

<CÓDIGO>

Accomm: Sistema Adaptativo de planeación de operaciones logísticas y de mercadeo de la cadena de suministro orientadas al cliente

Luis Fernando Morales Alzate

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2016

<CÓDIGO>

Accomm: Sistema Adaptativo de planeación de operaciones logísticas y de mercadeo de la cadena de suministro orientadas al cliente

Autor:

Luis Fernando Morales Alzate

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO DE
LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Directora

Angela Carrillo Ramos

Co-Director

Ramón Fabregat

Comité de Evaluación del Trabajo de Grado

Diana Lancheros

Jairo Montoya

Página web del Trabajo de Grado

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~PI161-1-Accomm/>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
Mayo, 2016

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Rector Magnífico

Jorge Humberto Peláez, S.J.

Decano Facultad de Ingeniería

Ingeniero Jorge Luis Sánchez Téllez

Director Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación

Ingeniera Angela Carrillo Ramos

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Efraín Ortiz Pabón

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco mi familia, a mi padre y mi madre, que siempre estaban incondicionales para apoyarme en los buenos y malos momentos a lo largo de esta carrera. Les agradezco infinitamente por haberme dado la oportunidad de estudiar y ahora espero devolverles un poco de todas las cosas maravillosas que han hecho por mí.

A mi directora Ángela Carrillo, por ser imparcial y estricta, pero a la vez cómplice, apoyándome siempre que lo necesite. Por permitirme ser dirigido por ella, una de los mejores profesionales que he conocido, y por esperar por varios semestres para darme la oportunidad de realizar este proyecto.

Igualmente agradezco a Laura Marcela Becerra por apoyarme en este largo viaje y convertirse en una de las personas más importantes en mi vida, además, de compartir momentos de crisis y afán durante la realización de la tesis.

Por último, pero no menos importante, agradezco a el profesor Ramón Fabregat y a todas las personas que nos recibieron y apoyaron en nuestra estancia en Girona.

A todos ustedes, Gracias.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	14
2.1. OPORTUNIDAD Y PROBLEMÁTICA	14
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3.3. FASES DE DESARROLLO.....	16
4. MARCO CONCEPTUAL.....	17
4.1. CADENA DE SUMINISTRO Y PROCESOS.....	18
4.2. LOGÍSTICA Y MERCADEO.....	18
4.3. SISTEMA ADAPTATIVO.....	18
4.4. ADAPTACIÓN EN LOS NEGOCIOS	18
4.5. COOPERACIÓN	19
5. ESTADO DEL ARTE.....	20
5.1. ACTUALMENTE EN LA CADENA DE SUMINISTRO.....	20
5.2. ¿POR QUÉ USAR ADAPTACIÓN?.....	21
5.3. ¿POR QUÉ USAR COOPERACIÓN?.....	22
5.4. ANÁLISIS Y SÍNTESIS	23
5.5. COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS	24
6. CONTRIBUCIONES.....	26
6.1. IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS	26
6.2. MODELO DE COOPERACIÓN	28
6.3. MODELO DE ADAPTACIÓN	31
6.3.1. <i>Adquisición de Datos</i>	32
6.3.2. <i>Perfiles</i>	32
6.3.3. <i>Actualización de datos</i>	37
6.3.4. <i>Sistema de priorización</i>	38
6.3.5. <i>Articulación con modelo de negocio</i>	38
6.4. INTEGRACIÓN	39
6.4.1. <i>Perfil de Contexto y Coaliciones</i>	39

6.4.2. <i>Perfil de Cliente y Coaliciones</i>	40
6.4.3. <i>Priorización y Coaliciones</i>	41
6.5. ACCOMM	42
6.5.1. <i>Casos de uso</i>	42
6.5.2. <i>Modelo de Dominio</i>	43
6.5.3. <i>Arquitectura de Software</i>	44
6.5.4. <i>Diagrama de Componentes</i>	46
6.5.5. <i>Tecnologías</i>	47
6.5.6. <i>Desarrollo</i>	50
6.6. VALIDACIÓN	65
6.6.1. <i>Pruebas de Adaptación</i>	65
6.6.2. <i>Pruebas de Usabilidad</i>	73
6.6.3. <i>Post-Mortem</i>	75
7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	77
7.1. IMPACTOS	77
7.2. CONCLUSIONES	78
7.3. TRABAJO FUTURO	81
8. REFERENCIAS	82

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Flujo de contribuciones	26
Ilustración 2. Modelo de Cooperación	29
Ilustración 3. Flujo de Cooperación	30
Ilustración 4. Flujo de Cooperación BPMN.....	31
Ilustración 5. Perfil de Cliente.....	34
Ilustración 6. Perfil de Contexto	35
Ilustración 7. Perfil de Producto.....	37
Ilustración 8. Actualización de Datos	37
Ilustración 9. Contexto y Coaliciones	40
Ilustración 10. Cliente y Colaciones	41
Ilustración 11. Diagrama de Casos de Uso.....	43
Ilustración 12. Modelo de Dominio	44
Ilustración 13. Arquitectura de Software	45
Ilustración 14. Diagrama de Componentes	46
Ilustración 15. Motor de Inferencia.....	48
Ilustración 16. Solver	49
Ilustración 17. Inicio de Sesión	52
Ilustración 18. Perfil Administrador.....	52
Ilustración 19. Escenario Base	54
Ilustración 20. Calendario Semanal Accom.....	54
Ilustración 21. Escenario Adaptación Investigador.....	55
Ilustración 22. Reporte Investigador	55
Ilustración 23. Coaliciones.....	56
Ilustración 24. Escenario Adaptación Empresa.....	57

Ilustración 25. Ranking de Clientes	57
Ilustración 26. Jerarquización semanal de clientes	58
Ilustración 27. Preferencias Clientes	58
Ilustración 28. Notificaciones Escritorio.....	59
Ilustración 29. Notificación Detallada	59
Ilustración 30. Variables Climáticas	60
Ilustración 31. Detalle de Impacto Contexto.....	60
Ilustración 32. Resultados Adaptación Empresa.....	61
Ilustración 33. Detalle Asignación	61
Ilustración 34. Escenario Cooperación Empresa.....	62
Ilustración 35. Producción Generada por Coalición	62
Ilustración 36. Detalles Proveedores Coaliciones	63
Ilustración 37. Resultados Cooperación Empresa.....	63
Ilustración 38. Escenario “Adaptación + Cooperación”	64
Ilustración 39. Clima Proveedores	64
Ilustración 40. Resultados “Adaptación + Cooperación”	65
Ilustración 41. Pedidos sin adaptación	66
Ilustración 42. Producción sin adaptación.....	67
Ilustración 43. Accomm con Adaptación.....	68
Ilustración 44. Accomm con Cooperación.....	68
Ilustración 45. Accomm con “Adaptación + Cooperación”.....	69
Ilustración 46. Indicador Perdida Material Escenario Adaptación + Cooperación	70
Ilustración 47. Indicador Perdida Material Escenario Base	71
Ilustración 48. Indicador Promedio Costo Escenario Adaptación + Cooperación.....	72
Ilustración 49. Indicador Promedio Costo Escenario Base	72
Ilustración 50. Indicador Promedio Tiempo Escenario Adaptación + Cooperación.....	73

Ilustración 51. Indicador Promedio Tiempo Escenario Base	73
Ilustración 52. Resultados Usabilidad	75

Tabla de Tablas

Tabla 1. Trabajos Relacionados	25
Tabla 2. Procesos Logística y Mercadeo.....	27
Tabla 3. Tecnología de Desarrollo	51
Tabla 4. Escenarios Accomm.....	53
Tabla 5. Detalle Costos y Tiempos	69

ABSTRACT

This document presents an adaptive system that supports logistic and marketing operations planning of a company in the agribusiness sector. First, we have studied the processes of the supply chain of the company, identifying which of them are oriented to the customer. We integrated these processes with an adaptation model. This model implements a customer profile favoring its buying preferences. Likewise, the adaptation model also includes a context profile. This profile gives the possibility to the company to know the environment characteristics and their impact on the company. Finally, the system integrates a cooperation model to improve the order fulfillments through the generation of coalitions of partners to ensure the availability of products.

RESUMEN

Este trabajo plantea el desarrollo de un sistema adaptativo que apoya la planeación de operaciones de logística y de mercadeo de una empresa del sector agroindustrial. En primer lugar, se estudiaron los procesos de la cadena de suministro de la empresa, identificando cuáles de estos están orientados al cliente. Dichos procesos se integraron en un Modelo de Adaptación, el cual implementa un perfil del cliente favoreciendo sus preferencias de compra; de igual forma, incluye un perfil de contexto, el cual brinda la posibilidad de conocer las características del entorno, evidenciando cómo éstas tienen impacto sobre la empresa. Por último, el sistema también integra un Modelo de Cooperación, mejorando la satisfacción de pedidos, por medio de generación de coaliciones de *partners* que aseguren la disponibilidad de productos a ser asignados.

RESUMEN EJECUTIVO

En la cadena de suministro de una empresa es importante planear qué se necesita producir en un periodo, teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las características de su entorno. Para incluir tales clientes en esta planeación, es necesario analizar la cadena de suministro, considerando aquellos factores del mismo que pueden influir en sus pedidos y en su experiencia de compra. Además, las empresas pueden tener información que les permita tomar decisiones a la hora de generar coaliciones, que, a través de la cooperación, permita satisfacer los requerimientos y pedidos de los clientes cuando por sí solas, no los puedan satisfacer. Tanto el conocimiento del cliente como de sus *partners* hacen pensar en un Modelo de Adaptación en primer lugar y de un Modelo de Cooperación en segundo lugar. Desarrollar un sistema adaptativo que apoye la gestión de la operación de una empresa del sector agroindustrial, enfocándose en procesos de la cadena de suministro, específicamente procesos de logística y del mercadeo, permite la materialización del primer planteamiento.

Para alcanzar el objetivo, se seleccionó un Modelo de Cooperación y se generó un Modelo de Adaptación, compatible con el Modelo de Cooperación, lo que permitió caracterizar el contexto, el cliente y el producto. Esta investigación está enmarcada en la validación de los Modelos de Adaptación y la integración con el de Cooperación seleccionado, siendo el Modelo de Adaptación y su aplicación en procesos orientados al cliente, su principal aporte. Se desarrolló un prototipo funcional, el cual validó la integración de los modelos en una empresa ensambladora de flores a través de los siguientes escenarios:

- Gestión de la operación base de una ensambladora de flores para el cumplimiento de pedidos.
- Integración del Modelo de Adaptación a la operación base, favoreciendo las necesidades de los clientes en función de sus características, incluyendo el contexto en la ayuda a la toma de decisiones por parte de la ensambladora.
- Integración del Modelo de Cooperación que estableció cómo generar coaliciones entre *partners* para el cumplimiento de los pedidos.
- Integración de los Modelos de Adaptación y Cooperación para proveer información enriquecida a la ensambladora para así favorecer su proceso de toma de decisiones en la gestión de operación para el cumplimiento de pedidos.

1. INTRODUCCIÓN

En la cadena de suministro de una empresa es importante planear qué se necesita producir en un periodo, teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las características de su entorno. Para incluir tales clientes en esta planeación, es necesario analizar la cadena de suministro, considerando aquellos factores del mismo que pueden influir en sus pedidos y en su experiencia de compra. Además, las empresas pueden tener información que les permita tomar decisiones a la hora de generar coaliciones, que, a través de la cooperación, permita satisfacer los requerimientos y pedidos de los clientes cuando por sí solas, no los puedan satisfacer. Tanto el conocimiento del cliente como de sus *partners* hacen pensar en un Modelo de Adaptación en primer lugar y en un Modelo de Cooperación en segundo lugar.

El propósito de este proyecto es brindar una solución de software que permita integrar los Modelos de Cooperación y Adaptación, desarrollando un sistema de adaptación de apoyo a la planeación de operaciones logísticas y de mercadeo en la cadena de suministro, el cual, logre enriquecer procesos de esta última, en una empresa del sector agroindustrial. Este sistema está enmarcado dentro de un proyecto de tesis doctoral de la Ingeniera Industrial Clara Mabel Solano [34] “Ágora Project”, al cual mediante el software desarrollado en esta investigación se aportan herramientas de validación. Para esta última, el software generado se encargará de integrar un Modelo de Cooperación entre *partners* de una empresa del sector agro industrial, enriqueciendo el macro proceso de la cadena de suministro: Cumplimiento de Orden y los procesos adjuntos a ésta.

La estructura de este documento es la siguiente: en la sección 1 se describe la problemática alrededor de este trabajo, y cómo a partir de ésta, se genera una oportunidad de investigación. En la sección 2 se encuentra la descripción del proyecto, es decir, los objetivos alrededor del mismo y sus diferentes fases de desarrollo. En la sección 3 se encuentra el estado del arte, el cual está dividido en dos sub-secciones: Marco conceptual, que abarca toda la teoría y su debida explicación que se usa en el trabajado de grado, y Trabajos Relacionados, es decir, se hace una breve contextualización de los antecedentes y sistemas afines. La sección 4 plantea las principales contribuciones del Sistema Adaptativo de planeación de operaciones logísticas y de mercadeo de la cadena de suministro orientadas al cliente (Accomm) tales como: los procesos de la cadena de suministro a ser adaptados, el Modelo de Adaptación, el Modelo de Cooperación, la integración de los modelos, el uso de tecno-

logías complementarias y la validación mediante un prototipo funcional. La sección 5 expone los impactos, las conclusiones y los trabajos futuros y perspectivas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Después de realizada la introducción general al trabajo de grado, se procederá en esta sección a contextualizar la problemática y cómo surge su oportunidad investigativa. Para luego exponer los principales objetivos y sus fases de desarrollo.

2.1. Oportunidad y problemática

Actualmente, la planeación desempeña un papel fundamental en las empresas, es precisamente en éstas, en donde sin importar el tipo: industriales, comercializadoras o de servicios, se tiene un enfoque hacia el cubrimiento de las necesidades del cliente [1]. Esta planeación está directamente relacionada con el desempeño de las organizaciones debido a que la misma es quien determina los pasos a seguir en el ejercicio empresarial [2] [3].

El comportamiento de las empresas frente a la economía está directamente ligado a sus planes para diversos periodos. En Colombia, al analizar la rama de actividad agropecuaria, silvicultura, caza y pesca, se encuentra que la tendencia del macro-sector ha sido similar a la de la economía, pero con caídas más fuertes en los periodos de mayor desaceleración [5]. Para los años 2008, 2009, 2010 y 2012 el crecimiento fue negativo o casi nulo, debido al comportamiento adverso del clima y el incremento en el precio de los combustibles [4]. Esto también se debe a que empezaron a actuar nuevos oferentes en el mercado, dejando las soluciones nacionales en un plano de alta competitividad. Es entonces cuando se empiezan a notar las diversas falencias en el sector empresarial en el cual no se están teniendo en cuenta los factores contextuales y de mercado que llegan a afectar el negocio. Es aquí donde la palabra “Planeación” vuelve a hacerse presente. Las organizaciones no proyectan de forma adecuada sus procesos productivos, permitiendo que éstos fallen con diversos contratiempos como los climáticos, sin tener, por ejemplo, una producción en reserva [23]. Por otro lado, carecen de planes de contingencia en términos de relación con los partners, es decir, no hay quien regule una cooperación en la línea Cliente – Distribuidor – Partner para satisfacer la mayor cantidad de pedidos [22]. Muchas veces, las empresas permiten que en términos de logística y mercadeo no se tengan planes de acción para mantenerse fuertes en el sector estando siempre a la vanguardia de

cómo se debe satisfacer al cliente y cómo tener en cuenta sus necesidades reales, es decir, no usan un seguimiento formal para los pedidos del cliente, la falta de sistemas de información y control de producción refleja una gran cantidad de datos valiosos que se pierden a diario por no tener herramientas de esta índole [21]. Mediante las fallas en planeación, las organizaciones asumen sus pérdidas y continúan con nuevas especulaciones; si se implementara una dinámica de cooperación entre los diversos partners y la empresa, se podría dar respuesta a estas fallas. Ejemplificando esto, cuando la empresa queda sin inventario para responder pedidos, ésta podría usar a todos sus partners para que, cooperando entre los mismos, puedan cumplir con las demandas de los clientes.

En conclusión, los objetivos estratégicos de las empresas tienen quebrantes en su relación con la planeación y cadena de suministro, debido a que no se consideran muchas variables de distinta índole que pueden afectar el rendimiento de esta última, alterando de manera directa la eficiencia de las empresas en cada una de sus operaciones. En consecuencia, no basta con herramientas de optimización que, mediante el procesamiento de dichas variables, se restrinja a presentar las falencias de la organización, se necesita un complemento adaptativo y cooperativo el cual permite plantear soluciones, y a su vez, cómo deben ser ejecutadas, partiendo de los procesos orientados al cliente, simulando cómo se comportaría este último y planteando respuestas basadas en estos comportamientos.

En la siguiente sección se hará una descripción de esta investigación, haciendo énfasis, en el objetivo general, los objetivos y las fases de desarrollo de la misma.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En esta sección se realizará la descripción del proyecto planteando los objetivos: generales y específicos, así como las distintas fases de desarrollos del mismo.

3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema adaptativo que apoye la planeación de logística y de mercadeo de los procesos orientados al cliente en una cadena de suministro en el sector agroindustrial.

3.2. Objetivos específicos

1. Identificar los procesos orientados al cliente de la cadena enfocados en logística y mercadeo.
2. Analizar y seleccionar el modelo de cooperación entre actores a ser utilizado en los procesos antes mencionados.
3. Generar el modelo de adaptación que permita caracterizar los conceptos: contexto, cliente y producto y que sea compatible con el modelo de cooperación.
4. Desarrollar el Sistema Adaptativo que integre el modelo de adaptación y el de cooperación, ofreciendo la planeación de actividades relacionadas con los procesos, basada en las necesidades del cliente con respecto al contexto y producto.
5. Validar el Sistema Adaptativo mediante un caso de estudio orientado a un floricultivo.

3.3. Fases de desarrollo

Las fases de desarrollo de esta investigación estuvieron basadas en la metodología de investigación Ciencia del Diseño [25], enmarcando cada fase de la misma en una etapa de dicha metodología, favoreciendo al rigor investigativo analizando profundamente el ambiente, reflejando su relevancia mediante bases teóricas y realizando una integración de esto según el proyecto y su investigación lo requieran. El desarrollo del sistema adaptativo de apoyo a la planeación en los procesos orientados al cliente de la cadena de suministro se dividió en tres (3) fases consecutivas: 1- Análisis y selección de procesos orientados al cliente y modelo de cooperación, 2- Generación del modelo de adaptación y 3- Desarrollo y Validación del sistema. Estas fases se articularon entre sí, tomando los resultados generados por la fase inmediatamente anterior y poniendo cimientos para la fase siguiente.

- Fase 1: Parte de la comprensión y el análisis tanto de la cadena de suministro como de los modelos de cooperación existentes. Para realizar el análisis de la cadena de suministro se profundizó en los procesos que ésta planteaba. Una vez contextualizada la misma, se estudió cuáles de estos procesos estaban relacionados con los ámbitos de logística y mercadeo, y con esto, se determinó en cuáles estaba directamente involucrado el cliente para que fueran susceptibles de ser adaptados. Para la escogencia del Modelo de Cooperación se enfocaron esfuerzos en determinar cómo este provee una solución a la comunicación empresa – *partners*. Finalmente, a partir de este modelo cooperativo, se indagó en cómo se puede generar la comunicación (a manera de ca-

- ja blanca) entre los *partners* con la empresa y entre los *partners* mismos para satisfacer las necesidades de ésta última. Teniendo en cuenta la naturaleza de esta fase, ésta estuvo enmarcada en el componente ambiental de la metodología de la ciencia del diseño [25].
- Fase 2: Parte de la caracterización de tres factores dentro de la organización: Cliente, Producto (o negocio) y Contexto. Esto se hizo por medio del levantamiento de un perfil de cliente a partir de sus preferencias, pedidos, experiencias previas y gustos. Se diseñó un perfil de contexto a partir de las condiciones que rodean la organización. Y, por último, un perfil de producto (o negocio) en el cual se caracterizó al producto según sus distribuciones, tamaños, tipos y demás calificaciones que se tengan. Con ésto se pudo generar un Modelo de Adaptación en el cual se reflejaron las concordancias entre los diversos perfiles. Teniendo en cuenta la naturaleza de esta fase, ésta estuvo enmarcada en el componente de base de conocimiento de la metodología de la ciencia del diseño.
 - Fase 3: Esta fase tuvo como base de adaptación los modelos desarrollados en la fase 2 (Adaptación) y Fase 1 (Cooperación), así como la orientación de los mismos según la fase 2. Para el desarrollo se siguieron los lineamientos del diseño de software (Requerimientos, Casos de uso, Arquitectura y Ciclo de vida de desarrollo) correspondiente y se procedió a desarrollar en torno a los modelos. Para la validación, se utilizó un caso de estudio en el sector floricultor donde se adaptaron las características al modelo diseñado. Esta fase corresponde al componente de investigación de la metodología: ciencia del diseño.

En la siguiente sección se abarcará el estudio del estado del arte, empezando por un marco conceptual y prosiguiendo con análisis de trabajos relacionados.

4. MARCO CONCEPTUAL

Esta sección está basada en los fundamentos teóricos que la investigación utiliza y complementa para el análisis de las diferentes características tanto de la cadena de suministro, como de los Modelos de Adaptación y Cooperación. Aquí se parte de teorías y estudios realizados en la comprensión del desarrollo tecnológico de los paradigmas usados, así como de definiciones encontradas relacionadas con la problemática expuesta. Dichos fundamentos se articulan entre sí, argumentando la validez de los conceptos utilizados y cómo estos enriquecen la investigación, planteando diversas perspectivas de los conceptos, y definiendo una específica para esta investigación.

4.1. Cadena de Suministro y Procesos

Esta investigación plantea como principal fuente de conocimiento la cadena de suministro, siendo ésta la que provee los procesos de logística y mercadeo orientados al cliente. A continuación, se definirán estos conceptos

- La cadena de suministro es entendida como el conjunto de todos los procesos que involucran a los *partners* y sus clientes, y conectan desde la fuente inicial de materia prima hasta el punto de consumo del producto acabado. Así mismo representa, las funciones dentro y fuera de una empresa que garantizan que la cadena de valor pueda elaborar y proveer de productos y servicios a sus clientes [24].

4.2. Logística y Mercadeo

Logística y Mercadeo son la parte de los procesos de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo efectivo y el *stock* de bienes, servicios e informaciones pertinentes desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el objetivo de atender las necesidades de los clientes [24].

4.3. Sistema Adaptativo

Un sistema de adaptación o sistema adaptativo se refiere al proceso en el que un sistema interactivo adapta su comportamiento a los usuarios individuales con base a la información adquirida sobre el mismo, el contexto de uso y su entorno [26].

4.4. Adaptación en los Negocios

Actualmente, la adaptación provee diversas estrategias para entender y modelar situación enfocadas en el servicio. Este servicio se entiende en los enfoques directamente relacionados con los usuarios que interactúen con algún tipo de sistema que use adaptación dentro de sus paradigmas.

