

**DINÁMICA DE SISTEMAS Y CAPITAL INTELECTUAL: UNA APROXIMACIÓN A
LA CADENA DE ABASTECIMIENTO**

**PEDRO FELIPE ARANA LASTRA
MARIO ANDRÉS LÓPEZ SALAMANDO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

**DINÁMICA DE SISTEMAS Y CAPITAL INTELECTUAL: UNA APROXIMACIÓN A
LA CADENA DE ABASTECIMIENTO**

**PEDRO FELIPE ARANA LASTRA
MARIO ANDRÉS LÓPEZ SALAMANDO**

**Proyecto de Grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

DIRECTOR DEL PROYECTO

Fernando Antonio Arenas, M.Sc.

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

CONTENIDO

	pág.
1. SIMULACIÓN DE CONCEPTOS DE CAPITAL INTELECTUAL Y CADENA DE ABASTECIMIENTO	1
1.1 TÍTULO.....	1
1.2 PROBLEMÁTICA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 LÍMITES Y ALCANCE	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	5
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MARCO DE REFERENCIA.....	6
3.1. ANTECEDENTES	6
3.2. MARCO TEÓRICO.....	8
3.2.1. Cadena de abastecimiento.....	8
3.2.2. Capital Intelectual.....	9
3.2.3. Visión Dinámica de Recursos.....	13
3.2.3.1. Recursos Intangibles.....	14
3.2.4. Pensamiento Sistémico	16
3.2.4.1. Dinámica de Sistemas.....	17
3.3. APORTE INTELECTUAL	19
4. METODOLOGÍA	21
4.1. ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
4.2 MARCO DE REFERENCIA	21
4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4.3.1. Definición de variables del modelo.....	22
4.3.2. Planteamiento del modelo conceptual.....	23
4.3.3. Diseño del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas	24
4.3.3.1. Diagrama de Flujos y Niveles.....	24

4.3.3.2. Formulación del Modelo de Simulación.....	24
4.3.3.3. Validación del modelo	24
4.3.3.5 Evaluación y Análisis.....	25
4.3.4. Elaboración del Simulador Gerencial	25
4.3.4. Desarrollo de una prueba piloto para el simulador	26
5. DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL MODELO	27
6. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DEL MODELO.....	28
5. MODELO EN DINÁMICA DE SISTEMAS	32
5.1. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS “WHAT-IF”	35
7.2. Diseño Experimental	38
8. DISEÑO DEL SIMULADOR DE VUELO GERENCIAL	46
8.1. Criterios de usabilidad del simulador.....	46
9. PRUEBA PILOTO DEL SIMULADOR.....	48
9.1.1 Fase de preparación:.....	48
9.1.2 Fase de realización	49
9.1.3 Fase de análisis	50
9.2. Discusión de Resultados de la Prueba Piloto.....	50
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
11. BIBLIOGRAFÍA	55
12. ANEXOS	60
ANEXO A. MATRIZ DE MARCO LÓGICO	60
ANEXO B. CRONOGRAMA	63
ANEXO C – Lista de Variables del Modelo	64
ANEXO D - Modelo 5*5*5.....	67
ANEXO E: Información Dada en la prueba piloto.....	72
ANEXO F – Cuestionario de la Prueba Piloto	74

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Evaluación de 10 modelos de capital intelectual.....	12
Tabla 2 – Clasificación de Variables del Modelo. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3 – Mejor combinación de variables de control en la simulación	44
Tabla 4 – Tabulación de los resultados de la prueba piloto	50

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1 – Estructura de la cadena de abastecimiento.....	7
Figura 2 – Corrientes de estudio del Capital Intelectual.....	10
Figura 3 - Modelo de transmisión de conocimiento.....	11
Figura 4 - Relación entre recursos intangibles y tangibles en el desempeño de la compañía.....	15
Figura 5 - Diagrama de Subsistemas.....	28
Figura 6 – Diagrama Causal.....	29
Figura 7 – Estructura de Distribución.....	32
Figura 8 - Estructura financiera.....	33
Figura 9 -Estructura de fuerza de trabajo.....	34
Figura 10 – Estructura del Capital Relacional.....	35
Figura 11 – Flujo de Caja de Fábrica Acumulado.....	36
Figura 12 – Acumulación de Capital Humano.....	36
Figura 13 – Pedidos promedio de Clientes.....	37
Figura 14 – Varianza de los Pedidos de Clientes.....	38
Figura 15 – Nivel de Servicio Acumulado para los tres distribuidores.....	38
Figura 16 – Gráficas de residuos para la variable Flujo de Caja Acumulado.....	40
Figura 17 – Gráficas de Residuos para la variable RSA.....	40
Figura 18 – Resultados ANOVA para la variable Flujo de Caja Acumulado.....	41
Figura 19 – Resultados ANOVA para la variable RSA.....	41
Figura 20 – Gráfica de interacción para RSA.....	42
Figura 21–Gráfica de interacción para el Flujo de Caja Acumulado.....	43
Figura 22 – Gráfica de Efectos Principales para Flujo de Caja Acumulado.....	43
Figura 23 –Gráfica de Efectos Principales para RSA.....	44
Figura 24 – Calificación de criterios de usabilidad del simulador.....	51
Figura 25 – Resultados de los objetivos conceptuales de la prueba piloto.....	52

1. SIMULACIÓN DE CONCEPTOS DE CAPITAL INTELECTUAL Y CADENA DE ABASTECIMIENTO

1.1 TÍTULO

Dinámica de sistemas y capital intelectual: una aproximación a la cadena de abastecimiento

1.2 PROBLEMÁTICA

Los paradigmas de la gestión de procesos de negocio han cambiado en los años, en parte porque las condiciones económicas, tecnológicas y sociales también lo han hecho. Se puede distinguir tres grandes revoluciones en la civilización distintivas en términos psicológicos, económicos y sociales que Toffler (1984) introduce como las olas agrícola, industrial y de la información. Stewart (1998), y Bernardez(2008) presentan la gestión del conocimiento como el paradigma actual del management en la era de la información, que sustituye e integra los viejos paradigmas.

Lo anterior significa que en una economía propia de la era de la información, los recursos naturales y la fuerza humana no son las fuentes de riqueza, sino el conocimiento y las comunicaciones. Esto se evidencia en las diferencias presentadas entre el valor real de mercado de una empresa y el valor financiero reflejado en los libros de contabilidad.

Dicha divergencia se le atribuye a los activos intangibles de la empresa, es decir a los activos valorados en cero en el balance general de la compañía. La diferencia positiva entre el valor del mercado y el valor manifestado en los libros, es lo que en este proyecto de investigación llamaremos como Capital Intelectual (CI).

A pesar de que la academia y la industria han demostrado alto interés en la implementación del capital intelectual en su modelo de negocio y sus formas de medición, existe un vacío conceptual entre las relaciones del CI y las operaciones de la cadena de abastecimiento (CA) internas de la empresa.

Una revisión a los contenidos curriculares de las materias de *Logística y Logística y Distribución Internacional*, *Pensamiento Sistémico* y *Dinámica de Sistemas* ofrecidas por el departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi, permite evidenciar que el estudiante es expuesto al concepto de acumulación de valor en la Cadena de Abastecimiento de manera pasiva. Es decir que el estudiante aprende cómo las decisiones tomadas en la CA afectan directamente los activos corrientes de la compañía (inventarios y capacidad) y en general los costos logísticos, pero no es claro, a pesar de la teoría enseñada, cómo dichas decisiones generan valor para la compañía, y eso en parte se debe a la carencia de una herramienta pedagógica que ayude a los estudiantes a entender estos conceptos.

Dinámica de Sistemas (DS) nace de teorías de dinámica no-lineal, realimentación y control, desarrollados en los campos de ingeniería, matemática y física. Así resulta una herramienta útil para desarrollar y mejorar el entendimiento y aprendizaje de sistemas complejos. DS permite manifestar comportamientos contra-intuitivos en el sistema que se dan por el diseño e implementación de políticas. Así mismo estos modelos computarizados han sido utilizados para la elaboración de simuladores de vuelo gerencial que permite a los usuarios aproximarse a los posibles impactos de una intervención en el sistema.

Para poder ayudar a la comprensión de un tema que implica complejidad dinámica, se plantea en este proyecto la elaboración de un simulador de vuelo gerencial a través de Dinámica de Sistemas, como una herramienta pedagógica que facilite el aprendizaje de conceptos logísticos y financieros de una empresa manufacturera bajo un modelo de capital intelectual para la consecución del valor real de la compañía.

Este proyecto pretende, a través de una simulación por Dinámica de Sistemas, que describe una estructura genérica de cadena de abastecimiento, ofrecer una herramienta para toma de decisiones a la comunidad Icesi, que establezca la influencia que ejercen las decisiones de gestión de la CA sobre la acumulación de valor de la empresa, representada en indicadores tanto financieros como de

capital intelectual; y así facilitar el aprendizaje de dichos conceptos en las clases ofrecidas por el departamento de Ingeniería Industrial de la universidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El modelo de simulación en Dinámica de Sistemas y el posterior simulador de vuelo gerencial que se elaborará en este proyecto, podrán aportar al proceso de aprendizaje de los estudiantes de pregrado y postgrado en los cursos formales de operaciones, logística y finanzas de la Universidad Icesi, otorgando una perspectiva sistémica de la cadena de abastecimiento. Los profesores podrán usar el simulador de manera didáctica para enseñar la naturaleza de un sistema empresarial y valerse de los cambios en los parámetros para la creación de escenarios que ilustren la influencia de las decisiones tomadas en la cadena de abastecimiento en la acumulación de valor de la empresa, por medio del cual los estudiantes podrán no sólo ver como sus decisiones afectan operacionalmente la empresa, sino también como impactan el valor generado por estas.

Para la Ingeniería Industrial este proyecto es de gran interés, ya que no sólo relaciona conceptos operacionales y financieros, sino que también enmarca la importancia de una visión sistémica para generar análisis profundos que permitan el entendimiento de la organización como un todo y a su vez el establecimiento de procesos de toma de decisiones que conlleven a la acumulación tanto de activos tangibles como intangibles. Con lo anterior se asegura la interdisciplinaridad y el desarrollo de diferentes competencias necesarias tanto para los autores como para los futuros usuarios del simulador.

El desarrollo del simulador también implica para los autores una consolidación de conocimientos adquiridos en toda la carrera sobre operaciones, logística, finanzas, simulación y otros tantos cursos que de manera integral permiten el desarrollo de un modelo sistémico de tal complejidad.

1.4 LÍMITES Y ALCANCE

Hay que considerar como limitación del proyecto que la cadena de abastecimiento a modelar es genérica, y una aplicación a una situación real requeriría una revisión

de la estructura y parámetros del modelo de acuerdo con la situación bajo estudio. Sin embargo, se busca que el modelo tenga una consistencia desde el punto de vista conceptual y lógico. Además se limita a las dinámicas internas de la organización sin tener en cuenta las decisiones de los proveedores y las variables relacionadas con el mercado. En este caso se hará referencia a lo largo de este proyecto a los procesos de cadena de abastecimiento interna, refiriéndose a los procesos de abastecimiento, producción y distribución de la empresa.

Las relaciones que se plantean en el modelo son hechas a partir de lo encontrado en la literatura y los referentes empíricos que se encontraron. Sin embargo, dado el vacío conceptual encontrado en la literatura, se realizaron suposiciones en los parámetros cuando no se encontró referentes empíricos. El simulador de vuelo fue construido a partir del modelo obtenido, por lo tanto el impacto de las decisiones que se tomen al desarrollar la prueba piloto con estudiantes estuvo limitado a las relaciones construidas en el modelo conceptual y a las obtenidas por la interacción de las variables simuladas.

El desarrollo del proyecto de investigación se realizó durante dos semestres académicos en el año 2011, donde la primera parte se destinó a la revisión y análisis de la literatura disponible para la elaboración de mapas causales y relaciones pertinentes entre los ejes temáticos, mientras que la segunda parte se dedicó a la construcción del modelo, que una vez validado sirvió de insumo para la elaboración del simulador de vuelo gerencial que a su vez fue probado a través de una prueba piloto con estudiantes de la Maestría en Ingeniería industrial de la Universidad Icesi.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al desarrollo de una visión académica de la cadena de abastecimiento basada en la generación y acumulación de valor.

2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Elaborar un simulador gerencial que ayude a los estudiantes en la comprensión de los conceptos de generación y acumulación de valor en la cadena de abastecimiento

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las variables de decisión del modelo
- Plantear el modelo conceptual del sistema
- Diseñar un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas basado en el modelo conceptual
- Elaborar el simulador de vuelo gerencial
- Desarrollar una prueba piloto del simulador

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. ANTECEDENTES

Mientras que algunos autores se han limitado a estudiar la relación entre el trabajo con sistemas que generan ventaja competitiva en la Cadena de Abastecimiento, como por ejemplo Disney & Towill (2003) al estudiar las relaciones entre sistemas colaborativos y la atenuación del efecto látigo, otros pocos han extendido el estudio de estos sistemas sobre los costos de inventario y el servicio final al cliente. Arenas (2009), con la intención de profundizar en las aplicaciones de Dinámica de Sistemas aplicadas a las finanzas, elaboró un modelo que integraba aspectos operativos y financieros de una PYME manufacturera colombiana. Sin embargo, no era el propósito principal del modelo el análisis exhaustivo de dichas relaciones.

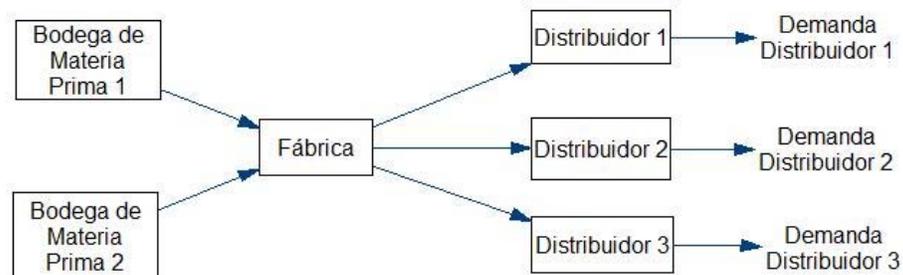
Arenas presentó de nuevo en el año 2010 un modelo genérico de una cadena de abastecimiento interna de una compañía contemplada en dos bodegas de materia prima, una línea de producción y tres distribuidores. Esta cadena representaba de manera genérica los procesos de producción, abastecimiento y distribución de una empresa manufacturera de cables. El modelo en dinámica de sistemas pretendía establecer las influencias que ejercen dos características de un modelo colaborativo en cadenas de abastecimiento: el compartir información de la demanda final y el establecimiento de políticas de inventario por parte del proveedor, tanto sobre el efecto látigo como en el desempeño financiero expresado por el flujo de caja y el retorno sobre activos.

El modelo de Arenas a través de un diseño experimental, probó una relación entre el acceso a la información de la demanda (POS) y el desempeño financiero medido en términos de Flujo de Caja Acumulado y Retorno Sobre Activos, así como una incidencia sobre el efecto látigo. También mostró que las políticas de inventarios de los distribuidores, entendiéndolas como el manejo del inventario del proveedor en cadenas de abastecimiento con modelos colaborativos tenía influencia tanto sobre los indicadores operacionales como financieros.

Esta investigación toma como referente el trabajo mencionado, para ajustar el modelo al cumplimiento del objetivo del proyecto, al incorporar un sub-modelo de capital intelectual y realizar ajustes a algunas partes del modelo que se necesiten.

La modelación se realizó a través de la metodología sugerida por Sterman (2000) para la simulación a través de Dinámica de Sistemas y el componente de Capital Intelectual en los trabajos de Bontis (2001, 2002) y Dierrickx y Cool (1989)

Figura 1 – Estructura de la cadena de abastecimiento.



Fuente: Arenas (2010)

Por otra parte, sobre el diseño de simuladores de vuelo gerenciales, John Dewey en su obra “Education and Experience” se convirtió en el motor intelectual del uso de los simuladores computarizados, al argumentar la poca pertinencia del exceso de teoría en los procesos educativos en las universidades. La primera simulación gerencial fue auspiciada por la American Management Association en 1957. El número de simuladores disponibles ha ido aumentando pasando de 100 en 1964, 180 en 1969 (año en que se publicó la primera colección de simuladores computarizados), 480 en 1974, hasta hoy donde esa cifra se ha multiplicado exponencialmente.

La complejidad de simulaciones ha ido aumentando con el tiempo. La simulación más compleja registrada es del Ejercicio Ace de la Organización del Atlántico Norte en 1989 en la que participaron tomando decisiones más de 3000 comandantes durante 11 días seguidos. Hacia 1996 una encuesta realizada por Anthony J. Faria encontró que en USA 11368 instructores universitarios usaban simuladores en sus cátedras y 7808 empresas lo usaban para capacitar su personal.

En América Latina la primera universidad en incluir en su modelo pedagógico los simuladores gerenciales fue el Instituto Tecnológico de Monterrey. Posteriormente los mayores desarrollos en el campo de actualización y creación de simuladores se han concentrado en México, Londres y Perú.

El grupo de investigación INNOVATIC de la Universidad Autónoma de Madrid publicó en 2009 un documento titulado “Innovación en metodologías docentes con Simuladores de Gestión empresarial, Aplicación práctica en las enseñanzas de Grado”, en el cual evaluaban las diferentes metodologías de enseñanza utilizadas con simuladores partiendo desde su modo de usabilidad: Presencial, Semi-presencial y a distancia; y finalmente ofreciendo los criterios que se deben tener en cuenta en el diseño de la metodología pedagógica del uso del simulador:

1. Objetivos de aprendizaje
2. Planificación temporal
3. Tamaño del grupo
4. Recursos Necesarios
5. Rol del Profesor
6. Rol del Estudiante
7. Criterio de evaluación

En particular, el trabajo de INNOVATIC se caracteriza por su amplitud en la aplicación de su metodología, incluyendo los simuladores realizados utilizando Dinámica de Sistemas.

3.2. MARCO TEÓRICO

3.2.1. Cadena de abastecimiento

Desde hace unos años el énfasis administrativo en la organización logística cambió de un enfoque funcional a un enfoque en los procesos, y trabaja para lograr una alineación estratégica de estos procesos con la demanda de los clientes, a través de la creación de valor logístico. Todo este cambio se ha generado como parte importante de la ventaja competitiva que pueden proveer las Cadenas de Abastecimiento(SC) (Bowersox, et al., 2007 pg. 357). Es por esta razón que aparecen desafíos para los administradores de las cadenas de suministro, en cuanto a qué prácticas adoptar o desarrollar para lograr optimizar los procesos logísticos, minimizando costos y mejorando la capacidad de respuesta de SC, cumpliendo las metas de servicio al cliente establecidas.

