



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Coordinación de agentes en cadenas de suministro descentralizadas, caso de estudio sector panificador, Palmira, Valle.

IVÁN DARÍO CÁRDENAS BARBOSA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2013

Coordinación de agentes en cadenas de suministro descentralizadas, caso de estudio sector panificador, Palmira, Valle.

IVÁN DARÍO CÁRDENAS BARBOSA

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director (a):

Ph.D. Wilson Adarme Jaimes

Línea de Investigación:

Gestión de Operaciones

Grupo de Investigación:

SEPRO - Logística

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá D.C., Colombia

2013

A quienes mi debo:

A Dios, por permitirme alcanzar las metas que me he impuesto y rodearme de los mejores seres humanos.

A Paola y a Martín, razones para vivir, crecer y triunfar cada día.

A mis padres, fuentes de amor, sabiduría y valores.

A mi hermana, por ser un ejemplo de vida.

Al grupo de investigación SEPRO, como colegas, amigos y compañeros.

Al profesor Wilson, por su confianza y sabiduría.

Y a mi país, por su gente, todos los días demuestra que vale todo esfuerzo.

“True glory consists in doing what deserves to be written, in writing what deserves to be read, and in so living as to make the world happier and better for our living in it.”

Pliny The Elder

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue posible gracias al esfuerzo realizado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia, quienes han puesto al servicio de este trabajo valiosos recursos, por medio del proyecto de Investigación *“Diseño metodológico sobre logística de almacenamiento, adquisición, apropiación de sistemas de información y comunicación para las pymes Colombianas, subsector panificador”*.

También al grupo de investigación SEPRO-Logística por que por medio de su soporte intelectual y material fue posible llevar a cabo esta investigación.

Resumen

En la presente tesis de maestría se desarrolla una propuesta metodológica para el modelado de cadenas de suministro desde un enfoque en el cual se consideren aspectos que tradicionalmente no se tienen en cuenta y que cobran mayor relevancia en un entorno de pequeñas empresas: reglas de negociación entre actores de la cadena, factores humanos presentes y la relevancia de la experiencia adquirida. El desarrollo de este proyecto incluye caracterización de una cadena de suministro del sector panificador de Palmira, que se convirtió en el objeto de estudio para soportar la aproximación metodológica, de igual manera la propuesta se alimenta de recientes contribuciones metodológicas enfocadas en la cadena de suministro, sin embargo en este trabajo se busca integrar de una manera más detallada elementos de la logística y la gestión de la cadena de suministro. La metodología propuesta demuestra por medio del ejemplo propuesto, ser útil para llevar a cabo diferentes análisis sobre el desempeño de la cadena de suministro y la implementación de diferentes mecanismos de coordinación

Palabras clave: Logística, Cadena de Suministro, Sistemas Multi-agentes, simulación basada en agentes.

Abstract

Current thesis proposal develops a methodological framework to model a supply chain, In this approach non-traditional issues are considered specially issues present in small business: negotiation rules, human behavior and acquired experience. In order to support the proposed methodology the current work includes the analysis of a practical bakery supply chain and the theoretical foundations of supply chain modeling existing methodologies in the literature, but focusing from a logistics point of view. The implementation of the model in a software application reveals the utility of the

methodological approach to measure the global supply chain performance and the use of proposed coordination mechanisms.

Keywords: logistics, Supply Chain management, agent based simulation, multiagent system.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de ilustraciones	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
1. Generalidades de la Investigación	5
1.1 Formulación de la pregunta de investigación	5
1.1.2 Antecedentes Internacionales	8
1.1.3 Antecedentes teóricos.....	10
1.2 Justificación	13
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Metodología.....	15
1.4.1 Fase 1: Planificación e Instrumentación	17
1.4.2 Fase 2: Investigación Piloto.....	18
1.4.3 Fase 3: Caracterización	18
1.4.4 Fase 4: Formulación del Diseño Metodológico.....	18
1.4.5 Fase 5: Implementación	19
1.4.6 Fase 6: Validación y Configuración de la Metodología Propuesta	19
2. Estado del Arte	21
2.1 Introducción	21
2.2 Cadena de Suministro y Logística	21
2.2.1 Modelo SCOR.....	25
2.2.2 Value Stream Mapping (VSM).....	27
2.3 Procesos Logísticos.....	28
2.3.1 Abastecimiento.....	28
2.3.2 Almacenamiento	28
2.3.3 Distribución	29
2.4 Coordinación en la cadena de suministro	30
2.4.1 Mecanismos de Coordinación	31
2.4.2 Estructuras Organizacionales en la Cadena de Suministro	32
2.4.3 Coordinación en Cadenas Descentralizadas.....	33
3. Formulación del Diseño Metodológico	37

3.1	Introducción.....	37
3.2	Antecedentes Teóricos.....	37
3.3	Formulación Metodológica	41
3.3.1	Descripción de la Cadena de Suministro	41
3.3.2	Formulación del problema	44
3.3.3	Implementación	50
4.	Caso de Estudio.....	51
4.1	Introducción.....	51
4.2	Descripción General de la cadena de Suministro	51
4.3	Descripción de la cadena de suministro	54
4.4	Formulación del problema	55
4.4.1	Definición del Alcance.....	55
4.4.2	Estructura Decisional	58
4.4.3	Definición de los Agentes	59
4.4.4	Definición del Sistema Multi Agente.....	62
4.5	Implementación	62
5.	Conclusiones y recomendaciones	65
5.1	Conclusiones.....	65
5.2	Recomendaciones.....	65
A.	Anexo A: Instrumentos de recolección de información.....	67
B.	Anexo B: Instrumentos de Recolección de Información Diligenciados.....	69
C.	Anexo C: Modelado del sistema por medio de Diagramas TROPOS	71
D.	Anexo D: Código en Java de la implementación informática	73
	Bibliografía	74

Lista de ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1-1. Cuantificación detallada de las empresas panificadoras en Colombia.....	7
Ilustración 1-2 Consumo per cápita (kg) vs. Precio de pan (\$) por país.....	9
Ilustración 1-3. Consumo de pan (kg) a nivel mundial.	10
Ilustración 1-4. Fases Metodológicas	17
Ilustración 2-1. Esquema del modelo SCOR	26
Ilustración 2-2 Mecanismos de Coordinación en la Cadena de Suministro.....	32
Ilustración 3-1 Vistas Propuestas	42
Ilustración 3-2 Elementos de la estructura decisional de un agente.....	45
Ilustración 3-3. Arquitectura del agente individual.....	46
Ilustración 3-4. Elementos de la unidad de identificación.....	47
Ilustración 3-5 Elementos de la unidad de sensor	47
Ilustración 3-6 Elementos de la unidad de procesamiento.....	47
Ilustración 3-7. Arquitectura propuesta del sistema multi agente (SMA)	50
Ilustración 4-1 Configuración de las cadenas de suministro del sector panificador.....	53
Ilustración 4-2 Flujos logísticos.....	55
Ilustración 4-3. Agentes de la cadena logística de estudio	58
Ilustración 4-4 Elementos de la estructura decisional agente 3	59
Ilustración 4-5 Elementos de la estructura decisional agente 4	60
Ilustración 4-6. Arquitectura general el sistema	62

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Técnicas de recolección de Información	17

Introducción

Las condiciones en las que se desenvuelve la operación logística se ha convertido en la fuente de numerosos estudios en los últimos años, la capacidad de obtener soluciones eficientes por medio del análisis matemático y las evidencias de implementaciones exitosas recogidas en la práctica, han hecho que el área de investigación se nutra de académicos que han encontrado en la logística un área de trabajo interdisciplinar y aplicada.

Es imposible desconocer también que las economías mundiales han fijado sus ojos en el desempeño logístico, importantes publicaciones resaltan en los últimos años la correlación existente entre el desempeño logístico de naciones como Singapur, Hong Kong, Alemania y Finlandia, con la competitividad de las organizaciones circunscritas en su territorio, impactos en el desarrollo económico, la diversificación de oferta y la reducción de la pobreza son algunos de los indicadores a los que el desempeño logístico de una nación puede contribuir (World Bank & International Finance Corporation, 2012).

Uno de los estudios más relevantes en el campo de la logística corresponde al índice de desempeño logístico (Logistics Performance Index - LPI) desarrollado por el Banco Mundial (World Bank & International Finance Corporation, 2012). En su última edición correspondiente a 2012, la evaluación incluyó los indicadores de 155 países entre los cuales se encuentra Colombia. El puntaje está conformado por la percepción medida en una escala de 1 a 5 del desempeño logístico de un país en diferentes dimensiones: la eficiencia del proceso del despacho de aduana, la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte, la facilidad de acordar embarques a precios competitivos, la calidad de los servicios logísticos, la capacidad de seguir y rastrear los envíos y la frecuencia con la cual los embarques llegan al consignatario en el tiempo programado.

A la luz de estos estudios el país viene mostrando un crecimiento sostenido tanto en sus posición relativa con respecto a otros países (actualmente ocupa el puesto 64, en 2007 se ubicaba en el 82), de igual manera su calificación absoluta se ha elevado desde 2.5

hasta 2.87. Otro estudio que avala el desempeño del país esta vez desde una perspectiva del entorno regulatorio para las actividades comerciales e industriales, corresponde a la publicación anual Doing Business (World Bank & International Finance Corporation, 2012) la cual utilizando diferentes métricas ubica al país en el puesto 42 mejorando 5 puestos el resultado de 2011.

El efecto que han tenido estudios de este tipo ha sido alentador, El CONPES 3547 de 2008 establece la política nacional de logística en el cual se identificaron las debilidades y se propusieron las estrategias para el desarrollo logístico del país, las planificación realizada en este documento se origina en los resultados del LPI del Banco Mundial del 2007 que pusieron en manifiesto la brecha que estaba originándose entre otros países latinoamericanos y Colombia.

El Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad Para Todos 2010-2014” (Departamento Nacional de Planeación, 2011), ha considerado pertinentemente que la logística se convierte en un habilitador fundamental de la competitividad, considerando que el país requiere del desarrollo de integraciones modales, infraestructura logística especializada, organizar la logística urbana y avanzar en términos e facilitación del comercio exterior. También en el documento maestro de planeación del país se explícita la relevancia que tiene la operación logística en los procesos agropecuarios como foco de innovación y fuente de valor agregado.

Sin embargo es necesario reconocer que la planificación logística del país aún no lleva más de cinco años labrándose y que el conocimiento sobre la temática aún está en una condición prematura no sólo para la sociedad sino incluso en la comunidad académica. A pesar de contar con tanta prioridad en las herramientas máximas de planeación nacional las decisiones estratégicas del país en términos logísticos se han configurado desde una visión externa y sobre todo a un nivel muy alto de agregación. La comunidad académica del país aún no ha generado documentos internos que puedan estar al nivel de los estudios internacionales y sirvan como herramienta y directriz de la planificación logística.

La información logística en el país aparece totalmente atomizada situación que obedece en una gran medida a la misma naturaleza de la logística que al ser un eje transversal a múltiples organizaciones, debe considerar desde grandes empresas con robustos sistemas de información hasta agentes no tan sobresalientes de la cadena como fami

empresarios y pequeños agricultores en los cuales la información puede ser retenida tan sólo en el conocimiento de sus propietarios.

La realización de este trabajo corresponde al compromiso de la academia con la sociedad de acercarse al entendimiento de las dinámicas que se presentan en el ambiente, y en este caso el ambiente logístico, así como las características endógenas que determinan el desempeño logístico del país, por medio de un diseño metodológico se prevé proporcionar herramientas que logren representar y abstraer un sistema logístico real a una implementación informática de la cual se puedan derivar análisis matemáticos.

A pesar que la implementación y abstracción de sistemas logísticos se ha venido adelantando desde el entorno académico aún una visión más holística de las cadenas de suministro y como se relacionan con su entorno de manera que se consideren asuntos que determinan la operación logística, como las características sociales de los agentes de la cadena: valores éticos, conciencia ambiental, el poder y la influencia y la facilidad de cooperación entre diferentes organizaciones son temas que generan actualmente cuestionamientos investigativos.

En esta tesis se aprovechan los conceptos provenientes de la ingeniería de sistemas y desarrollados en los últimos años provenientes del modelado basado en agentes el cual ha mostrado en los pocos años que lleva siendo utilizado una adaptación natural a sistemas distribuidos, complejos siendo utilizado principalmente en ambientes en los que ha representado con detalle condiciones humanas, en adelante el documento se desarrolla de la siguiente manera: en el **Capítulo 1** se relacionan los estudios que anteceden el desarrollo de este trabajo, la pertinencia y relevancia para el estado del conocimiento de su realización, se formula la pregunta de investigación, se establecen los objetivos que permiten la lector entender de forma integral los alcances de esta investigación y finalmente se desarrolla el enfoque metodológico que da a conocer los modos y medios mediante los cuales se abordó el objeto de estudio, en el **Capítulo 2** se establecen los aportes más relevantes en el estado del conocimiento que sirvieron de fundamento teórico para el desarrollo de la presente investigación, en el **Capítulo 3** se exponen los principales resultados de la investigación incluyendo la caracterización del sistema y la formulación del diseño metodológico propuesto, en el **Capítulo 4** a manera de ejemplo, la metodología propuesta se desarrolla en un caso de estudio del sector panificador en Palmira, Valle validando su aplicación, en el **Capítulo 4** se discuten los

resultados de la metodología propuesta obtenidos de su implementación en un ambiente informático, finalmente en el **Capítulo 5** se presentan las conclusiones, implicaciones y recomendaciones finales del trabajo.

1. Generalidades de la Investigación

En este capítulo se desarrolla la propuesta investigativa a desarrollar partiendo desde los antecedentes que motivaron la pregunta de investigación y estableciendo su pertinencia y relevancia. En el desarrollo de este capítulo se establecen los objetivos a desarrollar y la metodología propuesta para el cumplimiento de los mismos.

1.1 Formulación de la pregunta de investigación

La actual investigación se circunscribe en el proyecto de investigación en ejecución del grupo de investigación SEPRO con financiamiento de COLCIENCIAS, titulado “Diseño metodológico sobre logística de almacenamiento, adquisición y apropiación de sistemas de información y comunicación para las pymes colombianas, subsector panificador” (1101-521-28833). Sector en el que se pretende realizar la caracterización inicial de la cadena y validar la utilización de la metodología propuesta

El caso de estudio tiene como objetivo servir para validar la metodología propuesta, este corresponde a la cadena de suministro del sector panificador localizada en el municipio de Palmira, Colombia. El municipio cuenta con una población de 300,000 habitantes aproximadamente y la industria panificadora se considera como estratégica para el desarrollo dado que existen diversas actividades agrícolas de gran escala relacionadas con la industria del pan. Una de las plantas de la molinera más grande del país se encuentra en las inmediaciones del municipio, así como la industria del azúcar de caña, también dentro del municipio existen distribuidoras especializadas de insumos para el sector panificador conocidas como “queseras” e incluso hay panaderías locales que se han logrado consolidar y atender mercados internacionales, debido a la existencia de un importante número de Pymes y a la dispersión de las mismas, la coordinación de la cadena de suministro se ha identificado como una estrategia para alcanzar la competitividad y productividad (Adarme J. & Álvarez P., 2007).

1.1.1 Antecedentes Nacionales

El sector panificador en Colombia ha presentado un proceso de crecimiento y evolución importante, de acuerdo con la Encuesta Anual Manufacturera EAM - 2007, las ventas totales para la clasificación 1551- Elaboración de productos de panadería, fue de 2.004.268.016 (cifra expresada en miles de pesos colombianos), presentándose un crecimiento del 40,54% respecto de las ventas totales reportadas en el 2002, las cuales estuvieron en el orden de los 1.191.626.577 (miles de pesos colombianos). Según la Federación de Molineros (2006), la asignación al consumo de pan y otros productos de panadería, fue de \$10.713 per cápita.

La producción de alimentos en Colombia es una actividad propia fundamentalmente de pequeña y mediana empresa, constituyendo aproximadamente el 94,4%; es así, como el sector alimenticio ocupa dentro del renglón manufacturero el primer lugar de importancia en los principales indicadores económicos (Reyes, 2006). En Colombia, no se logra conocer con exactitud el número de establecimientos dedicados a esta actividad, debido a que muchos de ellos operan sin aún estar registrados ante la Cámara de Comercio de cada departamento; sin embargo, según lo indica la Asociación Nacional de Panaderos (ADEPAN) en el censo de Infocomercio 2011, en Bogotá hay 6.974 panaderías, y es la ciudad con el mayor número de estos establecimiento, seguida de Cali, con 2.165, Medellín con 1.532, Barranquilla con 565 y en Bucaramanga existen 466 panaderías. Los estudios elaborados por Anipan (2004) muestran que el 51.28% (12.666), corresponden a micro/fami empresas y el 45% (11.115) son pequeñas empresas, empleándose en estos tipos de empresas el 80.15% de los empleos del sector, cuyos empleos directos se estiman en 216.715 empleos, distribuidos en 24.700 empresas, como se puede ver en la Ilustración 1-1

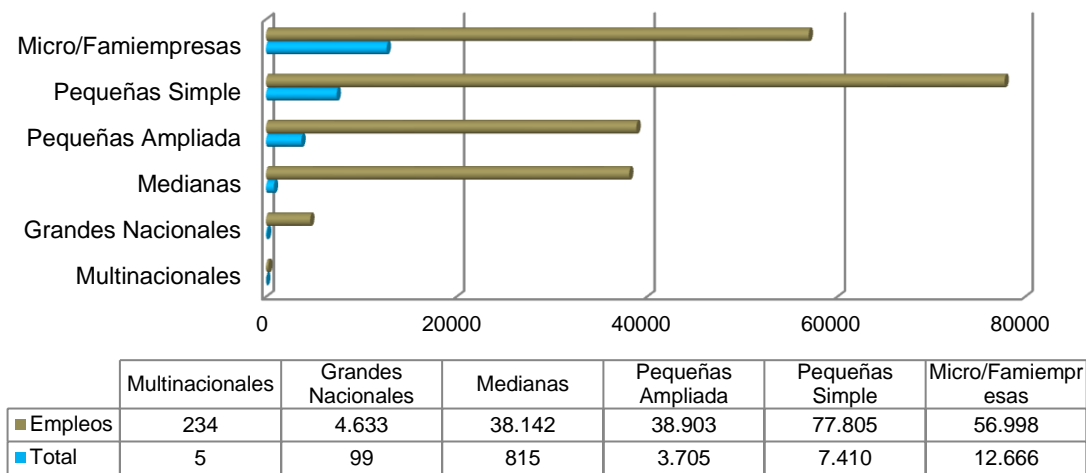


Ilustración 1-1. Cuantificación detallada de las empresas panificadoras en Colombia.