En la industria, la Adaptación es usada para lograr la integración de los procesos de negocio (Relaciones Cliente-Proveedor-Cliente) y de fabricación (Cadena de suministros, canales de distribución, construcción, entre otros). Muchas organizaciones primero se aseguran de realizar algún tipo de consultoría informática para llegar a la conclusión de usar Adaptación; estas consultorías también pueden arrojar resultados de uso de BI (Inteligencia de Negocios – *Business Intelligence*) o sistemas B2B (Negocio a Negocio – *Business to Business*). Sin embargo, si la estructura de los servicios ofrecidos por la organización está involucrando al cliente, es un buen comienzo para empezar a usar Adaptación. Si la organización presenta a su vez que en la estructura de estos servicios no se tienen en cuenta los problemas de la alineación de TI y de negocios se podría plantear una buena solución adaptativa [6].

La metodología de adaptación más común usada en los negocios se enfoca en sistematizar los servicios de TI que se obtienen mediante el modelado de un sistema. Éste se adapta e incorpora a un conjunto de modelos de referencia para alinear con consultoría de negocios [6].

4.5. Cooperación

La Cooperación es definida como “la forma en que se distribuyen las tareas entre los actores para conseguir un objetivo” [26] y, en las organizaciones, a la hora de satisfacer las demandas de sus clientes. Este concepto se vuelve fundamental para el cumplimiento de estos pedidos si se tiene en cuenta que en algunos casos las demandas sobrepasan las planificaciones realizadas. A continuación, los tipos de cooperación existentes [26]:

- Distribución centralizada jerárquica: existe un actor, situado en la parte superior de la jerarquía, el cual distribuye tareas a los demás actores situados más abajo en la jerarquía.
- Distribución centralizada con intermediario: existe un negociador que conoce un grupo de actores y sus respectivas capacidades para ejecutar tareas, y a los que recurre como intermediario cuando recibe una petición de alguna tarea por parte de otro actor que no pueda realizarla por sí mismo.
- Asignación mediante red de actores conocidos: cada actor conoce las habilidades de los actores de su red. Presenta dos variaciones: Asignación directa, cuando un actor solo puede hacer que la tarea sea realizada por un actor que conoce de manera directa, del mismo modo que en la distribución centralizada con intermediario, para lo cual se cuenta con conexiones internas y exter-

nas; el mecanismo es simple pero solo actúa cuando los actores se conocen. Asignación por delegación, en la que se pueden poner en contacto dos actores que no se conocen directamente mediante una búsqueda por propagación recursiva a actores conocidos; en este caso los mensajes deben llegar a cada actor solo una vez y la tarea será realizada por algún actor. Este mecanismo de delegación se basa en cuatro módulos: Módulo de evaluación de la solicitud, Módulo de delegación, Módulo de evaluación de la propuesta y Módulo de recepción de decisiones.

- Distribución por “Contract Net”: tiene como fundamento un protocolo de oferta-demanda que permite establecer contratos; este mecanismo define dos roles: *manager*, quien vigila la ejecución de las tareas y procesa los datos y *contractor*, quien realiza las tareas. El mecanismo de contrato sigue la forma de una subasta que inicia el *manager*, los posibles contratantes reciben el mensaje y deciden sobre su participación y envían una oferta que luego es recibida y evaluada por el *manager* quien informa la decisión, la cual puede ir dirigida a uno o varios oferentes.
- Distribución de tareas emergente: Las tareas son asignadas a través del ambiente y recibidas por actores reactivos.

A continuación, se expondrán el estado del arte y los trabajos relacionados a esta investigación, dando lugar a la misma. Esto se hará a través de unas contextualizaciones de estos últimos, para luego concluir con una comparación con estos.

5. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se describirá el surgimiento de la presente investigación, así como una mirada a las oportunidades dentro de este proyecto y su relación con los trabajos relacionados. Se hará una comparación con otros sistemas, evaluando sus principales aportes dentro del marco de este trabajo de grado.

5.1. Actualmente en la Cadena de Suministro

Una vez definida la cadena de suministro en la sección anterior es importante adentrarse en su estado actual, más específicamente en las técnicas usadas hoy por hoy para darle dinamismo y cambio a dicha cadena. Concretamente, la cadena de suministro a nivel industrial tiene acercamientos a la adaptación, en términos de cómo se adapta a nuevos contextos teniendo en cuenta factores como: progreso económico, cambios políticos, tendencias demográficas, y avances tecnológicos [7].

Los factores de adaptación planteados anteriormente, apuntan a la generación de estrategias [7]: 1. Control de cambios económicos, especialmente en los países en desarrollo; 2. Uso de intermediarios para encontrar proveedores que satisfagan nuevas necesidades; 3. Crear flexibilidad al asegurar que los diferentes productos que utilizan los mismos componentes y los procesos de producción para satisfacer las preferencias de los clientes; 4. Crear diferentes cadenas de suministro para las diferentes líneas de productos y optimizar las capacidades de cada uno; 5. Evaluar necesidades de los clientes en sus últimas compras inmediatas; 6. Monitorear todo el mercado para detectar nuevas bases de suministro y los mercados; 7. Usar intermediarios para desarrollar relaciones con proveedores y logística de infraestructura. Estas estrategias al igual que el paradigma de los sistemas de adaptación, buscan generar un modelo de respuesta a cambios en los usuarios o el contexto, evitando desacomodar sus procesos dentro de la cadena de suministro.

Las cadenas de suministro adaptables poseen la flexibilidad para transformarse y responder al continuo cambio del contexto en el tiempo sin comprometer la eficiencia operativa y financiera, argumento que potencia toda la línea investigativa propuesta en este documento, demostrando cómo en esta gran base de conocimiento que es la cadena de suministro, toma relevancia la implementación de sistemas de adaptación enmarcados en procesos de la misma, más específicamente, en lo que esté involucrado el cliente y el contexto, con el fin de apoyar la toma de decisión en sus diferentes objetivos.

5.2. ¿Por qué usar Adaptación?

Siendo la cadena de suministro el eslabón fundamental de la producción de una empresa, ésta a lo largo de los años se ve expuesta a cambios constantes buscando responder al igualmente cambiante mercado. Es así, como las organizaciones optan por desarrollar nuevas estrategias para generar ventajas competitivas frente a su competencia, por medio de la intervención de la cadena de suministro. Pero entonces, surge la siguiente pregunta ¿Cómo la Adaptación respondería a dichas necesidades?, a continuación, se abordará la respuesta a dicho interrogante.

La administración de la cadena de suministro ha experimentado varias etapas del desarrollo desde su creación, de la tradicional adquisición y gestión de la oferta, a la posterior gestión de las operaciones de producción y gestión de la logística. En el actual entorno competitivo del mercado, la

gestión de la cadena de suministro ha sido ampliamente utilizada. Cada vez más empresas se dan cuenta de que el significado de la competencia ya no es la competencia entre las empresas en el sentido tradicional; en cambio, se convierte en la competencia entre las cadenas de suministro. En este modelo de competencia, una posible integración de la cadena de suministro con los sistemas de adaptación puede suponer una ventaja competitiva y maximizar los beneficios de quien implemente dicha integración. En los últimos años, con el auge del comercio electrónico, las organizaciones optaron por empezar a migrar sus procesos de logística y mercadeo hacía un entorno más globalizado. Es así, como por medio del procesamiento de grandes cantidades de datos, se empieza a hacer frente a diferentes sectores utilizando estrategias de asignación de recursos, orden dinámico de precios, programación de mercado, cumplimiento de pedidos, entre otras; para establecer un sistema de toma de decisiones enfocada en la cadena de suministro que responda directamente a los negocios cambiantes. Por medio de estas nuevas políticas, las organizaciones plantean como necesidad fundamental el uso de herramientas que apoyen dicha toma de decisiones, teniendo en cuenta sus características históricas [9]. Otro aspecto fundamental, son dichas características históricas, que no solo se caracterizan por el comportamiento interno del proceso empresarial, sino que también se ven influenciadas directamente por el contexto que rodea a la empresa, entendiendo estos como cambios políticos o tendencias demográficas [7]. La profundización en estos últimos, permitiría a las empresas enriquecer sus procesos de contingencia y de inmersión en su entorno exterior.

Estas necesidades latentes en las organizaciones, hace pensar en la implementación de sistemas de adaptación, los cuales permitirían integrar la cadena de suministro, y la forma de analizar la información proveniente de procesos como logística, flujo de caja, flujo de información, entre otras [10].

5.3. ¿Por qué usar Cooperación?

Las Cadenas de Suministro son sistemas complejos que consideran las interacciones complejas entre los diferentes actores quienes usualmente tienen diferentes objetivos y metas. Estos actores están enmarcados en los diferentes entornos de las organizaciones y están presentes tanto a nivel interno como externo de las mismas. Este último nivel, presenta dos actores de suma importancia: clientes y *partners*. Mediante el estudio de los actores, las empresas buscan representar conductas autónomas de los mismos, con el fin de plantear modelos predictivos de comportamientos venideros, y realizar planeaciones más ajustadas [8]. A través de este planteamiento empieza a surgir una nueva necesidad, la cual ya está enmarcada en la representación de conductas de actores, que más

específicamente recae en el método a ser usado para dicha representación, vislumbrado una nueva oportunidad de investigación.

Hoy por hoy, para la representación de actores, el modelo más utilizado es el de colaboración, en lo que a temas de cadena de suministro se trata; y está determinado por modelos Multi-Agente los cuales permiten emular comportamientos de los actores que están en torno a la cadena de suministro. Estos agentes generan la comunicación entre los proveedores y la organización, enfocándose directamente en procesos productivos y en los canales de distribución. Cabe destacar, que la idea *en sí* de realizar un modelado de los comportamientos entre actores, hoy por hoy es de carácter fundamental para las organizaciones [8], lo que motiva el desarrollo de nuevos paradigmas, las cuales son planteadas como alternativa a los sistemas Multi-Agente. Uno de ellos es la implementación de Modelos de Cooperación para responder a dichas necesidades, los cuales no necesariamente involucran agentes de software.

El uso de los sistemas basados en modelos de cooperación se usa para simular, optimizar, monitorear y controlar el funcionamiento de la cadena de suministro. Y son actores de software los que se encargan de hacer el estudio de la cadena de suministro. En la industria, dichos actores podrían tomar diferentes roles: el de la empresa en sí misma, cliente, proveedores, etc. Este modelo busca la optimización constante de la cadena de suministro de la empresa.

La aplicación de modelos de cooperación que representen modelos de negociación y modelos de estrategia supone un valor agregado para las empresas, proveyendo información que las favorezca tanto a ellas como a sus *partners* por medio de la generación de ganancias conjuntas [8].

5.4. Análisis y Síntesis

Una vez llegado a este punto, se puede entender que tanto un Modelo de Adaptación y un Modelo de Cooperación pueden responder a las necesidades de las empresas, siendo aplicados directamente sobre las cadenas de suministro y logrando las ventajas competitivas deseadas.

Es de resaltar que la adaptación en sí mismas ya está contemplada por los procesos dentro de la cadena de suministro, pero no en forma de una aplicación a un software medible sino por medio de factores que contribuyan a estar inmersos dentro de un mercado que cambia constantemente. Así

mismo, hoy por hoy, el mayor uso de adaptación en organizaciones está enfocado en alinear las tecnologías de información con los procesos de negocio, para favorecer los objetivos estratégicos de las empresas, lo cual le da aceptación y entrada directa por lo menos a la iniciativa de la integración de sistemas adaptativos con la cadena de suministro. Aunque actualmente existen herramientas para el procesamiento de datos, es necesario enriquecer los servicios prestados mediante un análisis de las variables de la empresa y un diagnóstico de la situación de la misma, interpretando los resultados arrojados por dichas herramientas. Por otro lado, es fundamental plantear un análisis relacionado a las variables de contexto que rodea a las organizaciones, planteando planes acción a seguir según como se comporte este último.

Los Modelos de Adaptación y de Cooperación son mutuamente compatibles en las industrias ya que se complementan analizando y caracterizando actores que el otro no logra, complementando el modelo de Cooperación el principio de comunidad y de interacción con los *partners*.

En general, se puede ver cómo, según la detección de oportunidades a partir de este estado del arte, se puede concluir que un análisis de la cadena de suministro adaptando los procesos en los que no se ha tenido en cuenta el actor cliente (logística y mercadeo) y complementando esta adaptación con los modelos de cooperación que dejan inmerso a los *partners* y a los clientes, representa una oportunidad de investigación la cual, de manera innovadora, abarca los actores alrededor de la cadena de suministro, promoviendo el análisis de la misma y llegando a estudios tales como la planeación de la operación.

5.5. Comparación con otros Sistemas

Para la comparación con otros sistemas se usará un conjunto de características, las cuales están determinadas por los principales aportes que la presente investigación realizará mediante la construcción de un software. Este último es el sistema desarrollado dentro del marco de este trabajo de grado, el cual está encargado de la validación de esta investigación mediante un caso real de una empresa del sector floricultor.

	[8]	[11]	[12]	[13]	[14]	[19]	[20]
Recomendación de Producto	✓	X	✓	X	✓	X	X
Jerarquización de Clientes	X	X	✓	X	X	X	X
Notificaciones de cambios contextuales	X	X	X	X	X	X	X
Generación de Escenarios Experimentales	✓	✓	X	X	X	X	X
Perfil de Cliente	X	X	✓	X	X	X	X
Perfil de Contexto	X	X	X	X	X	X	X
Perfil de Producto	X	X	X	X	✓	X	X
Modelo de Cooperación	✓	X	X	✓	X	✓	✓
Uso de Motor Dinámico de Reglas	X	X	X	X	X	X	X
Métodos probabilísticos y de maximización	X	✓	X	X	X	X	X
Modela procesos de cadena de suministro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 1. Trabajos Relacionados

El signo (✓) hace referencia a que el sistema relacionado si toma en consideración la característica correspondiente; el signo (X) significa que el sistema relacionado no toma en cuenta esa característica. En conclusión, los trabajos relacionados en su gran mayoría realizan cálculos de indicadores de rendimiento y con jerarquizaciones de clientes y proveedores. El conocimiento de un perfil de usuario, y la deducción de preferencias del mismo, son características que se abordan mediante la inteligencia de negocios, y son orientados al ejercicio de mercadeo fuera de la cadena. De igual forma, posee un sistema de notificaciones (No siempre contextuales), las cuales parecen estar desligadas de la cadena de suministro de igual manera, reflejando que esta última es usada como punto de partida en las investigaciones, pero no es relacionada directamente a los actores que están inmersos en la misma. Por otro lado, los sistemas que utilizan o proponen un modelo de cooperación, plantean la inclusión de proveedores dentro de la cadena de suministro, pero a manera de modelar los posibles comportamientos de los mismo, y desligándolos enteramente de un trabajo en conjunto para un fin. El análisis de los criterios abordados dentro de la Tabla 1, se articulan entre sí, logrando enriquecer la cadena de suministro al incluir activamente los actores: cliente y *partner*; y las características contextuales de la empresa. Los perfiles de adaptación, la jerarquización de los clientes y la recomendación de producto, permiten reflejar cómo la empresa usa la información histórica de los clientes para apoyar la toma de decisiones. El uso de reglas dinámicas, el perfil de contexto y las notificaciones de cambios contextuales, logran incluir el entorno de la empresa, integrando un análisis de este entorno a la toma de dediciones basada en el cliente, haciendo más robusta esta última. Por

último, el uso de un modelo de cooperación y de modelos matemáticos probabilísticos y de maximización, contribuyen a la inmersión de los *partners* en la cadena de suministro, y como a través de estrategias (como el uso de coaliciones) basadas en el trabajo conjunto, se pueden maximizar aspectos de las organizaciones.

A continuación, se presentará la sección de contribuciones de la investigación.

6. CONTRIBUCIONES

En esta sección se harán visibles las diferentes contribuciones de la investigación, que se pueden ver reflejadas en el siguiente flujo:

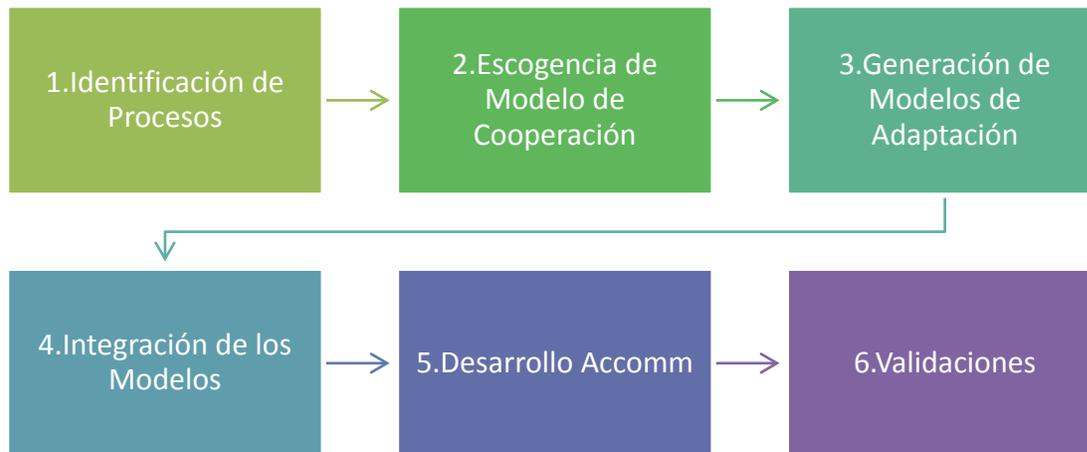


Ilustración 1. Flujo de contribuciones

Dicho flujo corresponde al logro de los diversos objetivos específicos de la siguiente manera: contribución 1 con objetivo específico 1, contribución 2 con objetivo específico 2, contribución 3 con Objetivo específico 3, contribuciones 4 y 5 con objetivos Específico 4, y contribución 6 con objetivo específico 5. A continuación, se explica cada fase.

6.1. Identificación de Procesos

La identificación de los procesos a ser modelados dentro de esta investigación es una parte fundamental de la misma. Abarcaron una fase metodológica entera, siendo éstos la base de los escenarios

planteados y su validación. La cadena de suministro a ser expuesta es provista por las investigaciones que está realizando la Ingeniera Industrial Clara Mabel Solano Vanegas [34] para la realización de su tesis en el cual está inmersa ésta investigación. En esta cadena se pueden observar los macro procesos y sus diversas relaciones. La identificación de los procesos seleccionados para este trabajo se hizo mediante el estudio de la cadena de suministro que interviene en empresas del sector agroindustrial, validando cada proceso según los siguientes criterios:

- Procesos con mayor grado de relevancia dentro de la cadena de suministro que representen la operación base de la empresa
- A partir de estos procesos, se estudió cuáles de los mismos tenían inmerso al cliente, siendo susceptibles de ser adaptados.
- Se procedió a entender cómo estos procesos seleccionados logran atender las necesidades de los clientes

Una vez hecha la revisión dentro de la cadena de suministro a partir de los procesos de la misma que fueran susceptibles de adaptación involucrando a cliente, se escogieron los siguientes procesos. Dichos procesos son seleccionados por la relación e inmersión del cliente en ellos, es decir, éstos están determinados por las necesidades de los clientes de principio a fin, y trabajan respectos a éstas.

ID	Proceso
sD2.1	Recibir, configurar, introducir y validar los pedidos
sD2.2	Reservar inventario y determinar fecha de entrega
sD2.3	Consolidar la Orden
sD2.4	Construir pedido
sD2.5	Empaquetamiento de producto
sD2.6	Cargar Producto
sD2.7	Seleccionar transporte de pedidos

Tabla 2. Procesos Logística y Mercadeo

- sD2.1: La empresa recibe la producción proyectada de cada *partner* a un horizonte de 52 semanas. Así mismo, recibe los pedidos de cada cliente a un horizonte de 52 semanas.

- sD2.2: Se toman los pedidos para organizarlos por semanas de entrega. Se descompone el pedido según el empaquetamiento de acuerdo con los datos recibidos de los pedidos. Se consulta el inventario a ser utilizado en dichos pedidos.
- sD2.3: Se asignan los productos a cada pedido de cada cliente según ciertos criterios definidos por la empresa en relación con cada pedido específico.
- sD2.4: Se recibe y revisa el producto traído desde inventario propio o de los *partners*, y se procede a construir el pedido. Se contabiliza cuánto producto se está asignado a cada pedido y a cada cliente, así como el que no se asigna o se pierde, y se toman los volúmenes de producción y se calcula tiempo y costo de este proceso.
- sD2.5: Se empaca el producto según los requerimientos del cliente. Se asigna un operario por cliente por tipo de producto y por tipo de empaque.
- sD2.6: Se carga el producto según los requerimientos del cliente. Se asigna un operario por cliente por tipo de empaque.
- sD2.7: A partir de los tiempos de despacho, la capacidad y disponibilidad de los camiones que tiene la empresa y los horarios de entrega, se define que camión asignar a cada pedido.

Los procesos anteriormente planteados hacen parte del macro-proceso: Cumplimiento de Orden. El sistema asignará la producción a los pedidos y definirá los saldos para ofrecerlos a cada cliente según el surtido de preferencia del cliente. Este cálculo lo realiza para un horizonte semanal. A nivel semanal, se detalla para los 7 días de la semana, es decir, se procesan pedidos y producciones específicas para cada día y para cada cliente.

6.2. Modelo de Cooperación

Para la escogencia del Modelo de Cooperación se hizo un análisis de distintos tipos del mismo, donde cada uno satisfacía necesidades diferentes según sus diversos objetivos ([Sección 4.5](#)). El modelo que más se ajustó a esta investigación fue el modelo utilizado por la Ingeniera Clara Mabel Solano Vanegas en su tesis doctoral, AGORA PROJECT [31], de la Pontificia Universidad Javeriana, tesis doctoral en la que está enmarcado este trabajo. A continuación, se expondrá dicho modelo.

El ejercicio comercial de las empresas orientadas al producto busca por medio de la oferta de este último, satisfacer las necesidades de los clientes. Una vez se logra crear un vínculo con un cliente, éste reflejará sus necesidades en forma de pedidos. Para responder a la demanda de estos pedidos,

las empresas producen cantidades específicas de productos, los cuales son generados a partir de una planeación basada en variables como: frecuencia de compra histórica, temporada, fluctuaciones de mercado, entre otras. En ciertos casos, dicha planeación de producto es inferior a lo demandado por los clientes en cierto periodo, por lo que la empresa debe buscar alternativas para satisfacer las necesidades de los clientes. Es entonces, donde un Modelo de Cooperación entre los *partners* de la empresa, surge como solución proponiendo generar coaliciones, que, a través de la cooperación misma, permita satisfacer los requerimientos y pedidos de los clientes.

El Modelo de Cooperación propone la satisfacción de los pedidos de uno o más clientes, a partir de la participación de varios *partners* en una coalición la cual cumpla dichos pedidos, siendo una coalición un pacto o unión entre personas o grupos para lograr un fin común. Para empezar a explicar más detalladamente este modelo se debe establecer un conjunto de consideraciones denominado esquema de negociación.