La Cadena de Abastecimiento es una red de entidades (empresas, instituciones e individuos) cuyo objetivo común es satisfacer la demanda del cliente, mediante el flujo continuo de bienes y servicios, información y dinero desde los proveedores de los proveedores hasta el consumidor final. Una SC es una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y entre diferentes etapas y se combinan para satisfacer la necesidad que tiene el cliente de un producto. Chopra y

Meindl(2008). En resumen, podemos definir que la SC es la integración de los procesos clave de los negocios, desde el proveedor del proveedor hasta el consumidor final, con el objetivo de optimizar los flujos de productos, servicios e información para agregar valor a los stakeholders.

Aunque la medición del desempeño es una actividad fundamental en la Administración de la Cadena de Abastecimiento, existen carencias en las medidas de la operación del día a día y el desempeño financiero de la compañía. Por un lado, las métricas financieras parecen inadecuadas en medir el desempeño de la cadena de abastecimiento (CA) porque no poseen una visión hacia adelante y no suelen estar atadas a la efectividad operativa. Por otro lado, las métricas en CA suelen estar fragmentadas y desligadas del desempeño financiero (Camerinelli, 2006). La gerencia mide la compañía en términos de capital de trabajo y flujo de caja, mientras que operaciones la mide en términos de throughput, fillrates, trabajo en proceso, eficiencia de producción y rotación de inventario. Esta fragmentación de los indicadores hace parte de una aproximación reduccionista presente en muchas organizaciones y conlleva a que en la solución de problemas se traten como exógenos o ignoren aquellos aspectos de la solución que los decisores consideran irrelevantes. (Arenas 2004). El desafío es proveer una traducción entre los resultados de la operación y las métricas financieras: alinear el flujo de materiales y de información con el flujo de dinero (Camerinelli, 2008).

Aún más precaria es la aproximación entre métricas financieras tradicionales, de intangibles y logísticas. Mucho se ha escrito sobre el impacto positivo de la administración del conocimiento en la generación de ventaja competitiva para las Cadenas de Abastecimiento, pero la revisión de literatura se limita a estudios empíricos y transversales (Capó-Vicedo et al. 2005, Capó-Vicedo et al. 2005, Laftha et al. 2007, Sambasivan et al. 2009, Halley y Beaulieu, 2005)

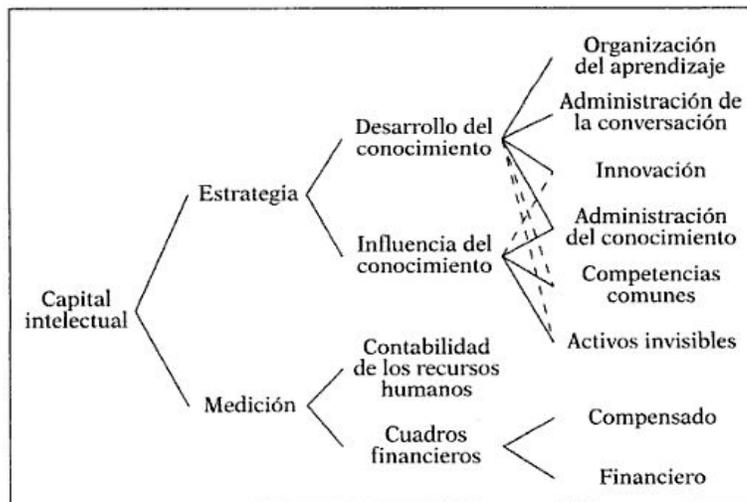
3.2.2. Capital Intelectual

El creciente interés académico por el conocimiento en las organizaciones nace del interés organizativo por el mismo como recurso para el éxito, que se da en un contexto híper-competitivo y globalizado donde son altas las presiones por la innovación y la realineación de las actividades relacionadas. (Krogh, G. y Grand, S., 2000). En este contexto nace una nueva economía donde las fuentes de riqueza son el conocimiento y las comunicaciones. En esta economía, el capital intelectual asume un rol de gran importancia (Stewart, 1998).

Los términos de capital intelectual, activos intangibles y activos de conocimiento han sido ampliamente utilizados en la literatura con significados muy similares y a veces indistintos. (Lev, 2001) En este trabajo no se diferenciará uno del otro. Se acepta la definición dada por el proyecto Intellect de Euroforum para el capital intelectual: “Conjunto de activos de una empresa, que pese a no estar reflejados en los estados financieros tradicionales, generan o generarán valor en el futuro para la misma”¹

Las raíces del capital intelectual se pueden trazar a dos grandes ramas: La estratégica y la de medición. Por un lado la corriente estratégica buscaba la creación y el uso del conocimiento y su relación con la creación de valor. Mientras que la corriente de medición buscaba medir los datos no financieros para incorporarlos en los estados financieros tradicionales. (Roos, 1997)

Figura 2 – Corrientes de estudio del Capital Intelectual



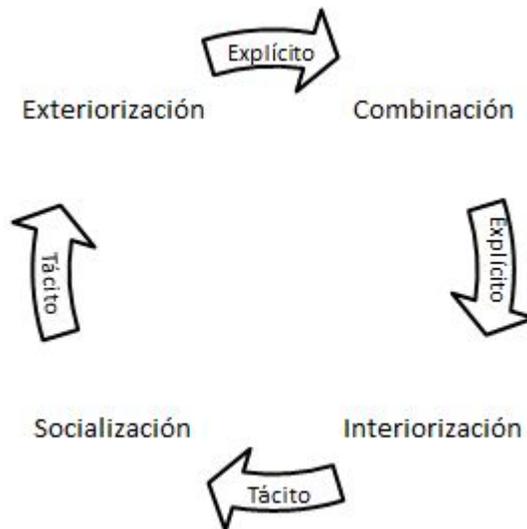
Fuente: Roos et al. (1997)

En general una compañía puede generar conocimiento de dos formas: comprándolo o desarrollándolo internamente. La compra de conocimiento se refiere a la adquisición de los recursos de los humanos, patentes u otras compañías. El desarrollo interno implica inversión en métodos y activos intangibles que generen conocimiento. En este último el aporte de Nonaka y Takeuchi (1995)

¹Euroforum (1998): Medición del capital Intelectual. Modelo Intellect. Euroforum, Madrid. Disponible en internet: http://gestiondelconocimiento.com/modelo_modelo_intelec.htm

es de los más relevantes en la literatura encontrada. La generación del conocimiento se da en dos espirales de contenido epistemológico y ontológico, procesos de interacción entre conocimiento tácito y explícito de naturaleza dinámica y continua.

Figura 3 - Modelo de transmisión de conocimiento



Fuente: Nonaka y Takeuchi (1995)

Por otro lado la corriente de medición del conocimiento va dirigida a entender qué datos necesita la administración para su estrategia, cómo se generan esos datos y cómo se regulan sus flujos. Kaplan y Norton (2000) en el Balanced Score Card sugieren la creación de un cuadro de resultados fijándose en medidas financieras, de clientela, internas y de crecimiento para mantener un balance entre el presente y el futuro. El problema radica en escoger las medidas adecuadas. (Roos et al., 1997)

Kaplan y Norton (2004) también aportan significativamente las diferencias entre el valor agregado por los activos intangibles de los tangibles. Por un lado la creación de valor es indirecta, se da por relaciones causa-efecto que impactan a mediano o largo plazo un tangible. La creación de valor también es contextual en tanto el intangible no genera valor mientras no esté alineado con la estrategia de la compañía, lo que implica también que el valor es potencial en tanto no se puede estimar el valor que generará basado en el costo de la inversión. Por último los

activos intangibles están agrupados, generando valor cuando están relacionados entre sí o con otros tangibles.

A pesar de todo, el modelo de BSC de Kaplan y Norton poco aporta sobre la medición del capital intelectual. En un estudio de Herman A. van den Berg (2005) señala 10 métodos de medición del Capital Intelectual: EconomicAddedValue (EVA), MarketValueAdded (MVA), Tobin's Q Ratio, BalancedScorecard (BSC), Navegador de Skandia, IC-Index, IC Audit, Intangible Asset Monitor, Real OptionTheory y Citation-weightedpatents. Para cada modelo de medición van den Berg los clasificó en la forma en la que obtienen la información para calcular el valor de CI, en la identificación de flujos y niveles de la teoría de dinámica de Sistemas y su Dirección Causal en cuanto a si se enfoca a la creación de valor (causa) o a la valoración (Efecto). El resumen de su investigación se presenta en la tabla 1:

Tabla 1. Evaluación de 10 modelos de capital intelectual

MODELO	Orientación Temporal		Dinámica de Sistemas		Dirección Causal	
	Histórico	Futuro	Niveles	Flujos	Causa	Efecto
EVA	X		X			
MVA	X		X			
Tobin's Q	X		X			
BSC	X		Pueden incluirse	Pueden Incluirse	Carece de evidencia	X
Skandia	X		En su mayoría	Algunos Incluidos	Carece de evidencia	X
IC-INDEX	X		En su mayoría	Algunos incluidos	Carece de evidencia	X
IC AUDIT	X		En su mayoría	Algunos Incluidos	Carece de evidencia	X
IAM	X		En su mayoría	Algunos Incluidos	Carece de evidencia	X
Real Op.		X	Ambos	Ambos		
CWP	X		X		X	

Fuente: van den Berg (2005)

De su investigación resalta la identificación de la capacidad del modelo de incorporar flujos y niveles para su modelación en dinámica de sistemas y su orientación temporal para la simulación.

Skandia fue la primera gran compañía en hacer un esfuerzo por medir su capital intelectual. Edvinsson y Malone (1999) los arquitectos detrás del llamado Navegador, desarrollaron un holístico y dinámico modelo con cinco áreas foco: Financiera, Clientes, Procesos, Renovación y Desarrollo y Capital Humano. Para Skandia el capital intelectual era la suma del Capital Humano y el Capital Estructural, donde el primero es la combinación de habilidades, innovaciones y capacidades de los empleados de la compañía. Mientras que el segundo se refería a todo aquello que soporta la productividad de los empleados (software, hardware, patentes, estructura organizacional etc.) El navegador posee 112 indicadores que permiten medir el capital intelectual de la compañía. Sin embargo, como lo señala Bontis (2001) cada compañía necesita una indagación propia sobre qué indicadores son pertinentes y no resulta válido transferirlo a cualquier otra compañía.

El IC-Index propuesto por Roos en 1997 para Skandia es un indicador que según los autores permite monitorear la dinámica del capital intelectual. El IC-Index está basado en un contexto muy específico y al igual que el navegador la transferencia a otra compañía es de poca validez sin una reestructuración.

3.2.3. Visión Dinámica de Recursos

Los recursos son niveles de factores importantes que una organización posee o tiene acceso confiable a ellos para poder funcionar. La visión basada en recursos (RBV por sus siglas en inglés) entiende a la organización como una compilación de recursos útiles que soportan su ventaja competitiva. (Wernefelt, 1984) Existen recursos “duros” como las instalaciones, el dinero, los productos y los clientes. Y también recursos “blandos” o intangibles, como la calidad del producto, el talento humano y las relaciones con los proveedores, que contribuyen significativamente a la estrategia pero no son capturados por los reportes financieros (Edvinsson, L. 1999; Warren, K. 2004)

De acuerdo con la RBV, la utilidad de la compañía en cierto momento dependerá de los recursos tangibles que posea. Sin embargo, esto no es más que una instantánea en el tiempo y es fútil considerar que los intangibles no desempeñen

un rol importante en el desempeño de la organización. Además es determinante entender el comportamiento en el tiempo del desempeño de la compañía, para poder explicar cómo cada recurso cambia en el tiempo y cómo se relaciona entre ellos. La ventaja sostenible de la compañía radicarán entonces en su capacidad de reponer los recursos antes de que estos se deprecien (Warren, K. 1999; Morecroft, J. 1998, Dierickx, I. y Cool, K., 1989) Esta aproximación sistémica de la VBR, se le conoce como Visión Dinámica de Recursos (DRV, por sus siglas en inglés).

Bajo la óptica de DRV, los nuevos recursos fluyen hacia nivel actual de lo que se posee acumulándose, o se agotan o deprecian en el tiempo. Es decir que no hay forma de medir el desempeño de la organización en un punto en la línea del tiempo sin entender las pérdidas y ganancias de los recursos en la historia. Así mismo, la estimación confiable de la rentabilidad de la compañía en el futuro dependerá en gran medida de las estimaciones de pérdidas y ganancias de los recursos. (Warren, 1999) Entonces, el desempeño estratégico de la compañía está afectado por las decisiones que se tomen e impacten el flujo de recursos.

3.2.3.1. Recursos Intangibles

La literatura atribuye a los activos intangibles de una compañía la diferencia entre el valor del mercado y el valor contable cuando el primero es mayor. Y la academia se ha extendido tratando de medir el valor de los factores intangibles de la empresa (Edvinsson, L., 1999; Mariano, L., 2008; Stewart, T., 1998; Nevado, D. y López, V. 2000; Roos, J. et al., 1997). Sin embargo no tiene sentido asignarles un valor en dinero si no se contempla el “todo” de la empresa. El valor total de la empresa puede ser atribuido a la suma de diferentes factores, tanto tangibles como intangibles, sin embargo resulta lógico que la carencia de más de uno resultaría en la pérdida o inoperabilidad del negocio. No son los componentes, sino el sistema el que agrega valor (Warren, k., 2004)

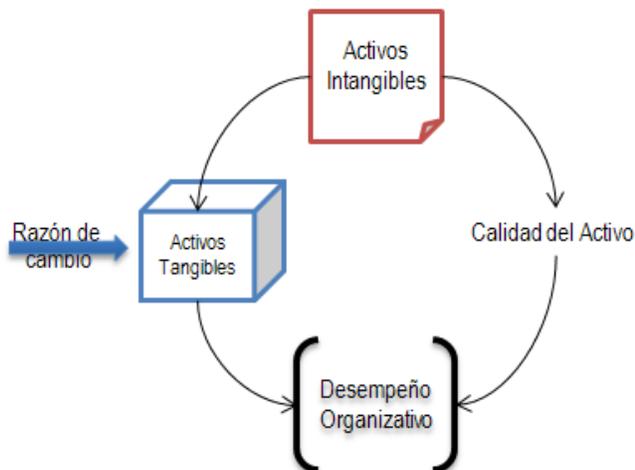
Si los activos intangibles representan un valor en la creación de ventaja competitiva para la compañía, y como tal la sostenibilidad de la organización depende de su habilidad para retener el valor del activo. Sobre el tema, Dierickx (1989) identifica el comportamiento de los activos intangibles para poder realizar su debido control:

Des-economías por compresión del tiempo: En la teoría de inversión de capital, se presenta una ley de retornos disminuidos, o des-economías, cuando se realiza la

inyección de capital respecto a una variable tiempo. En general, las inyecciones de capital generan mayor valor cuando se realizan en largos periodos de tiempo en contraste con realizar una mayor inyección de capital en un menor periodo de tiempo.

Interconexión de activos: Muchos intangibles tienen un activo tangible asociado al que impactan, y ambos son de igual importancia. Para conocer el valor futuro de la compañía se necesita entender el posible comportamiento futuro de los recursos, lo que implica conocer la razón a la que cambian y las causas que lo provoquen. Sin embargo esta información no la contiene los estados financieros. Entender los recursos intangibles resulta importante porque impactan directamente sobre los recursos tangibles. (Figura 4)

Figura 4 - Relación entre recursos intangibles y tangibles en el desempeño de la compañía



Fuente: Warren (2004)

Erosión de activos: Los activos tangibles de la compañía son sostenibles por un periodo de tiempo pero expiran o se deprecian. Los activos intangibles también se deprecian, pero a diferencia de los primeros, pueden reponerse. La ventaja sostenible de una compañía ocurre cuando posee recursos superiores, aquellos que se reponen más rápido de lo que se deprecian. (Morecroft. J., 1998)

Ambigüedad Causal: En general los activos intangibles se comportan de manera determinística y continua, aunque esto depende en gran parte del contexto industrial al que aplique. Por ejemplo, la inyección de capital en I+D en el sector farmacéutico es mejor descrito como estocástica y discontinua. La naturaleza

estocástica del proceso de acumulación del activo se genera de la insuficiencia de la compañía en identificar variables relevantes en la generación de valor y en su inhabilidad de controlarlas.

3.2.4. Pensamiento Sistémico

Un sistema es un conjunto de cosas o partes que interactúan entre sí y forman un todo unitario, y que además se conjugan para un determinado objetivo. La premisa de la teoría general de sistemas, es que los esfuerzos conjuntos de éstas partes darán un resultado (output) mayor que la suma de los esfuerzos individuales. La teoría general de sistemas pretende estudiar no solo las partes y procesos aislados, sino también entender el orden que los unifica y las relaciones dinámicas que existen entre las entidades que forman el sistema.

El pensamiento sistémico nace como una respuesta evidente a la necesidad de ver la realidad en términos de totalidades. La diferencia más importante es el cambio entre una perspectiva lineal a una circular. Del pensamiento sistémico destacan dos grandes propiedades de los sistemas: La emergencia y el apalancamiento. Garciandía (2007) explica como la organización, la unidad global y las cualidades de un sistema son emergencias del mismo. Es decir que dichos aspectos se dan como un fenómeno superaditivo donde “en la síntesis se articulan los componentes que al unirse generan algo diferente a lo que son por separado”. De la misma forma se podría articular todo lo contrario, que la dinámica del sistema no permita que emerjan cualidades y propiedades diferentes, sino que se constriñan o agazapen; lo que implicaría que el “todo” es menor que la suma de las partes. El principio de apalancamiento establece que existen puntos donde los cambios estructurales pueden conducir a mejoras significativas y duraderas. Implica que el detectar y actuar sobre estos puntos de apalancamiento permite obtener mejores resultados con menor esfuerzo.

El mirar las relaciones de manera circular y causal, implica realimentación (feedback) en los estados particulares de las entidades porque todas tienen relación con todas. Por eso el pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis como en los resultados y conclusiones. Senge (1990) plantea que “cuanto más complejo es el sistema, más alejados estarán la causa y el efecto entre sí, tanto en el espacio como en el tiempo...”