En el municipio de Palmira Valle, para el año 2011 se contaba con 204 panaderías ante la Cámara de Comercio. Estudios como los de (López & Panneso, 2002), (Adarme Jaimes & Prieto, 2005), (López & Lozano, 2004), (Rivera & Villalobos, 2006), (Marulanda & Perea, 2003), han determinado aspectos relevantes sobre los niveles de competitividad, calidad y asepsia de las panaderías. Estos estudios destacan que algunas de las causas relevantes que afectan la situación del subsector, tienen que ver con el manejo y acopio de los insumos.

En este escenario se ha logrado establecer que una causa común que incide en la sostenibilidad de las empresas, radica en la forma como se vienen adquiriendo, manipulando y almacenando sus inventarios y particularmente los de materia prima básica, los cuales impactan significativamente en los resultados que muestra el subsector en términos de calidad, costos y asepsia por citar algunos. Los pequeños y medianos empresarios han venido utilizando métodos y técnicas en su gestión productiva, derivadas de un desarrollo empírico, que aunque resulta importante, no es suficiente para competir en las condiciones actuales del mercado, debido principalmente, a que las grandes empresas tienen la capacidad de adquirir sofisticadas plataformas de integración y aplicación que ofrecen soluciones tecnológicas, además de cumplir con la función de

programar eficientemente las actividades operativas, reducir costos y complejidades asociadas al manejo de la información.

Estudios como (Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, 2006) resaltan características claves en la operación de las panaderías:

- a) "El montaje inicial se implementa en un local originalmente destinado a vivienda, lo que obliga a acomodaciones forzadas de todas las áreas de la empresa. En muchos de estos casos, estas condiciones se mantienen temporalmente durante su crecimiento, convirtiéndose en fuertes limitantes al desarrollo de procesos más eficientes.
- b) El almacenamiento de materias primas, insumos, los procesos productivos y de comercialización se desarrollan en espacios que dificultan brindar condiciones adecuadas de seguridad, productividad y sanidad.
- c) En la distribución de planta, no se da un correcto flujo de procesos y esto lleva a congestión interna, riesgos de seguridad e ineficiencia."

1.1.2 Antecedentes Internacionales

En Colombia el consumo de productos panificados es considerado bajo si es comparado con otros países de Latinoamérica. En promedio cada persona consume 23 kg de pan al año (Martínez J. M., 2012).. Según la Organización Mundial de la salud, una persona en promedio debería de consumir 90 kg de pan al año, cifras que sólo demuestran el amplio mercado disponible para el sector panificador que a su vez ha demostrado también oportunidades en cuanto a la cantidad de pan que se consume y al precio que presenta el producto como se evidencia en la Ilustración 1-2.

En primer lugar en consumo de productos panificados a nivel de Latinoamérica se encuentra Chile con un consumo de 98 kg per cápita al año y un precio de US\$1,85, seguido de Argentina con un consumo de pan con 82.5 kg anuales per cápita y un precio de US\$1,65, en cuanto a consumo le prosigue Uruguay, Costa Rica y Brasil. A una estrecha distancia de este último país se ubica México y luego viene Venezuela, Colombia, Honduras y Perú, éste último con un consumo de 17 kg per cápita por año y un precio de US\$1,78. Según datos de FECHIPAN (2012) el kilo de pan en Latinoamérica registra un precio promedio de US\$2,7, sin embargo, el precio varía en

relación con el costo de los insumos utilizados por cada país (harina, levadura, azúcar, sal, materia grasa, premezclas), así Colombia se sitúa como la nación con el producto más caro de la zona, con un precio de US\$4,5 el kilo, seguido por Costa Rica, que registra un precio de US\$3,36 el kilo; siendo Argentina, Perú y Chile los países con el precio más bajo a nivel de la región.

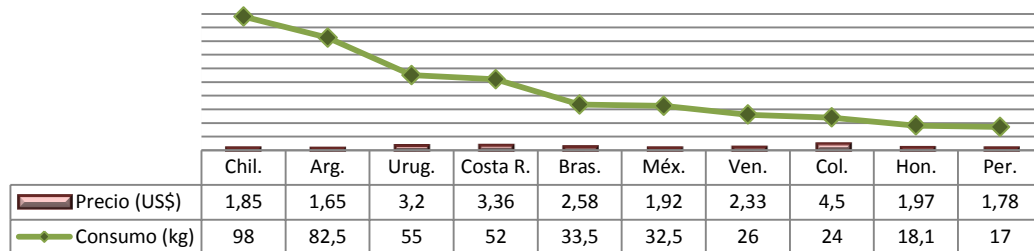


Ilustración 1-2 Consumo per cápita (kg) vs. Precio de pan (\$) por país.

Según expertos los porcentajes de consumo per cápita está arraigado a razones culturales (Martínez P. , 2006), sin embargo en Colombia se vio afectado por el incremento en los precios de las materia primas, en especial de la harina de trigo la cual se vio afectada por situaciones exógenas como la burbuja financiera en 2008 y los incendios en Rusia en 2011, esta situación claramente refleja la dependencia de la producción panificadora de sus proveedores internacionales, importaciones que en 2010 superaron los 1,4 millones de toneladas, siendo Estados Unidos, Canadá y Argentina los principales proveedores de esta materia prima (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI , 2011).

El país no ha logrado una oferta de harina de calidad permanente y a un precio módico, “Colombia no tiene condiciones naturales para producir trigo, la capacidad interna es nula y por tal motivo, el sector no es ajeno a la crisis exterior” (IALimentos, 2009). Los países mencionados con anterioridad mantienen una política de ventas de harinas con características especiales para cumplir determinados requisitos de calidad. Sin embargo, un elemento limitante en la producción de trigo para dichos países, se deriva de las características propias del clima para la mayoría de la región productora. Las posibilidades de producción están limitadas a una sola cosecha por año. La alternativa de mejoras en los rendimientos encuentra en el clima un hecho limitante. Por otra parte, la rigurosidad meteorológica también determinó que el grupo de los productores cuenten

con sus propias instalaciones de almacenaje. En buena medida, la agregación de valor a la producción está determinada por la clasificación de los granos producidos de forma de otorgarle a dicha mercadería la debida homogeneidad y consistencia en materia de calidad (Miró & Bertolasi, 2009).

La Unión Internacional de Panadería y Pastelería (UIB), integrada por 34 países alrededor del mundo, de los cuales 10 son de Latinoamérica y en donde se encuentra Colombia. Aborda cifras referentes al mercado del pan en algunos países, en donde registra que Colombia que para el año 2005 tenía 24.700 establecimientos dedicados a la producción de productos panificados, de igual forma, en la Ilustración 1-3 se presenta el consumo de pan (Kg) para diferentes países alrededor del mundo.

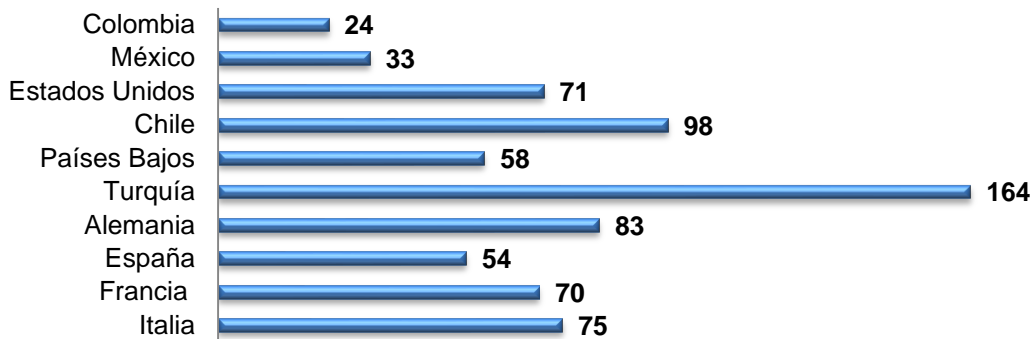


Ilustración 1-3. Consumo de pan (kg) a nivel mundial.

Es escasa la información referente al manejo logístico del sector panificador a nivel internacional, sin embargo la característica principal del sector en la región radica en la presencia de empresas con procesos artesanales y semi-industriales, las cuales no cuentan con una gran tecnología para la producción del pan, por lo que para ello hace uso de la mano de obra, lo cual beneficia directamente la economía de la región, al incrementar los niveles de empleo en cada país.

1.1.3 Antecedentes teóricos

Como se mencionó anteriormente estudios previos han evidenciado que el manejo de los insumos es un factor clave en la competitividad de las industrias panificadoras, y de igual forma la falta hasta la fecha de una línea base de información sobre los procesos logísticos del subsector panificador de Palmira; por lo cual es importante determinar

cuáles son los rasgos característicos en los procesos logísticos (Aprovisionamiento, Almacén, Distribución y BPM), con el fin de identificar las principales problemáticas que aquejan el desarrollo de la operación logística.

Una cadena de suministro (cadena de suministro) se compone de una red de organizaciones que se involucran a través de relaciones aguas-arriba o aguas-abajo buscando proveer servicios y productos al consumidor final (Cristopher, 1998) flujos físicos, de información y financieros interconectan a los participantes de la cadena de suministro. A pesar de la existencia de este complejo sistema a la vista del consumidor final la responsabilidad de la competitividad del producto no recae sobre empresas autónomas sino sobre la cadena de suministro como un todo (Stadler, 2000), este enfoque holístico muestra la necesidad de que la aproximación que se haga apunte a administrar todo el espectro de interacciones que ocurren en la cadena de suministro, aproximación que se logra con la gestión de la cadena de suministro. El objetivo primordial de la gestión de la cadena de suministro es el de conseguir un nivel predeterminado de servicio mientras se minimizan los costos totales de la cadena (Lee & Billington, 1993), sin embargo es claro que esta tarea de optimización no puede ser llevada a cabo de forma individual, ya que puede resultar en óptimos locales y sub-optimización si no se consideran los objetivos de la cadena como un todo (Cachon, 1999), para evitar esta reacción indeseable la gestión de la cadena de suministro utiliza la coordinación como la herramienta para considerar los objetivos globales de la cadena.

La coordinación es la esencia de la cadena de suministro, enfocándose en eliminar la sub-optimización que ocurre en la cadena de suministro (Fugate, Sahin, & Mentzer, 2006), los esfuerzos coordinados buscan cambiar los resultados de la operación del sistema interviniendo en los procesos de decisión existentes en las diferentes organizaciones de la cadena de suministro y generando situaciones gana-gana. De esta manera una iniciativa particular de coordinación puede ser inducida por una sola organización que se encarga de coordinar toda la cadena, este tipo de estructura se conoce como centralizada, requiere que la información sea concentrada así como poseer suficiente poder para influenciar a las otras organizaciones. Es común encontrar este tipo de estructura en cadena de suministro con integración vertical y han sido objeto de estudio en temas de logística y gestión de la cadena de suministro ampliamente, sin embargo en la práctica encontrar estructuras descentralizadas en las cuales cada

organización actúa guiada por su propio beneficio y posee acceso limitado a la información, es más común.

Los esfuerzos para coordinar estructuras descentralizadas son más altos, al existir diferentes objetivos entre los decisores cabe la posibilidad que existan conflictos entre los mismos, además las relaciones de interdependencia entre los elementos del sistema son más complejas que en estructuras centralizadas lo que ha permitido que la simulación sea considerada para evaluar los posibles resultados en el nivel agregado de la implementación de mecanismos de coordinación específicos (Arshinder K. K., 2011), especialmente porque el modelado por medio de métodos analíticos implica la adopción de supuestos demasiado fuertes y que no representan las condiciones reales, limitando el modelado a entornos específicos y fallando en el momento de representar comportamientos dinámicos (Lee, Cho, & Kim, 2002). Por medio de la simulación el sistema real es modelado y las decisiones se soportan a través de iteraciones, permitiendo no sólo observar los posibles resultados sino permitiendo una mayor comprensión sobre el sistema observado (Manuj, Mentzer, & Bowers, 2009).

El modelado y simulación basada en agentes (basado en agentes) es un paradigma que parte de modelar estructuras desde el comportamiento individual de sus componentes, permitiendo que el comportamiento sistémico emerja desde las reglas de operación individuales de los llamados *agentes*, esta propiedad puede ser muy beneficiosa para la representación de cadena de suministro descentralizadas, dada la naturaleza autónoma de las decisiones y la presencia de patrones de comportamiento humanos en los procesos de toma de decisiones (Tokar, 2010). Además las dificultades en materia de recursos que atraviesan las Pymes así como la escasa apropiación de tecnologías de la información y las comunicaciones así como de los nuevos conocimientos y las limitaciones de información hacen que sus procesos de decisión se alejen cada vez más de ser racionales y mucho menos de que sus objetivos promuevan un buen desempeño holístico del sistema. Sin embargo el modelamiento y simulación basada en agentes aún se encuentra en una sus inicios y tanto sus beneficios como su capacidad de modelar un sistema real aún está siendo verificada y evaluada.

La implementación del modelamiento basado en agentes está fuertemente asociado al concepto de descentralización en la cadena de suministro, (Whang, 1995) por ejemplo

sostiene que en un ambiente descentralizado, en el que no existe cooperación entre las organizaciones de la cadena de suministro, el sistema está regido por la teoría de agentes en la que es necesario crear incentivos (mecanismos) para algunas organizaciones (agentes) para que actúen en beneficios de otros (cadena de suministro) (Jensen & Meckling, 1976), estos principios hacen parte de los fundamentos en los que se edifica el modelamiento basado en agentes (Woolridge, 2009), evidentemente este tipo de comportamiento es común en cadena de suministro reales y la coordinación bajo estas condiciones en la literatura actual no ha sido completamente desarrollada (Adarme Jaimes, Arango Serna, & Balcázar, 2011).

En esta tesis se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo caracterizar y analizar una cadena de suministro considerando los aspectos característicos y no tradicionales de las decisiones logísticas que se toman en la cadena, relaciones de poder, interdependencia, comportamiento humano y asimetría de la información?

1.2 Justificación

Es relevante mencionar que en este sector el grupo de investigación Sociedad, Economía y productividad ha venido realizando investigaciones desde el año 2003, ha caracterizado y evaluado 142 pequeñas empresas en el municipio de Palmira, con resultados e indicadores que describen la situación precaria por la que atraviesan estas pequeñas micro empresas del sector, donde los aspectos relevantes que están influyendo en el servicio, la calidad, inocuidad y sostenibilidad técnica económica pasan en parte por las prácticas logísticas utilizadas, como se mencionan en artículos publicados por (Adarme J. & Álvarez P., 2007), (Adarme Jaimes & Prieto, 2005).

La caracterización que se ha hecho de estas organizaciones, establece factores y causas comunes para las dificultades por las que atraviesan relacionados con procesos de abasto, almacenamiento y distribución, que radican en cómo establecer mecanismos de coordinación entre los agentes del canal; además se prevé la necesidad de adaptar modernos sistemas de identificación, información y comunicación, sistemas GPS, y formular modelos matemáticos acorde a las expectativas del exigente mercado.

Para las PYMES, la definición de políticas de compras, pagos, evaluación y selección de proveedores, compromisos con el medio ambiente (consumo de recursos y energía,

generación de gases de efecto invernadero, reducción de impactos en la distribución, y recuperación de productos al final del ciclo de vida), manejo de devoluciones en un contexto de Lean Logistics, es apremiante en la actualidad, así como el desarrollo metodológico de acciones que busquen optimizar el uso de sus recursos en una forma integral.

El sector panificador de Palmira, ha sido objeto de estudio en repetidas ocasiones en las cuales se ha logrado definir la importancia del sector en cuanto al su crecimiento y generación de empleos, sin embargo, se identifican grandes vacíos respecto a su organización logística e implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, evidenciado en la falta de implementación de sistemas de información que permitan integrar a los diferentes agentes de la cadena (Proveedor – Panificadora – Cliente), de igual forma, es larga la lista al momento de evidenciar posibles mejoras y oportunidades para el sector, lo anterior unido a la necesidad, motivación y participación por parte de los microempresarios en el desarrollo integral de posibles planes de mejora.

El subsector panificador del municipio de Palmira, es un mercado que registra pocas barreras de entrada, ya que demanda bajo capital de trabajo e infraestructura en comparación con otras organizaciones (Adarme J. & Álvarez P., 2007). Los empresarios del sector operan con horizontes inmediatos mostrando falencias en diferentes ámbitos: personal capacitado, gestión de inventarios, talento humano, sistemas de información, procesos de calidad, entre otros, que le apunten a mejorar el servicio, la calidad y asepsia. El cambio plantea a los panificadores un verdadero reto, que consiste en modificar sus conocimientos, técnicas de gestión y métodos empíricos por una mentalidad abierta dispuesta a adoptar nuevas tecnologías, normas de higiene y producción, innovación, calidad y servicio que se pueden convertir en herramientas útiles para los empresarios panaderos que deseen sobrevivir y adaptarse a las nuevas tendencias y exigencias del mercado.