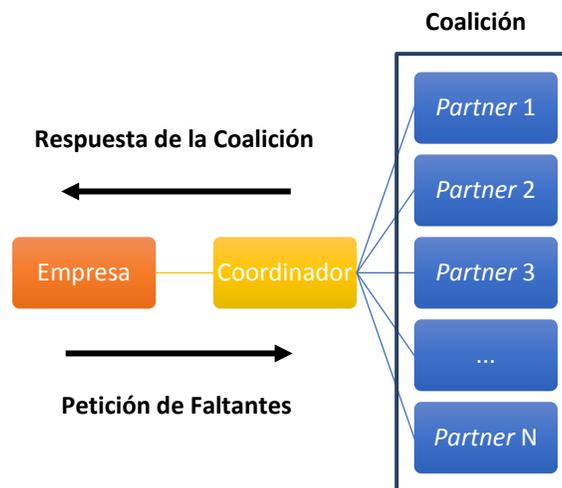


Ilustración 2. Modelo de Cooperación

- Los *partners* no tienen contacto directo con los clientes de la empresa productora.
- Los *partners* solo venden directamente a la ensambladora.
- La empresa ofrece mejores incentivos a las coaliciones que a los *partners* individuales.
- La empresa establece sus faltantes para cada día de la semana, cada cliente y cada producto.
- La información de los faltantes es enviada a un *partner* coordinador el cual, a su vez, reenvía a todos los *partners* al mismo tiempo dicha información (Ej.: Producto, Cantidades, Costos, etc.).
- Los *partners* a participar son elegidos a partir de una jerarquización realizada en términos de producción a aportar a la coalición.

- El *partner* con mayor jerarquía (escala de 1 a n) asignará en primer lugar su producción al pedido de la empresa. Luego lo hará el siguiente en escala.
- Los *partners* cooperan para cumplir el máximo del pedido de la empresa, siendo el primer criterio la cantidad por producto.
- Por cada pedido se arma una única coalición.
- El modelo no considera lo que ocurre con los *partners* que quedan por fuera de la coalición

El flujo de trabajo del Modelo de Cooperación inicia cuando la empresa, al detectar un faltante, lo reporta públicamente a los *partners* que están en el directorio. Estos *partners* tienen unos resultados de ponderación dados por el cruce de los faltantes con sus producciones, respondiendo con una coalición que satisfará los requerimientos de la empresa:

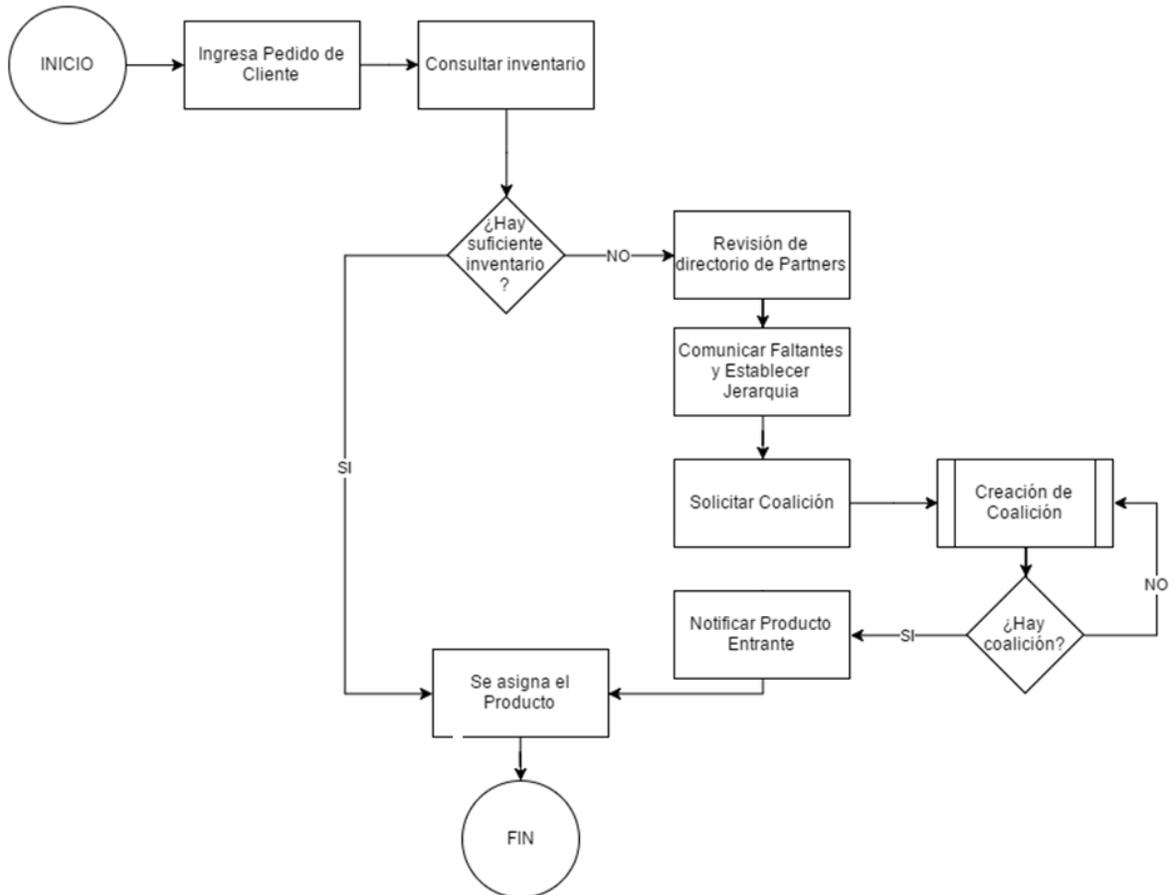


Ilustración 3. Flujo de Cooperación

Así mismo se puede visualizar este flujo mediante la diagramación BPM (*Business Process Management and Notation*), la cual permite visualizar a manera de proceso de negocio la creación de la cooperación por medio de generar coaliciones. A continuación, su representación

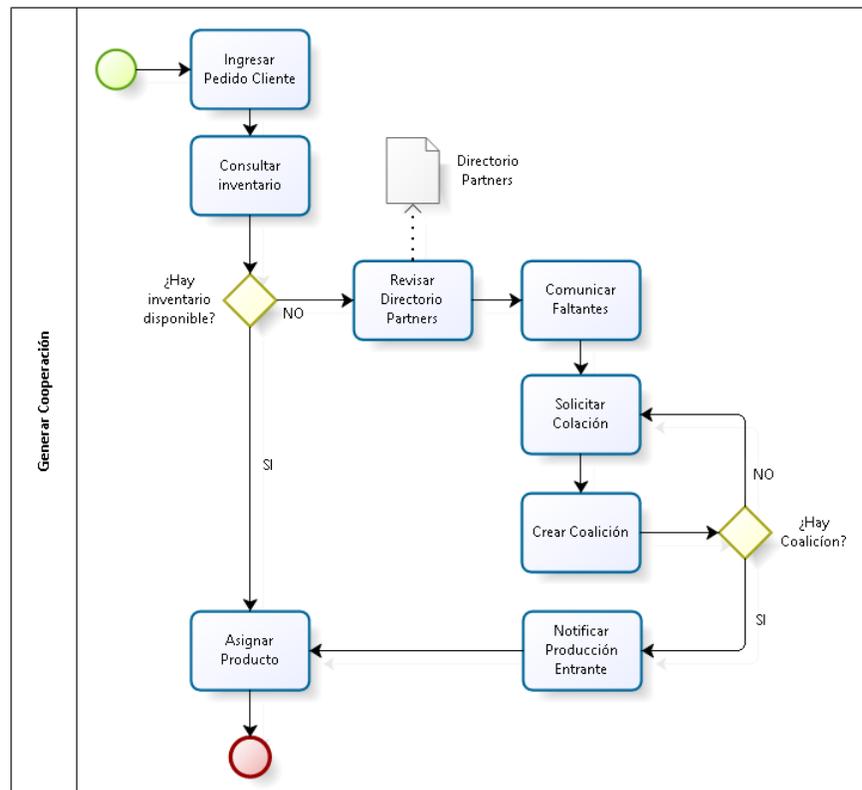


Ilustración 4. Flujo de Cooperación BPMN

Este Modelo de Cooperación es puesto en marcha mediante la implementación de una función de maximización la cual, a través de un método de programación lineal, permite conocer los *partners* dentro de la colación. Esto será detallado más detenidamente en la [Sección 6.5.5](#).

6.3. Modelo de Adaptación

En esta sección se expondrá el Modelo de Adaptación integrado a la investigación; para esto se describirán cada uno de los diferentes pasos de la generación del mismo, empezando por la adquisición de datos, seguido de los diversos perfiles identificados; luego se enfocará en la actualización de datos, para continuar con un sistema de prioridad y finalizar con la alineación del presente modelo con el negocio.

6.3.1. Adquisición de Datos

La adquisición de datos se da mediante el ingreso de los pedidos (Actuales y Antiguos) de los clientes a la empresa, es decir, se usa la demanda generada semana a semana, terminando en la semana actual, esto se hace para cada cliente activo, es decir, el primer registro será el primer pedido del cliente, y el pedido actual será el último. También se recibe un archivo de datos históricos los cuales presentan el comportamiento general de los clientes en su totalidad. Esta información es obtenida con las siguientes características.

Datos Históricos

ID PEDIDO	CLIENTE	SEMANA	AÑO	CARACTERISTICA 1	...	CARACTERISTICA N
-----------	---------	--------	-----	------------------	-----	------------------

Pedidos

CLIENTE	SEMANA	DIA DESPACHO	TIPO ORDEN	CARACTERISTICA 1	...	CARACTERISTICA N
---------	--------	--------------	------------	------------------	-----	------------------

TIPO EMPAQUE	CANTIDAD EMPAQUE	CANTIDAD PRODUCTO EMPAQUE	CANTIDAD	PRECIO
--------------	------------------	---------------------------	----------	--------

Para el ingreso de la información del perfil de producto se ingresan los mismos en su totalidad con sus respectivas características; esto también se hace por medio de un sistema de tablas entregado por la empresa con el fin de alimentar en sistema.

6.3.2. Perfiles

A continuación, se describirán los principales perfiles presentes en el modelo, los cuales modelan los componentes susceptibles a ser adaptados.

Perfil de Cliente

Uno de los aspectos principales del modelo de adaptación, es la recomendación dirigida al cliente, partiendo de un conjunto de productos que pueda satisfacer sus necesidades. Para este caso, se hará uso de un Perfil de Cliente que responda a las carencias de inventario por parte de la empresa, en el momento de responder a un pedido del cliente. En otras palabras, por medio de características co-

mo: frecuencia de compra, época del año y preferencias de compra, se genera una recomendación de producto, que, si bien no es exactamente lo que el cliente demanda, si puede satisfacer las necesidades de los clientes de forma alterna. Para lograr esto, es necesaria la construcción de un perfil de cliente, el cual posee las características más relevantes de éste y contribuye a la toma de decisiones de cara a entregar un mejor servicio.

El modelo de Cliente almacena toda su información particular; dicha información es proporcionada directamente por la empresa a través de históricos de pedidos, los cuales permiten conocer variables como: fecha de compra, cantidad de producto demandado, tipo de producto, entre otras. En los siguientes apartados se describen las características de los aspectos que se consideran en este modelo:

- Información básica: contiene toda la información detallada del cliente como: nombre, dirección, nacionalidad, sector industrial y localización. Esta información será vital para realizar la distinción detallada entre los diferentes clientes.
- Preferencias: este tipo de información permite adaptar los servicios que se prestan; aquí se tiene en cuenta el tipo de empaque deseado por el cliente, la cantidad de pedido, las características de los productos demandados por el cliente: color, dimensión, textura, calidad, entre otros; cada tipo de producto tendrá sus propias características. Estas preferencias estarán determinadas por una fecha, es decir, las preferencias serán variantes según las diferentes épocas en que se requieran.
- Restricciones: estas son todas aquellas limitantes que genera el cliente para realizar o aceptar un producto a demandar o demandado. Las restricciones estarán ligadas directamente a dos principales tipos, el primero será compuesto por las características del producto: color, dimensión, textura, calidad, entre otros; que el cliente especifique. El segundo tipo refiere a las limitaciones monetarias con respecto a los productos.
- Intereses: contienen toda la información con respecto a las diferentes temáticas que pueda tener un producto y el objetivo del mismo, por ejemplo: fechas especiales, eventos, etc. Estos intereses permiten realizar una recomendación basada en eventos fijos durante los años, contribuyendo a la toma de decisión para hacer ofertas al cliente.

- Recomendación: Las recomendaciones serán realizadas a partir de las diversas características del cliente mencionadas anteriormente y serán expresadas en función de los pedidos realizados por los clientes que no pueden ser satisfechos por falta de inventario (Producto faltante en la empresa). Una vez esta situación ocurra, se usará el Perfil del Cliente para determinar el producto suplementario a ser ofrecido al cliente que tenga la mayor semejanza, y que pueda ser aceptado por el cliente. Las variables a ser usadas serán: el producto del pedido y la fecha del pedido.

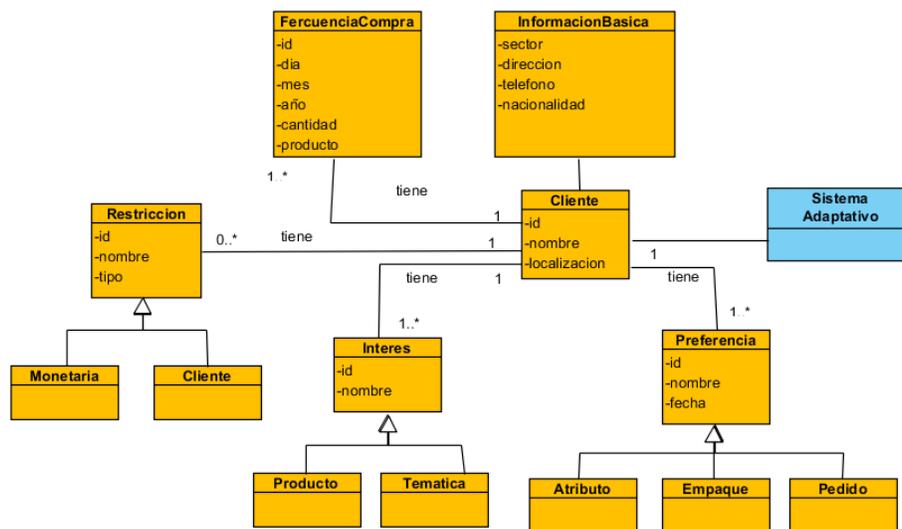


Ilustración 5. Perfil de Cliente

Perfil de Contexto

El Perfil de Contexto es el encargado de hacer partícipe la intervención de los aspectos externos a la empresa que puedan influir en su gestión de pedidos, enfocándose éstos, en variables climáticas y comportamientos de los operarios dentro de su ejercicio laboral. Con estos aspectos se pretende prestar un mejor servicio al usuario. En los siguientes componentes se describen los aspectos que toma en cuenta el modelo de contexto:

- Ubicación: esta nos indica los diversos aspectos que impactan en la empresa según su ubicación geográfica. En primer lugar, se tiene en cuenta la regulación legal del lugar del mundo donde se encuentre ubicada; esto afectará directamente sobre el ejercicio planificador y sus restricciones con respecto a los productos. También, se tienen los impuestos, los cuales, dependiendo el tipo

de producto y posición geográfica, variarán. Así mismo, la localización de la empresa permite estimar los tiempos de transporte de los productos a los diversos *partners*. Por último, la ubicación está compuesta por temporadas las cuales puede representar ventajas competitivas a ser explotadas por parte de la empresa según sea el tipo de producto objetivo.

- Posibilidad de huelgas: este aspecto se enfoca en la posibilidad de llevarse a cabo una huelga por parte de los trabajadores de la empresa, lo cual afectaría directamente los procesos de logística y sus indicadores de desempeño.
- Cultural: aquí se almacena la información correspondiente a las tradiciones culturales de las regiones que cubra la empresa, teniendo en cuenta aspectos fundamentales en los procesos de gestión que se puedan ver afectados. Esto se puede ver reflejado en días que sean fiestas nacionales o no laborales, lo que disminuiría el rendimiento de dichos procesos.
- Medio Ambiente: aquí se encuentra la información de las condiciones climatológicas y/o ecológicas de la región en la cual la empresa desempeña sus labores. La temperatura es fundamental en los productos pertenecientes al sector agroindustrial, de esta puede depender en gran medida el nivel de pérdida de materia prima y producto terminado. Así mismo, el nivel de humedad genera un impacto sobre los productos agrícolas más allá de la temperatura, por lo que es una variable vital en este perfil.

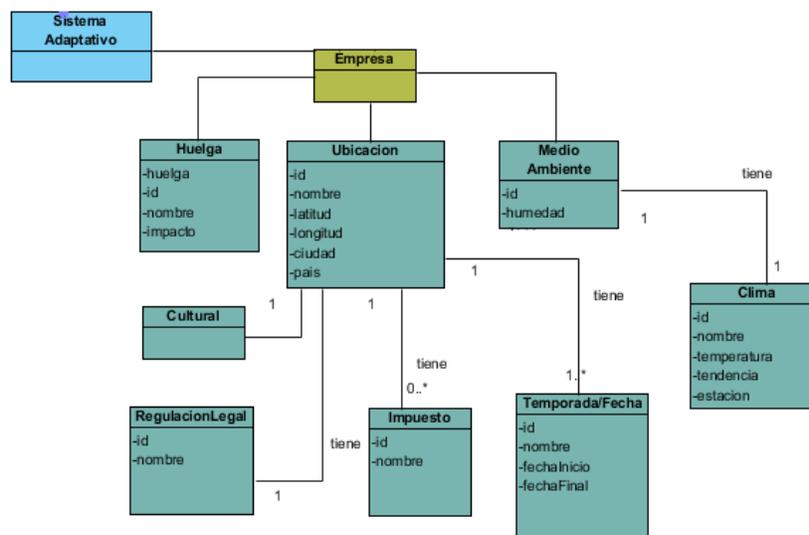


Ilustración 6. Perfil de Contexto

Este perfil se ve alimentado por información extraída de todas las fuentes que puedan proporcionar este tipo de información, tales como centros meteorológicos, históricos de comportamientos de empleados y entidades locales que provean información sobre la zona geográfica y su cultura.

Perfil de Producto

El Perfil de Producto permite hacer una representación del mismo con respecto a las preferencias del cliente, evidenciando cuáles son los aspectos tomados en cuenta de cada uno para lograr una adecuada recomendación; estos aspectos se derivan directamente de las características del producto, las cuales ya fueron mencionadas anteriormente dentro de las preferencias del cliente en su perfil.

Este perfil expone todas las características de los productos, las cuales serán utilizadas en los procesos de recomendación, entendiendo de esta manera, que tienen en cuenta los clientes a la hora de hacer un pedido, y cómo la empresa podría suplirlo en caso de ser necesario. Este perfil está creado como apoyo y delimitación de los productos en función del cliente y así descubrir ¿qué? de estos buscan los clientes. A continuación, serán descritas las características:

- **Producto:** el producto se compone de diversas características como lo son: color, dimensión, textura, calidad, costo fabricación, precio de venta y función específica. Éstos aspectos, permiten tener conocimiento sobre exactamente ¿qué? de un producto busca un cliente.
- **Empaque:** otro factor a ser tenido en cuenta es el empaque. Según esto, un producto puede ser más o menos conveniente para un cliente. El empaque tiene variables como costo, dimensiones y color, que pueden ser determinantes a la hora de sugerir un nuevo producto para solventar la falta de otros.
- **Producción:** según la producción, un producto puede presentar una u otras características, esto está dado en términos de atributos de calidad del producto final.
- **Propietario:** el propietario del producto hace parte de su perfil, debido a que según quien produzca el mismo (Empresa o *partner*) se podrá favorecer a restricciones monetarias (Expuestas en el perfil de cliente anteriormente).

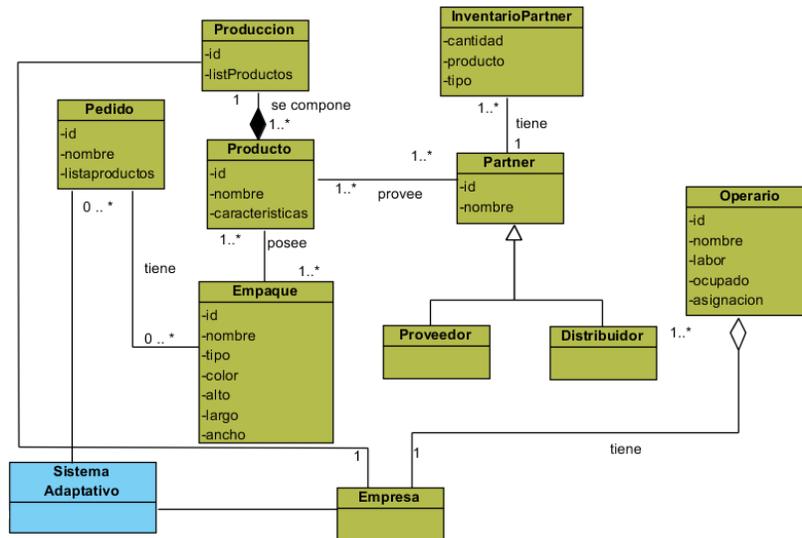


Ilustración 7. Perfil de Producto

6.3.3. Actualización de datos

Esta actualización parte de alimentar la base de conocimiento del sistema mediante el ingreso de nuevos pedidos, éstos se unirán a los pedidos existentes e irán retroalimentado las preferencias de los clientes, percibiendo si estos últimos generan nuevas preferencias o por el contrario pierden alguna de estas. Por otro lado, la información consignada en la recomendación de producto es exportada en un archivo XLS (Excel) el cual es entregado al investigador de manera inmediata para que pueda consultar sus resultados sin tener que remitirse al software cada vez que éste quiera hacer una revisión. De esta manera, se puede actualizar el sistema cada vez que se generen experimentos sin perder trazabilidad con sus predecesores.

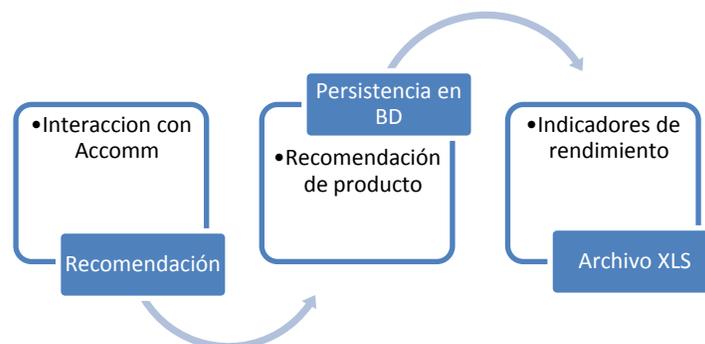


Ilustración 8. Actualización de Datos

De esta manera se asegura que los servicios enriquecidos por el Modelo de Adaptación sean accesibles en cualquier momento y se puedan volver a utilizar por parte del software para enriquecer su ya nombrada base de conocimiento.

6.3.4. Sistema de priorización

El Modelo de Adaptación usa un modelo de prioridades para establecer la asignación de órdenes, en caso de tener limitación de producción en inventario. Este modelo consiste en la asignación de un valor a diferentes variables, estableciendo rangos de evaluación y calculando su impacto según una escala determinada, buscando dar mayor impacto a valores más altos y menor impacto a los más bajos. Las características, conjuntamente, representa la importancia estratégica de cada cliente para la empresa. A continuación, dichas características:

1. Años de antigüedad de cliente activo: esta característica determina desde cuándo el cliente hace pedidos a la empresa de forma constante, es decir, por lo menos una vez al año.
2. Pagos pendientes: este aspecto se refiere a si algún cliente presenta mora con sus pagos a la empresa respecto a sus compras.
3. Importancia estratégica de la empresa: representa el potencial que un cliente genera, es decir, la utilidad que ha dejado en su tiempo activo.

