes poblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. A. Nova Arevalo, W. A. Pinzón Rueda y R. Quintero, *Cibernética de tercer orden y su aplicación a la telefonía móvil*, Bogotá, Colombia, 2011.
- [2] N. A. Nova Arévalo, W. A. Pinzón Rueda y J. Meza, «Análisis de cuasirentas generadas en el mercado de la telefonía móvil celular,» *Ingeniería Solidaria*, n° 12, 2011.
- [3] J. E. Rocha González, *Modelo de gestión de conocimiento fundamentado en cibernética en la cadena productiva de cuero curtido en Bogotá D.C.*, Bogota D.C. Colombia: Universidad Distrital, 2013.
- [4] Instituto de Ingenieros Industriales, «IIE,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.iienet2.org/Default.aspx>.
- [5] R. Muther, *Distribución en Planta*, Barcelona, España: Hispano Europea, 1981.
- [6] S. Albert, «Knowledge Management: Living Up To The Hype?,» *Midrange Systems*, pp. 52 - 56, 1998.
- [7] T. Beckman, «The current state of Knowledge Management,» de *Knowledge Management Handbook*, Boca Raton, EE.UU, CRC, 1999.
- [8] W. J. Hopp y M. L. Spearman, *Factory Physics*, Long Grove; USA: Waveland Press, 2008.
- [9] J. Forrester, *Dinamica de Sistemas*, Buenos Aires: Ateneo, 1981.
- [10] J. D. Little, «A Proof for the Queuing Formula: $L=\lambda/w$,» *Operation Research*, pp. 383-387, 1961.
- [11] J. Little y S. Graves, «Little’s Law,» de *Building Intuition. Insights From Basic Operations Management. Models and Principies*, New York, USA, Springer Science+Business Media, LLC, 2008, pp. 81 - 100.
- [12] R. Muther, *Distribucion en Planta*, Madrid ; España: Hispano Europea, 1981.
- [13] R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics*, London, United Kingdom: William Cloves and Sons, Limited, London and Beccles, 1957.
- [14] C. A. Arango Londoño, J. E. Rocha González y W. A. Pinzón Rueda, «Diseño de ludicas usando circuito de cibernética de primer orden,» de *Excellence in Engineering To Enhance a Country’s Productivity*, Guayaquil, Ecuador, 2013.

- [15] F. Hillier y G. Lieberman, Introduccion a la Investigacion de Operaciones, Ciudad de Mexico; Mexico: Mc Graw Hill, 2006.
- [16] J. Heywood, Engineering Education: Research and Development in Curriculum and Instruction, Hoboken (NJ), USA: John Wily & Sons, 2005.