Analizar los procesos logísticos en las panaderías del sector mediante una metodología resultado de una evaluación por medio de información primaria, que permita entender las dinámicas de las cadenas de suministro que componen el sector, modelar analíticamente las relaciones de estos sistemas complejos y servir de base para futuras investigaciones no sólo en este mismo contexto sino en diferentes contextos logísticos, así como la

brecha existente en términos de la carencia de rigurosidad en los modelos de simulación y la poca apropiación existente de la simulación basada en agentes justifican esta investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un diseño metodológico para la caracterización y análisis de una cadena de suministro que contemple aspectos no tradicionales de las decisiones logísticas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Revisar los antecedentes teóricos disponibles así como las dinámicas empíricas de una cadena de suministro
- Caracterizar las relaciones estructurales de la cadena de suministro caso de estudio
- Seleccionar un enfoque metodológico que logre representar los aspectos deseados en esta investigación.
- Formular un modelo conceptual que represente los aspectos no tradicionales de la cadena de suministro, así como las relaciones, objetivos, supuestos y medidas de desempeño en el sector de estudio.
- Implementar la metodología propuesta por medio de un caso de estudio en el sector panificador en Palmira.
- Validar el modelo conceptual por medio de técnicas de simulación.

1.4 Metodología

El desarrollo de esta investigación implica la conformación de un grupo de trabajo interdisciplinar, bajo la coordinación del proponente de esta tesis de maestría, de tal forma que se logre aprovechar el potencial ofrecido por el grupo de investigación SEPRO y así mismo se contribuya a la realización del proyecto de investigación en el que se circunscribe esta tesis.

La investigación propuesta es de tipo aplicada con alcances propositivos, para la cual se propone una metodología que irá desde la exploración del objeto estudio pasando por el análisis de las relaciones presentes para culminar en la propuesta metodológica esperada y su posterior validación por medio de un caso de estudio. La investigación se compone de dos momentos según la naturaleza de la información disponible (Creswell, 2008), un primer momento cualitativo que tiene como objetivo la descripción de la operación y las principales características de la cadena de suministro del subsector panificador y un segundo momento cuantitativo que tiene por objeto la formulación de modelos matemáticos que minimicen los riesgos inherentes a las decisiones estructurales que pueda implicar la adopción de un proceso metodológico en la actividad logística para las pymes.

La metodología propuesta se soporta en la metodología IIRSA, cuyo principal objetivo es definir y caracterizar el área de influencia desde los puntos de vista socio-demográfico, económicos y logísticos. (Barceló Koser & Barcia Fonseca, 2009), toma elementos del modelo para la caracterización de cadenas productivas, SCOR (Supply Chain Reference Model) (Stewart, 1997) y el modelo de mapeo de la cadena de valor VSM (Value Stream Mapping) (Keyte & Locher, 2004), y aspectos metodológicos resultados de estudios varios realizados por el grupo de investigación, que con un componente intensivo de recolección de información primaria dan forma a la etapa metodológica propuesta.

La metodología propuesta se compone de seis fases esquematizadas en la Ilustración 1-4 y desarrolladas a continuación:



Ilustración 1-4. Fases Metodológicas

1.4.1 Fase 1: Planificación e Instrumentación

Esta fase pretende desarrollar un plan de trabajo y definir roles y actividades puntuales de las que comprenderá el desarrollo de la investigación, también incluye la elaboración y diseño de los instrumentos de recolección de información, en la Tabla 1-1 se observan las diferentes técnicas de recolección de información seleccionadas para cada agente identificado en la cadena de suministro. En el **Anexo A: Instrumentos de recolección de información**, se evidencian los instrumentos de recolección de información diseñados.

Tabla 1-1. Técnicas de recolección de Información

INSTRUMENTO	FUENTES DE INFORMACIÓN		
	Secretaría de Salud Palmira	Panaderías	Queseras
Aprovisionamiento	ID/E/OD/AI	E/OD	E/OD
Almacenamiento	ID/E/AI/CE	E/OD	E/OD
Distribución	ID	E/OD	E/OD/AI
Verificación de cumplimiento BPM	ID/OD/AI/CE	E/OD	E/OD

Esta fase comprende las siguientes actividades:

- Elaboración del plan de trabajo
- Reconocimiento contextual por medio de referentes documentales
- Acercamiento al sector por medio de agremiaciones y Cámara de Comercio
- Conceptualización del modelo de operación logística de la cadena
- Identificación de los agentes relevantes en la cadena
- Diseño de los instrumentos de recolección de información

1.4.2 Fase 2: Investigación Piloto

Esta fase pretende validar por medio de una investigación piloto los modos y medios utilizados para identificar posibles riegos y falencias de la planificación desarrollada, esta fase comprende las siguientes actividades.

- Recolección de datos
- Análisis de la información
- Identificación de debilidades y riesgos de la investigación

1.4.3 Fase 3: Caracterización

En esta fase se lleva a cabo la toma de información, incluyendo su sistematización y análisis, por medio de un equipo de trabajo base conformado por estudiantes de la sede Palmira, la sistematización y análisis estadístico cuenta con el soporte de especialista en el área y recursos informáticos como software especializado, esta fase comprende las siguientes actividades.

- Invitación a los actores a participar del proyecto
- Recolección de la información
- Sistematización de los resultados
- Análisis estadístico
- Elaboración del reporte de los resultados

1.4.4 Fase 4: Formulación del Diseño Metodológico

Con base a las observaciones, no sólo empíricas sino teóricas en términos de la, se propone un diseño metodológico que logre caracterizar y modelar los aspectos que

intervienen en la toma de decisiones logísticas de los actores de la cadena de suministro considerando las características humanas de los procesos de tomas de decisiones, esta fase comprende las siguientes actividades.

- Identificación de las características propias de la operación logística actual
- Identificación de una corriente de pensamiento
- Formulación del diseño metodológico

1.4.5 Fase 5: Implementación

En esta fase de la metodología el diseño metodológico propuesto se implementa con información real del caso de estudio, se recurre a la experiencia práctica con el propósito de evidenciar posibles debilidades y falencias de la propuesta, así como para proveer un ejemplo real de los aspectos operativos del diseño metodológico. Esta fase contempla las siguientes actividades:

- Selección de una cadena de suministro tipo para realizar la implementación
- Recopilación de la información faltante y necesaria para realizar la implementación
- Retroalimentación al diseño metodológico originada en la experiencia

1.4.6 Fase 6: Validación y Configuración de la Metodología Propuesta

Por medio de la implementación del modelo conceptual propuesto en una herramienta informática de simulación, así como por medio de la revisión de la coherencia que tiene la operación real con la simulación propuesta, se planea validar la metodología construida en esta investigación. Las actividades comprendidas son las siguientes

- Implementación del modelo conceptual en una herramienta de simulación
- Evaluación de la correlación con la operación real
- Realización de los ajustes pertinentes
- Configuración de la propuesta metodológica
- Elaboración del reporte final

2.Estado del Arte

2.1 Introducción

Los procesos de investigación teórica y aplicada alrededor de la logística se define como “función de planificación, implementación y control efectivo y eficiente del flujo y almacenamiento de materiales e información desde el punto de origen al punto de consumo de un producto” (Council of Logistics Management (CLM), 1986) cuyos esfuerzos han guiado hacia el estudio del concepto de cadena de suministro y los mecanismos para su administración, puesto que los académicos y empresarios se han percatado que las firmas de la actualidad ya no compiten como entes individuales y autónomos, sino como integrantes de cadenas de suministro (Drucker, 1998), (Lambert & Cooper, 2000), por ello, el concepto mismo de logística dado por el CLM debió ser modificado en el año 2000 para indicar cómo la logística se convierte en un subconjunto de la administración de cadena de suministros (Lambert & Cooper, 2000).

El presente estado del arte está construido de forma deductiva pasando por los conceptos generales que enmarcan al investigación hasta llegar a conceptos específicos que hacen parte fundamental del trabajo, la estructura del estado del arte es la siguiente: en primer lugar, se expone la definición actual de cadena de suministro, para posteriormente presentar la conceptualización de las decisiones estratégicas y tácticas que se toma en la Cadena de abasto ligadas a los tres procesos tradicionales (abastecimiento, almacenamiento y distribución), y finalizar con una discusión alrededor de la coordinación como elemento esencial dentro de la gestión de la cadena de suministro,

2.2 Cadena de Suministro y Logística

Es necesario comenzar por abordar los desarrollos conceptuales, alrededor de los sistemas de abastecimiento, prácticas logísticas, herramientas y modelos utilizados para

su optimización. La gestión de la cadena de suministro, en inglés Supply Chain Management SCM, es un término que ha tenido un desarrollo significativo y ha sido usado popularmente desde finales de los años 80, sin embargo existe confusión acerca de su significado real, ya que comúnmente es utilizado como sinónimo de logística, sin embargo su definición es mucho más amplia (Stock & Lambert, 2001).

La logística es la parte del proceso de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo eficiente, eficaz y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de cumplir con los requisitos del clientes (Lambert, Stock, & Ellram, 1998), definen la gestión de la cadena suministro como la integración de los procesos de negocio, que agregan valor para los clientes y otras partes interesadas a través de los productos e información que se producen desde los proveedores originales hasta el usuario final. La gestión de la cadena de suministro, incorpora la gestión de ocho procesos clave del negocio: 1. Gestión de las relaciones con el cliente. 2. Gestión de servicio al cliente. 3. Gestión de la demanda. 4. Cumplimiento de pedidos. 5. Gestión de los flujos de fabricación. 6. Contratación. 7. Desarrollo de producto y comercialización. 8. Retorno

Una cadena de suministro puede definirse como un proceso integral en el que una serie de entidades empresariales diversas (por ejemplo, proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas) trabajan juntos en un esfuerzo para: (1) adquirir materias primas, (2) convertir estas materias primas especificadas en los productos finales, y (3) ofrecer estos productos finales a los minoristas. Esta cadena se ha caracterizado tradicionalmente por un flujo de avance de los materiales y un flujo hacia atrás de la información.

La cadena de suministro la describe (Sterman, 2000), como el conjunto de estructuras y procesos de una organización, utilizados para ofrecer una salida al cliente. La salida puede ser un producto físico como un automóvil, el suministro de mano de obra calificada, servicios o diseño de productos. En una cadena de cadena de suministro se presentan estructuras para los flujos de proceso y las políticas de gestión que rigen los flujos. Aunque son diversas las definiciones propuestas al término de cadena de suministro, todas convergen hacia un concepto como el sugerido por el CLM, organización que modificó su nombre en 2005 por el de *Council of Supply Chain*

Management (CLSMP). En la actualidad, esta entidad conceptualiza a la cadena de suministro como:

Iniciando con materias primas no procesadas y finalizando con los bienes terminados siendo consumidos por el cliente final, la cadena de suministro enlaza muchas firmas. Los intercambios de materiales e información en el proceso logístico se extienden desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al consumidor final. Es así como los vendedores, proveedores de servicio y clientes son los vínculos al interior de la cadena de suministro.

Dos de las orientaciones más conocidas alrededor de dicha estructura corresponden a las de (Chopra & Meindl, 2001), (Stevens, 1989) y (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997) siendo esta última la más documentada hasta el momento. Los primeros dos autores sugieren la existencia de una jerarquía de tres niveles de decisión, a saber: (i) Estrategia competitiva, (ii) Planes tácticos y (iii) Rutinas operacionales.

En cuanto al primer nivel, se incluyen problemas relacionados con decisiones de localización y distribución, planeación de la demanda y de los canales de distribución, alianzas estratégicas, selección de proveedores y tecnologías de la información, entre otros. Al nivel de planes tácticos, son desarrolladas tareas relacionadas con control de inventarios, coordinación de producción y distribución, consolidación de órdenes y transporte, entre otras. Por su parte, las rutinas operacionales constituyen aquellas situaciones concernientes a ruteo de vehículos, programación de fuerza de trabajo, mantenimiento de registros, y embalaje. Sin embargo, es necesario tomar bajo consideración que ninguna cadena de suministro es igual a otra, de modo que las anteriores actividades deben y pueden ser desarrolladas en el contexto de las características propias de la cadena en cuestión.

El segundo modelo de estructura, sugerido por (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997) y utilizado por diversos autores como (Min & Zhou, 2002) y (Lambert & Cooper, 2000), plantea la existencia de tres elementos principales en la estructura de una cadena de suministro, los cuales se conocen como (i) el tipo de relaciones asociativas existentes en la cadena, (ii) las dimensiones estructurales de la cadena, (iii) las características de los procesos desarrollados al interior de la cadena entre asociados

Es pertinente identificar los miembros que estructuran la cadena de suministro. Este proceso puede ser complicado puesto que una inclusión de todos los miembros o actores potenciales puede amplificar la cantidad de integrantes en total, haciendo más compleja la estructura de la cadena (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997). En consecuencia, se recomienda identificar aquellos actores que son críticos para los procesos de generación de valor agregado, logrando con ello reducir el número de elementos de utilidad que son considerados (Min & Zhou, 2002).

Una vez identificados los actores de la cadena, se procede a reconocer el dimensionamiento de la misma. En este sentido, son asociados tres dimensiones estructurales: *la estructura horizontal, la estructura vertical, y la posición horizontal de cualquier firma a lo largo de la cadena*. La existencia de vínculos entre las actividades de la cadena de suministros está relacionada con el concepto de competitividad, en tanto su presencia puede conllevar a la creación de ventajas competitivas (Porter, 1985). En este contexto, con el fin de obtener provecho de las relaciones entre los diferentes actores de la cadena, la firma debe entender las características de dichos vínculos, que se dividen en tres categorías (Lambert & Cooper, 2000) (Min & Zhou, 2002), (i) procesos de administración de vínculos: cuando una firma integra procesos con uno o más actores de la cadena controlando los vínculos entre los mismos, (ii) proceso de monitoreo de vínculos: en donde no existe un control central que converja en una firma específica, sin embargo implica la existencia de un actor monitoreando la integración de los vínculos y (iii) procesos no administrados en los que no existe monitoreo sobre los vínculos organizacionales sin embargo existe confianza entre las firmas de la manera en que se desarrollan estos vínculos de forma descentralizada.

Otra definición de administración de cadena de suministro (SCM) es la propuesta por (Kusea, Endoa, & Iwaob, 2010) “La administración de cadena de suministro abarca la planeación y administración de todas las actividades involucradas en el aprovisionamiento, la obtención y conversión, así como todas las actividades de administración logística. De manera importante, incluye la coordinación y colaboración de los asociados, que pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores de servicio (terceros), y clientes. En esencia la administración de cadena de suministro integra el aprovisionamiento y administración de la demanda al interior y entre las compañías.”

En cuanto al enfoque metodológico que corresponde al análisis de cadenas de suministro se encuentran en la literatura diferentes enfoques, entre los más representativos aparece el modelo del Global Supply Chain Forum, el modelo de Gestión de Cadena de Abastecimiento: Estrategia, Planeación y Operaciones (Supply Chain Management: Strategy, planning and operations) propuesto por (Chopra & Meindl, 2001) y el modelo SCOR del Supply Chain Council. Cada uno de ellos tiene como objetivo desarrollar el área de Gestión en la cadena de abastecimiento desde diferentes enfoques.

2.2.1 Modelo SCOR

El modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference model), por sus siglas en inglés, es un modelo de referencia de procesos, que provee un lenguaje de comunicación común a lo largo de los involucrados en la cadena de abastecimiento, y permite representar, analizar y configurar cadenas de suministro. Fue desarrollado en 1996 por el *Supply-Chain Council* (SCC) (Supply Chain Council, 2008). El modelo SCOR logra integrar conceptos tales como:

Reingeniería de procesos: Se trata de determinar el estado actual del proceso y encontrar el punto al que se quiere llegar.

Benchmarking: Se trata de calificar el desempeño del proceso, para posteriormente compararlo con compañías similares, estableciendo objetivos internos basados en las mejores prácticas del sector.

Análisis de las mejores prácticas: Busca caracterizar las prácticas de manejo y soluciones posibles, que resulten en las mejores prácticas de desempeño.