En caso de presentarse escasez de inventario, el sistema hará uso de estas prioridades para determinar a qué cliente asignar los productos.

6.3.5. Articulación con modelo de negocio

Para una empresa del sector agroindustrial es fundamental planear qué se necesita producir en un periodo, teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las características de su entorno. Para incluir tales clientes en esta planeación, es necesario analizar la cadena de suministro [24], considerando aquellos factores del mismo que pueden influir en sus pedidos y en su experiencia de compra.

Para tener en cuenta al cliente dentro de este sistema, se formuló un Modelo de Adaptación, el cual tiene como uno de sus objetivos analizar los datos más relevantes de cada uno de estos, con respecto

a sus datos básicos, sus preferencias, gustos e intereses; apoyando la toma de decisiones en función de estas características. Por otra parte, a la hora de considerar la intervención del contexto dentro del modelo, se buscó tener en cuenta aspectos del mismo como la ubicación geográfica, el clima en la zona y los posibles comportamientos de los operarios dentro de la empresa que puedan ver afectada la producción, como por ejemplo algún tipo de huelga. Así mismo, para detallar las preferencias de los clientes y realizar la correspondencia con lo ofertado por la empresa, se planteó un análisis de las diferentes características que componen a los productos ofertados por la organización.

6.4. Integración

Con el fin de apoyar los procesos de logística y de mercadeo de las organizaciones, anteriormente se expusieron dos paradigmas: Adaptación y Cooperación, los cuales contribuyen con dicho objetivo. Por medio de estos planteamientos, se postularon diferentes modelos que, de forma diferente, proporcionaron soluciones igualmente viables a los diversos problemas que puedan surgir dentro de la gestión de la operación de una empresa del sector agroindustrial.

Una vez expuestos los Modelos de Adaptación y Cooperación, enfocados como estrategias de enriquecimiento de la planeación de la operación, y cómo estos, de forma separada, contribuyen a dicho ejercicio, surgen diversas preguntas: “Si estos modelos son efectivos individualmente, ¿Traería ventajas usarlos conjuntamente?”, “¿Son integrables tales modelos?”, “¿Pueden llegar a contradecirse entre sí?”, etc. Otra de las principales contribuciones de esta investigación es integrar estos modelos en busca de resultados (Estos resultados serán profundizados a continuación en los siguientes apartados.) que, por separado, cada modelo, no llegaría a obtener. Para tal fin, se analizaron las características en ambos planteamientos, se detectaron niveles de dependencia y se generaron vías de integración las cuales serán expuestas posteriormente.

6.4.1. Perfil de Contexto y Coaliciones

Como se explicaba anteriormente, el Modelo de Adaptación plantea un perfil de contexto el cual está enfocado en apropiar los factores más relevantes del entorno de una empresa (Clima, Huelas, Vías, etc.). Un factor fundamental de dichas empresas se ve materializado en sus diferentes *partners*, donde éstos hacen parte vital de la cadena de valor de estas últimas. Es entonces donde se empieza a hacerse notoria la relación estrecha que tiene el Perfil de Contexto y las Coaliciones. Esta relación

empieza a hacerse evidente si se tiene en cuenta que cada *partner* inmerso en la coalición está expuesto a variables contextuales. Y es con estas últimas, que se puede apoyar la toma de decisiones a la hora de formar una coalición, dependiendo que tan afectado se ven sus integrantes por culpa de variables climáticas, huelgas, taponamientos en vías, etc.

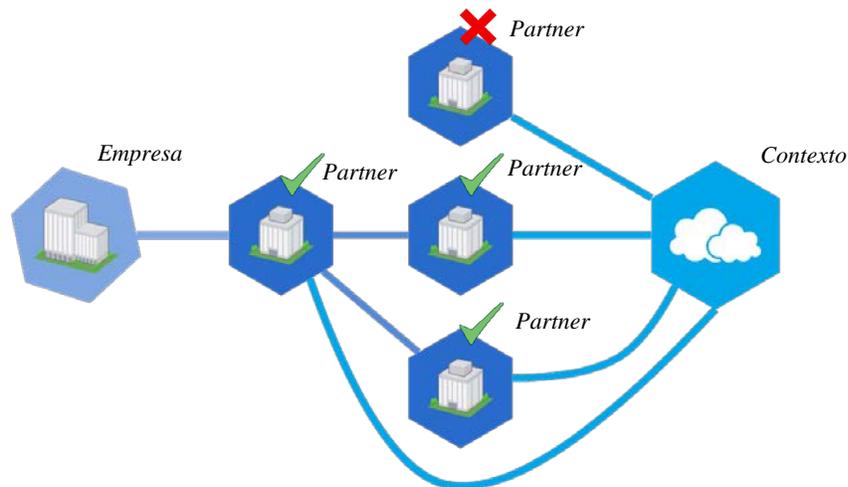


Ilustración 9. Contexto y Coaliciones

Según como el contexto afecte a los *partners* presentes en las coaliciones, éstos verán alterado su cumplimiento de demanda respecto a los requerimientos de la empresa que, en caso de ser negativo, ocasionará que la empresa pueda actuar con antelación y evite el impacto en mayor medida. Esto puede verse reflejado en una reconfiguración de las coaliciones, es decir buscando nuevos participantes de la misma, o generando notificaciones a sus clientes con antelación re-planteando el nivel de cumplimiento del pedido y rechazando uno o varios de éstos.

6.4.2. Perfil de Cliente y Coaliciones

La recomendación al cliente es uno de los puntos más fuertes que provee el Modelo de Adaptación, y es que es ésta la que se encarga de procesar todas las características de los clientes (Preferencias, Intereses, Restricciones, etc.) y realizar dicha recomendación. En el caso específico de esta investigación, la recomendación se usa con dos enfoques distintos en momentos diferentes. El primero de ellos plantea una sugerencia tradicional, es decir, según el perfil del cliente, se le recomienda cierto producto buscando que encaje con sus necesidades. Pero como se puede notar, en este enfoque no se percibe en ningún momento algún destello del Modelo de Cooperación; es entonces cuando se

plantea el segundo enfoque. Este último plantea el uso de la recomendación para satisfacer la demanda de pedidos por parte de los clientes que no se pudieron satisfacer incluso después de aplicar la estrategia de coalición. En general, si se hay un déficit en el cumplimiento de pedidos, se recomienda producto suplementario que pudiera responder a las diferentes necesidades de los clientes supliendo los pedidos originales.

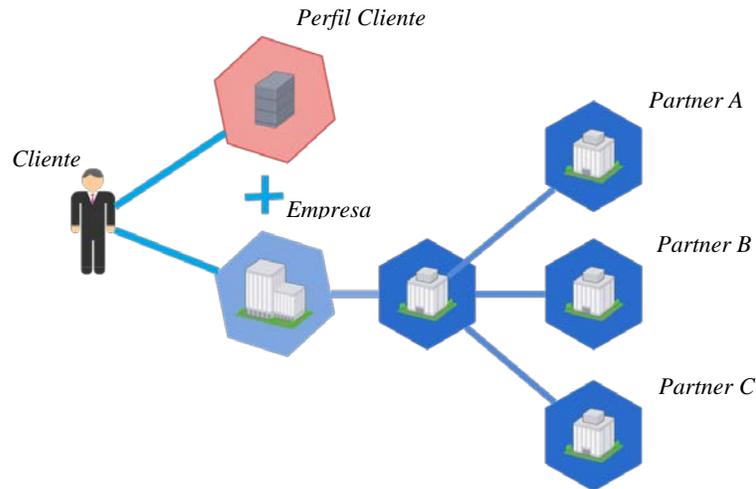


Ilustración 10. Cliente y Colaciones

Así mismo, a través de los históricos de compra de los clientes (Características Explícitas), se genera una jerarquización en orden de importancia de los clientes. Y es según este ranking que los productos obtenidos de las coaliciones se asignan favoreciendo los clientes según su importancia estratégica para la empresa.

6.4.3. Priorización y Coaliciones

Una vez la empresa recibe un conjunto de pedidos, ésta, haciendo uso de su Modelo de Cooperación, empezará a identificar el producto faltante, con el fin de salir a buscar *partners* que, a partir de dichos pedidos, puedan participar o no en la coalición. Pero entonces surge varias preguntas: ¿Qué pasaría si los *partners* no cumplieran con lo que se comprometen?, ¿Cómo saber a qué *partner* priorizar a favor de mis necesidades?, ¿Son todos *partners* necesarios en la coalición?, entre otras. Es aquí donde se planteó un método de jerarquización de *partners*, donde en términos de cuanta producción aporta cada uno a la colación se da un nivel de importancia. Por lo tanto, la adaptación se ve inmersa en el momento que se usan las necesidades de la empresa para buscar los participantes

de una colación que más concuerden con lo que se busca, en miras de satisfacer la demanda de los clientes.

En conclusión, se puede cómo el Modelo de Cooperación se va mostrando como un subproceso del Modelo de Adaptación, en donde éste, posee variables que logran enriquecer la adaptación misma, ofreciendo soluciones que favorecen a la total satisfacción de las necesidades del cliente, generando valor agregado para la empresa y sus *partners*, logrando que la empresa amplíe las interacciones con estos últimos. Así mismo, los participantes en el Modelo de Cooperación son completamente sensibles al entorno, lo que no solo deja planteada la idea de un Perfil de Contexto actuando sobre los *partners*, además de la generación de un Perfil de *Partner*.

6.5. Accomm

A continuación, se encontrará el desarrollo del prototipo funcional correspondiente a Accomm, el cual integra los modelos anteriormente expuestos, contribuyendo a la gestión de la operación de una empresa del sector agroindustrial, enfocándose específicamente procesos de logística y de mercadeo identificados. En primera medida se expondrá un diagrama de los casos de uso globales de la implementación. En segundo lugar, se planteará la arquitectura de software, para proseguir con un diagrama de los principales componentes del sistema. Luego se especificarán las tecnologías complementarias usadas dentro de los desarrollos. Por último, se realizará una descripción global del sistema y su validación. Esta última se realizó basando sus pruebas en una empresa del sector floricultor colombiano.

6.5.1. Casos de uso

El siguiente diagrama ilustra los casos de uso identificados en el sistema Accomm. El diagrama presenta los diferentes casos de uso, las relaciones entre estos, así como los actores y sus relaciones con los casos de uso. Para consultar la documentación completa ver *Anexo. Documentación Casos de Uso*.

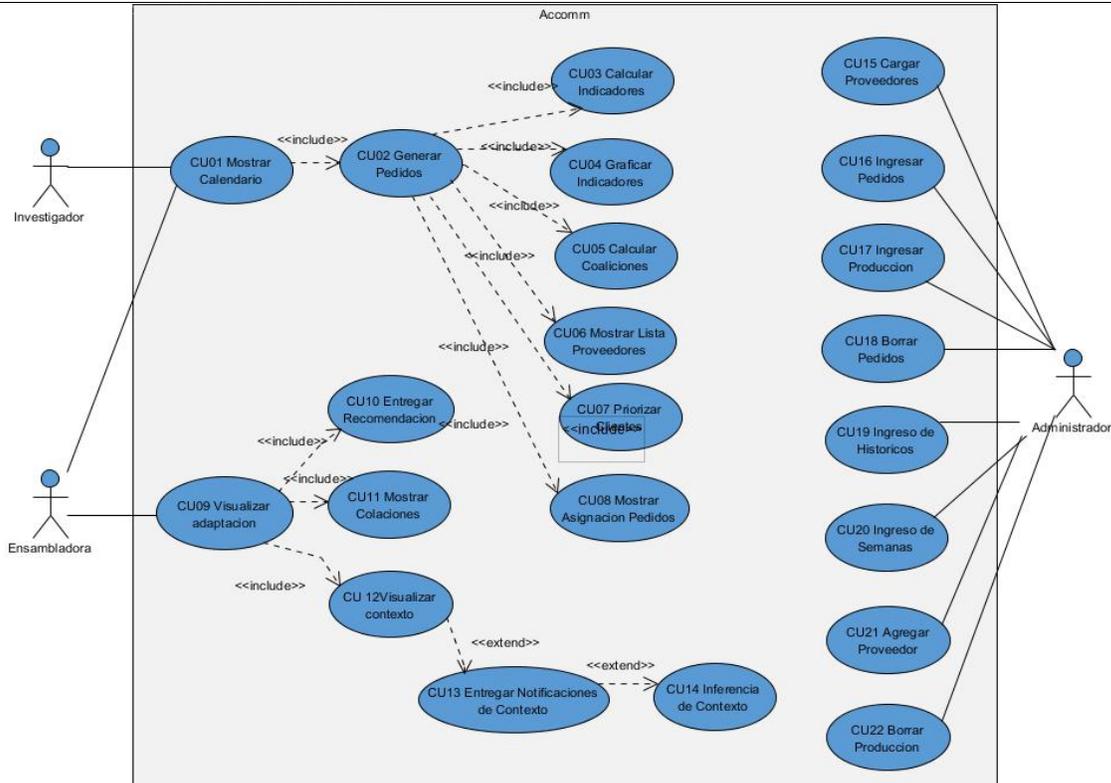


Ilustración 11. Diagrama de Casos de Uso

Los casos de uso corresponden a una descripción de los pasos o las actividades que deben realizarse para llevar a cabo algún proceso del sistema. Estos casos están asociados a diferentes actores, donde el Administrador estará relacionado con casos de uso concernientes a la configuración previa del sistema, mientras el Investigador y el personal de la ensambladora estarán relacionados con el proceso de planeación y apoyo a operaciones logísticas y de mercadeo de la cadena de suministro.

6.5.2. Modelo de Dominio

A continuación, se expondrá el modelo de dominio (Ilustración 12) del sistema Accomm, enfocado directamente en el caso del sector floricultor. Este será expuesto mediante la siguiente convención: las clases de un sistema sin adaptación en color crema y las clases que enriquecen el sistema en color azul. El diagrama sólo hace énfasis en las clases, para el detalle del diagrama y las mismas con atributos y métodos, por favor consultar el documento *Anexo. SAD*.

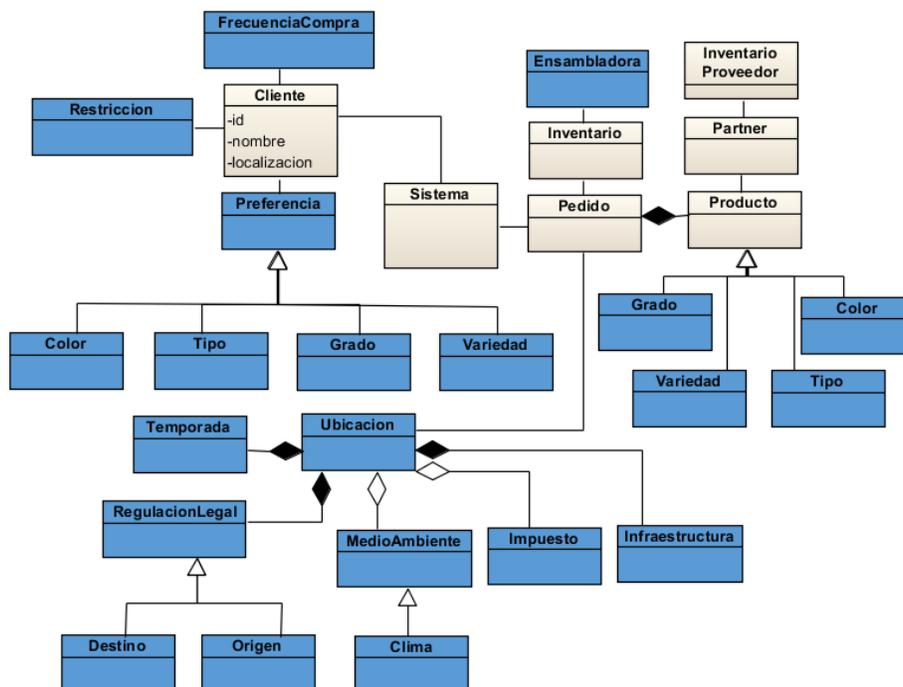


Ilustración 12. Modelo de Dominio

6.5.3. Arquitectura de Software

Esta sección presenta el diseño de la arquitectura planteado para resolver las necesidades del sistema Accomm; con el fin de lograr esto se presenta una vista general para ilustrar los *drivers* (Componentes arquitecturales generales), las características y el patrón arquitectónico más importante del sistema.

A continuación, se presenta la arquitectura de un prototipo de Accomm que se aplicó en un floricultivo. El resultado del proyecto está dirigido a Investigadores y a la organización (Ensambladora) que requieran calcular indicadores de rendimiento o gestionar la operación, respectivamente. A continuación, se presentan los siguientes objetivos en relación con la arquitectura de software:

1. Transmitir las decisiones de arquitectura requeridas para la solución del proyecto.
2. Mostrar las capas que serán integradas en la solución.
3. Mostrar los componentes que conforman la solución y su interacción.
4. Definir las herramientas a utilizar en las diferentes fases del proyecto.

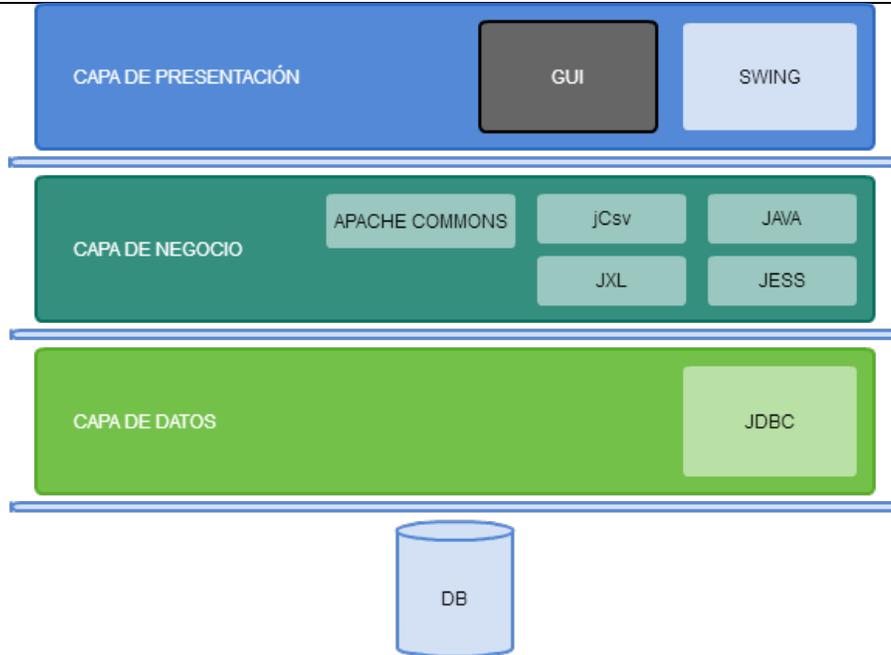


Ilustración 13. Arquitectura de Software

En el proceso de desarrollo de Accomm se implementó una arquitectura basada en capas correspondientes a las siguientes:

- Presentación: encargada del manejo de interfaz gráfica y despliegue de datos; solo se comunica con la capa de negocio.
- Negocio: encargada de la ejecución de la lógica de negocio en el sistema, se comunica directamente con las capas de negocio y datos, es la capa intermedia de comunicación del sistema.
- Datos: encargada de gestionar el almacenamiento de datos pertinente para el software. Se utilizó una Bases de datos para persistir la información administrada por dicha capa, esta solo se comunica con la capa de negocio.

Como patrón arquitectónico se utilizó eligió el MVC [36] (modelo vista controlador) para continuar con la línea arquitectural que se venía trabajando, correspondiente al empaquetamiento del código en los citados a continuación: WORLD – Controlado y Modelo, DAL - Modelo y GUI: Vista y Modelo. Cabe que mencionar que Accomm será *StandAlone*, es decir, funcionará en la máquina del usuario sin necesidad de una conexión a otro repositorio de datos fuera del equipo. El usuario descarga la aplicación y la instala en su computador. La base de datos puede estar desplegada tanto dentro como fuera del nodo de despliegue de la aplicación.

6.5.4. Diagrama de Componentes

Este diagrama ilustra a manera general, los componentes más importantes de Accomm, es decir, los componentes añadidos en la etapa de desarrollo. Para la división en grandes componentes por parte del diagrama se utilizó el estilo arquitectónico por Capas [29]. Dentro de la arquitectura se utilizó el patrón de diseño MVC [29] (Modelo Vista controlador) el cual se puede igualmente modelado por componentes y evidenciado en el siguiente diagrama:

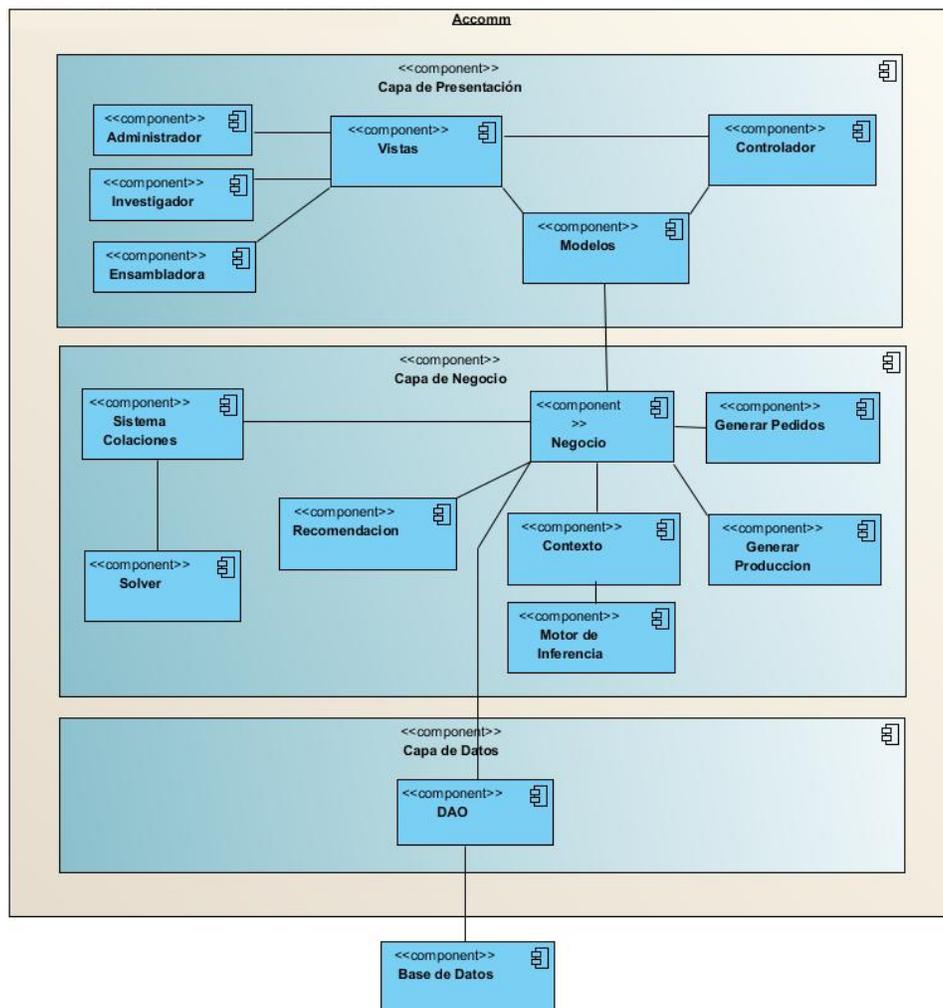


Ilustración 14. Diagrama de Componentes

- Capa Presentación: capa en la cual se muestran los componentes encargados de desplegar la información resultante después de realizados los procesos lógicos.