3.2.4.1. Dinámica de Sistemas

Entre los años 50 y 60 nació la dinámica de sistemas (SD) como una metodología para mejorar el entendimiento y aprendizaje de sistemas complejos, usualmente usando modelos computarizados que tienen como bondad mostrar la dinámica de las interacciones entre el sistema. Los modelos de SD son usados desde simuladores de vuelo gerenciales (Management Flight Simulator) hasta modelos de la dinámica de enfermedades pandémicas.

Los modelos de SD se articulan bajo dos tipos de variables: las de nivel y flujo. Las variables de nivel (stocks) representan un atributo del sistema que corresponde a un proceso de acumulación. Ejemplos de estas variables son la población y el capital. Los niveles son afectados principalmente por flujos de entrada y salida, que representan el cambio que sufre determinada magnitud por unidad de tiempo. Ejemplo de estas variables son los nacimientos, muertes, ingresos y egresos. Finalmente los modelos contemplan variables auxiliares, que son pasos intermedios entre los niveles y flujos; y variables exógenas que afectan el sistema pero que no son afectadas por ninguna otra variable.

La creación de modelos matemáticos en SD se basa en teorías de dinámica no-lineal y control de realimentación, desarrollados en campos de ingeniería, matemática y física. Pero SD también aplica al comportamiento humano, extendiendo su campo de acción a psicología social y cognitiva, economía y otras ciencias sociales.

Los modelos sociales estudiados en dinámica de sistemas arrojaron resultados significativos sobre el comportamiento de los individuos en un sistema. Forrester(1971) denota una generalidad sobre estos sistemas conocida como el comportamiento contra-intuitivo de los sistemas sociales, o la ley de las consecuencias no intencionales. Particularmente, tres de estos comportamientos contra-intuitivos son esencialmente peligrosos. Primero, afirma que los sistemas sociales son inherentemente resistentes a la mayoría de cambios en las políticas que afectan el comportamiento del sistema. Segundo, existen puntos específicos donde el sistema es más sensible al cambio; pero también es más probable que los individuos identifiquen políticas muy influyentes en estos puntos y mal direccionen el cambio del sistema. Y por último, los sistemas sociales muestran gran conflicto entre las políticas de corto y largo plazo, siendo más aceptantes con la segunda opción.

La dinámica de sistemas permite conocer la reacción a mediano y largo plazo de la implementación de políticas en el sistema, y mitigar el riesgo de su implementación. Por eso las organizaciones, entendidas como sistemas sociales que interactúan con otros sistemas (también sociales), se han beneficiado de la oportunidad de simular cambios en las políticas administrativas que, de otra forma, podrían significar deterioro en la consecución del objetivo (la meta) del sistema. (Sterman, 2000)

3.2.5 Simulador Gerencial

Un simulador gerencial es una herramienta pedagógica basada en diferentes escenarios virtuales por medio de los cuales se busca recrear situaciones competitivas similares a las que los gerentes se enfrentan en su día a día, de esta manera, al ser utilizada por los estudiantes, estos van a tener la capacidad de evidenciar como las decisiones que puedan tomar van a afectar no sólo al área de su competencia, sino a toda la compañía en general. De lo anterior se desprende que el principal objetivo de estos simuladores es fortalecer las habilidades de dirección y de toma de decisiones, como también presentar una manera de relacionar los conceptos teóricos de la administración de una empresa con los aspectos prácticos del accionar normal del diario vivir.

Los simuladores gerenciales se pueden clasificar en:

- **Generales:** cuando están orientados a mostrar el uso de las estrategias a nivel de negocios y las principales decisiones que debe tomar la dirección general de una empresa.
- **Específicos:** cuando están enfocados a simular las actividades de un área específica de una empresa como marketing, finanzas y producción.

Esta clasificación permite establecer que mientras en los simuladores generales se busca es que las variables seleccionadas para el desarrollo del modelo previo representen una estructura sistémica que interrelacione las principales áreas involucradas en los escenarios a plantear, los específicos están más orientados a manejar cifras, comportamientos estadísticos altamente detallados y a manejar relaciones de procesos internos sin tener en cuenta las incidencias hacia el

exterior. Esto no significa que uno sea mejor que otro, la diferencia radica simplemente en la limitación del impacto de la decisión a tomar, aclarando que los diferentes estudios alrededor de la problemática plantean que el proceso de enseñanza basado en simulación debe primero arrancar por decisiones de tipo local para así poder entender posteriormente las que implican un contexto globalizado de la compañía.

Las principales ventajas del uso de simuladores en centros educativos y en las empresas en procesos de capacitación son:

- Evaluación en tiempo real de la técnica utilizada para implementar estrategias de negocio, por lo cual permite mejorarla eficientemente.
 - Reconocer el impacto que las decisiones en áreas funcionales tienen sobre el desempeño de la compañía.
 - Desarrollar habilidades para el trabajo en equipo y la creación de equipos interdisciplinarios.
- Documentar, evaluar y sobretodo mejorar la calidad de los procesos de toma de decisiones en etapas tempranas de la formación profesional

3.3. APOORTE INTELECTUAL

Este proyecto busca crear un simulador empresarial para mejorar el proceso de tomas de decisiones en la cadena de abastecimiento en relación con la acumulación de valor de la compañía. Por una parte existe el interés como Ingenieros Industriales de administrar la Cadena de Abastecimiento de manera efectiva para la generación de ventaja competitiva de la compañía. Para esto es necesario poder medir el impacto financiero que tienen las decisiones que se tomen en CA. Diferentes autores en la literatura encontrada, han abordado el tema aprobando la importancia de una métrica común entre finanzas y CA, y se han señalado relaciones entre ambas.

Por otro lado se ve intensificado la curiosidad intelectual y el interés empresarial por la gestión del conocimiento. Desde la sociología hasta la economía se ha estudiado el cambio paradigmático de la sociedad y del mundo empresarial en torno a la importancia que ha tomado el conocimiento, la información y las comunicaciones en la economía mundial (Senge, P. 2000; Bernardez, M. 2008; Capó-Vicedo J. 2005, Nonaka, I y Takeuch, H. 1995). Aún más relevante para este

proyecto ha sido encontrar literatura que demuestra la relación positiva entre una Cadena de Abastecimiento con Gestión del Conocimiento y la ventaja competitiva de las organizaciones (Capó-Vicedo, J. 2005, 2007; Halley, A y Beaulieu, M. 2005;.Laftha, Z et al. 2007) Aunque muchos de estos estudios se han enfocado en lo que autores han llamado como “LearningSupplyChain” o Cadena de Abastecimiento que aprende, enfocándose a una aproximación blanda del tema y haciendo estudios empíricos al respecto. Por otro lado se ha demostrado que los activos intangibles repercuten en la creación de valor de la compañía. (Kaplan, R. y Norton, D. 2000, 2004; Doman, A. et al. 2000; Roos, J. et al. 1997; Stewart, T. 1998)

No se encontró literatura que vincule los estudios de medidas de los activos intangibles con la Gestión de la Cadena de Abastecimiento. Sin embargo los autores consideran que el vínculo entre ambas está en la Visión Dinámica de Recursos (DRV). La teoría encontrada y las experiencias empíricas relacionan los activos intangibles y tangibles con el desempeño de la organización. Algunos autores como Kaplan y Norton (2004) extienden dichas relaciones fuera del ámbito financiero y encuentran vínculos con la operación de la compañía. DRV se extiende en la importancia en la importancia de entender el comportamiento en el tiempo de los recursos intangibles y tangibles para predecir el comportamiento del valor de la empresa, así como la importancia en tratarlo todo como un sistema y no como entidades separadas (Warren, K. 1999, 2000, 2004, 2005; Wernefelt, B. 1984). Arenas (2010) ha aportado gran parte del trabajo mapeando las relaciones entre CA y los indicadores financieros. El valor de este proyecto está en identificar las relaciones faltantes entre ambos conceptos y los activos intangibles.

Dinámica de Sistemas es la herramienta más apropiada para lograr el cometido del proyecto, especialmente desde el punto de vista teórico de DRV con el que se aproxima a la creación de valor. DS resulta bastante apropiado para modelar las relaciones por medio de diagramas causales, entender el comportamiento en el tiempo por medio de la simulación y proporcionar una herramienta pedagógica para la mejora de toma de decisiones por medio de la construcción de un simulador gerencial que es objetivo del proyecto (Stermann, J. 2000. Papageorgiu, K y Abrosimova, K. 2007). Las tres cosas son posibles por medio del software iThink.

4. METODOLOGÍA

Se presenta la estrategia metodológica adoptada para elaboración del proyecto en cada una de sus fases que permita y asegure la culminación de cada objetivo específico y por ende del objetivo del proyecto y el objetivo general, asegurando una estructura coherente y sistemática. Siendo este un proyecto de Simulación basada en Dinámica de Sistemas, la metodología empleada está elaborada a partir de los marcos teóricos de referencia que presenta Sterman² para los modelos de simulación en DS; Papageorgiou y Abrosimova (2007) sobre la construcción de simuladores de vuelo gerenciales basados en DS; las recomendaciones hechas por el grupo de investigación INNOVATIC de la Universidad Autónoma de Madrid³ sobre las metodologías docentes con simuladores de gestión empresarial.

4.1. ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA

En los modelos de Simulación Dinámica es imperativo definir el propósito del modelo, dado que es una representación de un sistema⁴ simplificada. La articulación del problema que se quiere tratar con el modelo de simulación debe empezar por identificar cuál y por qué es un problema y cuáles son los límites dentro del sistema que deben ser modelados para ser tratado. Lo anterior conlleva a una selección de temas y conceptos que deben explorarse en el marco de referencia para poder definir y dirigir el modelo de simulación.

4.2 MARCO DE REFERENCIA

Para construir el marco de referencia se realizó una investigación exploratoria sobre los conceptos de Simuladores Gerenciales, Cadena de Abastecimiento y Capital Intelectual donde se construyeron los cimientos teóricos del proyecto. Fue necesario realizar una exploración exhaustiva en las bases de datos EBSCO

² STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a complex world. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, 2000. p. 85.

³ Innovación en metodologías docentes con Simuladores de Gestión Empresarial [En línea]: Aplicación práctica en las enseñanzas de Grado. Madrid: Grupo de Investigación Innovatic. Universidad Autónoma de Madrid, 2009. [Consultado 17 de Mayo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.uam.es/europea/Memorias%202009%20sin%20presupuesto/linea%202/Memoria%203%20linea%202.pdf>. p. 16

⁴ Grupo de elementos funcionalmente interrelacionados que forman una totalidad compleja.

Host®, Informe Académico® y JStor® además del motor de búsqueda Google® para determinar el estado del arte en cuanto a acumulación y generación de valor en la Cadena de Abastecimiento se refiere, encontrando un vínculo que permitiera la simulación por medio de Dinámica de Sistemas, que en este caso particular se refiere a la Teoría Dinámica de Recursos.

La investigación exploratoria desarrollada para la elaboración del Marco de Referencia consistió en un estudio de fuentes bibliográficas compuesta de libros, artículos científicos y documentos en general encontrados en bibliotecas y en internet. La lectura de cada una de las fuentes implicó un análisis y una depuración por parte de los autores para conformar un marco de referencia robusto. Esta investigación es concretamente significativa porque permite la elaboración del primer objetivo del proyecto.

4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.3.1. Definición de variables del modelo

El marco de referencia permite encontrar elementos teóricos y evidencia empírica del sistema que se quiere modelar así como observar tentativamente patrones de comportamiento que junto con la selección de límites realizada en la articulación del problema, permitirá decidir qué variables se deben incorporar en el modelo, cuáles serán endógenas, exógenas y cuáles serán excluidas.

La explicación endógena del modelo es importante porque articula la realimentación y control del modelo, es decir explica el fenómeno que se quiere modelar de manera dinámica a través de la interacción de las variables y agentes del modelo, especificando cómo se articula el modelo y cuáles son las reglas de interacción, es decir las reglas de decisión del modelo. Siendo el objetivo del proyecto la elaboración de un simulador gerencial, la selección de reglas de decisión es de suma importancia porque evidencia el rol del usuario ante la usabilidad del simulador. Las variables endógenas del modelo se explican por la causalidad inherente del sistema, mientras que las variables exógenas son parámetros dados que no se explican con el modelo, por eso Sterman⁵ se sugiere no incluir muchas variables exógenas. Se utilizará una herramienta de dinámica de

⁵ Ibíd., p.25.

sistemas llamada *Cuadro de Límites del Modelo* (ModelBoundary Chart en inglés) que permite sintetizar el alcance del modelo, listando aquellas variables importantes que serán incluidas de manera endógena o exógena y aquellas que se han decidido excluir del modelo.

Finalmente se incluirá una columna sobre el Cuadro de Límites del modelo que identifique aquellas variables sobre las cuales el usuario del simulador podrá controlar y se explicará en qué medida se le permitirá hacerlo.

4.3.2. Planteamiento del modelo conceptual

Esta fase del proyecto pretende construir una visión agregada del sistema, una versión cualitativa del modelo que ilustre la dinámica del comportamiento del sistema simulado. Partiendo de la identificación de variables, se utilizarán Diagramas Causales. Estos diagramas muestran explícitamente la estructura de realimentación del modelo y tienen una notación específica. Se utilizará el software Vensim® para realizarlos.

Los diagramas causales consisten en variables conectadas por flechas denotando una influencia causal entre las variables. Cada vínculo entre variables (flechas) posee una polaridad, positiva (+) o negativa (-) que denota cómo la variable dependiente cambia cuando la variable independiente también lo hace. La polaridad positiva indica que la variable dependiente crece si la independiente también crece, o decrece si la variable independiente lo hace; es decir la variable dependiente es directamente proporcional a la independiente. La polaridad negativa indica una relación inversamente proporcional entre las variables.

Los ciclos que se formen en los diagramas causales se identifican con una notación que indique si el ciclo es reforzador (positivo) o balanceador (negativo). Un ciclo es una serie de variables relacionadas por vínculos (flechas) en una misma dirección que completan un círculo de relaciones. El ciclo es reforzador cuando, trazando la causalidad de una variable sobre la otra, termina en una relación directamente proporcional al final del ciclo (en la primera variable donde se empezó) y se representan como una R encerrada por una flecha circular en el sentido de las relaciones de las variables. Los ciclos balanceadores tienen el efecto contrario y se representan con una B encerrada por una flecha circular.

4.3.3. Diseño del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas

El diseño del modelo de simulación pretende entender cómo las acciones del usuario del simulador son procesadas y cómo se producen los resultados de sus decisiones. Consiste en una formulación matemática que es congruente con las relaciones identificadas en el modelo conceptual. Antes de la formulación matemática del modelo es necesario realizar la Diagramación de Flujos y Niveles

4.3.3.1. Diagrama de Flujos y Niveles

Mientras que los diagramas causales ilustran la estructura de realimentación del modelo, los diagramas de flujos y niveles manifiestan la estructura física. Los niveles son variables de acumulación, caracterizan el estado del sistema y generan la información con la que se basa la estructura de las decisiones del modelo. Los flujos son las tasas que hacen que los niveles crezcan o decrezcan. Las decisiones afectan las tasas de los flujos, cambiando el estado de los niveles. Se utilizará el software Vensim® para diagramar los flujos y niveles.

4.3.3.2. Formulación del Modelo de Simulación

Una vez que se tiene la estructura de flujos y niveles y de políticas, se procede a asignar igualdades matemáticas a las relaciones entre variables. Aunque siendo esta una simulación dinámica donde las relaciones matemáticas son generalmente ecuaciones diferenciales, se utilizará el software iThink® para modelar las ecuaciones y resolver simultáneamente las ecuaciones del modelo.

4.3.3.3. Validación del modelo

Es necesario comparar el comportamiento del modelo con el comportamiento conocido de las evidencias empíricas encontradas. No está en el alcance del proyecto replicar un comportamiento histórico de un sistema determinado, sino encontrar que cada variable corresponda a un concepto significativo del mundo real y cuya modelación corresponda a lo esperado y evidenciado en el modelo conceptual. La validación del modelo comprende además la verificación de la consistencia dimensional, es decir el chequeo de unidades de las variables.

El modelo será probado bajo situaciones extremas, es decir se le darán valores exagerados a los parámetros, es decir que son atípicos o irreales y bajo esta situación, el modelo debería comportarse conceptualmente estable. Ante cualquier irregularidad, bien sea en la consistencia dimensional, en la exageración de los parámetros o en la comparación del comportamiento del modelo con las evidencias empíricas, deberá reformularse la ecuación, la relación o el modelo conceptual hasta que se observe una estabilidad conceptual.

4.3.3.5 Evaluación y Análisis

Se realizará un análisis what-if, es decir se evaluarán diferentes políticas cambiando los parámetros del modelo para estudiar el comportamiento del sistema ante situaciones deseadas y para entender los resultados de la simulación. Este paso es importante porque permite hacer una exploración académica en el sistema modelado, extrapolar las causas de acumulación y generación de valor en la Cadena de Abastecimiento. Pero además permitirá analizar los resultados del proceso de toma de decisiones del usuario.

4.3.4. Elaboración del Simulador Gerencial

Para esta fase del proyecto se usarán los criterios sugeridos por el grupo de investigación INNOVATIC de la UAM⁶. El primer paso es definir los objetivos de aprendizaje del simulador, es decir, qué competencias generales y específicas se espera desarrollar en los usuarios del simulador, y de las competencias elegidas se deben ponderar aquellas que se consideren de mayor importancia. Los objetivos de aprendizaje son diferentes de los objetivos específicos del proyecto, porque se refieren a los aspectos pedagógicos que se quieren lograr con el simulador elaborado.

Los objetivos generales de aprendizaje del simulador permitirán definir ciertos criterios, sugeridos por el grupo de investigación INNOVATIC como: el horizonte de tiempo sobre el que los usuarios jugarán en el simulador; el rol que desempeñará el usuario, es decir el espectro y profundidad de las decisiones que tomará; el rol del facilitador (profesor, guía, experto del simulador) si aplica; y los resultados que debe arrojar el simulador. Estos criterios serán mostrados en una matriz de manera que cada objetivo de aprendizaje esté relacionado con los

⁶ Ibíd., p. 25.

criterios para los que aplique y explique de manera concisa cómo el criterio permite alcanzar dicho objetivo.