A su vez, modelo de referencia SCOR contiene: descripciones estándar de los procesos, marco de relaciones dentro de los procesos existentes, indicadores de desempeño estándar en todos los procesos y propone prácticas gerenciales óptimas para llegar al desempeño deseado. El objetivo del modelo es proporcionar una referencia sobre las mejores prácticas en materia de cadena de abastecimiento de manera que las organizaciones puedan medir, evaluar y mejorar el estado actual de su cadena. Además, busca que las personas de las diferentes áreas de la empresa tengan un lenguaje común a la hora de hablar sobre la cadena de abastecimiento. Este modelo se organiza en torno a cinco procesos básicos de gestión que se describen en la Ilustración 2-1:

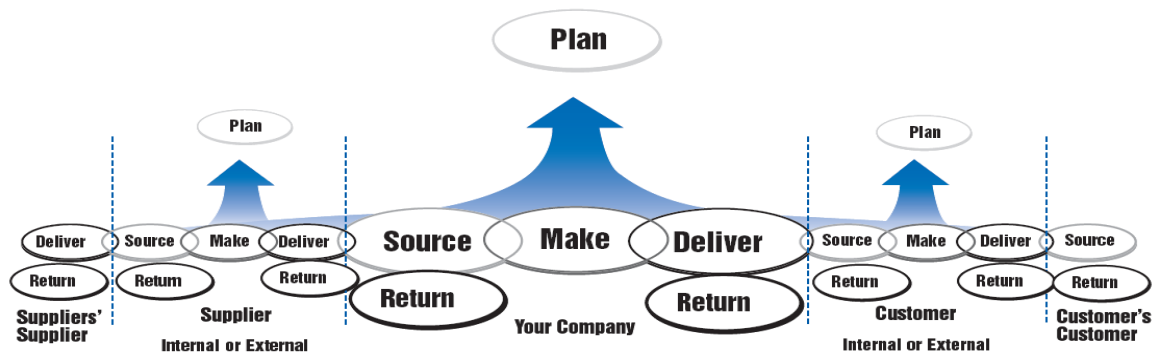


Ilustración 2-1. Esquema del modelo SCOR

Fuente: (Supply Chain Council, 2008)

Planeación (PLAN): Comprende el desarrollo y establecimiento de cursos de acción sobre periodos específicos de tiempo que representen una adecuada apropiación de los recursos de la cadena de abastecimiento para suplir los requerimientos de la misma por el horizonte de tiempo más largo que permitan los recursos proveídos.

Compras (SOURCE): Comprende la adquisición, entrega, recibo, y transferencia de las materias primas, productos sub-ensamblados, productos terminados y servicios. Así como la identificación y selección de fuentes de abastecimiento. Incluye también ingeniería para órdenes de producto, inventarios y cumplimiento de órdenes.

Transformación o manufactura (MAKE): Comprende la programación de todas las actividades de producción, es decir, todas aquellas acciones que transforman el material comprado a un estado final para satisfacer la demanda del mercado de acuerdo a lo planeado.

Entrega o Despachos (DELIVER): El proceso consiste en entregar el producto que está en estado de terminado cuando el cliente emita una orden. Dentro de éste proceso se incluyen la gestión de los pedidos del cliente, la gestión de los almacenes y los envíos de productos.

Devolución (RETURN): Comprende los procesos relacionados con el retorno y recibo de productos devueltos por el cliente.

Para cada uno de los procesos básicos de gestión anteriormente descritos, el modelo SCOR propone cuatro niveles de detalle: Nivel Superior (Tipos de Procesos), Nivel de Configuración (Categorías de Procesos), Nivel de Elementos de Procesos (Descomposición de los Procesos) y Nivel de Implementación. El modelo pretende a través del análisis a fondo de los procesos, ser una referencia y una base para la toma de decisiones estratégicas, que le permitan a cada organización ver sus debilidades o sus fortalezas en comparación con su industria y su sector; así como una fuente de oportunidades y de toma de decisiones que a futuro afectarán el desempeño de la organización. Es importante mencionar que es sólo un modelo de referencia de procesos y no pretende ser un manual para las empresas.

2.2.2 Value Stream Mapping (VSM)

VSM es la representación gráfica de la cadena de valor de una familia de productos. El VSM es considerado una de las herramientas de la filosofía “lean manufacturing”, la cual se centra en la búsqueda del mejoramiento continuo de los procesos de producción y servicios, basándose en la eliminación de todas las clases de desperdicio y de todas las actividades que no generen valor. La cadena de valor agrupa todas las actividades necesarias para la fabricación de un producto o la prestación de un servicio, desde su concepción hasta su comercialización. El VSM representa esquemáticamente la secuencia de las actividades de ésta cadena, incluyendo tanto el flujo de información como el flujo de materiales y medicamentos, y la relación existente entre ambos.

La metodología consiste en diagramar el mapa de la cadena de valor actual, y posteriormente el mapa de la cadena de valor deseado, el cual propenderá por la eliminación o disminución de todas las actividades que no agregan valor al producto. El siguiente paso consiste en el diseño y planificación de las acciones que deberán realizarse para convertir el mapa de la cadena de valor actual en el deseado.

La importancia del VSM dentro de la gestión de la cadena de abastecimiento radica en que permite identificar posibles puntos críticos o ineficiencias en los flujos físicos y de información entre los actores de la cadena. Las ineficiencias identificadas representan a su vez oportunidades de mejora, que dentro de un marco de colaboración, confianza y

coordinación entre los actores de la cadena de suministro, al ser implementadas generarán beneficios compartidos.

2.3 Procesos Logísticos

En esta sección se desarrollan los principales aspectos correspondientes a la planeación logística en los tres horizontes tradicionales: estratégico, táctico y operativo, para los tres diferentes procesos logísticos: abastecimiento, almacenamiento y distribución.

2.3.1 Abastecimiento

El abastecimiento es el proceso responsable de la adquisición de los materiales requeridos por una organización (Waters, 2003), y cuyos objetivos principales son el aseguramiento de los procesos de suministro, la minimización del inventario, la mejora de la calidad, la gestión/desarrollo de proveedores, y la minimización de los costos totales. Se utilizan modelos de gestión de inventarios que soportan decisiones operacionales los cuales han sido estudiados ampliamente. Estas técnicas se utilizan en forma independiente y autónoma, utilizando parámetros agregados y estimados.

Para la planeación del proceso de abastecimiento se enfatiza en diferentes decisiones como la cantidad a comprar, el tamaño de la orden de compra, con qué frecuencia comprar y a quién comprar. Dichas actividades se relacionan con el dimensionamiento y control de inventarios, en donde los métodos más ampliamente aceptados, difundidos y aplicados en el contexto logístico corresponden a: el modelo de cantidad de lote económico (EOQ), el algoritmo de Wagner-Whittin, la heurística de Silver-Meal, *lot for lot* y la programación lineal.

2.3.2 Almacenamiento

Esta actividad es definida por (Lambert, Stock, & Ellram, 1998) como el enlace entre el productor y su cliente, y cumple con la función de almacenar materias primas, productos en proceso y productos terminados, en y entre el punto de origen y de consumo, y proveer información a la administración acerca del estado, condición y disposición de los ítems almacenados. La principal decisión estratégica de la función de almacenamiento es en dónde ubicar un almacén. A nivel táctico operativo se toman decisiones sobre recibo,

clasificación, identificación de materiales, *picking, packing, shipping* mediante el uso de modelos exactos, heurísticas y meta heurísticas. Algunos métodos utilizados para atender aspectos estratégicos relacionados con ubicación de instalaciones son el Modelo del Centro de Gravedad, Modelo de la P-mediana, Modelo de cobertura, Modelo de localización de un eslabón y un único producto.

Los modelos mencionados en los distintos procesos logísticos se focalizan a nivel táctico operativo y permiten a cada miembro de la cadena establecer políticas individuales, ello ha conllevado a que estos procesos sean gestionados de manera aislada, sin ningún tipo de interrelación, lo cual se evidencia en que los avances realizados en estos modelos han sido a nivel de adaptarse a diversas características de horizonte de planeación, demanda (dependiente/independiente, estática/dinámica, determinística/probabilística, número de productos, restricciones de capacidad, deterioro de los productos, estructura de setup y escasez de inventarios (Karimi, Ghomia, T., & Wilson, 2003), sin embargo, no existen en la actualidad registros de desarrollo de modelos que contemplen bajo un mismo esquema la optimización de sistemas logísticos en el sector Salud colombiano a la luz de los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución, a nivel estratégico.

2.3.3 Distribución

La distribución de productos se refiere al movimiento hacia delante de los flujos físicos desde una instalación a otra en su ruta a lo largo de la cadena de suministro hasta el cliente final. (Chopra S. , 2001). Las decisiones que se toman para el diseño de una red de distribución pasan por decisiones estratégicas como las políticas de inventario, la escogencia de instalaciones y la selección de modos, y decisiones tácticas como las cantidades a enviar y las rutas recorridas. La importancia de la gestión de distribución, radica en la que importancia que posee en el ámbito de la integración de la cadena de abastecimiento aguas abajo, es decir, hacia los clientes. Ésta integración debe entenderse como la creación de lazos fuertes de fidelidad entre el cliente y la empresa, esta situación se hace posible en la medida en que se brinden al cliente productos y servicios de máxima calidad, al precio justo, en el lugar y momento indicado. La distribución corresponde a todas aquellas actividades necesarias para el cumplimiento de

las órdenes de pedidos de los clientes, es decir, comprende desde la llegada de un pedido hasta cuando éste es enviado, entregado, aceptado y finalmente cobrado.

Una red de distribución consiste en el conjunto de centros de distribución y almacenes, y las rutas de transporte necesarias para el movimiento de materiales y/o productos entre ellos y hasta el cliente final. El diseño de la red de distribución de una compañía es la planificación y ubicación estratégica de los almacenes y centros de distribución, con el objetivo de facilitar el flujo de productos entre éstas instalaciones y el cliente final.

Una vez, se encuentre definida la red de distribución, se planifica como unir éstas instalaciones con los proveedores, distribuidores y clientes, mediante el desarrollo de una estrategia de gestión del transporte. Ésta estrategia debe establecer los medios y modos de transporte, así como la cantidad de vehículos y transportistas requeridos, para ello es necesario considerar aspectos como la seguridad, la eficiencia y los costos de cada tipo de transporte. Adicionalmente, se encarga del ruteo de los vehículos seleccionados, concerniente a la determinación de las rutas de transporte “óptimas” para la entrega de uno o varios productos en un solo viaje.

2.4 Coordinación en la cadena de suministro

La optimización individual de los componentes de un sistema industrial ha estado asociada con numerosas desventajas que afectan el sistema completo, estas desventajas han sido documentadas desde mediados del siglo anterior (Forrester, 1958), (Sprengler, 1950) (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997), por este motivo la administración de la cadena de suministro busca integrar las funciones de la cadena de suministro para ofrecer un mayor valor al cliente final (Lambert D. M., 2004), por medio de la coordinación de los flujos físicos, de información y financieros (Fugate, Sahin, & Mentzer, 2006), (Sahin & Robinson, 2002) y de la potenciación del desempeño de la cadena de suministro al buscar óptimos globales a cambio de óptimos locales en cada nodo que la compone (Banerjee, Kim, & Burton, 2007).

La coordinación aparece como un tema de investigación interdisciplinario y relativamente nuevo que integra un conjunto de disciplinas como la ciencia computacional, teoría organizacional, investigación de operaciones, economía, lingüística y sicología (Malone & Crowston, 1994), definida como “*la administración de las dependencias entre*

actividades". En el contexto de la cadena de suministro la utilización de coordinación es una actividad esencial de la administración de la cadena de suministro (Fugate, Sahin, & Mentzer, 2006), sin embargo no existe consenso en una definición y el concepto es compartido con otros sustantivos como integración, colaboración o cooperación, con base a lo propuesto por Arshinder A. K. (2011) se considera que todos estos términos están contenidos en la coordinación.

A pesar de no existir consenso en su definición los beneficios potenciales de la coordinación han sido documentados por diversos autores, por ejemplo (Sahin & Robinson, 2002) encontraron que se podrían percibir ahorros de hasta el 35% de los costos totales del sistema y estos beneficios pueden ser distribuidos a lo largo de los actores de la cadena por medio de soluciones gana-gana. Sin embargo para que exista una coordinación efectiva y estos beneficios puedan ser percibidos es necesario superar dos barreras: la desalineación de las metas entre los actores y la asimetría de la información, para lograr este objetivo la coordinación debe valerse de medios o herramientas conocidos como mecanismos de coordinación (Arshinder A. K., 2008).

2.4.1 Mecanismos de Coordinación

El diseño de mecanismos de coordinación que busquen solucionar problemas específicos de coordinación en diferentes cadenas de suministro es uno de los ejes principales de la administración de la cadena de suministro (Fugate, Sahin, & Mentzer, 2006), en la literatura se encuentra un amplio cuerpo de conocimiento dedicado a la formulación, evaluación y generalización de posibles mecanismos de coordinación, de acuerdo a Arshinder A. K. (2008), los mecanismos de coordinación actuales pueden ser clasificados en cuatro categorías: (i) contratos, que funcionan como medios para formalizar las decisiones logísticas (cantidad, precio, tiempo, calidad) entre los actores de la cadena; (ii) tecnologías de información, que automatizan y mejoran la administración de la información así como las comunicaciones entre los actores; (iii) intercambio de información, reduciendo la asimetría de la información entre los actores y soportando mejores procesos de toma de decisiones y finalmente (iv) toma de decisiones conjuntas; que consiste en procesos conjuntos para tomar diferentes decisiones, principalmente logísticas, analizadas y optimizadas desde una perspectiva sistémica.

La complejidad que existe en el diseño de mecanismos de coordinación radica en la necesidad de considerar diferentes aspectos característicos de las organizaciones como por ejemplo el comportamiento humano, la tecnología, las relaciones de poder, diferentes estrategias empresariales entre otros. La Ilustración 2-2 identifica las principales taxonomías de mecanismos de coordinación incluyendo algunos mecanismos como ejemplo.

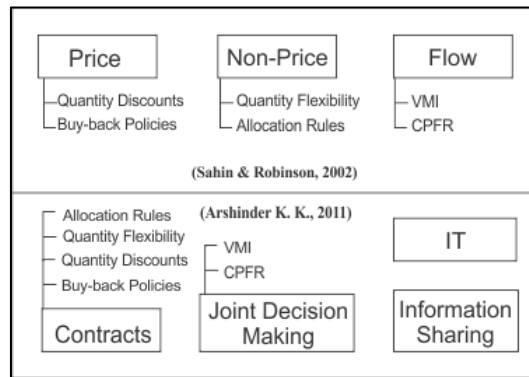


Ilustración 2-2 Mecanismos de Coordinación en la Cadena de Suministro
Adaptado de (Arshinder K. K., 2011) y (Sahin & Robinson, 2002)

2.4.2 Estructuras Organizacionales en la Cadena de Suministro

De acuerdo a (Whang, 1995) existen tres posibles estructuras de organización identificadas en la cadena de suministro: (i) un solo tomador de decisiones que dispone de toda la información e intenta optimizar el desempeño global del sistema, esta alternativa hace referencia a una cadena de suministro centralizada, (ii) coordinación colaborativa entre las organizaciones que componen la cadena de suministro, cada organización tiene una cantidad limitada de información disponible así que necesitan comunicarse y coordinar para conseguir los objetivos globales y (iii) un nexo de contratos entre agentes con interés propio en el que cada uno intenta maximizar sus objetivos individuales. En el esquema de control centralizado las decisiones son realizadas de forma central basándose en la información del sistema completo (Lee & Billington, 1993) lo que permite alcanzar buenos niveles de desempeño performance (Li & Wang, 2007), sin embargo en la práctica este esquema de organización puede llegar a ser irreal en muchas situaciones (de Souza, Zice, & Chaoyang, 2000), por lo que es de interés abordar los otros dos esquemas identificados, cuyo entorno es el de la descentralización.

El control descentralizado hace referencia a los esquemas en los que cada organización toma las decisiones basándose solamente en la información a nivel local (Lee & Billington, 1993) y de forma autónoma, también se asocia a la existencia de múltiples tomadores de decisión en distintos niveles de la cadena de suministro (Giannocaro & Pontrandolfo, 2004), esta aproximación es mucho más realística en la mayoría de los casos, sin embargo el problema de cómo coordinar actores independientes de manera y lograr alcanzar niveles óptimos en la asignación de recursos y el desempeño global de la cadena de suministro es mucho más complejo al carecer de un control central (Malone & Crowston, 1994), abordar este sólo problema no es suficiente, mecanismos de coordinación específicos deben ser considerados que garanticen que se generen situaciones gana-gana: es decir que cada actor perciba por los menos los mismos beneficios que percibía antes de implementar la iniciativa de coordinación, de otra forma no se verá motivado a participar en la misma (de Souza, Zice, & Chaoyang, 2000).

Los esfuerzos en coordinación descentralizada pueden encontrarse desde (Monahan, 1984) y (Banerjee, 1986) en los que se analiza la relación diádica entre proveedor-comprador desde una perspectiva del control de inventarios del sistema, a diferencia de los modelos tradicionales de inventarios el objetivo es optimizar los beneficios económicos de la diada. En los últimos años diferentes, innovadoras y exitosas prácticas de coordinación han surgido desde los ambientes empresariales y han sido analizadas desde la literatura; Information Sharing (IS), Collaborative Replenishment Programs (CRP) and Vendor Managed Inventory (VMI), son algunas de las iniciativas de coordinación con mayor reconocimiento (Yao Y. D., 2008). A pesar de la existencia de diversos artículos que analizan las ventajas y desventajas de estas iniciativas utilizando métodos analíticos, la complejidad matemática de los modelos hace necesario recurrir a supuestos irreales para su desarrollo (Größler & Schieritz, 2005).

2.4.3 Coordinación en Cadenas Descentralizadas

Diferentes perspectivas se han abordado desde la literatura para modelar por medios analíticos los efectos de un sistema más coordinado en ambientes descentralizados, por ejemplo para la estrategia de VMI diferentes modelos han realizado una aproximación analítica. Yao, Evers, y Dresner (2007) evalúan la implementación de VMI en el problema del dimensionamiento de lote conjunto en una diada comprador – vendedor, sin embargo

se asume que sólo un artículo fluye a lo largo de la cadena, una demanda determinística y uniforme, informa disponible en ambas partes (simétrica), un lead time despreciable, interés en las dos partes de participar en la iniciativa y finalmente los costos de transportes están implícitos en el costo del producto.

En el artículo de (Sucky, 2006), también se aborda una decisión de dimensionamiento del lote conjunto entre la diada comprador-vendedor el modelo se generaliza asumiendo que la información entre las dos partes es asimétrica y que además una de las dos partes; en este caso el comprador; no se vería incentivado a participar en la iniciativa debido a su posición de poder en el la cadena, sin embargo el hecho de sólo considerar una diada, el lead time es de cero, la demanda permanece determinística y uniforme a través del periodo de planeación y solamente se analiza el caso de un solo artículo.