- Capa Negocio: capa en la cual se implementa toda la lógica de negocio correspondiente a los diferentes algoritmos que determinan las recomendaciones.
- Capa de Datos: muestra el componente de conexión a la base de datos haciendo uso del componente DAO (Data Access Object) que suministra una interfaz común entre la aplicación y la base de datos.

6.5.5. Tecnologías

En esta sección se podrán ver y entender las tecnologías adjuntas utilizadas, es decir, tecnologías que no están directamente relacionadas con el lenguaje de programación.

JESS – Motor de inferencia

Para enriquecer el modelo de toma de decisiones de Accomm, se implementó un motor de inferencia el cual permite añadir dinámicamente reglas al sistema para adaptar las recomendaciones con respecto a las variables contextuales presentadas, más específicamente, variables climáticas. Éstas fueron enfocadas a sus comportamientos a lo largo del año, y como los productos del floricultivo responden a sus diferentes variaciones [27]. Las temperaturas oscilan de diferente forma según la posición geográfica de los suelos donde se siembran las flores.

Con este conjunto de variables, se hace la discriminación a partir de temperaturas máximas y mínimas por semana, es decir, se determina qué ocurre con la producción total de flores en ese periodo en caso que la temperatura llegue a alguno de los niveles planteados. Se determinaron cuatro (4) tipos de reglas para que el motor haga su inferencia y plantee respuestas según sea el caso. Estos son los cuatro tipos de reglas de inferencia utilizados:

- Reglas de temperatura mínima nocturna: este tipo de regla se aplica a las producciones de flores que experimenten una temperatura mínima nocturna inferior a 8C° (grados centígrados). Cuando esto ocurre, se pierde el 10 % de la producción de flor.
- Reglas de temperatura mínima diurna: este tipo de regla se aplica a las producciones de flores que experimenten una temperatura mínima diurna inferior a 13C° (grados centígrados). Cuando esto ocurre, se pierde el 5 % de la producción de flor.

- Reglas de temperatura máxima diaria (o Stress Térmico): este tipo de regla se aplica a las producciones de flores que experimenten una temperatura máxima diaria mayor a 20C° (grados centígrados). Cuando esto ocurre, se pierde el 1 % de la producción de flor.
- Reglas de posibilidades de huelgas: Esto tipo de regla se aplica cuando la ensambladora experimenta alguna huelga. Esto afecta la producción en un 50%.

Para implementar el motor de inferencia se hace uso de la tecnología: JESS [28]. Dicha tecnología, es un lenguaje de programación diseñado para cumplir la función de motor de inferencia el cual tiene como objetivo resolver problemas con respecto a un problema que pueda cambiar según unas variables de entrada. JESS implementa y además está inspirado en CLIPS; esta es una herramienta que provee un entorno de desarrollo para sistemas expertos enfocado en la toma de decisiones. JESS a diferencia de CLIPS está implementado en Java para proveer sistemas de reglas dinámicas aplicadas a problemas de soluciones multivariadas.

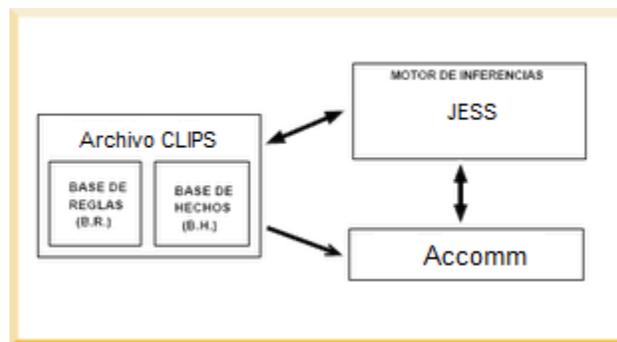


Ilustración 15. Motor de Inferencia

La estrategia utilizada por Accomm es una vez generadas las variables de contexto deseadas, el software se articula con el motor de inferencia a partir de una lectura de un archivo escrito en lenguaje CLIPS el cual tiene definidas las reglas. Dentro de Java se procesa el archivo CLIPS y JESS mediante su librería y sus métodos permiten la interpretación de las reglas con la información proporcionada para finalmente disparar la regla que responda a los hechos antes plasmados en el archivo de reglas y realizar la inferencia.

SOLVER – Sistema de Coaliciones

Con la finalidad de enriquecer y resolver la cooperación entre *partners* planteada en el Modelo de Cooperación (Sección 6.2) se implementó un modelo de maximización enmarcado en el problema de programación lineal de escogencia de coaliciones. Para reflejar esta contribución a nivel de implementación se hizo uso de la librería “Apache Commons Mathematics Library” [30]. Esta tecnología, proporciona algoritmos listos para su uso y completamente documentados, los cuales siguen los estándares matemáticos aceptados, entre estos, la técnica de maximización utilizada por Ac-comm. Su integración es simple y ligera, favoreciendo el desarrollo de componentes que requieran soluciones de mediana complejidad. En su implementación y según la arquitectura, dicha librería tiene interacción con la lógica de negocio exclusivamente.

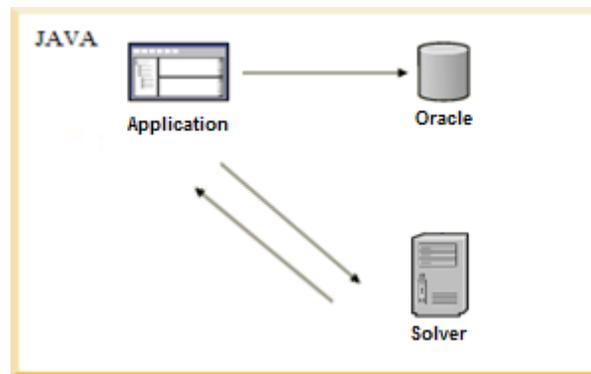


Ilustración 16. Solver

Para lograr que el Solver (Librería Apache Commons) interprete el problema a ser maximizado, es necesario hacer un planteamiento del mismo en forma general (Ecuaciones que abarquen todos los casos posibles, más concretamente, un modelo generalizado) con la sintaxis requerida. Se definieron los siguientes aspectos del problema a ser modelado: 1. Conjunto de *partners* involucrados en el cumplimiento de pedidos, 2. Orden de importancia de *partners* (este orden determina un orden de prioridad en la participación), 3. Producción de cada *partner* y 4. Cantidad total de producto requerido por la empresa que tiene los pedidos de los clientes

- Variables: las variables estarán definidas como la cantidad de *partners* presentes para cada escenario:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, \dots, x_n$$

- Constantes (Ordenes de importancia): estas constantes C_n equivalen a números enteros los cuales indican el orden de importancia de los *partners*. Siendo el de mayor valor el más importante, y el de menor valor, el menos importante:

$$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, \dots, C_n$$

- Constantes (Producciones): estas constantes p_n equivalen a la producción de cada uno de los *partners* a ser tenida en cuenta para responder a los pedidos de los clientes de la empresa que cita la colación.

$$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, \dots, p_n$$

- Constantes (Demanda): La constante D equivale a la cantidad de producto solicitado por la empresa que cita la coalición según los pedidos de sus clientes.

Por último, se genera el siguiente modelo matemático, el cual una vez fue interpretado por el Solver, se obtuvo como respuesta el número de *partners* que, según la prioridad, participarían en la coalición, y, además, con qué cantidad de producto lo harían, respecto a la demanda:

Maximizar:	$c_1p_1 + c_2p_2 + c_3p_3 + c_4p_4 + c_5p_5 + c_6p_6 + c_7p_7 + \dots + c_np_n$
Restricciones:	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + \dots + x_n \leq D$ $x_1 \leq p_1 \dots x_n \leq p_n$
Dominio:	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, \dots, x_n \geq 0$

6.5.6. Desarrollo

Accomm es el prototipo funcional desarrollado con el objetivo de validar los Modelos de Adaptación y Cooperación en un caso real. Este caso está enmarcado en una empresa del sector agroindustrial, más específicamente, del sector floricultor de Colombia. Para este escenario se representó la operación base de dicha empresa, y luego se integraron los modelos planteados anteriormente, por medio de la inclusión de los procesos seleccionados para este estudio en la sección 6.1, los cuales

están englobados en el macro proceso: cumplimiento de orden, enfocándose en la gestión de pedidos y la producción. En esta sección se expondrá Accomm en sí mismo, haciendo énfasis en sus flujos de trabajo mediante un conjunto de pantallazos. Para empezar, se especificará la tecnología utilizada en su implementación.

Tecnología	Uso
Java	Se decidió desarrollar y ejecutar el proyecto sobre el lenguaje de programación java, haciendo uso de su máquina virtual. Esta permite la construcción de sistemas por componentes y provee un conjunto de API que soportan la mayoría de requerimientos funcionales y no funcionales, como el manejo la persistencia, seguridad, caché, presentación, servicios de negocio, entre otros.
Oracle	La base de datos de Oracle está regida por un sistema de gestión de base de datos objeto-relacional el cual permite crear las bases de datos a través de entidades, vistas, transacciones, <i>etc.</i> , partiendo de un modelo relacional y generando los scripts necesarios con sus respectivas restricciones.

Tabla 3. Tecnología de Desarrollo

A continuación, se ilustran las pantallas más relevantes del prototipo. Accomm está concebido como un sistema multi-usuario, en el cual, los mismos tienen diferentes roles. Los roles establecidos para este caso de estudio son: Investigador, Ensamblador (Empresa) y Administrador. Cada uno accede mediante una pantalla de inicio de sesión: Ilustración 17.

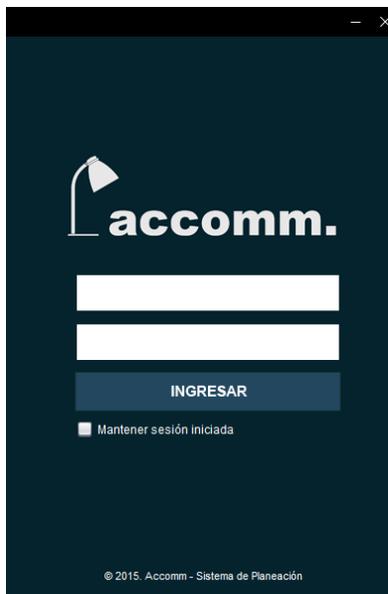


Ilustración 17. Inicio de Sesión

El perfil Administrador (ver Ilustración 18) permite configurar las características iniciales de la aplicación, es decir, es en este dónde se definen las producciones, los pedidos, la información histórica, los proveedores, entre otros.

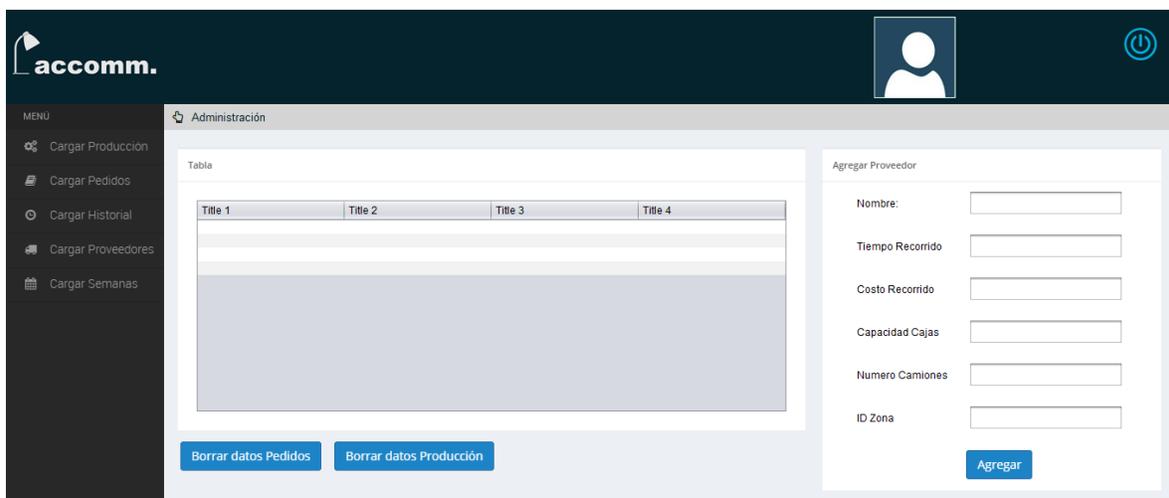


Ilustración 18. Perfil Administrador

El perfil de administrador es el más básico del sistema, pues su funcionamiento sólo está determinado por la inicialización de los componentes para que los otros usuarios puedan hacer uso de la

herramienta. Para los perfiles Ensamblador (Empresa) e Investigador se determinaron cuatro diferentes escenarios de trabajo, cada uno determinado por diferentes paradigmas:

Escenario	Descripción
1. Base	Escenario en el que se representa la operación base actual de la empresa del sector floricultor. Este escenario muestra el funcionamiento actual de dicha empresa.
2. Adaptación	Este escenario incluye el Modelo de Adaptación a la operación base, resaltando sus beneficios y enriqueciendo la prestación de servicios por parte del software
3. Cooperación	Se incluye el modelo de cooperación, enfocándolo directamente en la relación con los proveedores de productos.
4. Adaptación + Cooperación	Escenarios donde se integran los Modelos de Adaptación y Cooperación en la operación base de la empresa

Tabla 4. Escenarios Accomm

La siguiente pantalla muestra el perfil de investigador, para el cual están dirigidos los desarrollos de corte experimental, generando escenarios de validación de operación para los diferentes escenarios planteados. Además, se presenta el cálculo de cuatro diferentes indicadores de rendimiento.

Estos indicadores corresponden a: cantidad de órdenes entregadas completas, bajas de inventario (producción perdida), costo promedio total por producto desde que se empieza la cadena hasta la entrega al cliente; y tiempo promedio total por producto. Los indicadores son graficados haciendo una traza experimento a experimento. Estos experimentos están enmarcados en tres diferentes horizontes temporales: anual, mensual y semanal. A continuación, el escenario base (Ilustración 19):

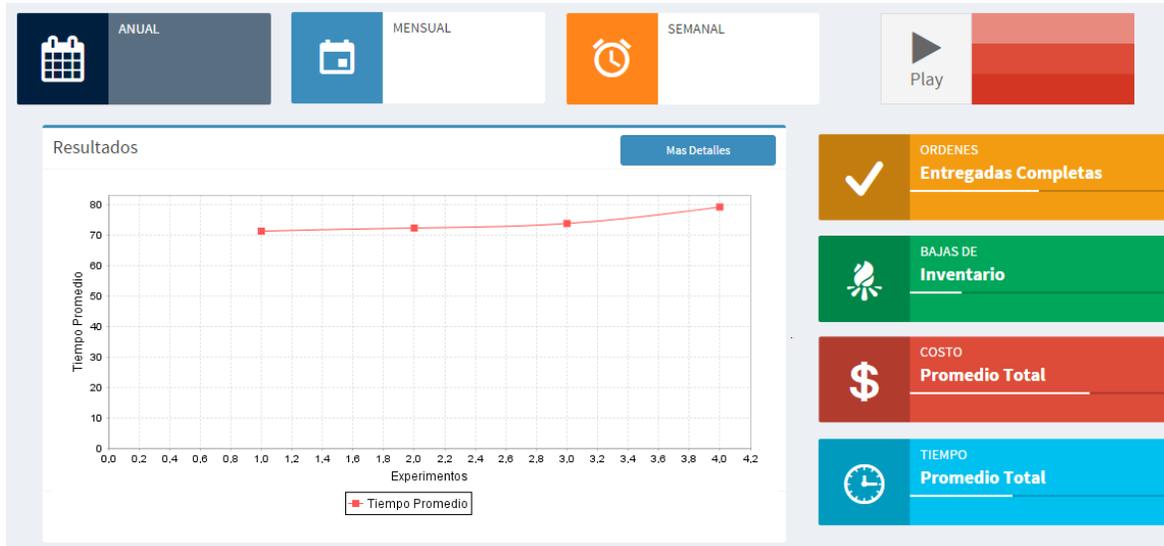


Ilustración 19. Escenario Base

Para el escenario de Adaptación dirigido al investigador, se delimitó a la generación de experimentos exclusivamente en el horizonte temporal semanal.



Ilustración 20. Calendario Semanal Accomm

Para el fin anteriormente comentado, se adaptó la generación de pedidos, es decir, ya no es necesario ingresar los pedidos mediante el perfil de administrador. Ahora, el sistema recibe la semana (Ilustración 20) en la que necesita hacer un experimento, y con respecto a una distribución normal basada en pedidos históricos de los últimos cuatro años, se generan los pedidos para cada cliente.

Una vez escogida la semana y generados los pedidos según las funciones de probabilidad basadas en la distribución normal, se genera de nuevo el experimento basado en los cuatro indicadores ya explicados, pero esta vez teniendo inmerso el modelo de adaptación (Ilustración 21).

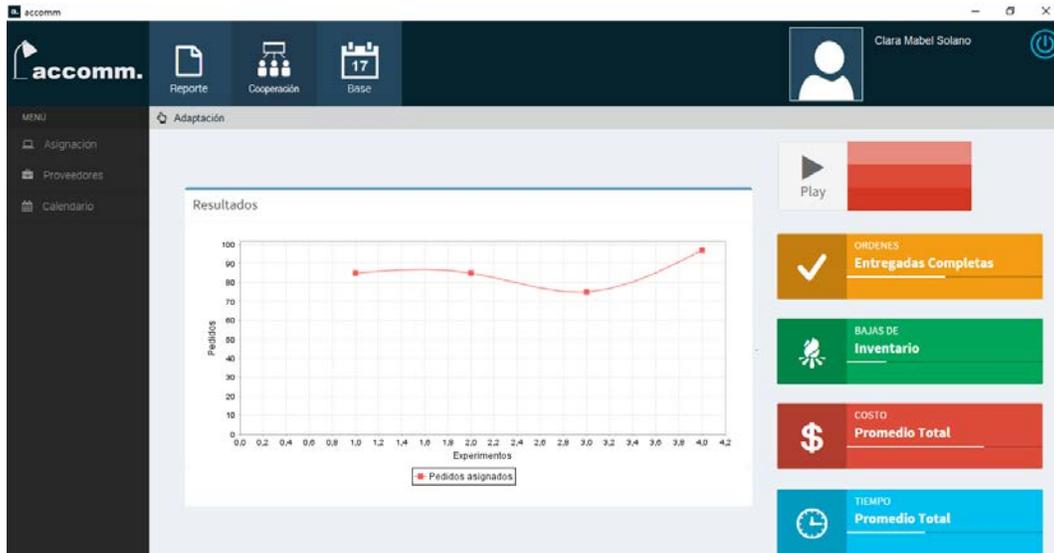


Ilustración 21. Escenario Adaptación Investigador

Por último, el investigador puede exportar sus datos experimentales por medio de un archivo Excel (ver Ilustración 22), haciendo clic en el botón reporte de la interfaz gráfica.

	A	B	C
1	Reporte de desempeño de indicadores		
2			
3	Indicadores Generales	Resultados	
4	Pedidos Totales	261	
5	Pedidos Asignados	85,0	32,57%
6	Produccion Total	777	
7	Produccion Perdida	777,0	100%
8	Promedio Costo Total	5,18	USD
9	Promedio Tiempo Total	79,19	min
10			
11	Indicadores específicos de Costos		
12	Costo venta por proveedor	0,77	USD
13	Costo de revisión de flor	0,03	USD
14	Costo de alistar ramos	0,04	USD
15	Costo de armar ramos	0,05	USD
16	Costo de empaçar caja	0,03	USD
17	Costo de zunchar caja	0,05	USD
18	Costo de cargue	0,03	USD
19	Costo dado por INCOTERM	4,19	USD
20			
21	Indicadores específicos de Tiempo		
22	Tiempo recorrido proveedor a ensambladora	64	min
23	Tiempo operario asignado revisión de flor	2,23	min
24	Tiempo operario asignado alistar ramos	2,42	min
25	Tiempo operario asignado armar ramos	3,31	min
26	Tiempo operario asignado empaçar caja	1,53	min
27	Tiempo operario asignado zunchar caja	3,01	min

Ilustración 22. Reporte Investigador

Los escenarios de Cooperación y “Adaptación + Cooperación” enfocados al investigador, se basan en los mismos principios de los escenarios anteriores, es decir, siempre se generan los indicadores

correspondientes y un reporte asociado. Así mismo, para estos nuevos escenarios, se genera igualmente un complemento en el reporte con las coaliciones generadas dentro del proceso de cooperación de los proveedores (ver ilustración 23).



En la siguiente tabla encontrará la lista de las coaliciones por color de producto

Color	Coalición
Red	[Proveedor 4, Proveedor 1]
White	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3, Proveedor 2]
Light Pink	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3, Proveedor 2]
Pink	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3, Proveedor 2]
Dark Pink	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3, Proveedor 2]
Lavander	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3]
Yellow	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3, Proveedor 2]
Orange	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3]
Peach	[Proveedor 4, Proveedor 1]
Purple	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3]
Bicolor	[Proveedor 4, Proveedor 1, Proveedor 5, Proveedor 3]

Cerrar

Ilustración 23. Coaliciones

Una vez expuestos los roles de administrador e investigador, se procederá a exponer el rol de empresa, el cual es el más robusto y deja ver la totalidad del aporte de esta investigación. El rol de empresa tiene una primera pantalla después del *login* en la cual se ofrecen los servicios enriquecidos. Los resultados de estos, dependerán de la semana que se genere y para qué escenario se genere. Este método de especulación de pedidos está basado directamente en la generación de producción de forma experimental planteada en el escenario de adaptación del investigador. El funcionamiento es el mismo que el planteado en la Ilustración 20.

El siguiente escenario será el de adaptación (Ilustración 24), específicamente para el rol de empresa, en el cual se podrá notar cómo los servicios están enfocados en enriquecer la planeación y la gestión de la operación para una semana determinada por el usuario. A continuación, el pantallazo general de lo que vería dicho usuario para este escenario, poco a poco se irá detallando cada parte del mismo individualmente.