La elaboración del Simulador Gerencial constituye la creación de una interfaz computarizada para el manejo del simulador por parte del usuario. Se utilizará el software iThink® para esto, teniendo en cuenta la matriz realizada y asegurándose que los criterios y los objetivos de aprendizaje sean congruentes con el diseño de la interfaz.

4.3.4. Desarrollo de una prueba piloto para el simulador

Para la prueba piloto del simulador se elegirá un grupo de clase de Ingeniería Industrial de la Universidad. Se recolectarán datos sobre los participantes para asegurar que el grupo de usuarios tenga una muestra representativa y heterogénea de la población. Para jugar una partida del simulador se procurará que las características demográficas como edad, semestre, género y promedio en el grupo sean equilibradas. Se realizará una corrida en la que los participantes tomarán decisiones y al final compartirán con el grupo sus resultados. Se les hará una evaluación perceptiva sobre los resultados obtenidos y sobre la eficacia del simulador para lograr los objetivos de aprendizaje.

Esta prueba piloto no pretende hacer un estudio exhaustivo sobre la eficacia del simulador, sino una primera exploración perceptiva de los usuarios que retroalimenten el proyecto y la funcionalidad y usabilidad del simulador.

5. DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL MODELO

Las variables utilizadas en el modelo se clasificaron en variables endógenas y exógenas. Algunas variables exógenas se seleccionaron como variables de decisión para su uso en el simulador. Además de esta clasificación, se utilizó una segmentación previa de acuerdo al subsistema donde perteneces, es decir, de acuerdo al lugar que ocupan en el modelo. Los subsistemas elegidos fueron:

1. Operaciones e Indicadores Operativos
2. Flujo de efectivo e Indicadores Financieros
3. Fuerza laboral.
4. Capital intelectual.

Además, se incluyeron algunos indicadores para hacer seguimiento del desempeño de la CA. Los *niveles de servicio acumulado*, se miden como la relación entre el acumulado de los despachos los clientes, por parte de los tres distribuidores, y el acumulado de los pedidos efectuados por esos clientes.

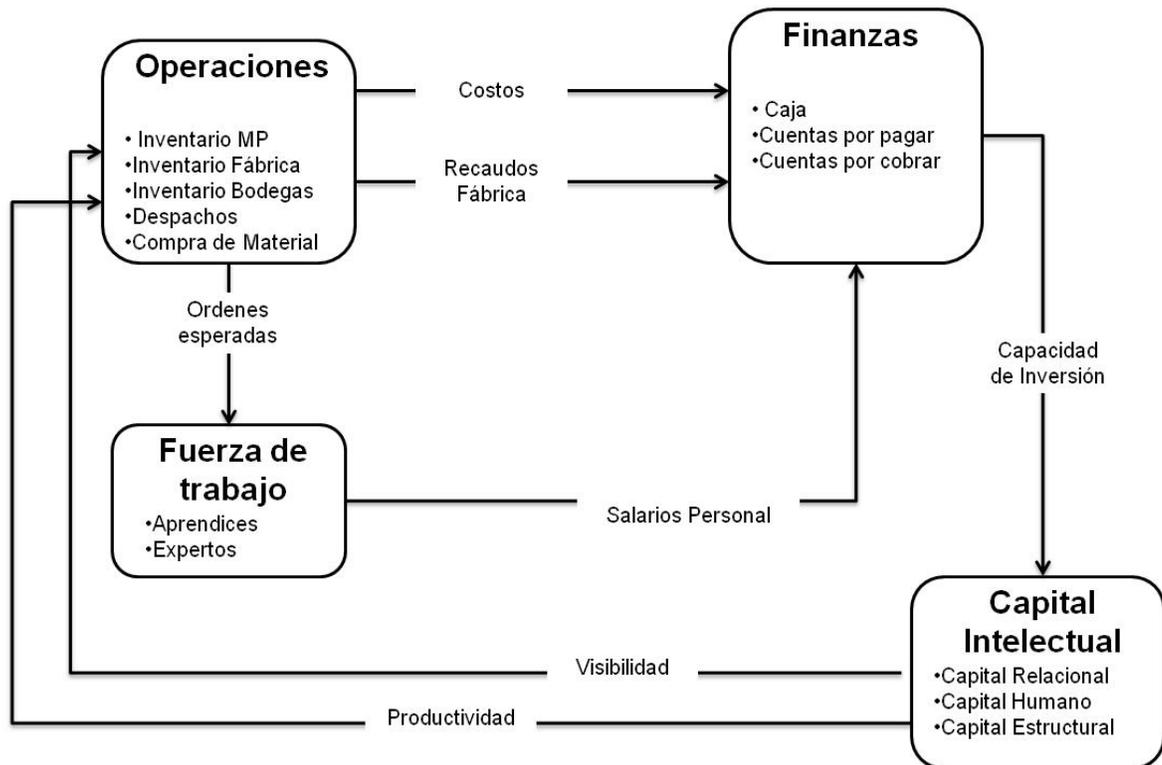
El *Flujo de Caja Acumulado* de la fábrica se calcula como la diferencia entre los ingresos y los egresos semanales acumulados de la fábrica, dentro del horizonte temporal de simulación. Luego, el *Retorno sobre Activos* (RSA) para la fábrica se define como el cociente entre el flujo de caja promedio y el capital de trabajo promedio para los periodos de simulación. Al calcular el cociente se elimina el número de semanas.

Las variables que hacen alusión a la acumulación de capital intangible son tres: Capital Humano, Estructural y Relacional. De acuerdo con Dierrickx (1989), la acumulación de capital intangible se origina a través de los flujos de inversión en activos intangibles. El *Capital Humano* es entonces la diferencia entre los flujos de entrada de las inversiones en desarrollo humano y los salarios de los trabajadores que hayan sido capacitados, menos la depreciación del activo. El *Capital Estructural* y el *Capital Relacional*, se calculan de igual manera con los flujos de inversión en Investigación y Desarrollo y Mercadeo y Publicidad; respectivamente, menos la depreciación del activo.

El Anexo C presenta una tabla con todas las variables de simulación del modelo.

6. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DEL MODELO

Figura 5 - Diagrama de Subsistemas

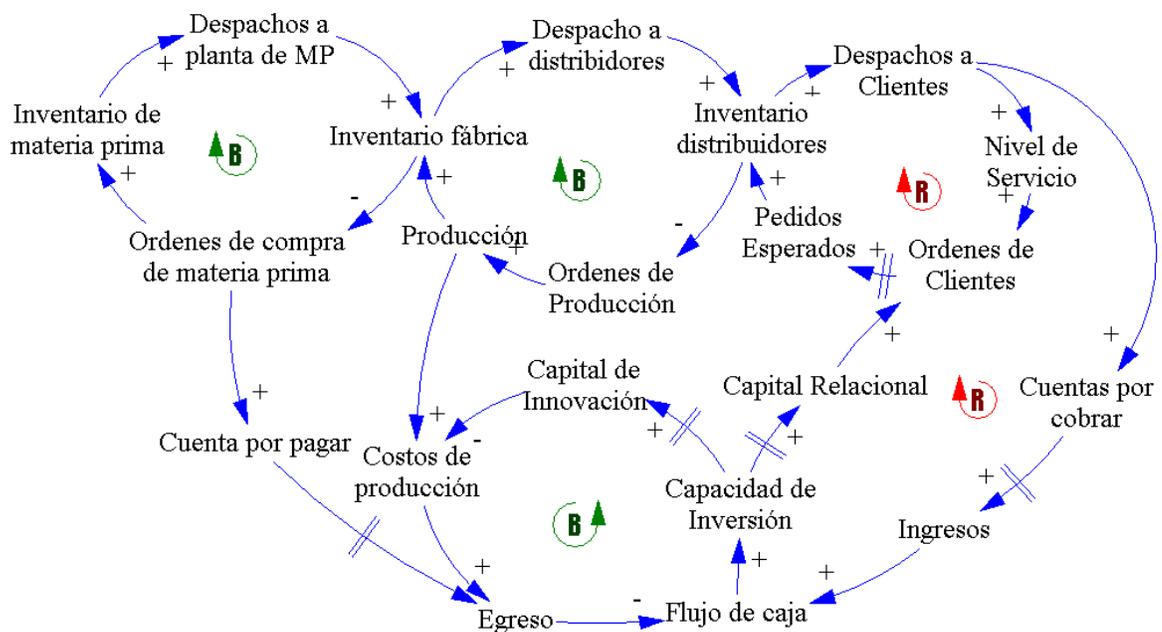


La Figura 5 muestra los subsistemas junto con los flujos de materiales, dinero, bienes o información que relacionan las variables más importantes del modelo. Existen cuatro subsistemas:

1. Operaciones: Este subsistema acoge las variables referentes a los procesos de producción, abastecimiento y distribución de la fábrica, las bodegas de materia prima y los distribuidores. El inventario en cada escalón es una variable de nivel. Los despachos se vuelven un recaudo de la fábrica y los costos asociados a producción se trasladan al subsistema financiero.
2. Fuerza de Trabajo: Dependiendo de las órdenes esperadas de la fábrica, se puede contratar aprendices para suplir las necesidades de capacidad. Los aprendices después de un tiempo pueden adquirir suficiente conocimiento para ser expertos.

3. Finanzas: Los ingresos y egresos de la fábrica constituyen los flujos de entrada y salida de la caja. Los despachos se vuelven cuentas por cobrar y las entradas de material una cuenta por pagar. Así mismo los costos de producción y logística asociados a las operaciones; y los salarios de personal impactan los egresos.
4. Capital Intelectual: Del disponible de efectivo se puede tomar una porción para invertir. Las inversiones pueden ser en mercadeo, innovación y desarrollo o en desarrollo humano. El dinero invertido puede constituir una acumulación de capital que se deprecia. El capital intelectual impacta las operaciones de la fábrica al aumentar la visibilidad hacia adelante en la cadena y en la disminución de costos a través de incrementos en la productividad.

Figura 6 – Diagrama Causal



El diagrama causal de la Figura 6 presenta tres ciclos principales referentes a las operaciones de cadena de abastecimiento de la empresa, de donde se desprenden relaciones causales con variables financieras. Los dos ciclos inferiores representan las relaciones entre las operaciones de cadena de abastecimiento y los activos intangibles de la compañía.

El primer ciclo a la derecha, es un bucle reforzador que representa las operaciones de distribución. Las *órdenes de clientes* manifiesta la demanda de los clientes de los distribuidores. Cuando estas órdenes aumentan, los *pedidos esperados* también lo hacen por medio de la actualización de los pronósticos de demanda histórica generando que la empresa responda a la demanda con un incremento en sus provisiones de producto terminado o *inventario*. Los *despachos a clientes* consumen el inventario disponible y obligan al distribuidor a generar pedidos de producto a la fábrica.

El bucle superior central, representa las operaciones de la fábrica de la compañía. A medida que se agota el inventario de los distribuidores se generan *órdenes de producción* para suplir la demanda futura. Eventualmente se da la *producción* de cables de manera directamente proporcional a dichas órdenes. A mayor producción de habrá más *inventario de fábrica* que servirá para realizar los *despachos a distribuidores*. Funciona de igual forma para el bucle superior izquierdo, que representan las operaciones de abastecimiento o de bodegas de materia prima. A medida que se agota el inventario de fábrica se generan más *órdenes de compra de materia prima* para reabastecer el *inventario de materia prima* y poder realizar los *despachos a planta*.

Las operaciones de la compañía finalmente representan un impacto en su desempeño financiero. A más despachos a clientes se realicen, más *cuentas por cobrar* se generarán que después de un tiempo serán *ingresos*. De igual forma, a más órdenes de compra de materia prima se generen, más *cuentas por pagar* habrá que se volverán pasado un tiempo *egresos* junto con los *costos de producción* asociados.

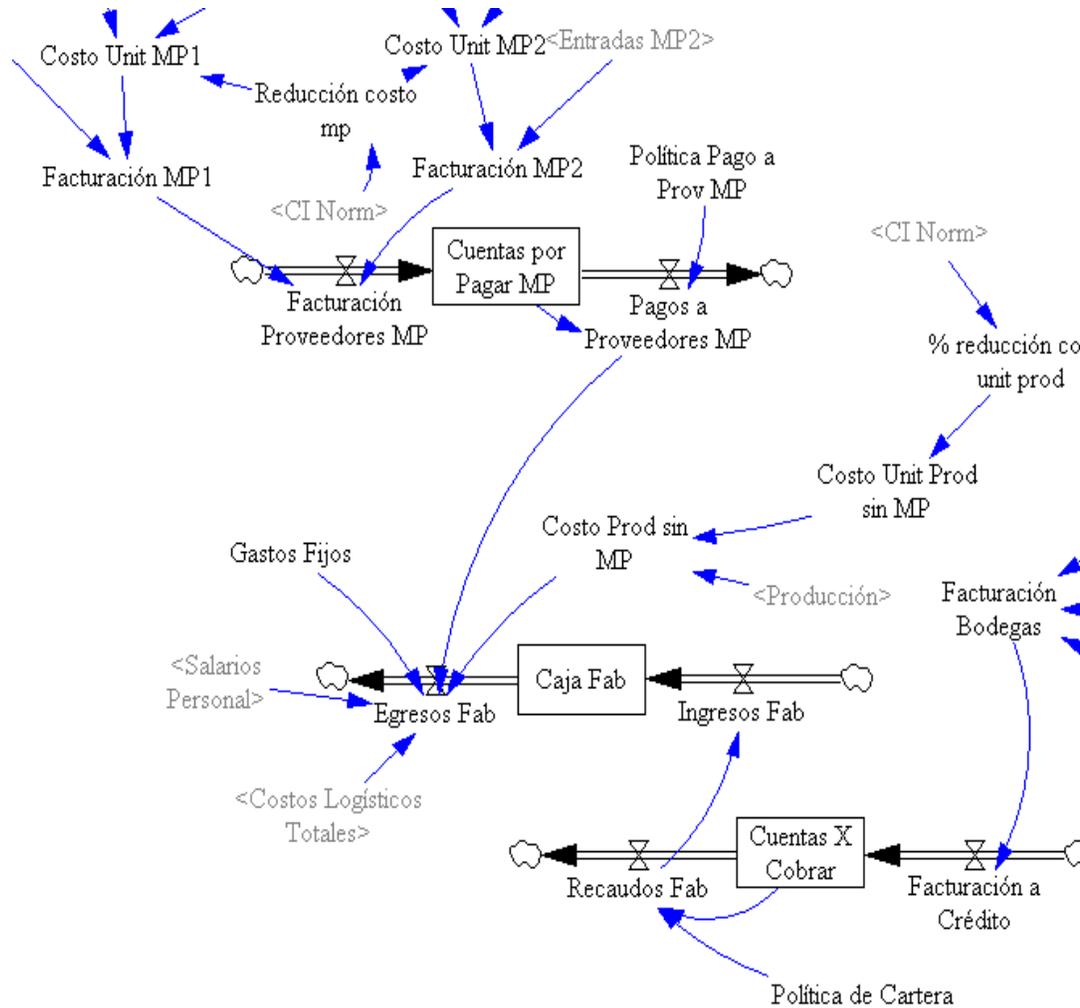
Hasta este punto se han explicado las relaciones entre las operaciones de cadena de abastecimiento con el desempeño financiero tradicional de una compañía. Sin embargo cuando una compañía decide invertir parte de sus utilidades en el desarrollo humano, innovación o en mercadeo lo hace porque espera de alguna forma tener retribuciones a futuro que agreguen valor a la compañía.

A mayor *flujo de caja* existirá mayor *capacidad de inversión*. Esa capacidad de inversión, representada en la acción de invertir en investigación y desarrollo, mercadeo y en el talento humano, se volverá después de un tiempo *Capital de Innovación* y *Capital Relacional*. El capital de innovación representa las inversiones en investigación y desarrollo junto con las inversiones en capital

humano. El capital relacional constituye todo lo invertido en capacidades de mercadeo. Efectivamente, a mayor *capital relacional* se espera que exista un incremento en las órdenes de los clientes por los esfuerzos realizados en mercadeo. Las inversiones en tecnología y recursos humanos deberían impactar la productividad de la compañía, de manera que a mayor *capital de innovación* exista una reducción en los costos de producción.

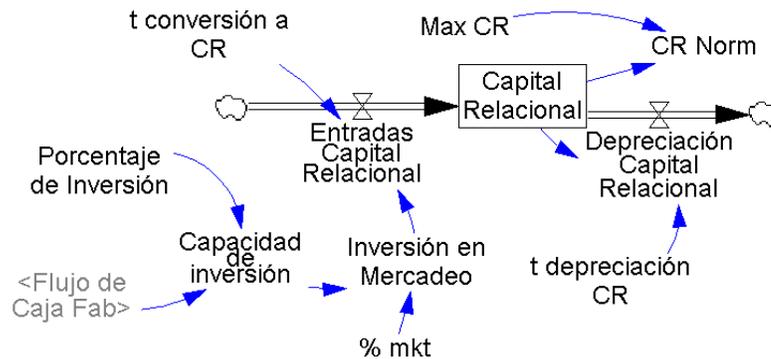
los gastos operativos fijos. El costo unitario de materia prima depende de la política de pago a proveedores, la cual es común para ambos proveedores. Los costos unitarios de materia prima y de producción están sujetos a una disminución que depende del nivel de capital estructural y humano.

Figura 8 - Estructura financiera



Se añadió un sub-modelo de capital humano representado en la Figura 9. Los pedidos de los clientes, determinan la fuerza laboral necesaria para cumplir con los requerimientos de producción. Lo anterior se compara con la fuerza de trabajo disponible para determinar cuántos empleados se necesitan despedir o contratar para el siguiente periodo. Solo se contratan aprendices. Los aprendices pueden pasar a expertos después de un periodo de capacitación que depende de la

Figura 10 – Estructura del Capital Relacional



5.1. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS “WHAT-IF”

Se plantean tres escenarios:

- Base: La empresa no invierte parte alguna de sus utilidades
- La empresa decide invertir el 10% de sus utilidades
- La empresa decide invertir el 30% de sus utilidades

La Figura 11 muestra el flujo de caja acumulado de la fábrica para los tres escenarios presentados. El mejor desempeño financiero lo logra la inversión del 30% de utilidades, y el peor desempeño la inversión del 10%.