Finalmente (Darwish & Odah, 2010) analizan el problema de dimensionamiento de lote desde la perspectiva de múltiples compradores y un sólo vendedor con la implementación de VMI, en este modelo la demanda es determinística y uniforme, se asume que la información está disponible para los actores y que éstos tienen los suficientes incentivos como para participar en la iniciativa igualmente el costo de transporte está incluido en el precio del producto. Desde esta breve descripción y tomando como ejemplo la coordinación por medio de VMI es posible observar cómo para mitigar la complejidad del modelamiento se deben realizar un número de supuestos que son comunes a los diferentes trabajos sin embargo pueden no ser validos cuando son contrastados con el funcionamiento real de una cadena de suministro.

Adicionalmente una cadena de suministro posee interdependencias distribuidas en grandes extensiones geográficas y con diversas heterogeneidades entre sus elementos lo que sugiere su complejidad natural, además las diferentes relaciones entre sus componentes y el nivel de detalle necesario para entender el fenómeno hacen que la simulación pueda ser una herramienta apropiada en muchos casos (Manuj, Mentzer, & Bowers, 2009), esta situación ha hecho que tanto académicos como empresarios hagan un llamado a que la simulación sea tenida en cuenta en más investigación (Davis-Sramek & Fugate, 2007) (Arshinder K. K., 2011), debido a su capacidad de convertirse en un laboratorio *in-sillico* de la cadena de suministro, en el cual los problemas reales son abstraídos y codificados para después ser analizados, resueltos, optimizados o

mitigados y finalmente codificados de nuevo en la cadena de suministro real por medio de soporte a las decisiones o políticas (Borshchev & Filippov, 2004). Sin embargo la carencia de rigurosidad en la ejecución, metodologías coherentes para el diseño de modelos de simulación así como estándares mínimos en el entorno de la simulación en logística y gestión de la cadena de suministro, son algunos de los retos que deben ser superados para materializar la investigación por medio de simulación (Manuj, Mentzer, & Bowers, 2009).

El modelamiento y simulación de sistemas complejos tradicionalmente ha estado ubicado en una o en la combinación de tres enfoques tradicionales: dinámica de sistemas, eventos discretos y el enfoque basado en agentes (Borshchev & Filippov, 2004). Mientras que las dos primeras cuentan con un amplio recorrido en la cadena de suministro, el interés en el modelamiento basado en agentes es cada vez mayor (Macal & North, 2010), (Hilletoft & Lättilä, 2012), (Hilletoft & Lättilä, 2012). La simulación y el modelamiento basado en agentes es una técnica distribuida en la que el agente es la entidad básica de abstracción y se enfoca en la potencial cooperación que puede existir entre los agentes del sistema (Woolridge, 2009), extendiendo las capacidades de otras técnicas con propósitos normativos y descriptivos (Labarthe, Espinasse, Ferrarini, & Montreuil, 2007).

La implementación del modelado basado en agentes está fuertemente asociada al concepto de descentralización en la cadena de suministro, Whang (1995) por ejemplo sostiene que en un ambiente descentralizado, en el que no existe cooperación entre las organizaciones de la cadena de suministro, el sistema está regido por la teoría de agentes en la que es necesario crear incentivos (mecanismos) para que algunas organizaciones (agentes) que actúan en beneficio propio, actúen en beneficios de otros (cadena de suministro) (Jensen & Meckling, 1976), estos principios hacen parte de los fundamentos en los que se edifica el modelamiento basado en agentes (Woolridge, 2009), evidentemente este tipo de comportamiento es común en cadena de suministro reales y la coordinación bajo estas condiciones en la literatura actual no ha sido completamente desarrollada (Adarme Jaimes, Arango Serna, & Balcázar, 2011).

3. Formulación del Diseño Metodológico

3.1 Introducción

En este capítulo se desarrollan los fundamentos del diseño metodológico propuesto, los lineamientos propuestos en este capítulo se basan en la construcción de la línea base de información teórica disponible en términos de las contribuciones metodológicas del modelado de sistemas multi-agentes en un contexto de cadenas de suministro, la revisión literaria puntualmente en este aspecto se describe en detalle en este capítulo.

También buscando que la metodología responda a características propias del sector real, es necesario realizar mencionar que la metodología propuesta se alimenta de la experiencia del autor durante el desarrollo del trabajo de investigación en el desarrollo de diferentes proyectos de consultoría en logística desarrollados al interior del grupo de investigación SEPRO. .

3.2 Antecedentes Teóricos

Actualmente las contribuciones investigativas asociadas al modelamiento y simulación basado en agentes se han esforzado en determinar por qué esta técnica puede ser una solución significativa para el análisis de cadena de suministro descentralizadas, por ejemplo (Borshchev & Filippov, 2004) explica que el modelamiento basado en agentes es en esencia descentralizado, debido a que el comportamiento global del sistema nunca se define, por el contrario el modelo define comportamientos individuales permitiendo que el comportamiento del sistema global emerja desde los individuos, lo que se conoce como micro-simulación (Arango Serna, Serna Uran, & Alvarez Uribe, 2012), en cadenas descentralizadas el comportamiento global del sistema es difícil de medir debido a la dispersión en términos topológicos, funcionales, administrativos, etc., de las diferentes organizaciones.

En la discusión acerca de la implementación del modelado y simulación basado en agentes (Müller, 1997) propone tres criterios para que esta técnica sea aplicable en un sistema: (i) el sistema a modelar debe mostrar una tendencia natural a que sus componentes estén distribuidos o dispersos; (ii) las interacciones entre sus componentes deben ser flexibles y (iii) debe pertenecer a un entorno dinámico. Más adelante (Schuldt, 2011) demuestra que el dominio de la logística y la cadena de suministro, los criterios de (Müller, 1997) son satisfechos ya que en una cadena de suministro los actores se encuentran dispersos a lo largo de zonas geográficas además de que el enfoque descentralizado parte de asumir que el control de la cadena está distribuido entre sus componentes, (Schuldt, 2011) argumenta que los otros dos criterios provienen del ambiente de incertidumbre presente en la logística y la cadena de suministro, ya que es imposible determinar la naturaleza de las relaciones entre los actores así como los flujos en si quiera un mediano plazo.

Par concluir, otro tema de discusión ha surgido alrededor de la concientización en las investigaciones de logística y cadena de suministro de considerar el comportamiento humano en la abstracción que se realiza sobre los sistemas logísticos. El estudio de los factores de comportamiento permite desarrollar modelos que tengan en consideración aspectos específicos provenientes de la realidad de una cadena de suministro como los valores éticos, la percepción de calidad y la influencia de las relaciones de poder y dependencia en las relaciones inter-organizacionales (Zhao, Zhao, & Wu, 2013). Hasta el momento las investigaciones en este campo aún se encuentran en una etapa temprana y a diferencia de las investigaciones tradicionales en coordinación no asume que los actores presentes en la cadena de suministro toman decisiones óptimas, sino más bien que existen comportamientos sistemáticos y juicios comunes en el proceso de decisión humano (Tokar, 2010). Cabe notar que en varios trabajos se ha resaltado que el modelamiento basado en agentes tiene un buen desempeño cuando se realiza el modelado de comportamientos individuales así como esta técnica ha sido ampliamente implementada en el modelado de redes humanas (Borshchev & Filippov, 2004), (Macal & North, 2010).

Como se puede observar a pesar que la teoría alrededor del modelado y simulación basado en agentes viene siendo objeto de estudio por varios años su aplicación aún más en el contexto de la cadena de suministro es un tema novedoso, al respecto (Ketter,

Collins, & Gini, 2010) considera que la diversidad de enfoques en el diseño de agentes para la cadena de suministro indica el estado de novedad del tópico y la necesidad de investigar para entender completamente del diseño de agentes en la cadena de suministro.

Diversas metodologías cubriendo el modelado de sistemas multi-agentes han sido propuestas, sin embargo pocas se sitúan en el contexto de la cadena de suministro (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) algunas de las metodologías aplicadas a la cadena de suministro aparecen en la revisión elaborada por (Labarthe, Espinasse, Ferrarini, & Montreuil, 2007), en el que las necesidades de incorporar elementos de carácter complejo al modelado y de entrar en detalle en elementos metodológicos específicos son explícitas. En este trabajo por medio de la utilización de algunas de las más importantes metodologías para el modelado de cadenas de suministro en sistemas multi-agentes disponibles se realiza una propuesta metodológica para el modelado de cadenas de suministro enfatizando en los aspectos a considerar en ambientes con pequeñas empresas, la metodología propuesta considera los aspectos operacionales que deben ser tenidos en cuenta al momento de desarrollar la investigación exploratoria y descriptiva de una cadena de suministro.

Para el desarrollo de la propuesta se tuvieron en cuenta principalmente los aportes de tres artículos previos, a pesar que existe una mayor cantidad de contribuciones en este tema los se debe tener en cuenta que muchas de estas no pueden considerarse que posean un enfoque de logística gestión de la cadena de suministro, más bien corresponden a contribuciones provenientes de áreas como la ingeniería de software que sin desmeritar su pertinencia, por medio de esta propuesta se busca precisamente realizar un aporte circunscrito al dominio de la gestión de la cadena de suministro y la logística. Bajo esa consideración a continuación se exponen los aspectos principales de las metodologías consideradas.

En primer lugar (Labarthe, Espinasse, Ferrarini, & Montreuil, 2007) proponen una metodología basado en agentes aplicada al caso de una cadena de suministro de la industria de clubes de golf junto con el análisis experimental por medio de simulación, los autores proponen una metodología compuesta por tres niveles (i) un nivel conceptual, en el que una cadena de suministro real se modela por medio de un modelo de dominios y luego se reformula hacia el paradigma de agentes obteniendo como resultado un modelo

conceptual, (ii) un nivel operacional en el que se desarrolla un modelo computacional conocido como modelo operacional, (iii) un nivel de explotación, en el que la simulación se lleva a cabo fundamentada en escenarios.

Por medio de la implementación en un caso de estudio en una cadena de suministro del sector automotriz (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) propone una metodología de nueve fases que considera la tecnología basado en agentes y la programación lineal para soportar la planeación operativa en cadenas de suministro las nueve frases se desarrollan a través de tres bloques de acción que guardan similitud con los propuestos por (Labarthe, Espinasse, Ferrarini, & Montreuil, 2007): (i) conceptualización que corresponde a la identificación del problema, conceptualización y obtención de parámetros, (ii) modelado basado en agentes: que comienza con la identificación de los agentes principales e intermedios, representación de los comportamientos y el modelo conceptual basado en agentes, (iii) la aplicación considera el desarrollo del aplicativo y la validación final.

Por último, (Ivanov, Sokolov, & Kaeschel, 2010) combinan la aplicación de la teoría de control, investigación de operaciones y el modelado de sistemas multi-agentes en una metodología para convertir una cadena de suministro en adaptativa. Los autores consideran diferentes tipos de estructuras para la toma de decisiones es la cadena de suministro: productos, funciones, organización, tecnología, topología, información y finanzas, la importancia de este enfoque es el de identificar las relaciones en las operaciones que resultan de las diferentes tipologías de estructuras. Los autores también presentan una metodología basada en tres fases: modelado conceptual, modelado matemático y validación en ambiente de simulación.

En este trabajo tomando como punto de partida las contribuciones expuestas en los párrafos anteriores se propone una nueva metodología con mayor grado de detalle y con un alcance que esperar cubrir la primera fase o nivel de los anteriores enfoques, es decir el modelado conceptual. La metodología propuesta es también focalizada hacia el área de logística y gestión de la cadena de suministro y no ahonda en conceptos sobre la ingeniería de software o la simulación, su objetivo radica en convertirse en un lineamiento metodológico que guíe las actividades de investigación en cadena de suministro desde una perspectiva basada en agentes.

3.3 Formulación Metodológica

La metodología propuesta está conformada por tres etapas: (i) descripción de la CS, (ii) definición del problema, (iii) formulación del modelo conceptual y validación, las cuales guardan significativa correlación con los propuestos en el primer bloque de acción de (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) sin embargo en este trabajo se hacen consideraciones con mayor nivel de detalle y se enriquece con otras contribuciones así como con la implementación de la metodología en un caso de estudio real. A continuación se desarrollan las tres etapas propuestas.

3.3.1 Descripción de la Cadena de Suministro

La primera etapa tiene un carácter exploratorio y enfatiza en la utilización de variables cualitativas sin excluir la utilización de variables cuantitativas, de esta manera es posible acercarse a la descripción de la complejidad entre los agentes de la cadena, en esta etapa el investigador necesita recopilar información sobre la CS a un nivel macro lo que permite tener una visión holística del sistema. Al respecto (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009), propone realizar la descripción de la CS por medio de cinco vistas diferentes, en esta metodología se tendrán en cuenta tan sólo tres vistas que adaptan las estructuras propuestas por (Ivanov, Sokolov, & Kaeschel, 2010), diferentes teorías y la experiencia práctica de los autores.

Las decisiones logísticas de la CS están determinadas principalmente por los comportamientos, normas, políticas y la estructura general de la cadena (vista normativa), restringidas por los recursos físicos disponibles en los agentes de la CS (vista de infraestructura) y con el objetivo de proporcionar una función logística: almacenar, transportar, recolectar o manipular (Jünemann, 1989) disminuyendo los costos y aumentando los parámetros de servicio por medio de la administración de tres flujos (físico, información y financiero) (vista logística). Las tres vistas propuestas se ilustran en la Ilustración 3-1.

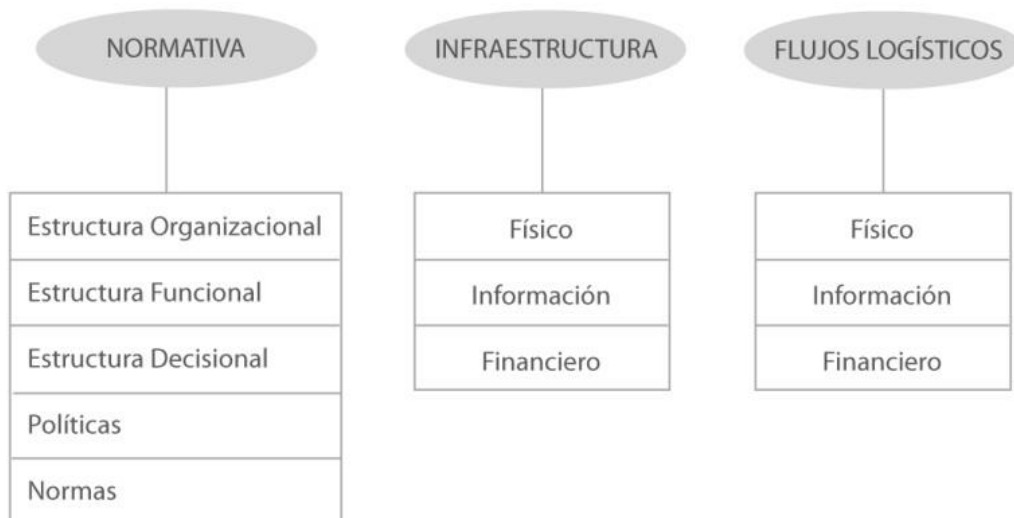


Ilustración 3-1 Vistas Propuestas

- **Vista Normativa**

Esta vista busca describir el modelo de operación de la CS en un nivel agregado, se desarrolla mediante la descripción de las diferentes estructuras que rigen el modelo de operación.

Estructura Organizacional: Esta estructura busca identificar las entidades que actualmente hacen parte de la CS y de qué manera están organizadas. Esta estructura se divide en (i) los actores: individuos u organizaciones que se organizan para proveer un bien o servicio, (ii) las dimensiones estructurales de las cuales hacen parte: la dimensión vertical que corresponde al número de niveles que existen desde que los insumos se extraen hasta el consumo final y la dimensión horizontal que se refiere al número de nodos por cada nivel y (iii) la naturaleza entre las interacciones entre los agentes de la cadena como lo ilustra (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) el enfoque principal corresponde a clasificar las interacciones posibles como comunicación, coordinación, colaboración o competencia, sin embargo también pueden intentar identificarse relaciones de poder o dependencias.

Estructura funcional: En esta estructura las funciones de los actores que hacen parte de la CS se describen, acá se considera relevante considerar el modelo SCOR (Supply-

Chain Council (SCC), 1999), en el que desde una perspectiva de funciones logísticas los diferentes procesos de cada actor son categorizados en cinco procesos delimitados: planificar, aprovisionamiento, manufactura, distribución y devolución (Calderón Lama & Lario Esteban, 2005).

Estructura decisional: De igual forma que fue descrito por (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) aquí el enfoque principal es identificar los posibles niveles en los que se toman decisiones (estratégico, táctico y operativo) así como los encargados del procesos de toma de decisiones en cada nivel.

Políticas generales: Acá se establecen las posibles metas de la CS como un todo, los criterios de servicio y el común del comportamiento gerencial a lo largo de la cadena. En esta parte es importante también documentar los aspectos culturales prevaletentes en la operación de la CS este aspecto es particularmente de importancia cuando el objeto de estudio está compuesto por Pymes en las que los comportamientos y decisiones tienen una fuerte relación con la cultura.

Normas aplicables: El objetivo de este aspecto es el de tener en consideración el marco legal que regula la operación de la CS bajo estudio. Este aspecto es de gran importancia en el momento de considerar las restricciones que existen así como para delimitar el dominio de la CS.