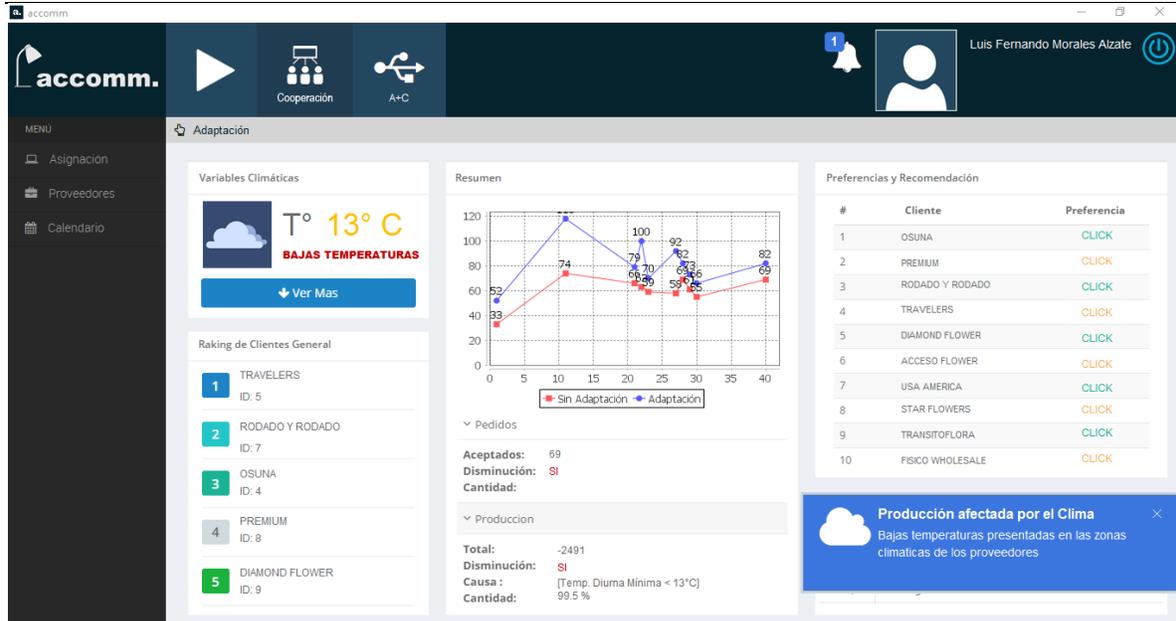


Ilustración 24. Escenario Adaptación Empresa

El primer servicio enriquecido que plantea este escenario es la jerarquización de los clientes denominada “Ranking” (Ilustración 25), que se basa en el impacto estratégico de estos respecto a la empresa. Este “Ranking” muestra los cinco clientes más representativos de forma histórica, es decir, desde el inicio de la empresa hasta la actualidad (sólo clientes activos actualmente).

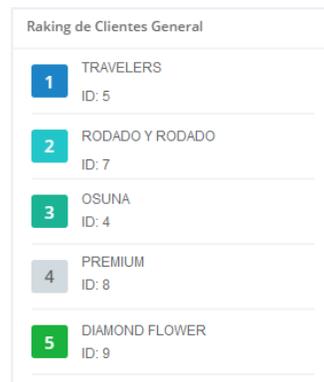


Ilustración 25. Ranking de Clientes

Así mismo, Accomm genera una jerarquización de clientes de acuerdo a la semana escogida, favoreciendo también a clientes (Ilustración 26), que, en términos generales, no pueden tener gran impacto, pero quizá para casos específicos sean realmente importantes. Esto se hace con la finalidad de priorizar a quién se le entrega el producto disponible en caso de tener escasez de inventario.

Preferencias y Recomendación		
#	Cliente	Preferencia
1	OSUNA	CLICK
2	PREMIUM	CLICK
3	RODADO Y RODADO	CLICK
4	TRAVELERS	CLICK
5	TRANSITOFLORA	CLICK
6	USA AMERICA	CLICK
7	ACCESO FLOWER	CLICK
8	DIAMOND FLOWER	CLICK
9	STAR FLOWERS	CLICK
10	FISICO WHOLESALE	CLICK

Ilustración 26. Jerarquización semanal de clientes

De igual manera, el sistema ofrece una recomendación de productos a los clientes según sus comportamientos históricos (Ilustración 27). Esto se basa en la demanda de dichos clientes para la semana seleccionada a lo largo de los años que han estado ligados a la empresa. Si un cliente llegase a ser nuevo, esta recomendación se empezaría a construir con sus pedidos actuales. Esto evidencia el sistema de retroalimentación de la información, aplicándose a clientes antiguos igualmente, donde los nuevos pedidos van formando parte de su perfil y de sus preferencias.



Preferencias

En la siguiente tabla aparecerán las preferencias para el cliente seleccionado

Cliente	Semana	Producto
PREMIUM	27	[SSL, Purple, Cote d'Azur]
PREMIUM	27	[SSL, Surfida, Everyday]
PREMIUM	27	[SSL, White, Avalange]
PREMIUM	27	[SSL, Orange, Ninguna]
PREMIUM	27	[SSL, Light Pink, Primadonna]

Cerrar Recomendación

Ilustración 27. Preferencias Clientes

Otro de los servicios enriquecidos son las notificaciones de cambios contextuales (Ilustración 28), que permiten a la empresa generar planes de acción en caso de enfrentarse a complicaciones relacionadas con el contexto.



Ilustración 28. Notificaciones Escritorio

Aparte de la notificación, el sistema muestra la notificación detallada de la siguiente forma:



Ilustración 29. Notificación Detallada

Además, las notificaciones vienen acompañadas de una pantalla de información, donde se puede visualizar detalladamente por qué se disparó dicha alerta (Ilustración 29). Estas fuentes están enfocadas en dos diferentes cambios contextuales: posibilidad de huelgas en operarios y variables de clima:



Ilustración 30. Variables Climáticas

También, se complementan con un resumen de los impactos del contexto dentro de las operaciones logísticas y de mercadeo de la empresa, reflejando cambios en la producción, cliente o proveedores (Ilustraciones 30 y 31).



Ilustración 31. Detalle de Impacto Contexto

Por otro lado, el sistema también permite visualizar los pedidos asignados haciendo una comparación con los pedidos que hubieran sido asignados en el escenario base (Sin aplicar el modelo de adaptación), dejando ver las virtudes del uso de la adaptación.

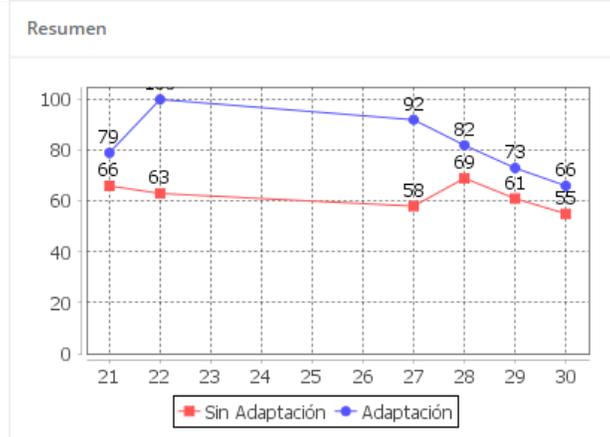


Ilustración 32. Resultados Adaptación Empresa

Igualmente se puede apreciar el detalle del total de pedidos asignados (indicador en la Ilustración 32) en la siguiente imagen. Cabe resaltar que estos pedidos asignados parten de que las recomendaciones realizadas por el software sean aceptadas.

1
2
3

Pedidos Asignados

En la siguiente tabla verá la lista de sus Pedidos Asignados

Cliente	Semana	Día	Producto	Total de Ramos
Osuna	22	Lunes	[SL, Light Pink, Prima...	20
Osuna	22	Jueves	[FCY, White, Ninguna]	25
Travelers	22	Lunes	[SL, Light Pink, Prima...	20
Travelers	22	Lunes	[SL, Pink, Ninguna]	20
Travelers	22	Lunes	[SL, White, Ninguna]	20
Travelers	22	Martes	[SSL, White, Ninguna]	15
Travelers	22	Martes	[SL, Yellow, Ninguna]	20
Travelers	22	Martes	[SL, Pink, Ninguna]	20
Travelers	22	Martes	[SL, White, Ninguna]	20
Travelers	22	Martes	[SSL, Pink, Ninguna]	32
Travelers	22	Martes	[SSL, Light Pink, Prim...	27

Cerrar

Ilustración 33. Detalle Asignación

Una vez terminado el escenario de adaptación, se planteará el escenario de cooperación. Como los anteriores escenarios, su ejecución se basa en la generación probabilística semanal de pedidos. Esta explicación parte de un pantallazo global (Ilustración 34), para luego ir detallando uno a uno sus aportes.

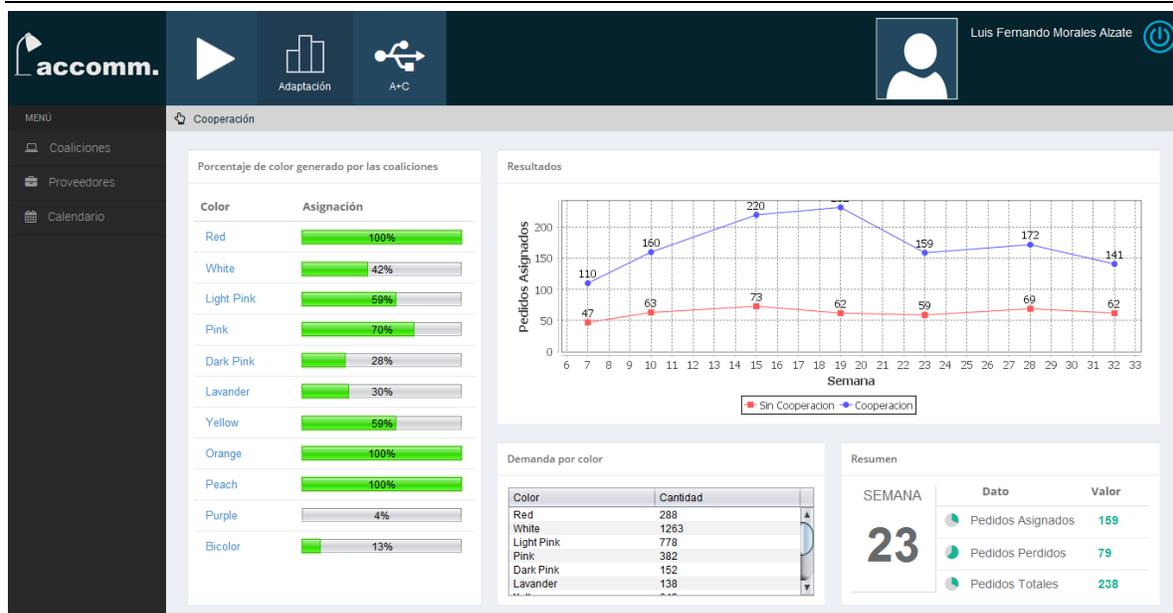


Ilustración 34. Escenario Cooperación Empresa

Este escenario plantea una alternativa a la falta de inventario, mediante la generación de coaliciones de proveedores, contribuyendo entre todos a responder las demandas de los clientes.

Al igual que en el escenario de cooperación del investigador, éste presenta un resumen con las coaliciones generadas para responder a las demandas de grupos de productos, para más detalle ver Ilustración 35. Así mismo se detalla cuando producto fue entregado satisfactoriamente en relación a su total, esto por grupos de los mismos que comparten ciertas características.

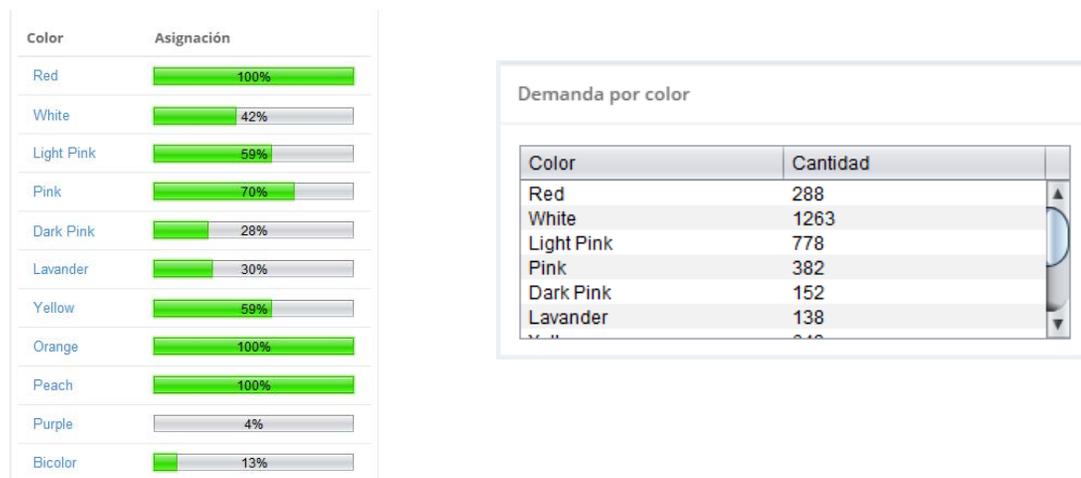


Ilustración 35. Producción Generada por Coalición

Por otro lado, muestra el detalle de los proveedores (Ilustración 36), y su participación dentro de las coaliciones, especificando la producción provista para cada grupo de productos

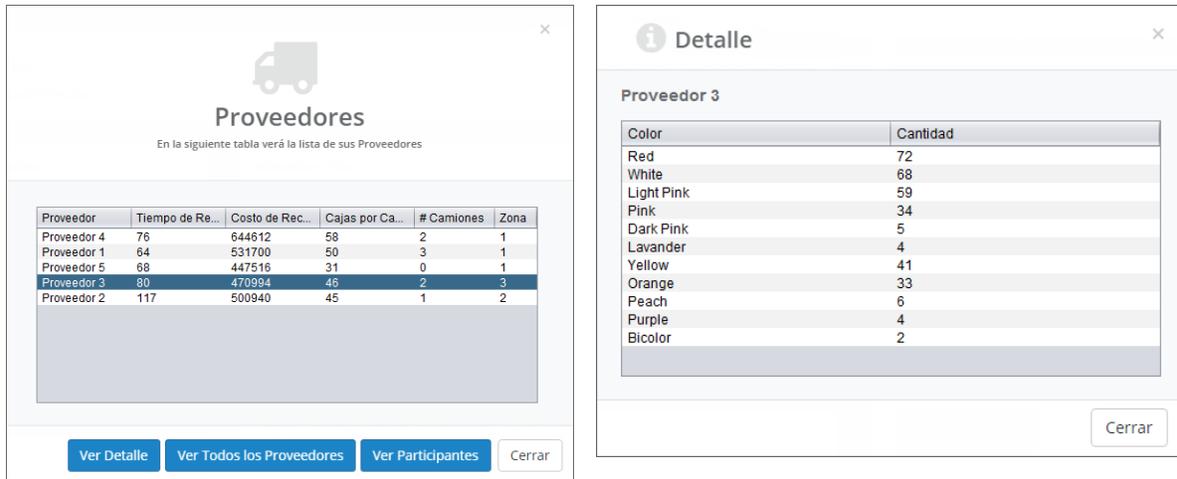


Ilustración 36. Detalles Proveedores Coaliciones

Por último, este escenario ofrece una comparación con el escenario base en términos de pedidos cumplidos satisfactoriamente (Entregas totales). Esto lo hace por medio de una gráfica de comparación de pedidos en ambos escenarios (Ilustración 37).

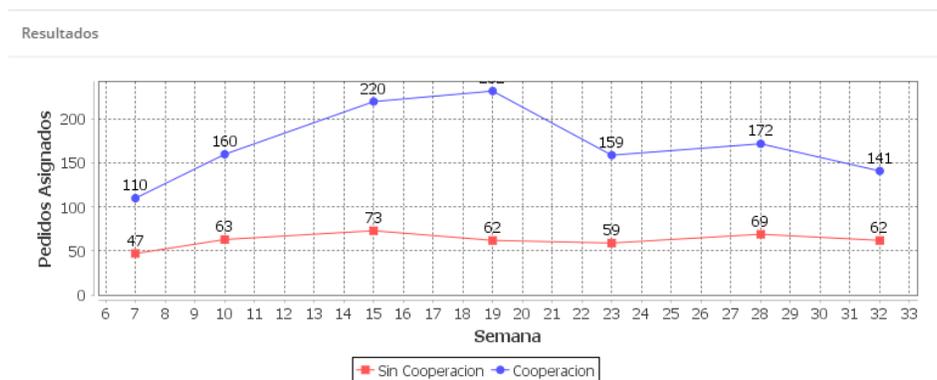


Ilustración 37. Resultados Cooperación Empresa

Por último, se expondrá el escenario “Adaptación + Cooperación” el cual surge de la integración de los Modelos de Adaptación y Cooperación. Cabe resaltar que este modelo presenta las característi-

cas de los modelos planteados anteriormente al ser consecuencia de su integración (Ilustración 38), por lo que solo se mostrarán los aportes individuales de este último.

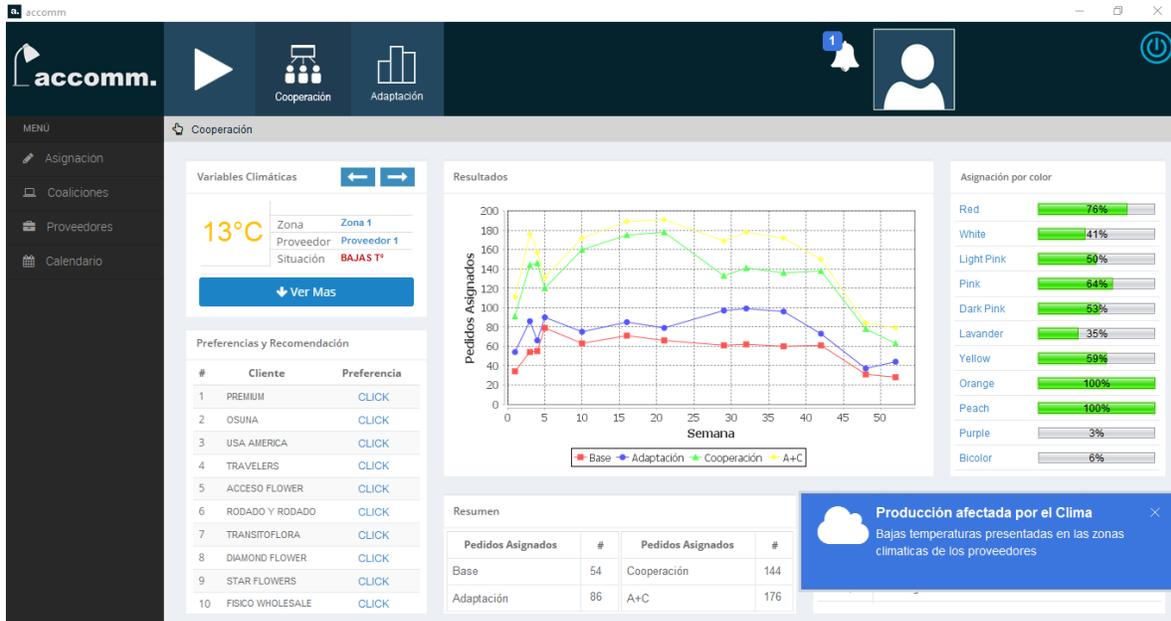


Ilustración 38. Escenario “Adaptación + Cooperación”

Aparte de contar con los servicios enriquecidos desglosados anteriormente en los escenarios de Adaptación y Cooperación, este último escenario muestra cómo afectan las variables contextuales a los participantes de las diferentes coaliciones de proveedores (Ilustración 39).



Ilustración 39. Clima Proveedores

Como principal aporte, genera una comparación entre todos los escenarios desarrollados durante este prototipo, mostrando por medio de una tabla de resultados y una gráfica (Ilustración 40), cómo

responde el sistema usando los modelos postulados en esta investigación, frente a la operación base de la empresa.

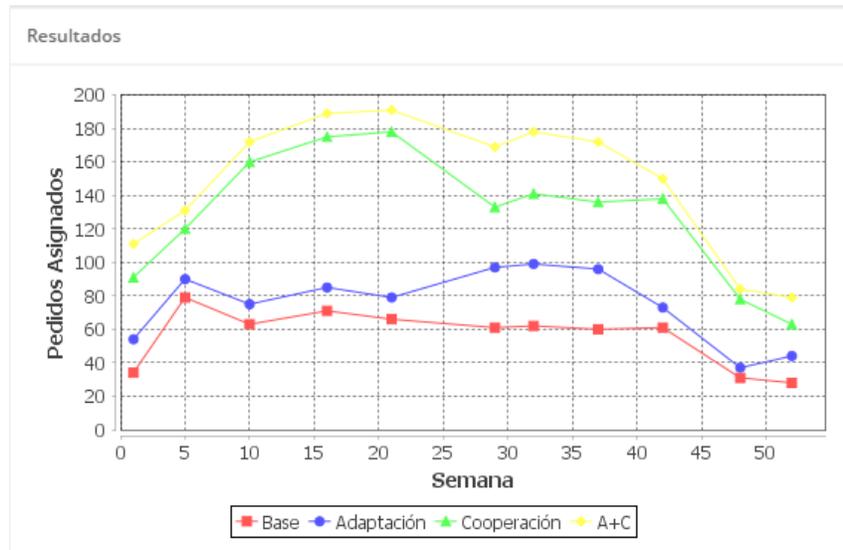


Ilustración 40. Resultados “Adaptación + Cooperación”

Para continuar con el desarrollo de la investigación, en la siguiente sección se expondrán las diferentes validaciones hechas alrededor del software.

6.6. Validación

Para validar la herramienta respecto a sus objetivos se utilizaron pruebas basadas en la adaptación, enfocadas en cuatro escenarios diferentes. Estos hacen uso de los diferentes modelos planteados en las contribuciones, por lo que esta validación permitirá contrastar los beneficios teóricos que los modelos traen contra su aplicación práctica en un caso real. Así mismo, se realizaron pruebas de usabilidad del sistema según la percepción de los usuarios finales.

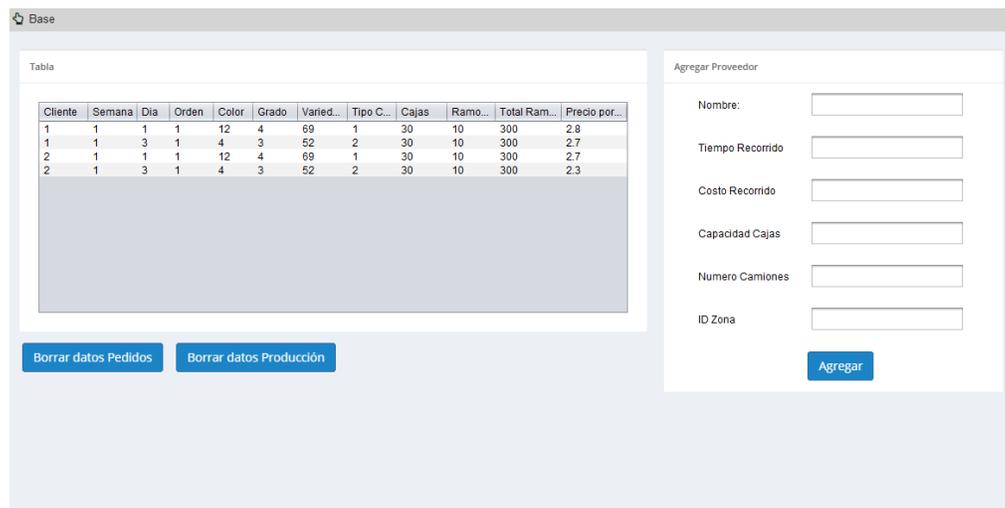
6.6.1. Pruebas de Adaptación

Caso de prueba sin adaptación

Aunque Accomm está diseñado y desarrollado para ser un software de adaptación apuntado a enriquecer servicios que apoyen la planeación de operaciones logísticas y de mercadeo, para efecto del

ejercicio académico, se comparará cómo sería dicho software sin el componente de adaptación y cuáles serían sus respuestas, dejando ver así, las bondades de los modelos plantados en este documento.

Partiendo de los pedidos y de las producciones ingresadas en el sistema, para conocer cómo estará la operación en cierto periodo (Para efectos de prueba será Semanal), igualmente se ofrecerán servicios de visualización de las demandas de productos por parte de los clientes y del inventario de producto que tiene la empresa.