Cuando no se invierte dinero en personal, estructura o mercadeo, las utilidades de la compañía dependen del desempeño operacional de la fábrica. Los egresos se representan en los gastos fijos, de personal, logísticos, producción y de pago a proveedores. En este escenario, el capital relacional y estructural es cero. Sí existe, sin embargo, una acumulación pequeña de capital humano debido a los salarios de los empleados. Debido a que no se invierte en capacitación, el periodo de transición en el cual un empleado *aprendiz* se vuelve *experto* es bastante largo y por lo tanto la productividad de la fábrica así como su generación de capital humano es lento y despreciable (Figura 12). En ningún momento la acumulación de capital es suficiente para lograr mejoras significativas en el desempeño operacional o financiero. Como no se invierte en mercadeo, los pedidos de los clientes en este escenario son significativamente menores que en los otros dos, pero también lo es la variación en los pedidos (Figura 13 y 14). Esto lleva a que el nivel de servicio de los distribuidores a los clientes sea mayor en este escenario respecto a los que sí se invierte (Figura 15).

Figura 11 – Flujo de Caja de Fábrica Acumulado

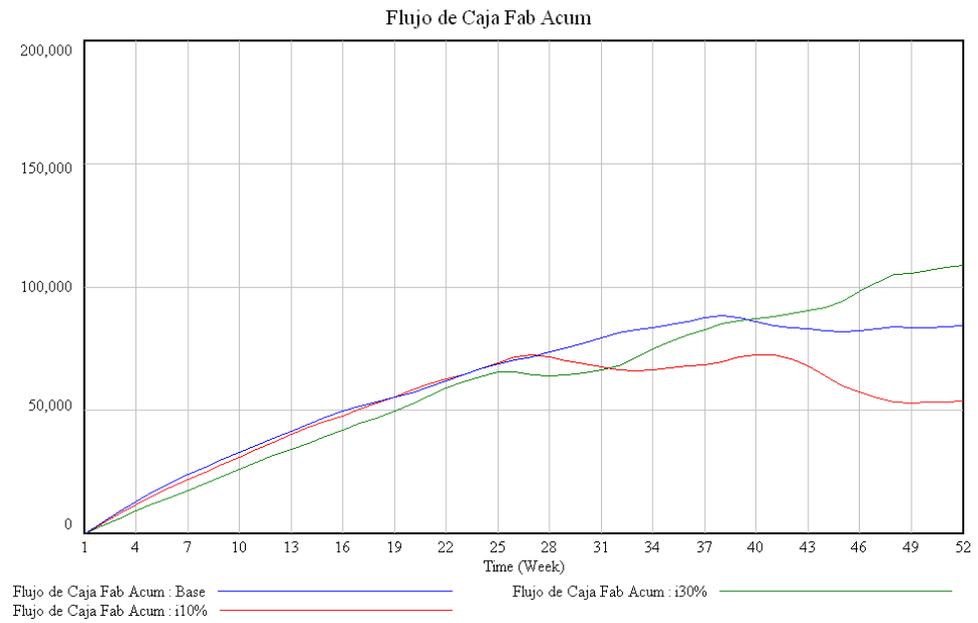


Figura 12 – Acumulación de Capital Humano

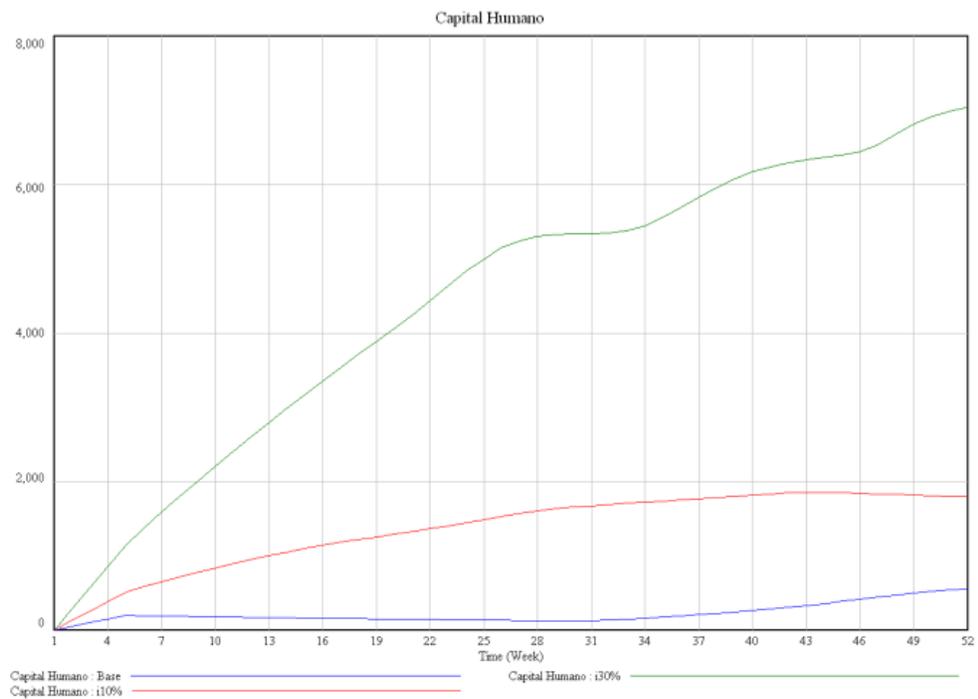
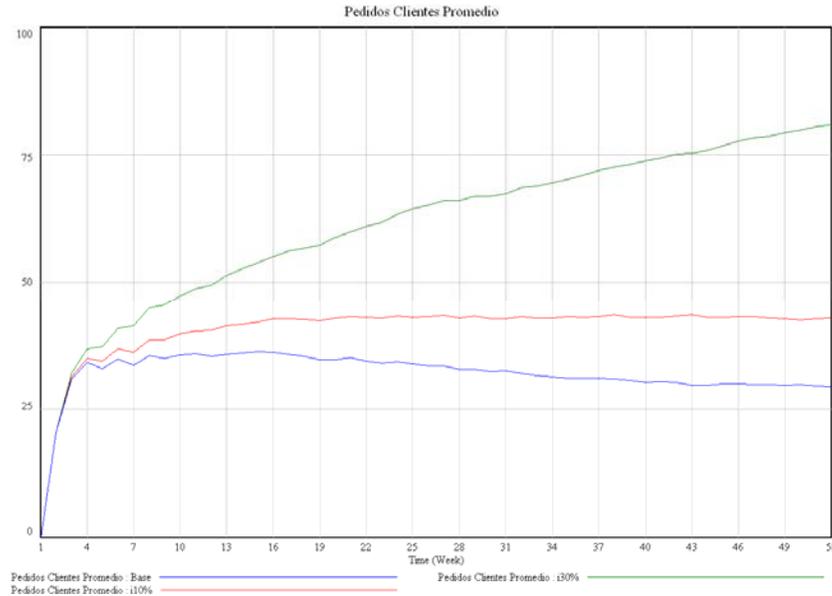


Figura 13 – Pedidos promedio de Clientes



El escenario de inversión del 10% presenta el peor desempeño financiero. La acumulación de capital de innovación ocurre de manera significativamente mayor al escenario donde se invierte un 30% de utilidades y aunque disminuyen los costos asociados a la fabricación y aumenta la base de pedidos, la utilidad generada no es mayor al gasto representado por la inversión realizada.

Una inversión del 30% de las utilidades genera el mejor desempeño financiero, porque la acumulación de intangibles es suficiente para disminuir los costos y aumentar los ingresos, por el incremento en la base de pedidos de clientes. Sin embargo, el nivel de servicio promedio de los distribuidores tiene el peor desempeño debido al incremento en la variación de las órdenes que se presentan y a pesar de lograr generar pronósticos con visibilidad hacia adelante.

Figura 14 – Varianza de los Pedidos de Clientes

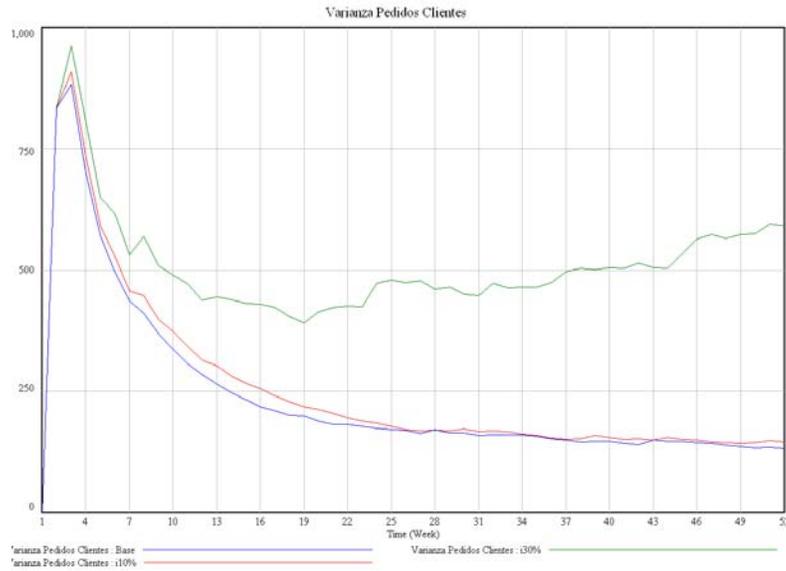
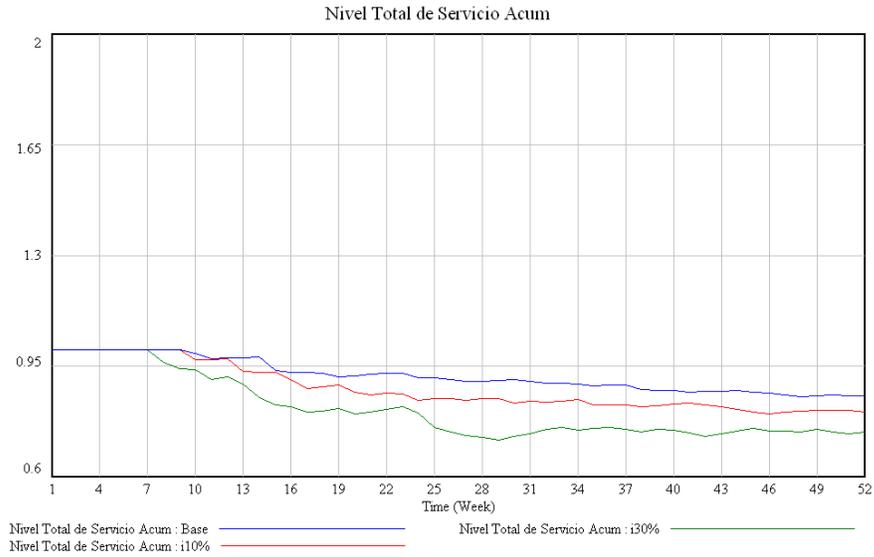


Figura 15 – Nivel de Servicio Acumulado para los tres distribuidores



7.2. Diseño Experimental

Con el objetivo de encontrar si existe un efecto real de las variables que han sido designadas como de decisión, se realizó un experimento, cuyos valores a probar se mantendrán durante toda la experimentación, es decir, que el modelo se correrá directamente y no en modo de simulador.

Se decidió utilizar las siguientes variables:

1. 5 porcentajes de inversión (0%, 10%, 20%, 30%, 40%).
2. 5 porcentajes de Inversión en Investigación y Desarrollo (10%, 20%, 30%, 40% y 50%).
3. 5 porcentajes de Inversión en Investigación y Desarrollo (10%, 20%, 30%, 40% y 50%).

Debido a que la inversión en mercadeo se toma como diferencia de las otras dos no se va a tener en cuenta para este modelo. Se bloquearán las variables de trabajadores (se calculan de acuerdo a la fuerza laboral necesaria) y las políticas de inventarios de acuerdo a una serie de valores que se han identificado que ofrecen resultados satisfactorios durante la simulación.

Además, las variables de respuesta seleccionadas son:

1. Flujo de caja acumulado.
2. RSA.

Dadas las características del experimento a realizar, se utilizará un modelo $5*5*5$ presentado en el Anexo D. Una vez diseñado el experimento se procedió a ejecutar con ayuda del software MINITAB el correspondiente análisis de los 3 factores y sus interacciones.

Como primera medida se deben comprobar los supuestos del modelo de normalidad, independencia de los residuos y de varianza constante.

Los siguientes gráficos nos muestran como los dos primeros supuestos se cumplen a cabalidad dado que el comportamiento es normal y el comportamiento de los residuos no sigue un orden estadístico. Finalmente, la varianza a pesar de que hay unas campanas parece ser constante.

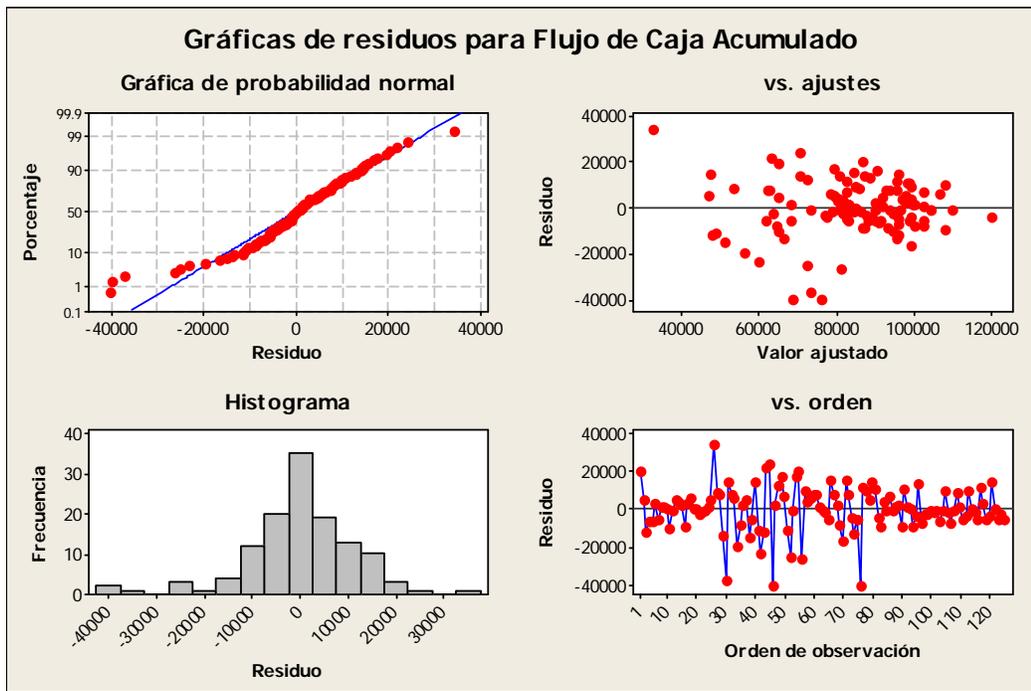


Figura 16 – Gráficas de residuos para la variable Flujo de Caja Acumulado

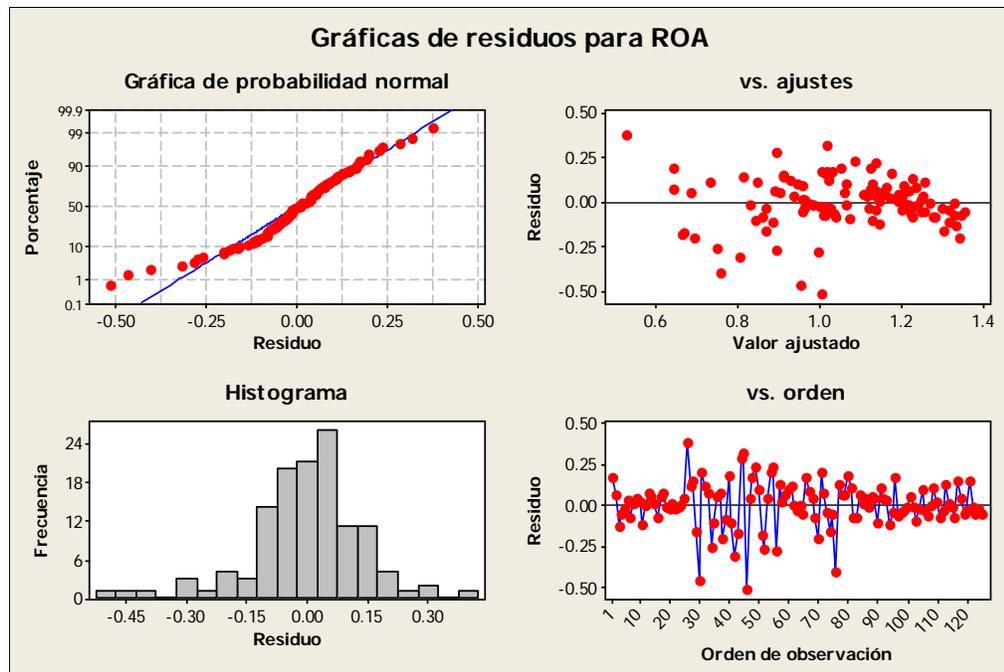


Figura 17 – Gráficas de Residuos para la variable RSA

Una vez verificados estos supuestos, los siguientes son los ANOVA obtenidos para cada una de las variables de respuestas:

Análisis de varianza para Flujo de Caja Acumulado, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.
Porcentaje de inversion	4	15679530752	15679530752	3919882688
Inversión en I+D	4	923223174	923223174	230805793
Inversión en desarrollo humano	4	632045188	632045188	158011297
Porcentaje de inversion*	16	3450976095	3450976095	215686006
Inversión en I+D				
Porcentaje de inversion*	16	2735975318	2735975318	170998457
Inversión en desarrollo humano				
Inversión en I+D*	16	4937292735	4937292735	308580796
Inversión en desarrollo humano				
Error	64	16391131238	16391131238	256111426
Total	124	44750174501		

Fuente	F	P
Porcentaje de inversion	15.31	0.000
Inversión en I+D	0.90	0.469
Inversión en desarrollo humano	0.62	0.652
Porcentaje de inversion*	0.84	0.635
Inversión en I+D		
Porcentaje de inversion*	0.67	0.814
Inversión en desarrollo humano		
Inversión en I+D*	1.20	0.289
Inversión en desarrollo humano		
Error		
Total		

Figura 18 – Resultados ANOVA para la variable Flujo de Caja Acumulado

Análisis de varianza para ROA, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F
Porcentaje de inversion	4	2.17281	2.17281	0.54320	14.71
Inversión en I+D	4	0.32380	0.32380	0.08095	2.19
Inversión en desarrollo humano	4	0.21436	0.21436	0.05359	1.45
Porcentaje de inversion*	16	0.44274	0.44274	0.02767	0.75
Inversión en I+D					
Porcentaje de inversion*	16	0.30853	0.30853	0.01928	0.52
Inversión en desarrollo humano					
Inversión en I+D*	16	0.52419	0.52419	0.03276	0.89
Inversión en desarrollo humano					
Error	64	2.36360	2.36360	0.03693	
Total	124	6.35003			

Fuente	P
Porcentaje de inversion	0.000
Inversión en I+D	0.080
Inversión en desarrollo humano	0.228
Porcentaje de inversion*	0.734
Inversión en I+D	
Porcentaje de inversion*	0.926
Inversión en desarrollo humano	
Inversión en I+D*	0.586
Inversión en desarrollo humano	
Error	
Total	

Figura 19 – Resultados ANOVA para la variable RSA

De estas dos gráficas se puede concluir que los porcentajes de inversión son aquellos que realmente afectan tanto el flujo de caja acumulado como el RSA, donde en este último se puede llegar a sospechar también de la importancia de la inversión en investigación y desarrollo.