▪ **Vista de Infraestructura**

En esta vista los componentes físicos que permiten el desarrollo de las funciones logísticas en la CS son considerados, Esta información es útil para entender el entorno en el que se envuelven las operaciones de la CS. La infraestructura sirve como la instalación sobre la cual fluyen los diferentes flujos razón por la que es coherente clasificarlos del mismo modo (física, información y financiera)

Infraestructura física: Es la relacionada con la localización geográfica de las instalaciones empresariales, los medios utilizados para llevar a cabo las funciones logísticas (carreteras, vehículos, empaques, herramientas, etc.).

Infraestructura de información: Acá se describe los canales de transmisión y almacenamiento de la información así como los medios que soportan los canales de transmisión.

Infraestructura financiera: Finalmente los medios de pago son descritos (efectivo, crédito, pago bancario, etc.).

▪ **Vista de Flujos Logísticos**

Finalmente en esta vista los arcos que conectan los diferentes nodos identificados en la vista anterior. La meta principal de esta vista es proporcionar y detallar la secuencia que se recorre para entregar los productos terminados al cliente final identificando las relaciones que ocurren entre los agentes de la cadena.

Flujo Físico: Este flujo considera las materias primas, insumos, productos intermedios y terminados.

Flujo de Información: La comunicación que ocurre entre los agentes.

Flujo Financiero: El dinero u otros activos financieros que son intercambiados en la CS.

3.3.2 Formulación del problema

En la segunda fase metodológica se define el problema y se limitan los alcances del modelado, la primera fase es el insumo principal para la fase actual sin embargo es necesario adquirir información específica a un nivel micro, en esta fase también las variables cuantitativas son más relevantes debido a la necesidad de poseer variables medibles. La siguiente fase se describe a continuación:

▪ **Definición de alcance:**

Los componentes específicos de la cadena que serán abordados deben delimitarse, con respecto a este paso (Hernández, Alemany, Lario, & Poler, 2009) recomiendan desarrollar de nuevo cada una de las vistas de la etapa anterior pero esta vez con contenido más específico. En este paso también se definirá el nivel decisional objetivo del modelo. Se pretende entonces obtener una visión sistémica limitada, del problema a abordar.

▪ **Estructura decisional:**

Para cada i ($i= 1, 2, 3... n$) tomador de decisión identificado en el paso anterior, la estructura de decisiones debe ser descrita considerando los elementos de la decisión que aparecen ilustrados en la Ilustración 3-2.

- La decisión logística j ($j= 1, 2, 3... m$) que debe ser tomada por el i -ésimo tomador de decisiones.
- Los flujos en los cuales actuará la decisión que se tome.
- Los objetivos que son tenidos en cuenta por el tomador de decisiones extraído de la vista normativa.
- Las normas y leyes aplicables a la decisión.
- Los recursos involucrados extraídos de la vista de infraestructura.
- La información disponible para el proceso de toma de decisión.
- Las interdependencias con otros tomadores de decisiones y el grado de autonomía con el que se toma.
- El proceso con el que la decisión es soportada es un proceso racional como un modelo de optimización o proviene de la experiencia adquirida y se toma de forma sistemática.



Ilustración 3-2 Elementos de la estructura decisional de un agente

▪ **Definición de los agentes:**

La información recogida en el paso anterior permite tener una visión clara de las variables que afectan el proceso de decisión,

Aunque no existe consenso en la notación formal utilizada en el modelado de sistemas multi-agente (Woolridge, 2009), La definición de cada agente comparte una estructura común la cual se describe por medio de los siguientes elementos:

$$A = (\varepsilon, \Sigma_e, \Sigma_s, \delta, \psi, \pi)$$

En donde:

ε = estados del agente

Σ_e = lenguaje de entrada del agente

Σ_s = lenguaje de salida del agente

δ = Relación siguiente estado

ψ = Relación respuesta

π = Conocimiento del agente

Esta definición se sujeta a la arquitectura propuesta por (Schuldt, 2011) en la que se propone una arquitectura para agentes móviles. En la Ilustración 3-3 aparece la arquitectura propuesta para cada uno de los agentes en este diseño metodológico. Compuesto por los siguientes componentes:

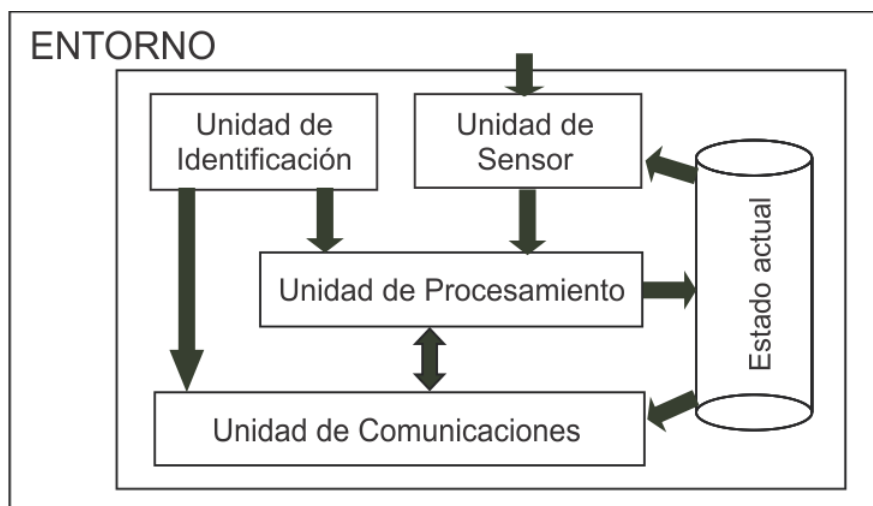


Ilustración 3-3. Arquitectura del agente individual

Unidad de identificación: Encargada de almacenar las características individuales de cada agente: flujos; objetivos; políticas, comportamiento y preferencias; restricciones y capacidades y recursos disponibles. Ver Ilustración 3-4

1. Flujos
2. Objetivos
3. Restricciones
4. Políticas
5. Recursos

Ilustración 3-4. Elementos de la unidad de identificación

Unidad de Sensor: Esta unidad percibe la información necesaria para el proceso de toma de decisiones, la información proviene de: el entorno, el estado actual del agente, ¿ y la información disponible de otros agentes. Ver Ilustración 3-5

6. Información

Ilustración 3-5 Elementos de la unidad de sensor

Unidad de Procesamiento: En esta unidad el agente se encarga de deliberar utilizando la información recogida por el sensor y la asociada por la unidad de identificación, la unidad de procesamiento debe tener en cuenta dos de elementos recogidos en la fase anterior: la naturaleza de la decisión (racional, sistemática, aleatoria, etc.) y las interdependencias con otros agentes (decisiones aisladas, decisiones compartidas o concertadas). Ver Ilustración 3-6

7. Interdependencia
8. Naturaleza

Ilustración 3-6 Elementos de la unidad de procesamiento

Una vez se lleva a cabo la deliberación se debe actualizar el estado actual del agente en caso que este haya experimentado cambios.

Unidad de Comunicación: En esta unidad del agente emite los mensajes necesarios para comunicar sus decisiones a otros agentes o al entorno, esta unidad debe ser parte de una ontología común que pueda ser interpretada por el sistema.

▪ **Definición del sistema multi agente (SMA):**

En esta parte se define con base al alcance propuesto la estructura del sistema multiagente, ver Ilustración 3-7, los principales elementos que se tienen en cuenta en esta consideración se describen a continuación.

- La cadena de suministro está compuesta por una secuencia lineal de m organizaciones que interactúan para suministrar un producto específico.
- Cada organización posee n agentes los cuales corresponden a cada centro de decisión identificado.
- Las organizaciones o agentes que se ubican por fuera de los límites establecidos de la cadena de suministro se asumen como parte del entorno y se categorizan como oferta o demanda de una organización específica.
- Existen dos tipos de interacciones centralizada y descentralizada, se caracterizan principalmente porque la información disponible y la coherencia entre objetivos es mucho mayor en la centralizada que en su contraparte.
- La interacción descentralizada ocurre en esencia entre el último agente de la organización j -ésima y el primero de la organización $j+1$ -ésima.
- La interacción centralizada ocurre en esencia entre agentes de la misma organización.

Finalmente se establecen cuáles son las medidas de desempeño que deben tenerse en cuenta para la evaluación del sistema multi agente, estas medidas están definidas por una parte en las bases de la gestión de la cadena de suministro y por otra parte (Bond & Gasser, 1988) realizan una excelente aproximación desde la teoría de inteligencia artificial tipificándolas en dos categorías.

Coherencia: "que tan bien el sistema se comporta como un todo"

De acuerdo con (Woolridge, 2009), un sistema es coherente en términos de uso de recursos, calidad de las soluciones o que tan bien se comporta en momentos de falla. En términos de la teoría de la gestión de cadenas de suministro estos conceptos se pueden ver cómo, los costos totales del sistema logístico, el nivel del servicio prestado por el sistema y su resiliencia ante situaciones adversas.

Coordinación: “el grado en el que los agentes evitan actividades extrañas, sincronizando y alienando sus actividades”

Esta vez (Woolridge, 2009) considera que un sistema perfectamente coordinado los agentes no entorpecerán las metas de los demás mientras intentar cumplir las propias, no necesariamente negociando sino más bien porque han asumido modelos de operación que predicen de qué manera se deben comportar. Para los efectos de este enfoque metodológico basado en la gestión de la cadena de suministro, estos modelos de operación se materializan como mecanismos de coordinación que son modelos de operación que permiten un desempeño más coordinado de la cadena, para evaluar este desempeño es necesario considerar que tanto está variando el cumplimiento de las metas de cada agente con la implementación de un mecanismo de coordinación ya que la coordinación parece ser una medida relativa que debe ser contrastada ante una línea base de información.

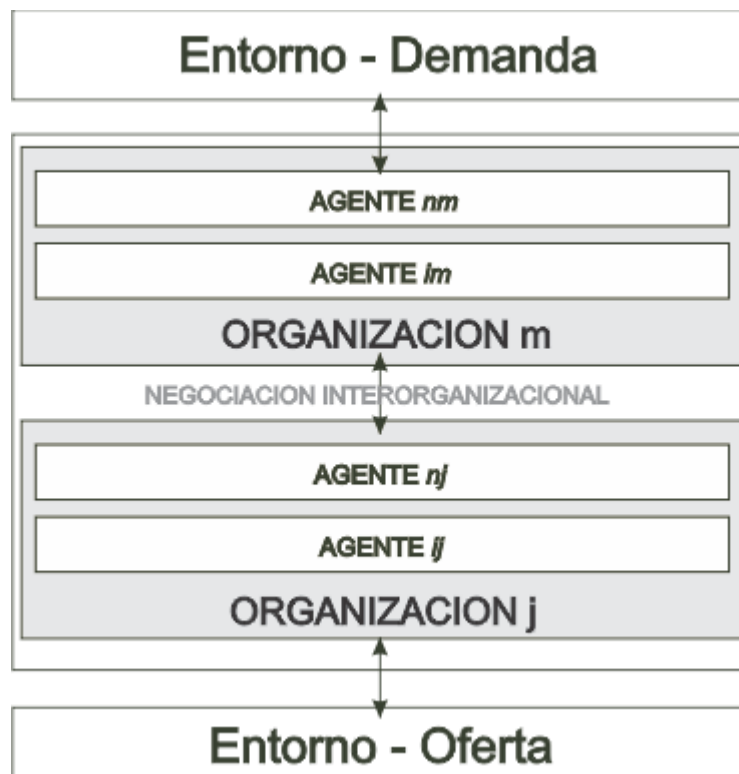


Ilustración 3-7. Arquitectura propuesta del sistema multi agente (SMA)

3.3.3 Implementación

Esta etapa busca que por medio de una semántica y el uso de diagramas estandarizados se elabore una descripción de los aspectos que deberá contener la implementación en software. Existe un amplio conjunto de metodologías BA (TROPOS, UML, GAIA, PROMETHEUS) y aún no existe consenso sobre cuál es mejor o en qué casos su aplicabilidad presenta mayores beneficios, así que se es necesario validar la utilización de estas metodologías teniendo en mente su claridad y nivel de conceptualicen sobre los datos obtenidos en la fase anterior.

Finalmente el modelo es implementado en un entorno computacional en donde se procederán a realizar las pruebas de ajuste y verificación con el fenómeno observado, de manera que se logre la abstracción más precisa posible.

4. Caso de Estudio

4.1 Introducción

El caso de estudio tiene como objetivo servir como ejemplo de implementación de la metodología propuesta, este corresponde a las consideraciones que corresponden a la caracterización del sector desarrollada como uno de los objetivos específicos del proyecto de investigación *“Diseño metodológico sobre logística de almacenamiento, adquisición, apropiación de sistemas de información y comunicación para las pymes Colombianas, subsector panificador”* en el que se enmarca este trabajo, cuyos soportes de recolección de información se encuentran en el **Anexo B: Instrumentos de Recolección de Información Diligenciados**.

De esta manera se busca evaluar la metodología propuesta previamente así como exponer un ejemplo de su implementación, el trabajo de campo para obtener la información consto de una investigación por medio de encuestas a los panificadores y distribuidores de insumos, investigación que se extendió durante 1 año en el que se lograron percibir diferentes aspectos del sector de estudio

4.2 Descripción General de la cadena de Suministro

La cadena de suministro del sector panificador que se tomará como caso está localizada en el municipio de Palmira, Colombia. El municipio cuenta con una población de 300,000 habitantes aproximadamente y la industria panificadora se considera como estratégica para el desarrollo dado que existen diversas actividades agrícolas de gran escala relacionadas con la industria del pan. Una de las plantas de la molinera más grande del país se encuentra en las inmediaciones del municipio, así como la industria del azúcar de caña, también dentro del municipio existen distribuidoras especializadas de insumos para el sector panificador conocidas como “queseras” e incluso hay panaderías locales que se han logrado consolidar y atender mercados internacionales, debido a la existencia de un

importante número de Pymes y a la dispersión de las mismas, la coordinación de las CS se ha identificado como una estrategia para alcanzar la competitividad y productividad (Adarme J. & Álvarez P., 2007).

El desarrollo del estudio se realizó por medio de la recolección de información primaria en las empresas del sector el total de panaderías a considerar en este estudio fue de 78. Esta cantidad corresponde al 100% del espacio muestral y al 45% de la población total de panaderías del área urbana de Palmira (172 según información de la Cámara de Comercio 2011 y observación directa en campo). Como esta cantidad es factible de abordar considerando la disponibilidad de recursos humanos y económicos no se utilizaron técnicas de muestreo para el cálculo y selección de la muestra.

La población posible de muestreo que se consideró no corresponde a la totalidad de panaderías del área urbana de Palmira, por razones fundamentales como: - falta de consentimiento por parte de aproximadamente el 42% de las panificadoras - ubicación en zonas de alto riesgo del 8% del total de panaderías e - inexistencia de algunas panaderías reportadas en la base de datos de la Cámara de Comercio. El trabajo de campo se llevó a cabo en un período de 12 meses, período durante el cual se contó con un grupo de estudiantes de pregrado encargados de las actividades de recolección de la información.

Como resultado de la caracterización realizada es posible afirmar que en la cadena de suministro del sector panificador del municipio de Palmira, Valle se identifican cuatro eslabones con funciones logísticas específicas (Ilustración 4-1). Como se mencionó anteriormente a pesar de la presencia de grandes plantas de producción de dos empresas insignia de insumos para el sector, Harinera del Valle (harina) y Fleischmann (levadura), así como de panaderías consolidadas en el ámbito regional e incluso nacional: La Gitana, La Leal y La Abundancia, es un sector en el cual los procesos aún se realizan de manera artesanal, y la participación de pequeñas empresas es mayoritaria.

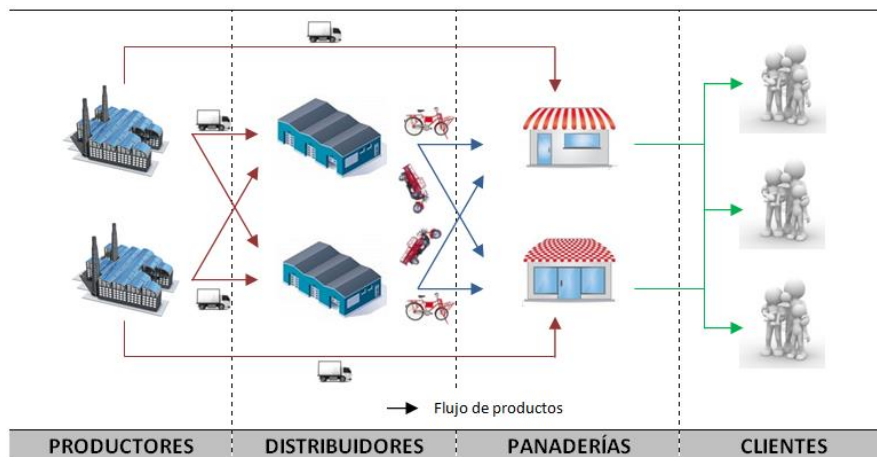


Ilustración 4-1 Configuración de las cadenas de suministro del sector panificador

Los grandes proveedores no tienen problemas en cuanto al transporte de la materia prima, ya que cuentan con excelentes condiciones y medios de transporte, e igualmente no se presentan incumplimientos con los pedidos, debido a que poseen rutas en días específicos y la entrega de la materia prima es inmediata una vez se realiza el pedido. Al contrario de lo que sucede con los proveedores o también llamadas queseras, quienes no cuentan con la capacidad suficiente para garantizar el buen almacenamiento o transporte de la materia prima, por lo que se limitan a realizar entregas de pedidos pequeños ya sea en Moto, bicicleta y en algunos casos en carro, lo que ocasiona incumplimiento o demoras en la entrega de los insumos, provocando inconvenientes en la producción a las panaderías que dependen de dicho suministro, y que en muchas ocasiones no pueden realizar pedidos a otros proveedores, debido a que manejan créditos y no poseen liquidez. A la vez la inseguridad y delincuencia en algunas zonas, impiden que los proveedores puedan ingresar, razón por la cual, se debe ir hasta el punto de venta por los propios medios a realizar el pedido.