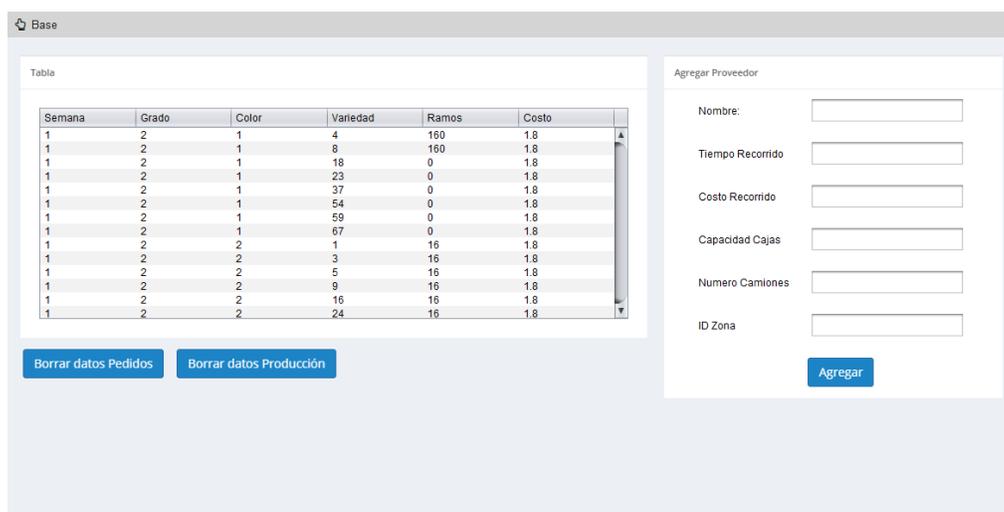
The screenshot displays a web application interface with two main sections. On the left, a table titled 'Tabla' contains the following data:

Cliente	Semana	Dia	Orden	Color	Grado	Varied...	Tipo C...	Cajas	Ramo...	Total Ram...	Precio por...
1	1	1	1	12	4	69	1	30	10	300	2.8
1	1	3	1	4	3	52	2	30	10	300	2.7
2	1	1	1	12	4	69	1	30	10	300	2.7
2	1	3	1	4	3	52	2	30	10	300	2.3

Below the table are two buttons: 'Borrar datos Pedidos' and 'Borrar datos Producción'. On the right, a form titled 'Agregar Proveedor' includes input fields for 'Nombre', 'Tiempo Recorrido', 'Costo Recorrido', 'Capacidad Cajas', 'Numero Camiones', and 'ID Zona', along with an 'Agregar' button.

Ilustración 41. Pedidos sin adaptación

La producción desplegada por el software estaría alimentada únicamente por las existencias actuales dentro de la empresa.



The screenshot shows a software interface with a table and a form. The table has columns for Semana, Grado, Color, Variedad, Ramos, and Costo. The form is titled 'Agregar Proveedor' and includes fields for Nombre, Tiempo Recorrido, Costo Recorrido, Capacidad Cajas, Numero Camiones, and ID Zona, along with an 'Agregar' button.

Semana	Grado	Color	Variedad	Ramos	Costo
1	2	1	4	160	1.8
1	2	1	8	160	1.8
1	2	1	18	0	1.8
1	2	1	23	0	1.8
1	2	1	37	0	1.8
1	2	1	54	0	1.8
1	2	1	59	0	1.8
1	2	1	67	0	1.8
1	2	2	1	16	1.8
1	2	2	3	16	1.8
1	2	2	5	16	1.8
1	2	2	9	16	1.8
1	2	2	16	16	1.8
1	2	2	24	16	1.8

Ilustración 42. Producción sin adaptación

Los servicios ofrecidos por este software sin características de adaptación o cooperación estarían enteramente determinados por los juegos de inventario básicos, es decir, según la producción para la semana que se esté realizando el pedido, que, de este, puede ser entregado. Para al final tener un indicador de pedidos entregados con respecto a la totalidad de los pedidos. Estos últimos son asignados por orden de llegada, en otras palabras, quien pide primero recibe primero su producto hasta agotar existencias.

Caso de prueba con adaptación

La adaptación, por medio de la aplicación de los modelos planteados a lo largo de esta investigación, y la integración de estos, enriquece los servicios prestado en tres diferentes frentes correspondientes a los escenarios de: Adaptación, Cooperación y “Adaptación + Cooperación”. El escenario de adaptación hace evidente la contribución de la misma. Por parte de perfiles de clientes, ofrece recomendaciones de productos basados en los pedidos históricos y sus preferencias, generando alternativas en caso de no tener algún producto específico demandado. También, se tiene en cuenta variables contextuales como las posibilidades de huelgas y las variables climáticas, midiendo el impacto de éstas dentro de la empresa (Ej. Producción perdida por bajas temperaturas). Una vez estimado este impacto, el sistema notifica al usuario sobre estos problemas para que éste ejecute las pertinentes salvaguardas. Así mismo, genera una jerarquización de los clientes, permitiendo asignar

el producto prioritariamente, basando la jerarquía en la importancia estratégica que tiene cada cliente para la empresa.

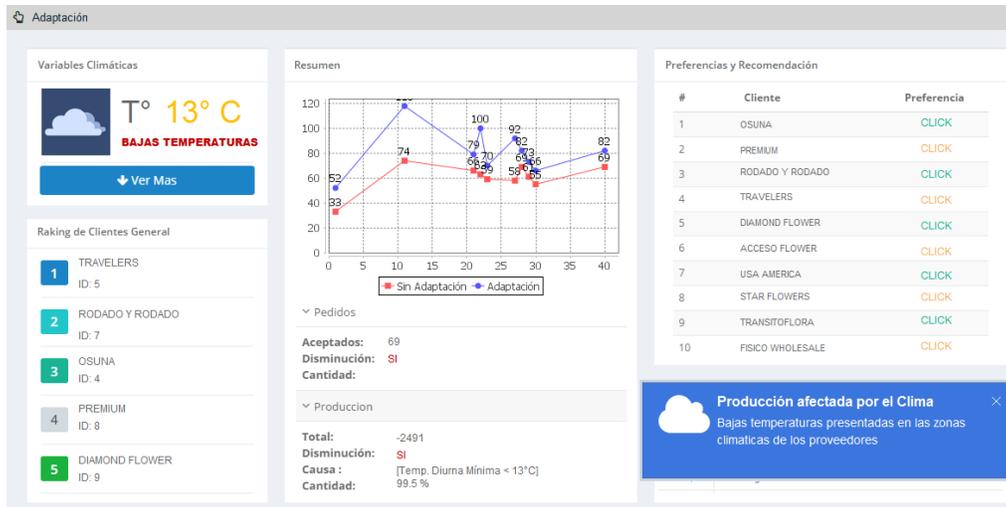


Ilustración 43. Accomm con Adaptación



Ilustración 44. Accomm con Cooperación

La cooperación por su parte, contrasta con el sistema sin adaptación, permitiendo explotar las relaciones con los proveedores, buscando alternativas para cumplir con los pedidos que no fueron asignados en su totalidad por falta de inventario mediante la creación de coaliciones entre *partners*. Por ultimo, la integración de los modelos lleva mas allá la investigación, permitiendo no sólo aplicar el modelo de adaptación sobre la empresa misma, sino, permitiendo involucrar a los

proveedores en éste, generando jerarquias no sólo en cliente sino en los proveedores que participan en las coaliciones, y vislumbrando mucho más allá de un contexto propio, validando qué podría pasar con la coaliciones cuando el contexto genera consecuencias negativas en los proveedores también.

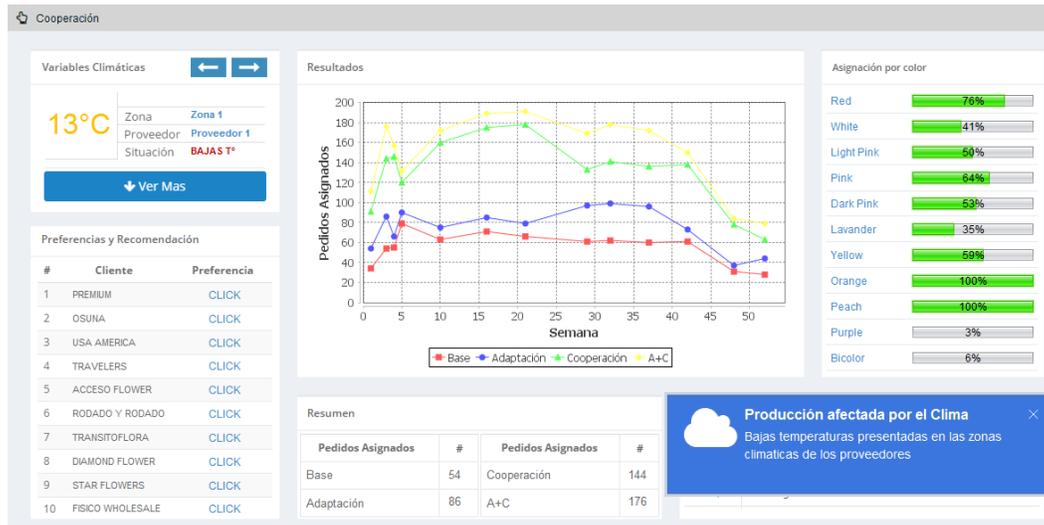


Ilustración 45. Accomm con “Adaptación + Cooperación”

Caso de prueba con adaptación e Indicadores

Para esta validación de hizo uso de tres indicadores de rendimientos correspondientes a: 1. Pérdida total de inventario, 2. Promedio total de costo y 3. Promedio total de tiempo. Estos últimos dos son un conjunto de pequeños costos y pequeños tiempos respectivamente:

C1	Costo venta por proveedor
C2	Costo de revisión de flor
C3	Costo de alistar ramos
C4	Costo de armar ramos
C5	Costo de empacar caja
C6	Costo de Zunchar caja
C7	Costo de cargue
C8	Costo INCOTERM

T1	Tiempo recorrido proveedor a ensambladora
T2	Tiempo operario asignado REV FLOR
T3	Tiempo operario asignado ALISTAR
T4	Tiempo operario asignado ARMAR
T5	Tiempo operario asignado EMPACAR
T6	Tiempo operario asignado ZUNCHAR
T7	Tiempo operario asignado CARGUE
T8	Tiempo asociado con el término Incoterm

Tabla 5. Detalle Costos y Tiempos

A partir de estos indicadores se validó el rendimiento operativo de la cadena de suministro y sus resultados. Para esta validación se usó la integración (Escenario: Adaptación + Cooperación) de los Modelos de Cooperación y Adaptación, frente al escenario de la operación base.

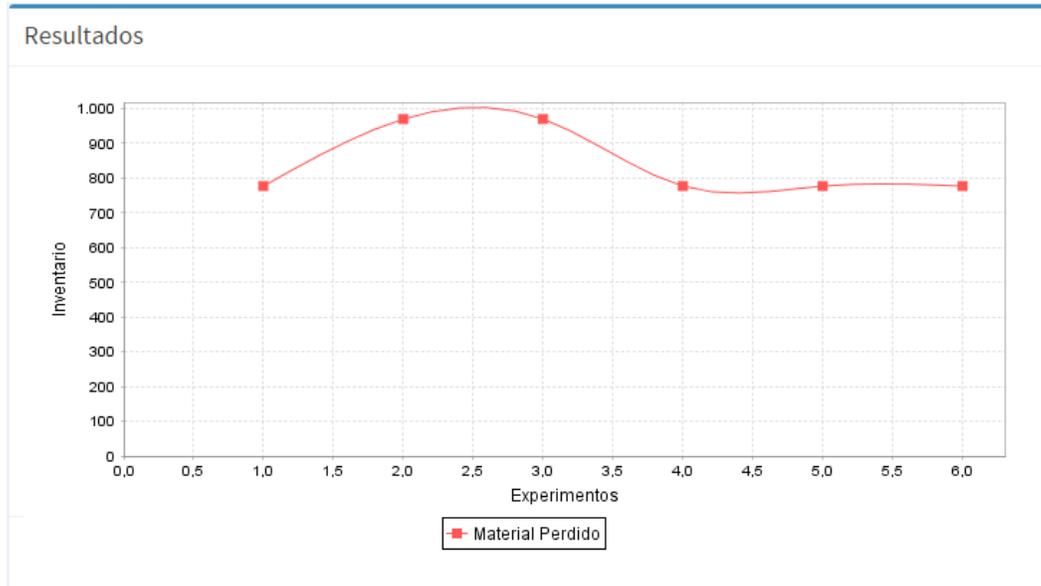


Ilustración 46. Indicador Perdida Material Escenario Adaptación + Cooperación

En general el material perdido para el escenario de “Adaptación + Cooperación” termina siendo considerablemente más bajo, esto debido a la oferta suplementaria entregada a los clientes para satisfacer pedidos que no pueden ser asignados por falta de inventario (Incluso con el sistema de coaliciones).

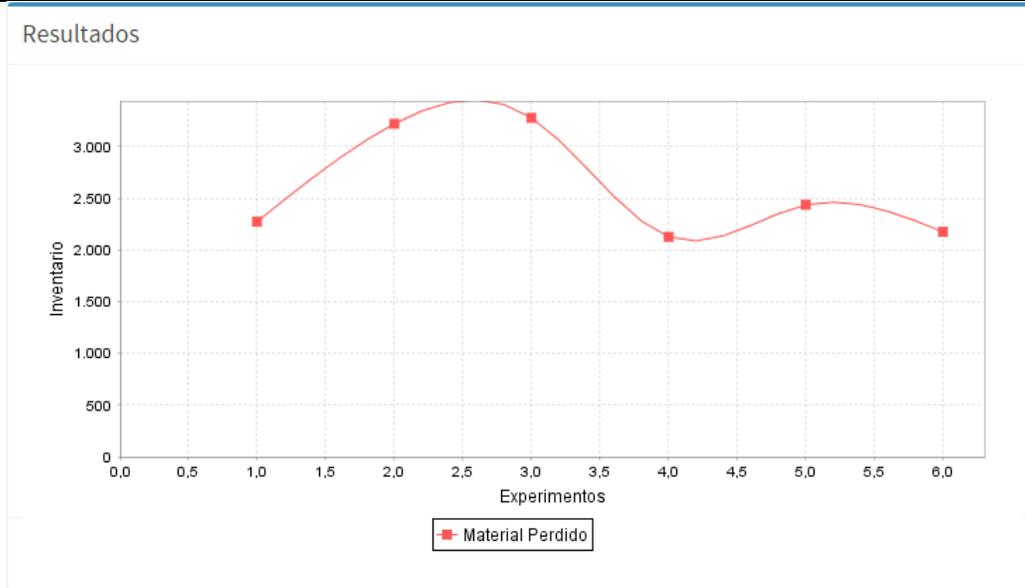


Ilustración 47. Indicador Perdida Material Escenario Base

Con respecto al indicador del promedio de costos, este es ligeramente más alto que en la operación base, pero esto debido a que se debe sumar el costo de la entrega de producto por parte de los *partners*, lo que es asociado al costo C1 nombrado en la tabla 5.

Por su parte, las gráficas referentes al indicador de promedio de tiempo muestra un gran incremento de este último en el escenario “Adaptación + Cooperación”, con respecto al escenario base, debido a que se considera el tiempo de entrega que cada *partner* perteneciente a la colación le toma llegar a la empresa ensambladora, lo que en el escenario base, sólo se ve reflejado por el tiempo de un solo *partner*, mientras que en “Adaptación + Cooperación” se refleja todos los participantes de la colación, por lo que a más participantes, más tiempo.

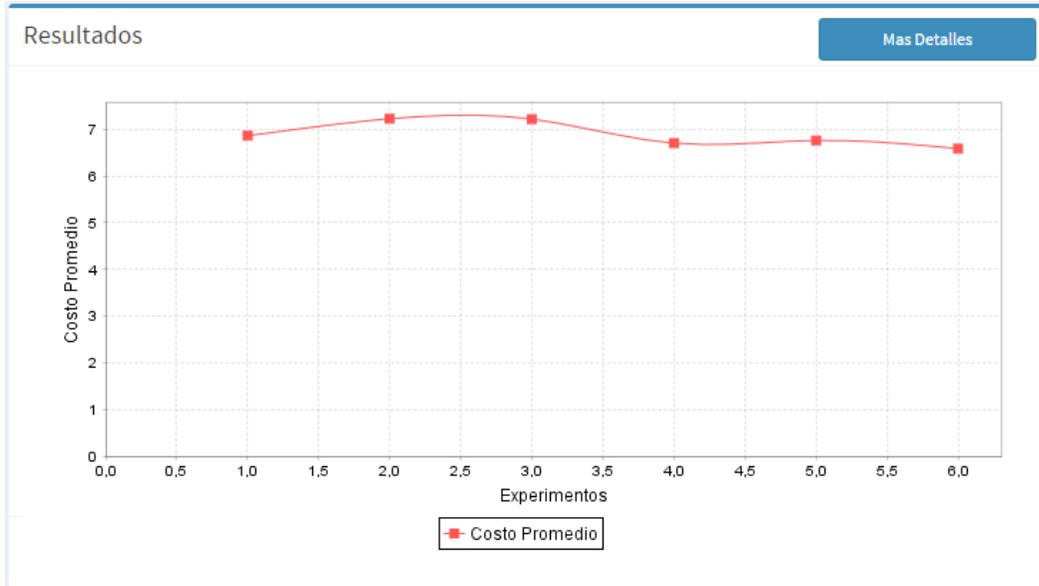


Ilustración 48. Indicador Promedio Costo Escenario Adaptación + Cooperación

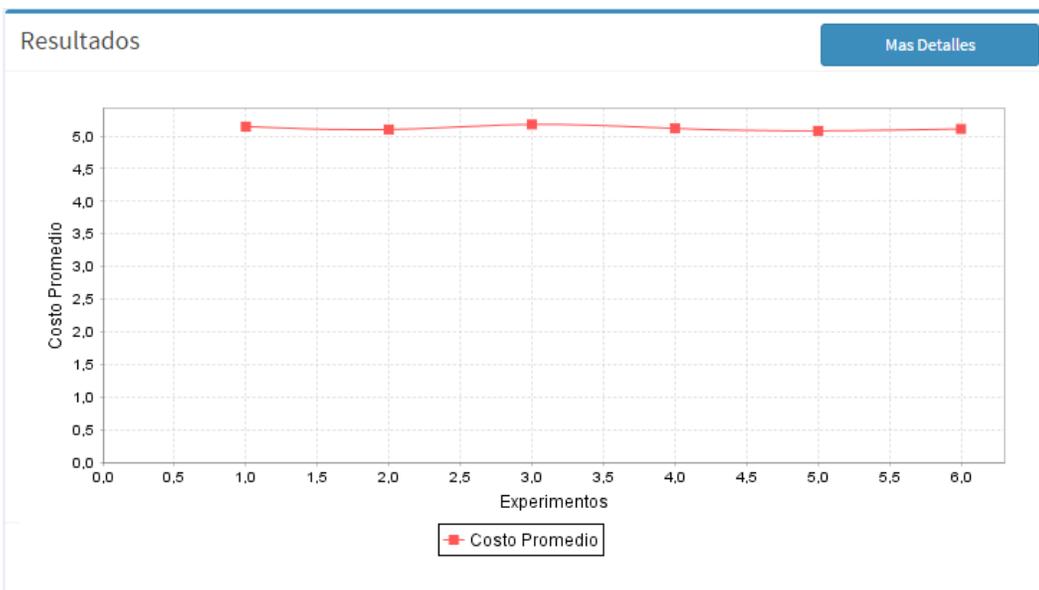


Ilustración 49. Indicador Promedio Costo Escenario Base

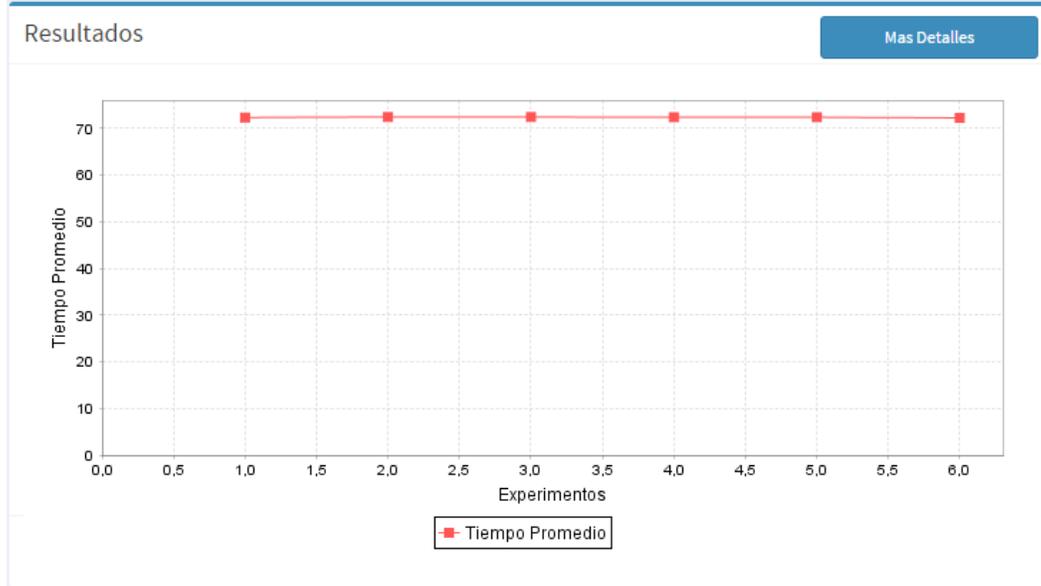


Ilustración 50. Indicador Promedio Tiempo Escenario Adaptación + Cooperación

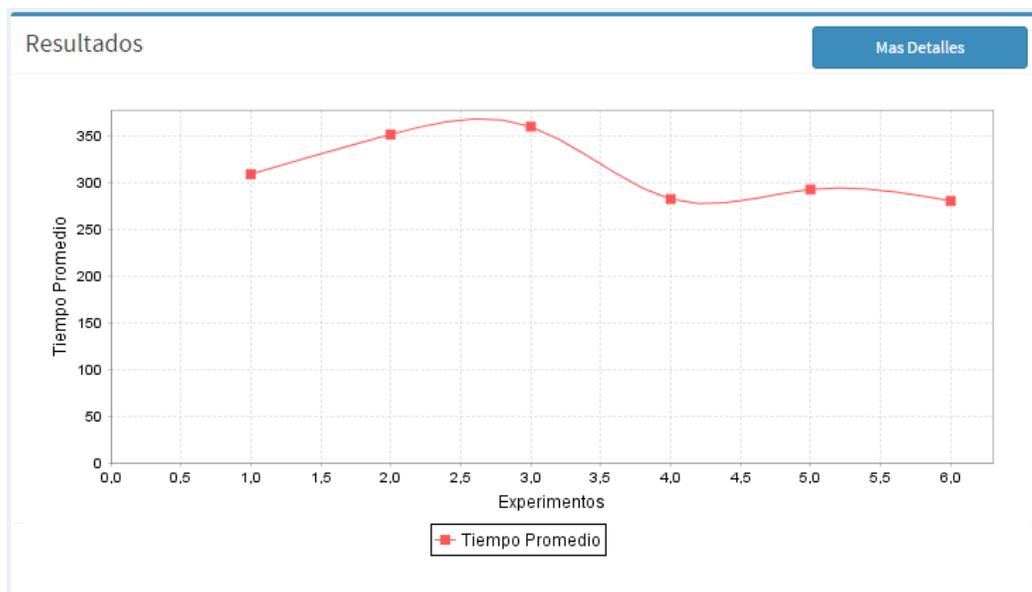


Ilustración 51. Indicador Promedio Tiempo Escenario Base

6.6.2. Pruebas de Usabilidad

Como se plantea al principio de la sección, este tipo de validación se basa en un atributo de calidad de software denominado: Usabilidad. Antes de exponer cómo se logró la validación del mismo, es necesario comprender a qué se refiere esta investigación en cuanto a Usabilidad y cómo logra eva-

luarla. La Usabilidad es definida como la facilidad con que las personas (Usuarios finales) pueden utilizar una herramienta de software con el fin de alcanzar un objetivo concreto (Estándar ISO/IEC 9126). Este objetivo generalmente está determinado por los requerimientos generales de los desarrollos de software. Es justo acá donde se evidencia la importancia de la Usabilidad, ya que es ésta, la que determina si un producto realmente se adapta a quien va dirigido.