Si observamos las siguientes gráficas que muestran las interacciones de estos dos factores como los principales:

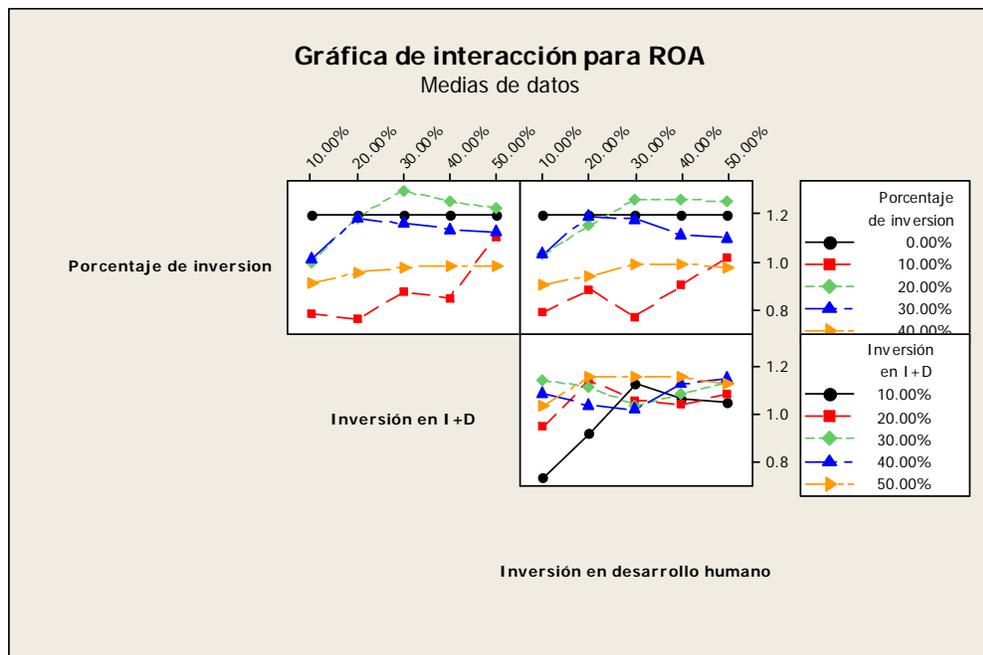


Figura 20 – Gráfica de interacción para RSA

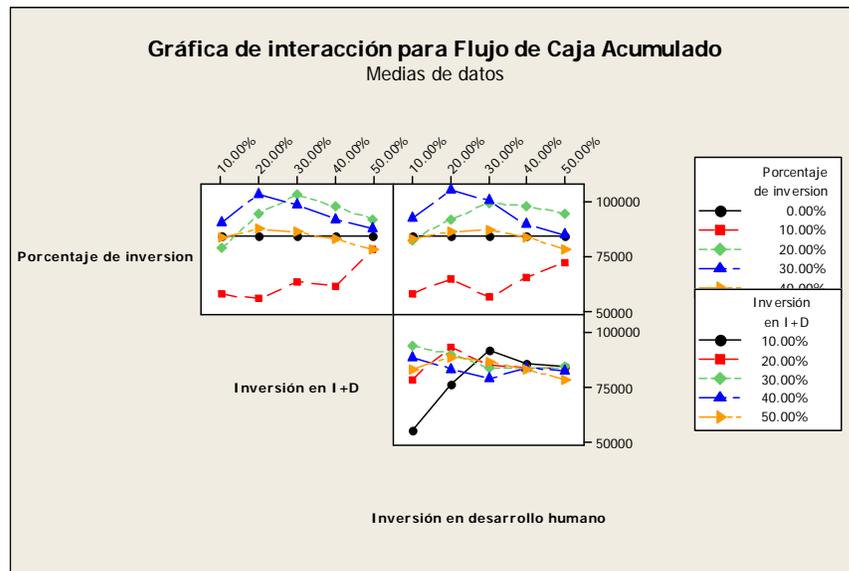


Figura 21–Gráfica de interacción para el Flujo de Caja Acumulado

Y teniendo en cuenta, además las siguientes gráficas de efectos por factores:

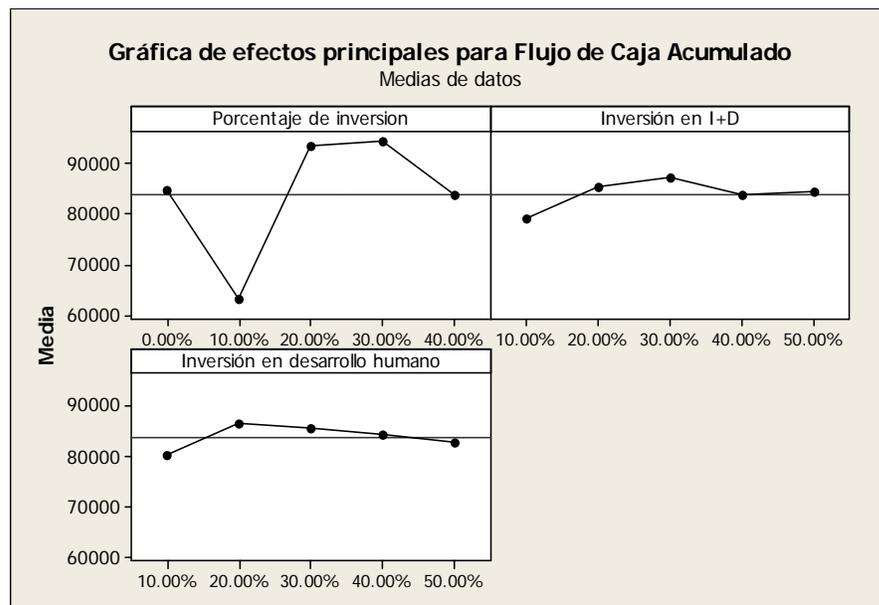


Figura 22 – Gráfica de Efectos Principales para Flujo de Caja Acumulado

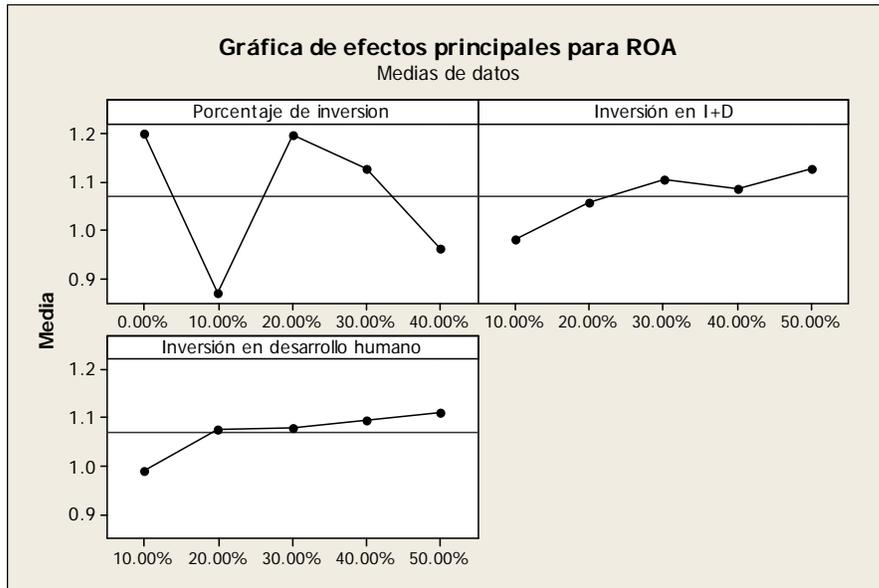


Figura 23 –Gráfica de Efectos Principales para RSA

Podemos llegar a la conclusión que la mejor combinación para obtener resultados satisfactorios son:

Tabla 2 – Mejor combinación de variables de control en la simulación

	Porcentaje de inversión	Inversión en I+D	Inversión en desarrollo humano
RSA	30%	30% o 20%	Indiferente
Flujo de caja acumulado	30%	30% o 20%	Indiferente

Hay que tener en cuenta que entre el 30% y el 20% de I+D, el 20% ofrece un rendimiento leve por encima, convirtiéndose en una opción fuerte ya que se puede destinar más a mercadeo que aumenta la base de clientes y por lo tanto en el número de pedidos.

El porcentaje de inversión en desarrollo humano según el ANOVA es indiferente, pero es claro que hay resultados satisfactorios cuando está entre un 20% y 30%, de nuevo haciéndose más rentable tomar la opción del 20%. La mejor combinación de parámetros donde se encuentran resultados satisfactorios para ambas variables de respuestas es una combinación 30% como porcentaje de inversión, 20% en Investigación y desarrollo, 20% en desarrollo humano y un 60% en mercadeo. Estos resultados son respaldados al ver en la simulación los excelentes resultados obtenidos por esta combinación con un flujo de caja acumulado de \$ 115.741.8906 y un RSA de 1.25.

8. DISEÑO DEL SIMULADOR DE VUELO GERENCIAL

8.1. Criterios de usabilidad del simulador

Variables de decisión:

1. Política de inventario de fábrica
2. Política de inventario de materia prima 1
3. Política de inventario de materia prima 2
4. Política de inventario de bodega 1
5. Política de inventario de bodega 2
6. Política de inventario de bodega 3
7. Porcentaje de inversión total
8. Porcentaje de inversión en i+d
9. Porcentaje de inversión en desarrollo humano

Planificación Temporal:

El simulador de vuelo está diseñado para correr la simulación por un periodo de dos (2) años contables, donde se toman decisiones sobre las políticas mes a mes.

Inicialmente el uso del simulador está estipulado para 1 hora de trabajo real.

Tamaño de grupo:

El simulador está pensado para que se tomen decisiones a nivel individual y de hasta tres (3) personas.

Recursos necesarios:

- Aula para el grupo con dotación de computadores
- Videoprojector
- Software de licencia gratuita Iseeplayer

Rol del Instructor:

- Conocedor de la herramienta
- Dinamizador de la actividad
- Coordinador
- Encargado de resolución de dudas

Rol del estudiante:

- Analista y tomador de decisiones
- Gestor del tiempo

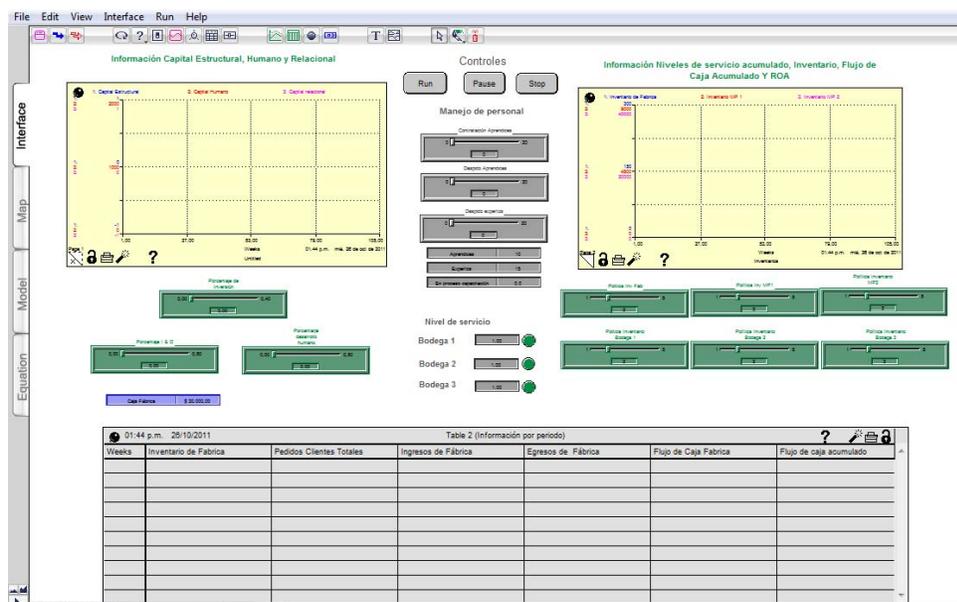
Criterio de evaluación:

- Resultados ofrecidos por la herramienta
- Valoración o autocrítica

8.2. Diseño de la interfaz del simulador

El tablero de mando es el lugar donde el usuario puede tomar las decisiones sobre las variables se seleccionaron. Cada vez que se toman las decisiones de un periodo, dos gráficas muestran los resultados obtenidos en términos de la acumulación de capital y del disponible en la caja de la fábrica. La Gráfica 16 muestra el tablero de mando del simulador elaborado en el software ithink.

Gráfica1 – Tablero de control del simulador



En la parte inferior, el usuario podrá encontrar información en tablas sobre el capital humano, estructural y relacional así como indicadores de servicio de las bodegas y de la fábrica en los periodos anteriores. También encontrará el valor en números actual de los ingresos, egresos, flujo de caja, de la reducción en costos lograda y de los niveles de servicio de las bodegas.

9. PRUEBA PILOTO DEL SIMULADOR

9.1 Protocolo de la prueba piloto:

Con el objetivo de validar ciertas características del simulador como el grado de interacción que el usuario podría alcanzar con la interfaz, la pertinencia de la información suministrada y sobretodo la respuesta del mismo ante el manejo de personas que tienen su primera experiencia con simuladores de este tipo, se desarrolló dos tandas de una prueba piloto.

La primera tanda se realizó con un grupo de estudiantes de la Maestría de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi que cursaban la materia Pensamiento Sistémico. Este grupo se seleccionó debido a que además de tener conocimientos acerca de conceptos de causalidad y realimentación, su experiencia laboral y pensamiento crítico podrían aportar información relevante para mejorar el simulador en los aspectos que se pretendía validar.

La segunda tanda se realizó con estudiantes de la electiva profesional Dinámica de Sistemas de la Universidad Icesi que se dicta en pregrado, esta vez el grupo se seleccionó debido a que además de poseer conocimientos del tema, permitirían contrastar las decisiones tomadas por los estudiantes de postgrado y concluir ciertas diferencias entre lo que se espera en una ambiente real y uno académico, además de que información es primordial para un adecuado desempeño en uno o en otro.

Ambas pruebas se dividieron en las siguientes fases:

9.1.1 Fase de preparación:

Para esta fase una vez construido el simulador y testeado por sus creadores, se procedió a seleccionar cierta información que se consideraba crucial para que un usuario se pudiera enfrentar a él sin ningún inconveniente y obtener resultados satisfactorios. De este análisis se concluyó lo siguiente que era necesario presentar la siguiente información:

1. El diagrama causal, debido a que este permite al usuario entender la manera como se están relacionando las variables y las posibles incidencias de sus decisiones a corto y largo plazo.
2. La estructura de la cadena, para así permitirles contextualizarse y entender sobre qué tipo de negocio estaban tomando decisiones y pudieran hacer relaciones con estructuras conocidas o situaciones de la vida real.
3. Mostrar un consolidado de los principales parámetros del modelo, como los costos de materia prima, los lead times de bodegas, proveedores, etc. además de los precios de venta, gastos fijos y salarios del personal.

Esta información se consolidó en una hoja que se entregó a cada uno de los participantes de la prueba y se encuentra referenciada en el Anexo E. Para complementar lo anterior se decidió realizar una presentación que permitiera explicar cada uno de estos aspectos haciendo especial énfasis en el diagrama causal y en cómo funcionaba cada uno de los elementos del simulador.

Con el objetivo de hacer medible la prueba, se decidió establecer como parámetro evaluativo de los participantes los últimos RSE y el Flujo de Caja Acumulado obtenidos, con la restricción de que los niveles de servicio acumulado de las bodegas deberían ubicarse en el rango satisfactorio propuesto para el simulador (entre 90% y 100%).

Para recopilar las impresiones de los participantes de la prueba se construyó una encuesta virtual, sencilla, clara y que permitiera, además de introducir los resultados obtenidos, ofrecer la posibilidad de criticar la herramienta y presentar mejoras que se tomarían en cuenta para una posterior versión del simulador.

Finalmente para esta fase también se tuvo en cuenta todos los detalles técnicos como reservar las salas que poseían el Software Ithink e instalar en cada uno de los computadores el simulador desarrollado y probarlo para que no fuera a presentar ninguna falla durante la ejecución.

9.1.2 Fase de realización

Dados los recursos de la fase de preparación, como primera medida se hizo una introducción al modelo y al simulador, además de una corrida de práctica que permitiera a los usuarios familiarizarse con la herramienta.

Posteriormente, cada usuario comenzó a interactuar con él. A medida que avanzaban en sus decisiones, cada uno de los coordinadores de la actividad aclaraban sus dudas, daban ciertos consejos y hacían especial énfasis en que los efectos de las decisiones que se tomaban por lo general no tenían un efecto inmediato sino que se evidenciaba unas semanas después (Debido a los lead times y los tiempos de suavización de la demanda y de los capitales).

9.1.3 Fase de análisis

Una vez que cada uno de los usuarios terminaba, se les invitaba a realizar la encuesta en línea que se encuentra en el Anexo F. Además, se les ofrecía una retroalimentación y la oportunidad de aclarar más dudas que pudieran tener acerca de lo que acababan de realizar o el porqué de sus resultados finales.