Una característica destacable dentro del transporte de insumos para el sector panificador, es el transporte en bicicletas, las cuales cargan con grandes cantidades de peso, sin contar con las adecuaciones ni acondicionamientos necesarios para dicha actividad, mediante este medio, los insumos quedan en contacto directo con el exterior, con el peligro de cualquier tipo de contaminación proveniente del medio ambiente, asimismo las persona encargada de su manejo no cuenta con las protecciones necesarias para garantizar su integridad y seguridad física, sin embargo, dicho medio de transporte genera bajos costos de transporte, debido a que no requiere ningún tipo de

combustible para su funcionamiento y el mantenimiento que requiere es básico. Lastimosamente a pesar de ser un medio de transporte económico, liviano y ágil, la bicicleta no garantiza las condiciones de manipulación e higiene necesarias que se requiere para el transporte de materias primas

4.3 Descripción de la cadena de suministro

En el nivel macro la cadena puede ser considerada como una cadena de por lo menos tres niveles, proveedores, distribuidores y panaderías, sin embargo la cadena puede extenderse a muchos más niveles dependiendo el insumo bajo consideración ya que en muchos casos existen productos provenientes del exterior. La cadena tiene un modelo descentralizado en el que no existe un coordinador central ni se evidencia integración vertical, se observan tendencias a procesos de toma de decisiones motivados por el aprendizaje empírico en casi toda la cadena.

Los agentes de la cadena persiguen el objetivo de optimizar sus beneficios económicos mientras proveen productos terminados (pan y similares) a consumidores finales localizados en el municipio principalmente, el control sobre el nivel de calidad del producto final recae sobre la secretaría de salud local encargada de vigilar el cumplimiento de las políticas relacionadas con la salud y la alimentación las cuales a su vez están basadas en las buenas prácticas de manufactura (BPM), normadas en el Decreto 3075 de 1997, promoviendo la calidad e inocuidad de los productos.

La infraestructura disponible para el desarrollo de las funciones logísticas hace parte de infraestructura multi-propósito que debe ser compartida con otras actividades urbanas, la vista física está compuesta principalmente de instalaciones dispersas en el municipio con una marcada tendencia a la concentración alrededor de la plaza principal desde la cual se irradia el desarrollo económico. Las infraestructuras de información y financieras son tradicionales y los flujos se desarrollan a través de comunicación personal y telefonía entre los agentes.

El flujo físico es principalmente unidireccional partiendo de los eslabones superiores hacia el cliente final, tan sólo una pequeña cantidad de empaques son reutilizados en niveles superiores. Los flujos de la cadena convergen en el eslabón de los distribuidores con diferentes procedencias y una vez ahí son almacenados y distribuidos en diferentes

panaderías por medio de pequeños vehículos de transporte como camiones pequeños, motos o bicicletas. El flujo de información no es intenso y se limita por lo general a la información bidireccional del contrato comercial entre las organizaciones. Finalmente el flujo financiero es en general unidireccional desde los eslabones aguas abajo en compensación por el servicio prestado. Los diferentes flujos y sus direcciones se describen en la Ilustración 4-2.



Ilustración 4-2 Flujos logísticos

4.4 Formulación del problema

4.4.1 Definición del Alcance

El alcance del modelo conceptual propuesto será el de representar la operación actual de la relación logística entre los distribuidores de materia prima y las pequeñas industrias panificadoras a un nivel operacional, esta representación se realiza con el ánimo de establecer indicadores del desempeño actual del sistema y permitir una posterior evaluación de diferentes mecanismos de coordinación por medio de escenarios. Para este propósito una investigación por medio de fuentes primarias se llevó a cabo en 5 de los distribuidores y 80 panaderías mediante la que las descripciones obtenidas en la primera fase metodológica fueron desarrolladas con mayor grado de detalle. El sistema real está compuesto por 204 panaderías de acuerdo a la información disponible (registros presentes en la Cámara de Comercio), sin embargo la investigación solamente se realizó en las panaderías cuyos propietarios accedieron a participar en el proyecto de investigación proporcionando información de carácter privado sobre la operación logística

de su compañía, para la recolección se crearon herramientas específicas del tipo de encuestas semi-estructuradas.

Los resultados de la investigación permitieron identificar a 14 diferentes proveedores de insumos, de los cuales el 21% corresponden al nivel de proveedores (compañías de manufactura que realizan la distribución directa a las panaderías), el 79% restante al nivel de distribuidores, también se identificó el rol de las autoridades sanitarias como el actor principal ejerciendo funciones de regulación del sistema. Las relaciones identificadas entre los niveles verticales de la cadena se limitan a simple comunicación entre las organizaciones sin existir iniciativas de coordinación o colaboración. En cuanto al nivel de horizontal las relaciones se limitan a competencia y tampoco se evidenciaron iniciativas de colaboración o coordinación entre compañías del mismo nivel en la cadena de suministro.

De acuerdo a las funciones descritas por medio del modelo de referencia SCOR las distribuidoras hacen parte de las funciones de: planeación, aprovisionamiento, distribución e incluso devolución en caso de insumos que no poseen la calidad necesaria. En el nivel de las panaderías las funciones que se llevan a cabo corresponden a: planeación, aprovisionamiento, producción y distribución, de igual forma se presentan ocasionalmente devoluciones causadas por entregas que no cumplen los requisitos de calidad. Otra consideración importante es que tan sólo el 9% de las panaderías realiza procesos de distribución en el 91% restante el cliente final atiende a las instalaciones de la panadería.

Al considerar las decisiones logísticas operativas que se llevan a cabo se identificaron cuatro centros de decisión, dos en las empresas distribuidoras: (i) el tamaño de lotes de aprovisionamiento, (ii) el tamaño de lotes y la programación de rutas de distribución, de igual forma dos centros de decisión en las panaderías: (i) el tamaño de lote de aprovisionamiento y (ii) el tamaño de lote de producción, las decisiones de distribución en las panaderías a pesar de existir, no se consideraron dado que, como se mencionó anteriormente este proceso sólo existe en el 9% de las panaderías.

En el estudio se identificó también que la selección de los proveedores es orientada principalmente por el precio, en segundo lugar aparecen la calidad de los insumos y los tiempos de espera, factores que dan indicios sobre los aspectos que determinan el

desempeño del sistema. Como se mencionó anteriormente la normatividad actual exige la aplicación de BPM situación que conforma el marco regulatorio sobre el cual la cadena opera, o por lo menos debe operar, sin embargo el 42% de las panaderías encuestadas no conoce la normatividad, y tan sólo el 12% cumple integralmente los requerimientos de la norma.

El foco del modelo (distribuidoras y panaderías) desarrollan su operación logística utilizando la infraestructura de la ciudad la cual comparte las actividades logísticas con las actividades rutinarias de los habitantes de la ciudad.. El transporte de productos se lleva a cabo por medio de modo carretero cuyos vehículos corresponden a bicicletas (33%), motos (28%) y carros (27%) principalmente. Otra característica que se debe considerar es que esta infraestructura se comparte junto con las actividades residenciales y familiares de los dueños de las organizaciones, de las panaderías visitadas el 54% cuentan con menos de 3 empleados, 37% de 4 a 6 y tan sólo el 9% más de 6 empleados.

Para llevar a cabo el estudio y caracterizar los flujos físicos se seleccionó un conjunto de insumos, la selección de los productos se realizó en base a estudios previos y a las observaciones propias de la investigación. Los insumos seleccionados fueron los siguientes: Harina, Levadura, Azúcar, Mantequilla, Queso, Almidón, Harina Integral, Hojaldre y Colmaíz.

La característica principal en la operación logística corresponde a un aprovisionamiento de insumos de distintos orígenes en el nodo del distribuidor, en donde son almacenados, consolidados y distribuidos a las panaderías, una vez ahí los productos son almacenados y posteriormente transformados. La frecuencia de los flujos entre distribuidores y panaderías que son el objetivo de este ejemplo ocurren con distintas frecuencias: diariamente (13%), semanalmente (66%), quincenalmente (14%) y mensualmente (7%), así mismo el 50% reveló que debe realizar pedidos adicionales causados por demandas mayores a los estimados, causando de esta manera mayores costos logísticos. También debe considerarse que los flujos físicos pueden tener dirección contraria en casos en que existen problemas con la calidad del producto y en este caso deben ser regresados a los distribuidores.

Finalmente el flujo de información se desarrolla principalmente por vía telefónica (89%) y por medio de comunicación oral (39%), el uso de email o de otras tecnologías es nulo. En la totalidad de las panaderías la transacción personal es el método utilizado para transferir el dinero y la utilización de nuevas tecnologías para este propósito también es nula.

Tan sólo el 4% de las panaderías comparte información sobre los niveles de consumo de los insumos, y las relaciones de información se limitan a la transacción comercial. Finalmente el flujo financiero evidencia ser de especial atención para la operación logística ya que a pesar que el 50% de los distribuidores ofrece opciones de crédito estas no son usadas y los pedidos se realizan con una alta relación a la disponibilidad de dinero del propietario de la panadería.

4.4.2 Estructura Decisional

En este apartado se identifican las estructuras decisionales presentes en los tomadores de decisiones identificados en el paso anterior. En la cadena que se toma como ejemplo se identifican cuatro agentes principales como se puede ver en la Ilustración 4-3, relacionados con las decisiones identificadas anteriormente: (i) compras en las queseras, (ii) distribución en las queseras, (iii) compras en las panaderías, (iv) producción en las panaderías.



Ilustración 4-3. Agentes de la cadena logística de estudio

4.4.3 Definición de los Agentes

Teniendo como insumo la estructura decisional observada en el aparte anterior, en este aparte se definen los cuatro agentes identificados como unidades de decisión en el segmento seleccionado de la cadena de suministro.

- **Agente 1. Aprovechamiento de la Quesera**
- **Agente 2. Distribución de la Quesera**
- **Agente 3. Aprovechamiento de la Panadería**

La decisión de aprovisionamiento en las panaderías busca encontrar la cantidad óptima Q^* , el inventario de las panaderías sigue políticas de revisión continua (s,Q) y su gestión obedece a políticas FIFO (*first in first out*) considerando que los artículos a manipular son de carácter perecedero. Los parámetros de las políticas en cada panadería fueron recogidos por medio del trabajo de recolección de información, a continuación en la Ilustración 4-4 se establecen la formulación general para este tipo de agente.

Los supuestos que se asumen en esta formulación



Ilustración 4-4 Elementos de la estructura decisional agente 3

▪ Agente 4. Distribución de la Panadería

El objetivo de este agente es el de mantener producto terminado disponible para la venta, a pesar de que ya ha fijado una frecuencia con la que se llevarán a cabo las tandas de producción, debe calcular cuántos productos se deben fabricar y poner a la venta, razón por la que debe considerar la demanda esperada, los insumos disponibles y el inventario actual de producto terminado.

Los supuestos que se manejan para este agente son principalmente tres: (i) el agente tiene una frecuencia diaria de producción fija y conocida, (ii) el tiempo de producción de productos terminados (panes) es determinístico y conocido, (iii) el agente presume una demanda diaria de acuerdo al día y al mes, en la Ilustración 4-5 se describe los elementos conceptuales considerados para el desarrollo de la definición del Agente 4.



Ilustración 4-5 Elementos de la estructura decisional agente 4

La definición formal del agente se desarrolla a continuación.

$$A_4 = (\pi, \varepsilon, \Sigma_e, \Sigma_s, \delta, \psi)$$

$$\pi = \{\omega, \lambda, \iota_{LT}, \gamma_{LT}\}$$

El conocimiento de cada agente corresponde a los siguientes parámetros:

ω = frecuencia de producción de productos terminados en veces/día

λ = duración de la producción *en horas*

ι_{LT} = duración de la jornada laboral en la panadería de acuerdo al día de la semana en horas
/día

γ_{LT} = percepción de la demanda de acuerdo a la localización temporal en panes/día

$$\varepsilon = \{SPT\}$$

El agente cuenta con un nivel de productos terminados SPT el cual varía de acuerdo a los niveles de producción y demanda del producto.

$$\Sigma_e = \{LT, SMP\}$$

El agente considera la localización temporal LT del momento de la toma de decisión y soporta su decisión en el inventario de materias primas que controla el Agente No .3 SMP

$$\Sigma_s = \{Q\}$$

El agente decide el tamaño del lote de producción Q a ser producido en cada tanda.

$$\delta = SPT + Q - D$$

El estado SPT se ve afectado por la demanda de productos D así como por la producción de nuevos productos terminados Q

$$\psi = \begin{cases} \text{Si } Q > Q_{max} \text{ entonces } Q = Q_{max} \\ Q_{min} < Q < Q_{max} \text{ entonces } Q = \min(Q, SMP) \\ Q < Q_{min} \text{ entonces } Q = Q_{min} \end{cases}$$

En donde el tamaño de lote de producción Q está definido por

$$Q = \frac{\gamma_{LT}}{\omega} - SPT - \frac{\gamma_{LT} * \lambda}{\iota}$$

4.4.4 Definición del Sistema Multi Agente

En la Ilustración 4-6 se define la arquitectura general del sistema teniendo en cuenta los agentes identificados y las interacciones que tienen lugar entre ellos, el entorno del sistema compuesto principalmente por la demanda de productos de panificación terminados y la oferta de insumos para la industria panificadora así como las relaciones entre el entorno y los agentes, en un proceso que a pesar de lineal es de alta complejidad teniendo en cuenta que existen diversas variables, múltiples agentes, características estocásticas así como propias del comportamiento humano..

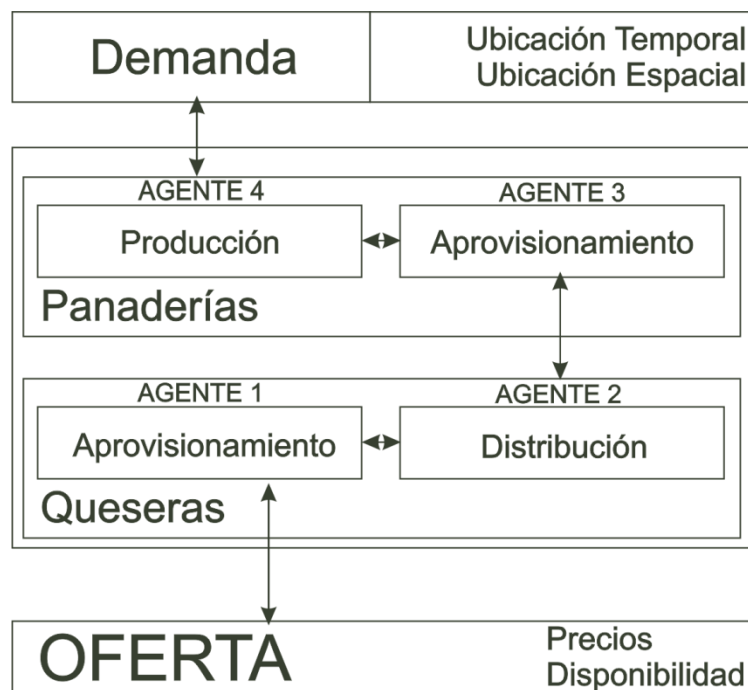


Ilustración 4-6. Arquitectura general el sistema

4.5 Implementación

El esquema general del modelo propuesto puede observarse en el **Anexo C: Modelado del sistema por medio de Diagramas TROPOS**, en el que utilizando la metodología propuesta por (Martínez-Rebollar, Estrada-Esquivel, & Gama-Moreno, 2008) se esquematizan las diferentes interacciones presentes en la cadena de suministro.

La implementación informática se realizó a través de la herramienta AnyLogic® mediante la cual utilizando el lenguaje Java se llevó a cabo la codificación de los diferentes agentes propuestos y es posible simular la totalidad del sistema propuesto. En el **Anexo D: Código en Java de la implementación informática**

Finalmente para validar la precisión del modelo propuesto se valida la implementación informática realizada por medio de pruebas de ajuste en las que se compara el comportamiento obtenido por medio de la simulación contra el comportamiento esperado del sistema.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Mediante la realización de este trabajo se consolidó una propuesta metodológica para el análisis de cadenas de suministro aprovechando los aspectos de la teoría de los sistemas multi-agentes. Con la ayuda del modelo obtenido como resultado de la propuesta metodológica es posible abstraer aspectos del comportamiento humano de los tomadores de decisiones de la cadena, así como los procesos no racionales que se llevan a cabo y la naturaleza de las interacciones entre los diferentes agentes.

Este trabajo constituye una línea base que permitirá no sólo conducir experimentos sobre la cadena de suministro seleccionada como caso de estudio sino que tiene la capacidad de ser generalizado para diferentes tipos de cadena. Así mismo es un aporte novedoso en este tópico y es susceptible de mejoras sustanciales en términos de lograr un mejor desempeño.

5.2 Recomendaciones

El uso de lógica difusa es un área que tiene el potencial de complementar este estudio principalmente por su capacidad de abstraer patrones del comportamiento propios del dominio humano. Otra posible contribución a este trabajo radica en que el ejemplo utilizado para evaluar la metodología propuesta corresponde a una CS de tan sólo dos niveles, es necesario evaluar y mejorar esta metodología en diferentes sectores, tipologías de cadenas y escenarios.