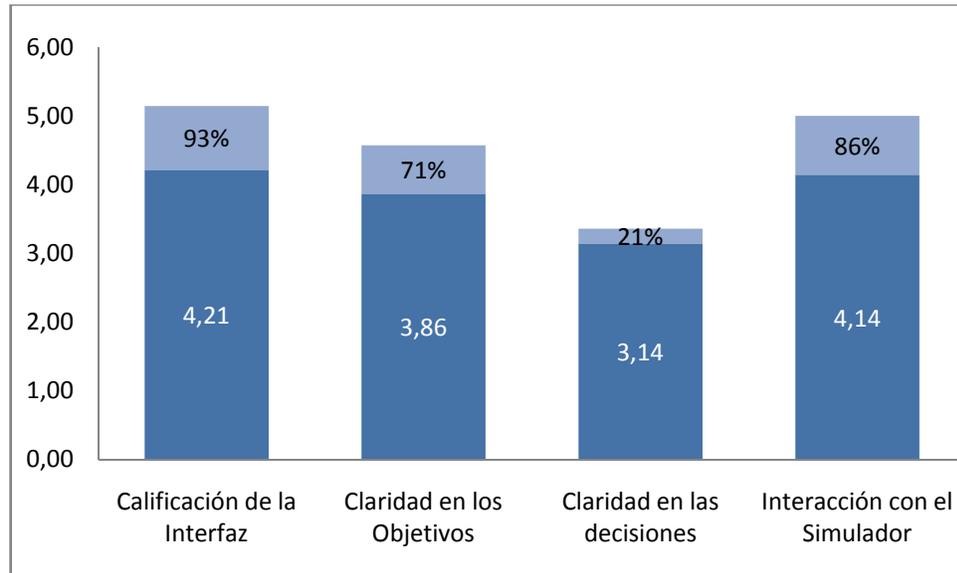
9.2. Discusión de Resultados de la Prueba Piloto

La tabla 4 presenta la tabulación de los resultados de la encuesta

Tabla 3 – Tabulación de los resultados de la prueba piloto

Usuario	Calificación de la Interfaz	Claridad en los Objetivos	Claridad en las decisiones	Interacción con el Simulador	¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión de conceptos relacionados con la Cadena de Abastecimiento?	¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión de conceptos relacionados con la acumulación de valor en la empresa?	¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión del impacto financiero que generan las decisiones que se toman en logística?	Calificación en la claridad del Diagrama Causal
1	5	4	3	4	2	2	4	5
2	5	3	3	5	3	3	4	4
3	4	3	4	4	4	4	4	4
4	4	5	3	4	2	3	2	3
5	4	3	3	4	3	2	3	5
6	3	3	3	3	3	3	3	3
7	4	4	3	4	4	3	3	5
8	5	4	4	5	3	4	4	5
9	4	4	3	4	3	3	3	4
10	4	4	3	4	3	4	4	5
11	5	4	4	5	3	3	3	4
12	4	5	2	5	4	3	2	4
13	4	4	3	4	4	3	4	3
14	4	4	3	3	3	3	3	5

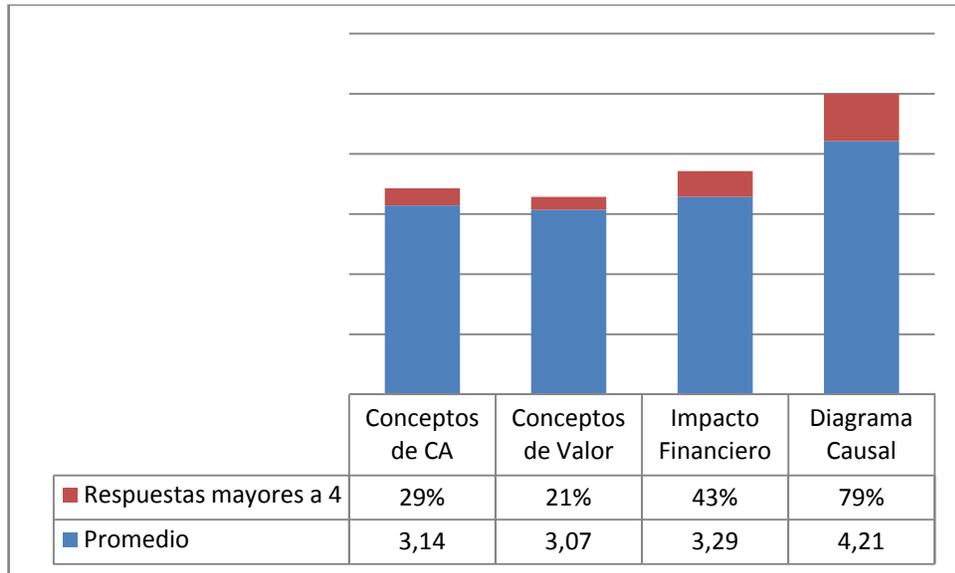
Figura 24 – Calificación de criterios de usabilidad del simulador



El 93% de los usuarios calificó como positiva (una calificación superior a 4) la interfaz gráfica del simulador, entendida como la amabilidad visual de la herramienta con el usuario. En general, el 71% de las personas tuvieron claridad en los objetivos, pero el promedio del grupo está en una calificación de 3,86. Lo anterior significa que la claridad sobre lo que debían realizar con el simulador estuvo entre “buena” y “muy buena”, pero solo en un caso se calificó como excelente este criterio. Por otro lado la claridad sobre las decisiones que podían tomar, obtuvo una calificación promedio de 3,14 con solo el 21% de la muestra de usuarios calificándola por encima de 4. La interacción sobre el simulador tuvo un promedio de 4,14, entendiendo a la capacidad del usuario de interactuar con los controles, tablas y botones.

Finalmente, se les preguntó a los usuarios si la herramienta les había permitido esclarecer conceptos de Cadena de Abastecimiento, Acumulación de Valor y sobre el Impacto financiero de las decisiones en Logística. De lo anterior, el promedio de las respuestas estuvo en 3.14, 3.07 y 3.29 respectivamente, con solo un 29%, 21% y 43% de las respuestas por encima de 4. Sobre si el diagrama causal les había servido para entender mejor la prueba, el 79% de los participantes tuvieron una percepción positiva al respecto y el promedio de sus respuestas fue de 4,21.

Figura 25 – Resultados de los objetivos conceptuales de la prueba piloto



10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación exploratoria que inició este proyecto no encontró literatura que estudiara el Capital Intelectual en la Cadena de Abastecimiento. En este trabajo se utilizó la Visión Dinámica de Recursos, como sustento teórico para proponer una visión de la cadena donde se genera, acumula y destruye valor. Bajo esta perspectiva, el valor se entiende como la suma de los recursos tangibles e intangibles que generan una ventaja competitiva a la compañía. La modelación a través de Dinámica de Sistemas de una cadena de abastecimiento donde se agregaron sub-modelos y métricas financieras, operativas y de capital intelectual permitió ofrecer un primer entendimiento de la dinámica de la generación de valor en la cadena.

Del diseño experimental se puede concluir que la capacidad de inversión en capital intelectual, es decir, el monto en dinero sacado de la caja destinado a una inversión cualquiera en un intangible, afecta de manera directa los indicadores financieros. Cuando los beneficios económicos de las inversiones superan los gastos incurridos, el Flujo de Caja Acumulado al final del periodo es mayor.

En el análisis “What If” una inversión del 30% de las utilidades genera el mejor desempeño financiero pero el nivel de servicio promedio de los distribuidores tiene el peor desempeño. Este escenario representa situaciones donde la alineación de flujos y niveles de activos intangibles repercuten positivamente en el desempeño y calidad de los activos tangibles, que finalmente constituye un mejor desempeño organizativo. Por otro lado, una inversión del 10% presenta el peor desempeño financiero. Este escenario muestra cómo a pesar de la generación de valor proveniente de una inversión, la acumulación de intangibles no tiene impactos positivos en el desempeño financiero porque la calidad del activo no es suficiente para contrarrestar el gasto.

Sin embargo se observa que es de menor importancia la distribución de los recursos. El porcentaje de inversión en desarrollo humano según el ANOVA es indiferente, pero evidencia algunos resultados satisfactorios cuando está entre un 20% y 30%. Esta indiferencia del factor de desarrollo humano se puede deber a que en un momento de la simulación se logra contar con un número considerable de empleados en un nivel de expertos y cuya capacitación no ofrece una utilidad marginal alta, por lo tanto, el capital humano no crece pero sí se mantiene, ya que si se dejara de invertir, su depreciación sería más rápida. Además, la combinación

de parámetros que muestra mejor desempeño evidencia la sensibilidad del modelo a la inversión en mercadeo. Es evidente que para efectos del modelo, el capital relacional impacte el desempeño financiero en mayor medida, porque afecta directamente la base de pedidos a los distribuidores. Sin embargo, también afecta la variabilidad de los pedidos, aumentando la propagación de ruido en la cadena que lleva a bajos niveles de servicio.

Una limitación del modelo es que la cadena presentada es genérica. Se necesitaría utilizar algunas investigaciones empíricas para ajustar los parámetros del modelo, de forma que representen una mejor aproximación al sector estudiado. Además, la estructura de la cadena es limitada y cualquier extrapolación a una estructura diferente requeriría cambios en el diseño del modelo. Sin embargo, la simulación realizada cumple con el objetivo pedagógico del proyecto.

La prueba piloto permite identificar oportunidades de mejora respecto a la claridad de la explicación sobre los objetivos de la prueba y de las decisiones en las que los usuarios pueden inferir. Se puede especular que la claridad sobre ambas características de la aplicación de la herramienta tendría una derivación sobre la consecución de los objetivos de aprendizaje del simulador respecto a los conceptos logísticos, financieros y de valor intangible. Pero la capacidad visual y de los controles de mando e información del simulador mostró resultados favorables por los usuarios, lo cual valida la capacidad interactiva del simulador. No es claro sin embargo el efecto del simulador sobre la claridad de los estudiantes respecto a la capacidad de la herramienta en aclarar conceptos de CA y Valor. Se necesitaría un estudio diferente y de mayor profundidad para validar la capacidad pedagógica de la herramienta.

11. BIBLIOGRAFÍA

ARENAS, Fernando A. Finanzas, colaboración y “efecto látigo” en la cadena de abastecimiento: una aproximación a través de la Dinámica de Sistemas. La Dinámica de sistemas para la efectiva toma de decisiones y análisis estratégico de problemas: Memorias del 8° Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2010. Medellín: Editorial Universidad PontificiaBolivariana, 2010.

Bernard M. Bass. Business Gaming for Organizational Research. Management Science, Vol.10 No.3 1964 p545-556

BERNARDEZ, Mariano L. Capital Intelectual: Creación de valor en la sociedad del conocimiento. Indiana: AuthorHouse, 2008.

BONTIS, Nick. Managing an organizational learning system by aligning stocks and flows.En: Journal of Management Studies. Vol 39.No.4. p41-81.

BONTIS, Nick. Assesing knowledge assets: a review of the models used to measure intellectual capital. En: International Journal of Management Reviews. Marzo 2001.Vol 3.No.1. p437-469.

BOOKER, Lorne y Bontis, Nick.The relevance of knowledge management and intellectual capital research.En: Knowledge and Process Management. Octubre-Diciembre 2008.Vol.15 No.8.p235-246.

BOWERSOX, Donald et al. Supply Chain Logistics Management.USA: McGraw Hill. 2002.

CAMERINELLI, Enrico. Supply Chain Finance. En: Journal of Payments & Systems. Octubre, 2008.Vol. 3.No. 2.p114-128

CAMERINELLI, Enrico y Cantú, Alessandra. Measuring the value of the supply chain: A framework. En: SupplyChainPractice. 2006. Vol. 8 No.2. p40-59

CHOPRA, Sunil y Meindl, Peter. Administración de la cadena de suministros: estrategia, planeación y operación. México: Pearson Education, 2008.

DIERRICKX, Ingerman y Cool, Karel. Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. En: Management Science. Diciembre 1989. Vol 35.No.12. p1504-1511.

DOMAN, Andrew et al. The dynamic talent-growth. En: McKinseyQuarterly. 2000. No. 1, p 106-115.

EDVINSSON, Leif y Malone, Michael. 1999.El capital intelectual: cómo identificar y calcular el valor de los recursos intangibles de su empresa. Barcelona : Gestión, 1999. ISBN 8480883081.

GARCIANDÍA IMAZ, José Antonio. Pensar sistémico: una introducción al pensamiento sistémico. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2005.

HALLEY, Alain y Beaulieu, Martin. Knowledge Management Practices in the context of Supply Chain Integration: The Canadian experience. En: An international journal. 2005. Vol.6 No.1 p66-81

CAPÓ-VICEDO, José et al. La gestión del conocimiento en la cadena de suministro. Análisis de la influencia del contexto organizativo. En: Información Tecnológica. Septiembre, 2005. 9p.

CAPÓ-VICEDO, José et al. La importancia de la gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la construcción. En: IX Congreso de Ingeniería de Organización. 2007. Vol. 18. No. 1. p127-135.

Innovación en metodologías docentes con Simuladores de Gestión Empresarial [En línea]: Aplicación práctica en las enseñanzas de Grado. Madrid: Grupo de Investigación Innovatic. Universidad Autónoma de Madrid, 2009. [Consultado 17 de Mayo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.uam.es/europea/Memorias%202009%20sin%20presupuesto/linea%202/Memoria%203%20linea%202.pdf>.

J.K. Butler. Developments in business simulation and experimental excercises. Omnipress, 1966. pp. 22-28

KAPLAN, Robert S. y Norton, David P. Cómo utilizar el cuadro de mando integral: para implantar y gestionar su estrategia. España: Gestión, 2000.

KAPLAN, Robert S. y Norton, David P. Strategy Maps: Converting Intangible Assets into tangible outcome. Boston: Harvard Business School Publishing, 2004.

LAFTHA, Zaid et al. Identifying added value in integrated oil supply chain companines, a case study. En: 17th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. 2007. 6p.

PAPAGEORGIU, George y ABROSIMOVA, Kristina. An Overview of System Dynamics Methods for Developing Management Flight Simulators. España: 6th WSEAS Int. Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics. December 14-16, 2007

NEVADA PEÑA, Domingo y López Ruiz, Victor Raúl. ¿Cómo medir el capital intelectual de una empresa? En: Partida Doble. Octubre 2000. No. 15. p42-53

NONAKA, Ikujiro y Takeuchi, Hirotaka. The Knowledge-Creating Company. USA: Oxford University Press.

ROOS, Johan et al. Intellectual Capital. Hampshire: MacMillan Press Ltd. 1997. ISBN: 8449310113

SENGE, Peter. The fifth discipline: the art and practice of the learning organization. New York: Doubleday & Company, 1990.

SENGE, Peter y Kleiner, Art. La danza del cambio: los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje. Colombia: Editorial Norma S.A. 2000.

STERMAN, John. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, 2000. ISBN 0072311355

STEWART, Thomas A. 1998. El capital intelectual: la nueva riqueza de las organizaciones. Buenos Aires : Ediciones Gránica S.A., 1998. ISBN 950-641-253-7.

TOFFLER, Alvin. 1984. La tercera Ola. [trad.] Adolfo Martin. Barcelona : Plaza & Janés, 1984. ISBN 8401450128.

van den BERG, Herman A. Models of Intellectual Capital Valuation: A comparative Evaluation. En: Business Performance Measurement: Intellectual Capital - Valuation Models. USA: Le Magnus University Press, 2005. p. 121-158

von GEORG, Krogh y Grand, Simon. Justification in Knowledge creation: Dominant Logic in Management disclosures En: Knowledge Creation: A source of Value. Hampshire: Palgrave. 2000.

WARREN, Kim. Improving strategic management with the fundamental principles of system dynamics. En: System Dynamics Review. Invierno 2005. Vol. 21., No.2., p339-350.

----- The Invisible Ink. En: Business Strategy Review. Invierno, 2004. Vol. 15. No. 4. p57-65.

----- The dynamics of strategy. En: Business Strategy Review. Otoño, 1999. Vol. 10 No. 3. p1-17.

----- The softer side of Strategy Dynamics. En: Business Strategy Review. Primavera 2000. Vol. 11. No. 1, p45-59.

WERNEFELT, Birger. A Resource-based view of the firm. En: Strategic Management Journal. Abril 1984. Vol. 5 No. 2., p.171-180

12. ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

	RESUMEN	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
OBJETIVO GENERAL	Contribuir al desarrollo de una visión académica de la cadena de abastecimiento basada en la generación y acumulación de valor.			
OBJETIVO DEL PROYECTO	Elaborar un simulador gerencial que ayude a los estudiantes en la comprensión de los conceptos de generación y acumulación de valor en la cadena de abastecimiento	Porcentaje de cumplimiento del proyecto	Entregas realizadas. Reuniones con los tutores. Seguimiento del cronograma	
OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Definir las variables del modelo	Completo para 13 de Junio de 2011		
ACTIVIDAD 1.1	Identificación de variables del modelo	Variables identificadas al 6 de Junio	Material de referencia teórica y evidencia empírica de la variable en el sistema	Límites del modelo
ACTIVIDAD 1.2	Elaboración del cuadro de límites del modelo	Categorización de variables realizada (endógenas, exógenas, excluidas) al 11 de Junio	Material de referencia teórica y evidencia empírica de la variable que ilustren patrones de comportamiento y relaciones	
ACTIVIDAD 1.3	Selección de variables de decisión del simulador	Generación de las reglas de decisión del simulador al 13 de Junio	Explicación del proceso de toma de decisión del usuario del simulador	

OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Plantear el modelo conceptual	Completo para el 29 de Junio de 2011		
ACTIVIDAD 2.1	Elaboración del diagrama de subsistemas	Agrupación de variables endógenas y exógenas en subsistemas para el 19 de Junio de 2011		
ACTIVIDAD 2.2	Elaboración del diagrama causal	Número de Relaciones/Evidencia empírica o teórica que la sustente = 1	Sustentación de las relaciones planteadas	Existe suficiente evidencia empírica y teórica para sustentar las causalidades del modelo
OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar el modelo de simulación en dinámica de sistemas			
ACTIVIDAD 3.1	Elaboración del diagrama de flujos y niveles	Congruencia entre los flujos de entrada y salida con el nivel	Chequeo de unidades, validación del modelo	
ACTIVIDAD 3.2	Formulación del modelo de simulación	Ecuación matemática representa la relación conceptual planteada	Comportamiento esperado en la corrida de la simulación	Se conoce el comportamiento de la variable ante ciertos parámetros
ACTIVIDAD 3.3	Validación del modelo de simulación	El comportamiento del modelo es coherente	Comportamiento de la simulación es congruente con el comportamiento esperado del modelo conceptual Consistencia dimensional El modelo se comporta estable ante situaciones extremas	
ACTIVIDAD 3.4	Evaluación y análisis del modelo de simulación	Análisis what-if realizado para el 17 de Agosto	Se puede predecir el comportamiento del modelo bajo ciertos parámetros	
OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Elaboración del simulador de vuelo gerencial			
ACTIVIDAD 4.1	Diseño de los objetivos de aprendizaje del simulador	Objetivos de aprendizaje entregados para el 19 de Agosto	Los objetivos de aprendizaje corresponden a competencias	

		de 2011	genéricas y específicas	
ACTIVIDAD 4.2	Diseño de la interfaz del simulador	Interfaz elaborada para el 8 de Septiembre de 2011	La interfaz satisface la matriz de criterios elaborada	
OBJETIVO ESPECÍFICO 5	Desarrollo de una prueba piloto del simulador			
ACTIVIDAD 5.1	Selección de la muestra	Muestra representativa y equitativa	Los grupos elaborados poseen características demográficas similares	Los cursos de Logística y Dinámica de Sistemas abren un espacio para la prueba del simulador
ACTIVIDAD 5.2	Aplicación de la prueba piloto	Número de Simulaciones realizadas	Videograbación de la prueba	
ACTIVIDAD 5.3	Realización de la evaluación de percepciones	Evaluaciones realizadas / Simulaciones realizadas	Evaluaciones en papel	
ACTIVIDAD 5.4	Análisis de los datos	Análisis realizado en hoja de cálculo	Tabulaciones y gráficas realizadas	
ACTIVIDAD 5.5	Presentación de resultados	Presentación realizada al tutor		Se presentarán los resultados y conclusiones al tutor

ANEXO C – Lista de Variables del Modelo

La siguiente tabla muestra la clasificación de las variables en sectores, posteriormente distingue si son endógenas o exógenas e indica cuales de ellas serán utilizadas como variables de decisión del futuro simulador (Aquellas que están sombreadas).

Operaciones	
Variables endógenas	Variables exógenas
Inventario deseado de materia prima (1 y 2)	Lead time del proveedor de materias primas (1 y 2)
Ordenes de compra de materia prima (1 y 2)	Política de inventario de materias primas (1 y 2)
Entrega posible de materia prima (1 y 2)	Tiempo de suavizamiento del consumo de materias primas (1 y 2)
Ajuste de inventario de materia prima (1 y 2)	Política de inventario de fábrica
Orden de entrega de materia prima a planta (1 y 2)	Tiempo de suavizamiento de ordenes totales
Inventario de materia prima (1 y 2)	Tiempo de suavizamiento de bodegas (1,2 y 3)
Entradas de materia prima (1 y 2)	Política de inventario de bodegas (1, 2 y 3)
Entregas de materia prima a planta (1 y 2)	Tiempo de suavizamiento de nivel de servicio de bodegas (1, 2 y 3)
Fuerza de producción	-
Ciclo de manufactura	-
Entrega posible equivalente de producto (1 y 2)	-
Entrega posible equivalente total	-
Producción	-
Inventario de fábrica	-
Despachos de fábrica	-
Ajuste de inventario de producto terminado	-
Inventario deseado de producto terminado	-
Ordenes totales esperadas	-
Lead time de bodega (1,2 y 3)	-
Despachos a bodega (1, 2 y 3)	-
Bodega (1, 2 y 3)	-
Despachos de bodega a clientes (1, 2 y 3)	-
Ajuste de inventario de bodega (1, 2 y 3)	-
pedidos de clientes bodega (1, 2 y 3)	-
Pedidos esperados a bodega (1, 2 y 3)	-
Factor de confianza de cliente en bodega (1, 2 y 3)	-
nivel de servicio esperado de bodega (1, 2 y 3)	-
Promedio pedidos de clientes a bodega (1, 2 y 3)	-

Ordenes totales de bodegas	-
Pedidos clientes totales	-
Factor de despacho de bodega 2	-
Flujo de efectivo	
Variables endógenas	Variables exógenas
Costo unitario de materias primas (1 y 2)	Gastos fijos
Reducción de costos de materias primas	Política de pagos a proveedores
Facturación de materias primas (1 y 2)	Política de cartera
Facturación a proveedores de materias primas	-
Cuentas por pagar	-
pagos a proveedores	-
costos logísticos totales	-
salarios de personal	-
egresos de fábrica	-
Ingresos de fábrica	-
Caja de la fábrica	-
Recaudos de fábrica	-
cuentas por cobrar	-
facturación de clientes	-
facturación de bodegas (1, 2 y 3)	-
Facturación total	-
Precio unitario de venta por bodega	-
costo logístico de bodegas (1, 2 y 3)	-
Porcentaje de reducción de costos logísticos	-
Capital intelectual	
Variables endógenas	Variables exógenas
Inversión en mercadeo	Porcentaje de inversión en desarrollo humano
Inversión e investigación y desarrollo	Porcentaje de inversión
Inversión en capacitación de trabajadores	Porcentaje de inversión en I+D
Capital humano	Porcentaje de inversión en mercadeo
capital estructural	Tiempo de conversión en capital (cada uno)
capital relacional	Tiempo de depreciación de capital (cada uno)
capital de innovación	Máximo capital de innovación
capital de innovación normalizado	
Fuerza de trabajo	
Variables endógenas	Variables exógenas
Fuerza laboral necesaria	-
total empleados	-
total expertos	-
total aprendices	-
salarios de personal	-

salario expertos	-
salario aprendices	-
periodo de capacitación	-
total aprendices convertidos en expertos	-
Indicadores financieros	
Variables endógenas	Variables exógenas
Valor inventario de materias primas inicial	-
Valor inventario de materias primas final	-
Valor inventario materias primas total	-
Valor inventario producido	-
valor inventario de fábrica	-
valor inventario de bodegas (1, 2 y 3)	-
valor inventario total	-
Capital de trabajo	-
Flujo de caja del periodo	-
flujo de caja del periodo post inversión	-
Indicadores operacionales	
Variables endógenas	Variables exógenas
Nivel de servicio bodegas (1, 2 y 3)	-
Nivel de servicio acumulado de bodegas (1, 2 y 3)	-
Nivel de servicio de bodegas a fabrica (1, 2 y 3)	-
Pedidos de clientes promedio	-
pedidos de clientes acumulados	-
nivel de servicio total acumulado	-
despachos de bodegas acumulado	-
producción acumulada	-
Ajuste de inventario de producto terminado acumulado	-
Eficiencia de produccción acumulada	-

ANEXO D - Modelo 5*5*5

Corrida	Porcentaje de inversión	Inversión en I+D	Inversión en desarrollo humano	Flujo de Caja Acumulado	RSA
1	0%	10%	10%	84477.1016	1.1995377
2	0%	10%	20%	84477.1016	1.1995377
3	0%	10%	30%	84477.1016	1.1995377
4	0%	10%	40%	84477.1016	1.1995377
5	0%	10%	50%	84477.1016	1.1995377
6	0%	20%	10%	84477.1016	1.1995377
7	0%	20%	20%	84477.1016	1.1995377
8	0%	20%	30%	84477.1016	1.1995377
9	0%	20%	40%	84477.1016	1.1995377
10	0%	20%	50%	84477.1016	1.1995377
11	0%	30%	10%	84477.1016	1.1995377
12	0%	30%	20%	84477.1016	1.1995377
13	0%	30%	30%	84477.1016	1.1995377
14	0%	30%	40%	84477.1016	1.1995377
15	0%	30%	50%	84477.1016	1.1995377
16	0%	40%	10%	84477.1016	1.1995377
17	0%	40%	20%	84477.1016	1.1995377
18	0%	40%	30%	84477.1016	1.1995377
19	0%	40%	40%	84477.1016	1.1995377
20	0%	40%	50%	84477.1016	1.1995377
21	0%	50%	10%	84477.1016	1.1995377
22	0%	50%	20%	84477.1016	1.1995377
23	0%	50%	30%	84477.1016	1.1995377
24	0%	50%	40%	84477.1016	1.1995377

25	0%	50%	50%	84477.1016	1.1995377
26	10%	10%	10%	67008.8047	0.90247001
27	10%	10%	20%	61971.2422	0.83917556
28	10%	10%	30%	70125.1094	0.95852511
29	10%	10%	40%	52462.5156	0.70982715
30	10%	10%	50%	36223.9336	0.48721712
31	10%	20%	10%	61977.9531	0.83878785
32	10%	20%	20%	70139.7344	0.95820557
33	10%	20%	30%	52792.3555	0.71443799
34	10%	20%	40%	36332.8516	0.48862323
35	10%	20%	50%	56164.5039	0.77416971
36	10%	30%	10%	70093.5938	0.95699681
37	10%	30%	20%	70093.5938	0.95699681
38	10%	30%	30%	36375.0742	0.48915227
39	10%	30%	40%	56145.0039	0.77381399
40	10%	30%	50%	84891.3906	1.17818201
41	10%	40%	10%	54348.1367	0.73531112
42	10%	40%	20%	36402.7656	0.48935306
43	10%	40%	30%	36402.7656	0.48935306
44	10%	40%	40%	84943.4453	1.18009904
45	10%	40%	50%	94495.0469	1.33621916
46	10%	50%	10%	36423.8555	0.48939171
47	10%	50%	20%	83890.5781	1.174735
48	10%	50%	30%	85059.9922	1.18282437
49	10%	50%	40%	96709.3281	1.3648455
50	10%	50%	50%	89933.4375	1.29841017
51	20%	10%	10%	37409.0742	0.47763921

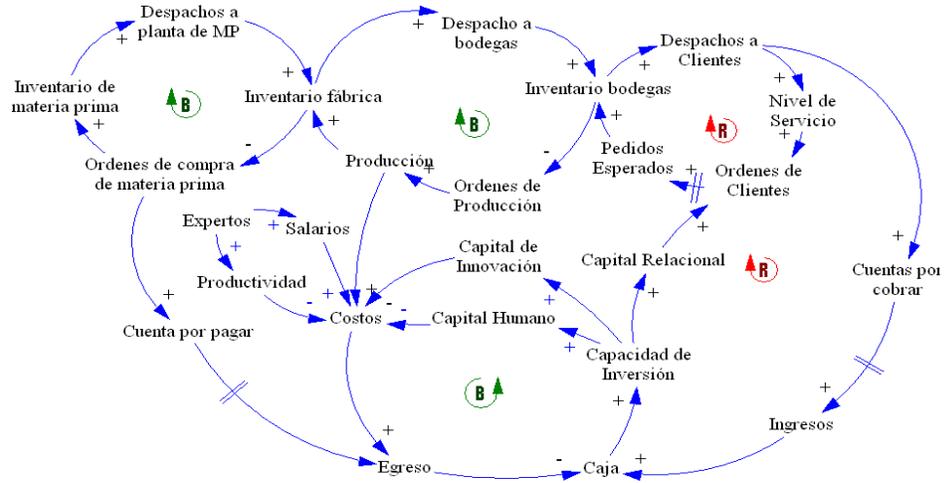
52	20%	10%	20%	47335.2969	0.61712959
53	20%	10%	30%	96128.9766	1.24088852
54	20%	10%	40%	107265.813	1.31966928
55	20%	10%	50%	106685.766	1.32156378
56	20%	20%	10%	54766.6563	0.71694297
57	20%	20%	20%	108560.305	1.35628479
58	20%	20%	30%	102987.039	1.26316389
59	20%	20%	40%	103736.391	1.27928201
60	20%	20%	50%	103169.742	1.32290954
61	20%	30%	10%	110002.211	1.37042766
62	20%	30%	20%	103080.586	1.26211857
63	20%	30%	30%	103080.586	1.26211857
64	20%	30%	40%	103143.813	1.32164583
65	20%	30%	50%	96803.2422	1.29834916
66	20%	40%	10%	110939.633	1.34040704
67	20%	40%	20%	101280.766	1.2458533
68	20%	40%	30%	100122.813	1.28863081
69	20%	40%	40%	94779.1172	1.26916589
70	20%	40%	50%	82439.5703	1.13998
71	20%	50%	10%	99973.125	1.25059318
72	20%	50%	20%	100143.813	1.28790056
73	20%	50%	30%	94896.5547	1.27096931
74	20%	50%	40%	82439.5703	1.13998
75	20%	50%	50%	82864.9063	1.19169913
76	30%	10%	10%	28189.7832	0.35096323
77	30%	10%	20%	107501.227	1.14838043
78	30%	10%	30%	117851.164	1.26109701

79	30%	10%	40%	96488.4531	1.11759221
80	30%	10%	50%	101203.234	1.19268782
81	30%	20%	10%	109048.805	1.16822915
82	30%	20%	20%	115741.891	1.25279222
83	30%	20%	30%	98719.5469	1.14740673
84	30%	20%	40%	101203.234	1.19268782
85	30%	20%	50%	92546.8594	1.14888847
86	30%	30%	10%	113103.633	1.23264929
87	30%	30%	20%	108769.438	1.22611597
88	30%	30%	30%	101232.148	1.19185233
89	30%	30%	40%	92546.8438	1.1488881
90	30%	30%	50%	78147.8828	1.02236625
91	30%	40%	10%	109373.086	1.23286843
92	30%	40%	20%	101265.492	1.19240666
93	30%	40%	30%	92546.8438	1.1488881
94	30%	40%	40%	78147.8828	1.02236625
95	30%	40%	50%	79103.6563	1.09124668
96	30%	50%	10%	101390.984	1.19356848
97	30%	50%	20%	92616.9453	1.15373265
98	30%	50%	30%	92616.9453	1.15373265
99	30%	50%	40%	79103.6563	1.09124668
100	30%	50%	50%	72613.0859	1.05078239
101	40%	10%	10%	61617.0078	0.73812031
102	40%	10%	20%	80249.25	0.81187775
103	40%	10%	30%	92854.2813	0.97753862
104	40%	10%	40%	89295.2344	0.97522549
105	40%	10%	50%	94411.6328	1.05088605

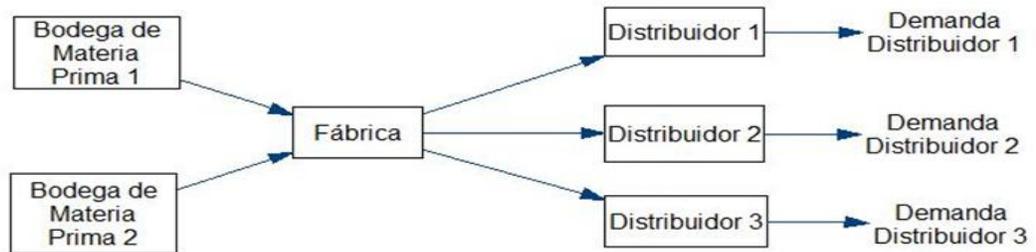
106	40%	20%	10%	83114.7969	0.83310809
107	40%	20%	20%	88919.2656	0.94097117
108	40%	20%	30%	88830.0859	0.96936412
109	40%	20%	40%	94411.6328	1.05088605
110	40%	20%	50%	82994.3047	0.97278832
111	40%	30%	10%	90908.5625	0.95540797
112	40%	30%	20%	85303.4453	0.93087275
113	40%	30%	30%	94411.6328	1.05088605
114	40%	30%	40%	82994.5703	0.97279185
115	40%	30%	50%	77425.6953	0.9714229
116	40%	40%	10%	85605.375	0.93370099
117	40%	40%	20%	94411.6328	1.05088605
118	40%	40%	30%	82994.5703	0.97279185
119	40%	40%	40%	77425.6953	0.9714229
120	40%	40%	50%	73799.1484	0.99259093
121	40%	50%	10%	95260.1953	1.06037073
122	40%	50%	20%	82814.0781	0.96932696
123	40%	50%	30%	77425.6953	0.9714229
124	40%	50%	40%	74006.8828	0.99367239
125	40%	50%	50%	62236.3828	0.90274997

ANEXO E: Información Dada en la prueba piloto

Diagrama Causal



Estructura de la Cadena



Parámetros

Precio de venta Bodega 1	\$110
Precio de venta Bodegas 2 y 3	\$100
Gastos Fijos	\$400
Salario aprendices	\$2,5
Salario expertos	\$3
Costo unitario de producción (sin MP)	≈\$10

Costo unitario materia prima 2	≈\$0,1
Costo unitario materia prima 1	≈\$3,5
Lead Time a Bodega 1	≈2 s
Lead Time a Bodega 2 y 3	≈1 s
Ciclo de Manufactura	≈1 s
Lead Time proveedor MP1	≈3s
Lead Time proveedor MP2	≈1s

ANEXO F – Cuestionario de la Prueba Piloto

Cuestionario Prueba Piloto Simulador Cadena de Abastecimiento

El siguiente cuestionario pretende obtener información sobre la práctica realizada con el simulador de vuelo gerencial.

* Required

Califique de 1 a 5 las siguientes características de la prueba realizada *

Siendo 1-Muy malo; 2-Malo; 3-Regular; 4-Bueno; 5-Muy Bueno

	1	2	3	4	5
Interfaz gráfica del simulador	<input type="radio"/>				
Claridad en los objetivos que debía alcanzar	<input type="radio"/>				
Claridad en las decisiones que debía tomar	<input type="radio"/>				
Interacción con el simulador	<input type="radio"/>				
Diagrama Causal del Modelo	<input type="radio"/>				

Califique de 1 a 4 las siguientes proposiciones presentadas *

Siendo 1-Nada; 2-Poco; 3-Algo; 4-Mucho

	1	2	3	4
¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión de conceptos relacionados con la Cadena de Abastecimiento?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión de conceptos relacionados con la acumulación de valor en la empresa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Cree que con el uso del simulador se le facilitó la comprensión del impacto financiero que generan las decisiones que se toman en logística?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ingrese el Retorno sobre Activos obtenido al finalizar la simulación *

Puede consultarlo en las tablas presentadas en la interfaz del simulador

Ingrese el Nivel de Servicio Acumulado de la Bodega 1 obtenido al finalizar la simulación *

Puede consultarlo en la interfaz del simulador

Ingrese el Nivel de Servicio Acumulado de la Bodega 2 obtenido al finalizar la simulación *

Puede consultarlo en la interfaz del simulador

Ingrese el Nivel de Servicio Acumulado de la Bodega 3 obtenido al finalizar la simulación *

Puede consultarlo en la interfaz del simulador

Ingrese el Flujo de Caja de Fábrica Acumulada obtenida al finalizar la simulación *

Puede consultarlo en las tablas presentadas en la interfaz del simulador

Observaciones generales

Submit

Powered by [Google Docs](#)

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)