Finalmente este trabajo debe ser prolongado por medio de la implementación por medio de software y su posterior análisis, estas fases han sido consideradas en detalle por medio de otras contribuciones sin embargo en este artículo tan sólo se desarrolló el modelado conceptual, su validez como herramienta para el diseño de mecanismos de coordinación queda de esta manera pendiente de verificar.

A. Anexo A: Instrumentos de recolección de información

**B. Anexo B: Instrumentos de
Recolección de Información
Diligenciados**

C. Anexo C: Modelado del sistema por medio de Diagramas TROPOS

D. Anexo D: Código en Java de la implementación informática

Bibliografía

- Adarme J., W., & Álvarez P., C. (2007). Consumo de insumos agroindustriales por el subsector panificador de Palmira, Valle del Cauca. Indicadores de subsistemas Administrativo, Talento Humano y Operativo. *Acta Agronómica*, 93-103.
- Adarme Jaimes, W., & Prieto, R. (2005). Competitividad en el subsector panificador de Palmira. (Trabajo Especial). *Universidad del Valle*, 65.
- Adarme Jaimes, W., Arango Serna, M. D., & Balcázar, D. A. (2011). A coordination agents' model for the colombian shipbuilding industry's logistic system. *Ingeniería e Investigación*, 31(2), 102-111.
- Arango Serna, M. D., Serna Uran, C. A., & Alvarez Uribe, K. C. (2012). Collaborative Autonomous Systems in Models of Urban Logistics. *Dyna*, 79(172), 171-179.
- Arshinder, A. K. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, 316-335.
- Arshinder, K. K. (2011). A review on supply chain coordination: Coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions. En T. M. Choi, *Supply Chain Coordination Under Uncertainty* (págs. 39-82). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI . (2011). *Situación Actual y Perspectivas de la Harina del Trigo*. Bogotá.
- Banerjee, A. (1986). A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences*, 17, 292-311.
- Banerjee, A., Kim, S.-L., & Burton, J. (2007). Supply chain coordination through effective multi-stage inventory linkages in a JIT environment. *Int. J. Production Economics*, 108, 271-280.
- Barceló Koser, M., & Barcia Fonseca, R. (2009). *Análisis potencial de integración productiva y desarrollo de servicios logísticos de valor agregado de proyectos IIRSA (IPrLG)*. Buenos Aires, Argentina.

- Bond, A. H., & Gasser, L. (1988). *Readings in Distributed Artificial Intelligence*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. Oxford, England.
- Boyle, B., & Dwyer, F. (1995). Power, bureaucracy, influence, and performance: their relationships in industrial distribution channels. *Journal of Business Research*, 32(3), 189-200.
- Brown, J., Lusch, R., & Nicholson, C. (1995). Power and relationship commitment: their impact on marketing channel member performance. *Journal of Retailing*, 71(4), 363-392.
- Cachon, G. P. (1999). Competitive supply chain inventory management. En R. G. S. Tayur, *Quantitative Models for Supply Chain Management* (págs. 111-145). Boston: Kluwer.
- Calderón Lama, J. L., & Lario Esteban, F. C. (2005). Análisis del modelo SCOR para la Gestión de la Cadena de Suministro. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, (págs. 1-10). Gijón.
- Chopra, S. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, Operation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Cooper, M., Lambert, D., & Pagh, J. (1997). Supply chain management: more than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1-13.
- Council of Logistics Management (CLM). (1986). *What's It All About?* Oak Brook, IL.
- Cox, A. (2001). Understanding Buyer and Supplier Power: A Framework for Procurement and Supply Competence. *Journal of Supply Chain Management*, 37(2), 8-15.

- Creswell, J. (2008). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hal.
- Cristopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management—Strategies for Reducing Cost and Improving Service* (2nd ed. ed.). London: Prentice Hall.
- Darwish, M. A., & Odah, O. M. (2010). Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains. *European Journal of Operational Research*(204), 473-484.
- Das, T., & Teng, B. (1998). Between trust and control: Developing confidence in partner cooperation in alliances. *Academy of Management Review*, 23(3), 491-512.
- Davenport, T. H. (1993). *Process Innovation, Reengineering Work through Information Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Davis-Sramek, B., & Fugate, B. (2007). State of logistics: a visionary perspective. *Journal of Business Logistics*, 28(2), 1-34.
- de Souza, R., Zice, S., & Chaoyang, L. (2000). Supply chain dynamics and optimization. *Integrated Manufacturing Systems*, 11(5), 348-364.
- Departamento Nacional de Planeación. (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Tomo I*. Bogotá D.C.
- Drucker, P. (1998). Management's new paradigms. *Forbes*, 152-177.
- Dwyer, F., & Walker, O. (1981). Bargaining in an asymmetrical power structure. *Journal of Marketing*, 45(1), 104-115.
- Fawcett, S. E., & Magnan, G. M. (2002). The rhetoric and reality of supply chain integration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(5), 339-361.
- Forrester, J. W. (1958). Industrial Dynamics. *Harvard Business Review*, 37-66.
- Frazier, G. (1983). On the measurement of inter-firm power in channels of distribution. *Journal of Marketing Research*, 20(2), 158-166.

- Frazier, G., & Rody, R. (1991). The use of influence strategies in inter-firm relationships in industrial product channels. *Journal of Marketing*, 55(1), 52-69.
- French, J. R., & Raven, B. (1959). The bases of social power. En A. Arbor, *Studies in social power* (págs. 150-167). University of Michigan Institute for Social Research: D. Cartwright .
- Fugate, B., Sahin, F., & Mentzer, J. (2006). Supplt Chain Management Coordination Mechanisms. *Journal of Business Logistics*, 27(2), 129.
- Fugate, B., Sahin, F., & Mentzer, J. T. (2006). Supply Chain Management Coordination Mechanisms. *Journal of Business Logistics*, 27(2), 129-161.
- Garcia, F. C. (2002). *Using Value Stream Mapping as a Strategic Planning and Implementation Tool*. Bristol: Business Solutions & Engineering Services - Advent Design Corporation.
- Giannocaro, I., & Pontrandolfo, P. (2004). Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *Int. J. Production Economics*(89), 131-139.
- Goyal, S. K., & Gupta, Y. P. (1989). Integrated inventory models: The buyer-vendor coordination. *European Journal of Operational Research*, 41(3), 261-269.
- Goyal, S., & Deshmukh, S. (1992). Integrated procurement-production systems: a review. *European Journal of Operational Research*, 1, 1-10.
- Größler, A., & Schieritz, N. (2005). Of Stocks, Flows, Agents and Rules – "Strategic" Simulations in Supply Chain Research. En H. Kotzab, H. Seuring, M. Müller, & G. Reiner, *Research Methodologies in Supply Chain Management* (págs. 445-460). Heidelberg: Springer.
- Hernández, J. E., Alemany, M., Lario, F. C., & Poler, R. (2009). SCAMM-CPA: A supply chain agent-based modelling methodology that supports a collaborative planning process. *Innovar*, 19(34), 99-120.

- Hilletofth, P., & Lättilä, L. (2012). Agent based decision support in the supply chain context. *Industrial Management & Data Systems*, 112(8), 1217-1235.
- Hoque, M., & Goyal, S. (2000). An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production–inventory system with capacity constraint of the transport equipment. *International Journal of Production Economics*, 305-315.
- IAIimentos. (octubre de 2009). Panificación y galletería: el sector "reto" del aindustria alimenticia. (G. Pineda Arteaga, Ed.) *IAIimentos*(12), 24-26.
- Ivanov, D., Sokolov, B., & Kaeschel, J. A. (2010). Multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. *European Journal of Operational Research*, 200, 409-420.
- Jaber, M., & Goyal, S. (2008). Coordinating a three-level supply chain with multiple suppliers, a vendor and multiple buyers. *International Journal of Production Economics*, 96-103.
- Jayaraman, D., & Pyrkul, H. (1998). A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: Formulation and efficient heuristic solution. *Computers & Operations Research*, 25(10), 869-878.
- Jensen, M., & Meckling, W. (1976). Theory of finn: Managerial behavior, agency cost, and capital structure. *Journal of Financial Economics*, 3, 305-360.
- Jünemann, R. (1989). *Materialfluss und Logistik: Systemstechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Karabatı, S., & Sayın, S. (2008). Single-supplier/multiple-buyer supply chain coordination: Incorporating buyers' expectations under vertical information sharing. *European Journal of Operational Research*, 746-764.
- Karimi, B., Ghomia, F., T., S. M., & Wilson, J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, 365-378.

- Ketter, W., Collins, J., & Gini, M. (2010). Coordinating Decisions in a Supply-Chain Trading Agent. *Agent- Mediated Electronic Commerce X and Trading Agent Design and Analysis VI*. Berlin: Springer.
- Keyte, B., & Locher, D. (2004). *The Complete Lean Enterprise: Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes*. New York: Productivity Press.
- Kusea, H., Endoa, A., & Iwaob, E. (2010). Logistics facility, road network and district planning: Establishing comprehensive planning for city logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6251-6263.
- Labarthe, O., Espinasse, B., Ferrarini, A., & Montreuil, B. (2007). Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context. *Simulation Modelling Practice and Theory*(15), 113-116.
- Lambert, D. M. (2004). *Supply Chain Management: Process, Partnerships, Performance*. Sarasota, FL: Supply Chain Management Institute.
- Lambert, D., & Cooper, M. (2000). Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83.
- Lambert, D., Stock, J., & Ellram, L. (1998). *Fundamentals of logistics management*. Singapore: McGraw-Hill.
- Lee, H. L., & Billington, C. (1993). Material management in decentralized supply chains. *Operations Research*, 41(5), 835-847.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43(4), 546-558.
- Lee, Y. H., Cho, M. K., & Kim, Y. B. (2002). Supply Chain Simulation with discrete-continuous combined modelling. *Computers & Industrial Engineering*, 375-392.
- Lee, Y. H., Cho, M. K., & Kim, Y. B. (2002). Supply Chain Simulation with discrete-continuous combined modelling. *Computers & Industrial Engineering*, 43, 375-392.

- Li, X., & Qinan, W. (2007). Coordination mechanisms of supply chain systems. *European Journal of Operational Research*, 179(1), 1-16.
- Li, X., & Wang, Q. (2007). Coordination mechanisms of supply chain systems. *European Journal of Operational Research*, 179(1), 1-16.
- López, A., & Lozano, G. (2004). *Caracterización técnica y diagnóstico del subsector panificador de Palmira. Trabajo de grado*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- López, L. M., & Panneso, I. (2002). *Reorganización del área productiva de Tahona, panadería-pastelería. Trabajo de grado*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Macal, C. M., & North, M. J. (2009). Agent-Based Modeling and Simulation. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference* (págs. 1-13). Austin, TX: M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds.
- Macal, C. M., & North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 4, 151-162.
- Malone, T. W., & Crowston, K. (1994). The Interdisciplinary Study of Coordination. *ACM Computing Surveys*, 26(1), 87-119.
- Maloni, M., & Benton, W. (2000). Power influences in the supply chain. *Journal of Business Logistics*, 21(1), 42-73.
- Manuj, I., Mentzer, J. T., & Bowers, M. R. (2009). Improving the rigor of discrete-event simulation in logistics and supply chain research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(3), 172-201.
- Martínez, J. M. (02 de Noviembre de 2012). *Finanzas Personales*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2012, de <http://www.finanzaspersonales.com.co/ahorro-e-inversion/articulo/un-negocio-explorar-del-pan/47692>
- Martínez, P. (2006). PANIFICACIÓN, el negocio de cada día. *Catering*, 28-34.

- Martínez-Rebollar, A., Estrada-Esquivel, H., & Gama-Moreno, L. A. (2008). Una Guía Metodológica Rápida de la Metodología TROPOS. *Gerenc. Tecnol. Infm.*, 67-77.
- Marulanda, L. E., & Perea, C. (2003). *Plan de mejoramiento del sistemas logístico para productos terminados en la empresa Harinera del Valle S.A. Trabajo de grado.* Palmira: Universidad del Valle.
- Min, H., & Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future. *Comput. Ind. Eng.*, 43, 231-249.
- Miró, D. A., & Bertolasi, R. (2009). *Estudio del Comercio Mundial del Trigo con Especial Énfasis en los Entes Semipúblicos y Privados Vinculados a su Comercialización. Experiencias de Canadá, Australia y EE.UU. Compatibilidad de Normas de la OMC y con los Acuerdos de Libre Comercio.*
- Monahan, J. P. (1984). A quantity discount pricing model to increase vendor profits. *Management Science*, 30(6), 720-726.
- Müller, H. J. (1997). Towards Agent Systems Engineering. *Data & Knowledge Engineering*, 23(3), 217-245.
- Petrovic, D., Xie, Y., Burnham, K., & Petrovic, R. (2008). Coordinated control of distribution supply chains in the presence of fuzzy customer demand. *European Journal of Operational Research*, 146-158.
- Pibernik, R., & Sucky, E. (2007). An approach to inter-domain master planning in supply chains. *International Journal of Production Economics*, 200-212.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.* New York, NY: The Free Press.
- Reyes, H. (2006). *CARACTERIZACIÓN OCUPACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACIÓN Y LA REPOSTERÍA.* Valle.
- Rivera, C., & Villalobos, L. (2006). *Caracterización de las pymes subsector agroalimentario de la ciudad de Palmira y municipios aledaños en función de las*

Buenas Prácticas de Manufactura BPM y el Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control HACCP. Trabajo de grado. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Robert E. Spekman, J. W. (1998). An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 3(2), 53-67.

Romero, D., & Vermeulen, D. (2009). Existence of equilibria in a decentralized two-level supply chain. *European Journal of Operational Research*, 642-658.

Sahin, F., & Robinson, E. P. (2002). Flow Coordination and Information Sharing in Supply Chains: Review, Implications, and Directions for Future Research. *Decision Sciences*(33), 505-536.

Schuldt, A. (2011). *Multiagent Coordination Enabling Autonomous Logistics*. Bremen: Springer.

Schwarz, L. (1973). A Simple Continuous Review Deterministic One-Warehouse N-Retailer Inventory Problem. *Management Science*, 555-566.

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (2006). *Caracterización Ocupacional Industria de la Panificación y la Respostería*.

Shapiro, J. F. (2001). *Modelling The Supply Chain*. Pacific Grove: Wadsworth Group.

Shin, H., Benton, W., & Jun, M. (2009). Quantifying suppliers' product quality and delivery performance: A sourcing policy decision model. *Computers & Operations Research*, 2462-2471.

Silver, E., & Meal, H. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. *Production Inventory Magazine*, 64-74.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill.

- Sprengler, J. J. (1950). Vertical Integration and Antitrust Policy. *Journal of Political Economy*, 347-352.
- Stadler, H. (2000). Supply chain management—an overview. En C. K. H. Stadler, *Supply Chain Management and Advanced Planning. Concepts, Models, Software and Case Studies* (págs. 7-29). Berlin: Springer.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: McGraw Hill.
- Stern, L., & Heskett, J. (1969). Conflict management in inter-organization relations: a conceptual framework. En *Distribution Channels: Behavioral Dimensions* (págs. 288-305). New York: St. Louis.
- Stevens, J. (1989). Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 19(8), 3-8.
- Stewart, G. (1997). Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework for integrated supply-chain management. *Logistics Information Management*, 10(2), 62-67.
- Stock, J. R., & Lambert, D. M. (2001). *Strategic Logistics Management*. McGraw-Hill .
- Sucky, E. (2005). Inventory management un supply chains: A bargaining problem. *Int. J. Production Economics*, 93-94.
- Sucky, E. (2006). A bargaining model with asymmetric information for a single supplier-single buyer problem. *European Journal of Operational Research*, 516-535.
- Supply Chain Council. (2008). *Supply Chain Operations Reference Model SCOR Overview*. Supply Chain Council.
- Supply-Chain Council (SCC). (1999). *Supply-Chain Operations Reference-model: Overview Version 3.0*. Obtenido de <http://www.supply-chain.org>
- Tokar, T. (2010). Behavioural research in logistics and supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 21(1), 89-103.

- Vidal, C. J. (2009). *Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic problems in the theory of the firm. *Naval Res. Logist. Quart*, 53-74.
- Wang, S.-D., Zhou, Y.-W., & Wang, J.-P. (2010). Supply chain coordination with two production modes and random demand depending on advertising expenditure and selling price. *International Journal of Systems Science*, 41(10), 1257-1272.
- Waters, D. (2003). *Global Logistics and Distribution Planning* (4 ed.). London: Kogan Page Limited.
- Whang, S. (1995). Coordination in Operations: A Taxonomy. *Journal of Operations Management*, 12, 413-422.
- Woolridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems* (2 ed.). West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- World Bank & International Finance Corporation. (2012). *Doing Business in a more transparent world. Economy Profile: Colombia*. Washington D.C.: The international Bank for Reconstruction and Development.
- Yan, J., W., S., Zhang, M., & Huo, B. (2008). The effects of trust and coercive power on supplier integration. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 66-78.
- Yao, Y. D. (2008). The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(3), 361-378.
- Yao, Y., Evers, P. T., & Dresner, M. E. (2007). Supply chain integration in vendor-managed inventory. *Decision Support Systems*, 663-674.
- Zangwill, W. I. (1969). A Backlogging Model and a Multi-Echelon Model of a Dynamic Economic Lot Size Production System—A Network Approach. *Management Science*, 506-527.

Zhao, X., Zhao, X., & Wu, Y. (2013). Editorial - Opportunities for research in behavioral operations management. *International Journal of Production Economics*, 142, 1-2.