Escala de Usabilidad

En respuesta a los requerimientos de evaluación de la Usabilidad se planteó, para esta validación, el uso de la escala de percepción de usabilidad (SUS). Dicha escala, logra mediante su modelo de validación, poner en conocimiento la percepción de los usuarios finales de la herramienta. Esto se logra mediante un proceso de retroalimentación que tiene en cuenta los diferentes usuarios del sistema, sus necesidades, experiencia, perspectivas de uso y las diferentes interacciones e intervenciones que se pueden presentar. Esta escala está basada en el estándar de ISO/IEC 9126 y ISO/IEC 9241, los cuales enfocan y describen la usabilidad bajo las siguientes características: aprendizaje, comprensión, operatividad y el carácter atractivo de la interfaz, permitiendo la evaluación de las primeras tres mediante SUS.

Como descripción general, la escala de la usabilidad del sistema (SUS) es una escala sencilla, de diez ítems que da una visión global de las evaluaciones subjetivas de la Usabilidad. La técnica utilizada para la selección de los elementos (Preguntas) de la escala, se basa en identificar ejemplos de las percepciones generadas por los usuarios a la hora de hacer una retroalimentación de una experiencia de uso después de interactuar con un sistema. Esta interacción se desarrolla mediante esta selección de ítems en la que se busca eliminar las ambigüedades en las percepciones, así como, realizar preguntas en formas afirmativas y negativas que no siempre expresan concordancia.

Resultados

Esta escala fue generada mediante la evaluación de diez (10) elementos o preguntas realizadas a los diferentes usuarios de sistema, con las cuales SUS después de la ponderación final, provee un único número que representa una medida compuesta de la utilidad general del sistema en estudio. Cabe resaltar que las puntuaciones generadas para los elementos individuales no son significativas por sí solos. La escala arroja un valor de 0 a 100, siendo 0 el nivel de usabilidad más bajo, y 100 el nivel

de total Usabilidad. Este instrumento fue aplicado a los dos diferentes roles de usuarios que interactúan con el sistema: Investigador y Gestor de Operación, a los cuales el sistema les despliega dos perfiles completamente diferentes.

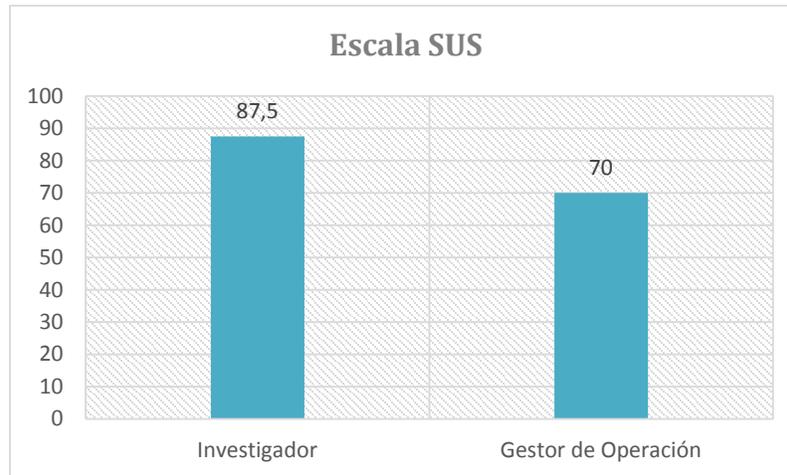


Ilustración 52. Resultados Usabilidad

En conclusión, tanto para el usuario del rol investigador, como para los usuarios con el rol de gestor de operación se puede observar que los niveles de usabilidad se acercan al nivel de total usabilidad, reflejando características de aprendizaje, comprensión y operatividad, promovidas por el sistema. También es de notar, que el usuario investigador identifica que la herramienta es más usable, en comparación con el usuario gestor de la operación, lo que sugiere una mejoría en el perfil de este último, sobre todo teniendo en cuenta que ambos interactúan con componentes distintos dentro de la herramienta.

La aplicación de la prueba SUS se hizo por medio de la herramienta de encuestas de Google. Para acceder a esta última puede hacer clic en el siguiente enlace: <http://goo.gl/forms/4Eb9LOYJhx> o remitirse al documento *Anexo. Escala de usabilidad*.

6.6.3. Post-Mortem

Al ser un proyecto interdisciplinar, donde se ven relacionadas la ingeniería de sistemas y la ingeniería industrial, se cuenta con una serie de lecciones aprendidas, viéndose en este documento, solo las

más globales. Cabe destacar que dicho proyecto está enmarcado en un proyecto de tesis doctoral, lo cual permite enriquecer aún más esta sección.

Aspectos Positivos

En general, el proceso de trabajo de grado a nivel de maestría es un proceso muy enriquecedor en términos de plantear investigaciones con modelos generales adaptables a diferentes casos de estudio dentro de un mismo contexto.

La integración de un Modelo de Adaptación junto con un Modelo de Cooperación presenta el aspecto más destacable de la investigación, logrando niveles de adaptación mucho más altos con el apoyo del Modelo de Cooperación a Modelo de Adaptación resaltando aspectos de comunidad que promueven la satisfacción de las necesidades de los clientes. De igual manera se pudo modelar los impactos climáticos dentro de escenarios experimentales y tenerlos en cuenta de forma real para escenarios actuales, lo que sin duda hace parte de los más grandes aprendizajes que deja esta investigación, reunión bases teóricas de la Ingeniería de Sistemas y la Estadística aplicadas al campo de la industria.

Aspectos con Dificultad

La integración de un modelo de maximización generó uno de los puntos más críticos de la investigación, siendo éste un enfoque más industrial, requirió bastante contextualización para llegar a tener la justificación y la validación de su utilidad. Este punto permitió resolver el conflicto de la selección de coaliciones en el Modelo de Cooperación, permitiendo enriquecer de forma sustancial dicho modelo, y contribuyendo al Modelo de Adaptación en la fase de integración, añadiendo más factores de adaptación a la solución final.

Por otro lado, la escogencia de una distribución estadística permitió generar conjuntos de valores aleatorios que respondieran a comportamientos reales con alta confiabilidad en su especulación, enriqueciendo el proceso de planeación para escenarios experimental. Esto se evidenció en casos de generación de producciones, pedidos, variables climáticas, tiempos de operación, entre muchas otras, siendo de vital importancia en la investigación. La distribución escogida fue la normal, con la cual se generan variables aleatorias continuas con respecto a su frecuencia de aparición en datos

reales. Este aspecto puede ser refinado con distribuciones más exactas como la distribución triangular, aunque esto último debido a restricciones en el alcance de la investigación se plantea en trabajo futuro.

A continuación, se detallará la terminación de esta investigación exponiendo las conclusiones y perspectivas de la misma.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En esta sección se plantearán las respectivas conclusiones de esta investigación, divididas en: Impactos y Conclusiones. También se expondrán el trabajo futuro (Perspectivas).

7.1. Impactos

A continuación, se presentarán los diversos impactos en áreas del conocimiento que tiene esta investigación.

Científicos y Tecnológicos

El sistema de adaptación desarrollado representa una solución original a la problemática descrita partiendo de la interdisciplinariedad por sí mismo. La integración entre Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial, además de su aplicación en el sector agroindustrial muestra cómo estas disciplinas pueden alinearse para favorecer las empresas. Así mismo, generará un producto tecnológico (un prototipo) que permitirá contribuir al ejercicio de planeación de las empresas, orientando algunos procesos de la cadena de suministro al cliente. Por último, el modelo es suficientemente genérico para ser aplicado en diversos modelos de negocio del sector agroindustrial, sin importar los productos o modelos de negocio específicos de cada organización

Social

El sistema que se genera en este proyecto puede ser utilizado en las empresas del sector agroindustrial, permitiendo enriquecer la planeación en las diversas organizaciones. El nicho de merca-

do que cuente con el sistema podrá aplicar este sistema en cualquiera de sus periodos para generar la planeación, lo que no la vuelve estrictamente enmarcada en periodos específicos, sino que puede apoyar a diferentes intervalos donde el negocio sea potencialmente más rentable.

Éticos y Ambientales

El sistema usará datos confidenciales de clientes y de sus pedidos históricos, lo cual es información de sumo cuidado y no apta para el público, por tal motivo se requiere hacer un manejo cuidadoso de la confidencialidad y privacidad. Antes de realizar las pruebas, se les informará la empresa del sector floricultor en la que se realizará el caso de estudio. Nunca se publicará información provista por la misma y los resultados solo serán consultados por los actores dentro de la organización.

7.2. Conclusiones

A continuación, se expondrán las conclusiones concernientes al desarrollo esta investigación. Se dividirán en dos tipos de conclusiones: de objetivos específicos y generales.

Conclusiones en Objetivos Específicos

Estas conclusiones están enfocadas en el cumplimiento de los objetivos planteados para esta investigación, haciendo énfasis en los objetivos específicos y cómo estos fueron alcanzados. En primer lugar, se identificaron y se seleccionaron un total de siete (7) procesos en los cuales estaba involucrado el cliente, que además fueran susceptibles de adaptación. Los procesos están enmarcados en un macro proceso denominado: Cumplimiento de Orden. A partir de estos procesos se basó toda la investigación. Con la identificación y entendimiento de estos procesos se cumplió el objetivo específico 1. Cabe resaltar que la cantidad de procesos escogidos está directamente relacionada con el alcance de la investigación.

En segundo lugar, se seleccionó un Modelo de Cooperación basado en la creación de coaliciones. La participación en cada coalición se limitó según el nivel de aporte de producto a la misma por *partner*. Este modelo se acopló y se vio delimitado por los procesos seleccionados en el Objetivo Específico 1. La selección del modelo de cooperación contribuyó al alcance del Objetivo específico 2.

Como tercer paso, se generó un Modelo de Adaptación el cual pudo integrar sus características: Perfil de Cliente, Perfil de Producto y Perfil de Contexto, con las necesidades de la empresa, así como con el Modelo de Cooperación. Con esto se alcanzó el Objetivo Específico 3.

Por último, se desarrolló el software *Accomm* como respuesta a la necesidad de un sistema adaptativo de planeación de operaciones logísticas y de mercadeo de la cadena de suministro orientadas al cliente a partir de los diversos modelos generados (Objetivo específico 4) y se validó a través de un prototipo funcional aplicado en un caso real del sector floricultor, usando datos reales de la empresa, y modelando su operación base. Esto fue complementado con la aplicación de los Modelos de Adaptación y Cooperación (Objetivo específico 5).

Conclusiones Generales

Para empezar con las conclusiones generales, se abarcarán las referentes a los Modelos de Adaptación y Cooperación. El Modelo de Adaptación logró ofrecer un paquete de servicios enriquecidos a las empresas del sector floricultor: notificaciones de cambios contextuales, recomendación de oferta, recomendación de productos suplementarios y jerarquización de cliente según su importancia estratégica, jerarquización de *partners* en términos de producción asignada en las coaliciones. Dicho enriquecimiento se hizo mediante la generación probabilística de variables climáticas para representar el contexto, donde la generación se basó en datos de temperaturas históricas para las regiones seleccionadas. De igual forma, se complementó el perfil de cliente a partir de su historial de pedidos, evidenciando así, sus principales necesidades de compra. Por último, se implementó un Modelo de Cooperación el cual enriqueció el principio de comunidad entre la empresa y los *partners*, incentivando la creación de coaliciones para satisfacer la demanda de los clientes y estudiando la producción de los *partners* de la empresa.

Una vez expuestas las conclusiones de los modelos por separado, se hará énfasis en la integración de los mismos. Por medio de la Integración entre el Modelo de Adaptación y Cooperación, se pudo caracterizar el contexto de los *partners* (igual que en la empresa) con el fin de prever problemas en el cumplimiento de entrega de producto por parte de las coaliciones formadas. También, se logró hacer una planeación de la operación y una gestión de pedidos a partir de las necesidades del cliente y de las características de los *partners*. Lo que finalmente, potenció el desarrollo de un sistema de adaptación denominado *Accomm*, el cual añade las características del cliente y sus *partners* dentro

de los procesos de logística y mercadeo de la cadena de suministro de una empresa del sector floricultor, donde el cliente no había sido tenido en cuenta anteriormente.

El Sistema de Adaptación Accomm planteó una recomendación de productos a los clientes más ponderados por la empresa con base en la información de pedidos históricos de estos. Esta recomendación se hizo para dos diferentes casos. El primero dirigido a la empresa, esto con el fin de prever la demanda de los clientes. En segundo lugar, se recomendó producto altamente similar que pudieran suplir la falta de inventario de otro producto demandado. Igualmente, realizó una caracterización del contexto que rodea la empresa basándose en variables climáticas, con el fin de anticiparse a posibles pérdidas de inventario en las producciones propias. En segundo lugar, mediante la implementación de un motor de inferencia, Accomm permite la adición, edición, visualización y eliminación de reglas para delimitar las diferentes consecuencias que puede ejercer el contexto, esto con el fin de ser adaptable si este último cambia (Cambios geográficos, condiciones de operaciones, entre otros). Por último, Accomm implementó un modelo matemático de maximización de aporte a un conjunto de producciones para la selección de los participantes de la coalición de partners que se hacen cargo de proveer los productos demandados por la empresa.

Aunque el prototipo de Accomm es StandAlone para favorecer la consulta de éste desde cualquier computador donde se instale, Accomm fue diseñado con una arquitectura de software basada en capas, la cual es altamente escalable, lo que favorece la implementación del sistema, dando la facilidad de desplegar sus capas en diferentes nodos en caso de querer ser escalado a diferentes máquinas. Por medio de esta arquitectura se desacopló el sistema de reglas y base de datos para favorecer aún más la escalabilidad del software. Así mismo, buscando favorecer los atributos de calidad de la arquitectura de software, se realizaron pruebas de usabilidad las cuales determinaron que Accomm es un sistema altamente usable; sin embargo, para que el sistema genere una alta confiabilidad en el usuario empresa, debe pasar un periodo considerable de tiempo, para validar los resultados arrojados por el software contra los resultados reales, y corroborar su coincidencia. Entiéndase tiempo considerable como una temporada de año donde se vean reflejadas épocas de baja y alta demanda.

En términos de uso, gracias a que el sistema cuenta con dos diferentes perfiles: Investigador y Empresa, este último puede hacer uso de indicadores de rendimiento específicos para llevar a cabo sus propios escenarios experimentales. Por otro lado, permite al usuario investigador hacer experimentos sobre escenarios proyectados según distribuciones de probabilidad que ofrecen un modelado

adecuado a la realidad, permitiendo reproducir la operación base de las empresas y calcular sus indicadores de rendimiento. Específicamente en el indicador de rendimiento “Total de Pedidos Completos Asignados”, se encontró una relación ascendente entre el escenario base y los demás escenarios, siendo el indicador más favorable en estos últimos. El escenario que más pedidos totales logró fue el escenario de la integración de los Modelos de Adaptación y Cooperación.

7.3. Trabajo Futuro

En el ámbito experimental, se plantea ampliar el marco de tiempo en el que se generan los experimentos, logrando que estos últimos sean periodos superiores a una semana. Así mismo, se pueden implementar tecnologías más robustas que permitan realizar una gran cantidad de experimentos continuamente. Hoy por hoy, las limitaciones de hardware permiten la ejecución de los mismos uno a la vez. En términos de validación experimental, se sugiere realizar un diseño del experimento para validar metodológicamente las hipótesis generadas en los diferentes experimentos, aportando a las validaciones ya realizadas: Aplicación en caso real, pruebas de usabilidad y pruebas de adaptación.

Tecnológicamente hablando, se sugiere implementar un sistema multi-agente que permita modelar los clientes inmersos en los procesos de producción y su toma de decisión. Este último mediante un modelo de inteligencia artificial basado en comportamientos históricos para validar las recomendaciones propuestas. Por otro lado, se recomienda ampliar la cobertura del motor de base de datos unificándolo en la nube para alimentar todas las distribuciones del software y así hacer cambios generales sin intervenir en versiones individuales. También se propone realizar un módulo de adición de reglas de adaptación a manera de administrador de las mismas para añadir cuantas se desee, y no limitarlas solo al contexto.

Por último, se busca desarrollar Accomm de forma móvil para que sus usuarios puedan disponer de éste en cualquier momento, y se recomienda integrar Accomm con diferentes empresas del sector agroindustrial para validar su generalidad, ampliando el estudio enfocado en los procesos abarcados con procesos diferentes a distribución y marketing.

8. REFERENCIAS

- [1] Zhang Chun-ping; Liu Xiu-qing, "Research on customer value oriented supply chain management strategies," *Logistics Systems and Intelligent Management*, 2010 International Conference on , vol.1, no., pp.173,177, 9-10 Jan. 2010.
- [2] Behncke, F.G.H.; Gabriel, F.; Langer, S.; Hepperle, C.; Lindemann, U.; Karl, F.; Pohl, J.; Schindler, S.; Reinhart, G.; Zaeh, M.F., "Analysis of information flows at interfaces between strategic product planning, product development and production planning to support process management - A literature based approach," *Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2011 IEEE International Conference on , vol., no., pp.72,79, 9-12 Oct. 2011.
- [3] Lam Thu Bui, Zbigniew Michalewicz, Eddy Parkinson, and Manuel Blanco Abello. 2012. Adaptation in Dynamic Environments: A Case Study in Mission Planning. *Trans. Evol. Comp* 16, 2 (April 2012), 190-209.
- [4] Ministerio de agricultura y desarrollo rural, Rendición de cuentas 2010-2011, página: 4
- [5] Dane.(2014) Exportaciones de Colombia. Informe Técnico. Recuperado en febrero 6. En línea en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol_exp_nov14.pdf
- [6] Paz, Carlos Ramon Lopez; Perez, Francisco Macia, "Strategic it use through the adaptation and incorporation of business-IT alignment models," *e-Business (ICE-B)*, 2011 Proceedings of the International Conference on , vol., no., pp.1,6, 18-21 July 2011
- [7] The Triple-A Supply Chain, Dr. Hau L. Lee, *Harvard Business Review*, 2004.
- [8] Chang Y.; Collaborative mechanism of manufacturing enterprise supply chain based on multi-agent.; School of Business, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450052, China. Liang Hao; Gu Lei; Wu Qidi, "A business intelligence-based supply chain management decision support system," *Intelligent Control and Automation*, 2002. Proceedings of the 4th World Congress on , vol.4, no., pp.2622,2626 vol.4, 2002
- [9] Liang, Dao-Lei, "The Application of Data Mining and the Newsboy Model in B2B E-Commerce Supply Chain," *Networking and Distributed Computing (ICNDC)*, 2012 Third International Conference on , vol., no., pp.212,215, 21-24 Oct. 2012
- [10] Liu Luhao, "Supply Chain Integration through Business Intelligence," *Management and Service Science (MASS)*, 2010 International Conference on , vol., no., pp.1,4, 24-26 Aug. 2010 doi: 10.1109/ICMSS.2010.5576813

-
- [11] Ping-Yu Chang; Yeh-Chun Juan; Fu-Chieh Liu, "Incorporating DCSP Algorithms into Multi-agent System for Supply Chain Collaboration - A Case Study for Manufacturing Supply Chain," Computer Science and Information Engineering, 2009 WRI World Congress on, vol.5, no., pp.402,405, March 31 2009-April 2 2009
- [12] Liang Hao; Gu Lei; Wu Qidi, "A business intelligence-based supply chain management decision support system," Intelligent Control and Automation, 2002. Proceedings of the 4th World Congress on , vol.4, no., pp.2622,2626 vol.4, 2002
- [13] Yang Qi; Feng Dexiong; Ming Yingzhao, "Constructing Supply Chain Networks Based on the Adaptation Point of View," Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on , vol., no., pp.1,4, 24-26 Aug. 2010
- [14] Chong Hyun Park; Patil, L.; Saitou, K.; Romeijn, E., "Decision support for optimal adaptation of product and supply chain systems based on real options theory," Automation Science and Engineering, 2009. CASE 2009. IEEE International Conference on , vol., no., pp.316,321, 22-25 Aug. 2009
- [15] Park Ch., Patil L., Saitou K.; Decision support for optimal adaptation of product and supply chain systems based on real options theory.; Senior Member, IEEE, and Edwin Romeijn.
- [16] Terlunen S., Horstkemper D., Hellingrath B.; Adaption of the discrete rate – based simulation paradigm for tactical supply chain decisions.; formation Systems and Supply Chain Management European Research Center for Information Systems University of Münster Leonardo-Campus 3 48149 Münster, Germany.
- [17] Debabrata Ghosh, Janat Shah, Supply chain analysis under green sensitive consumer demand and cost sharing contract, International Journal of Production Economics, Available online 14 November 2014, ISSN 0925-5273.
- [18] Norman M. Sadeh , David W. Hildum , Dag Kjenstad , Allen Tseng, MASCOT: An Agent-Based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling (1999)
- [19] Chien-wen Shen; Ping-Yu Hsu; Pao-Yi Peng; Hsiu-Heng Lin, "Risk Analysis of B2B Systems in Book Supply Chain from the Perspective of Information Processing Needs," Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2011 International Conference on , vol.1, no., pp.1114,1117, 28-29 March 2011
- [20] Jianxun Liu; Shensheng Zhang; Jian Cao, "An inter-enterprise workflow management system

- for B2B e-commerce and supply chain: a case study," *Systems, Man, and Cybernetics*, 2001 IEEE International Conference on , vol.5, no., pp.2921,2926 vol.5, 2001
- [21] Ramírez, S. A., & Peña, G. E. (2011). Análisis de comportamiento caótico en variables de la cadena de suministro. *Journal of Economics, Finance & Administrative Science* .
- [22] Noticia reporte de Ranking (2013). Líderes de la floricultura de Colombia. Recuperado en febrero 6,2015.
- [23] Sepulveda M. (2011), Estrategia competitiva y canales de distribución: estudio de casos y análisis de eficiencia para empresas floricultoras de la sabana de Bogotá, Universidad de la Sabana. Chía, Cundinamarca.
- [24] S. Pires and L. Carretero, *Gestión de la Cadena de Suministros*, México: McGraw Hill, 2007.
- [25] Hevner AR. "The three cycle view of design science research". *Scandinavian Journal of Information Systems*. 2007;19(2): 87.
- [26] González, E y C. Bustacara (Edit.). (2007). *Desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas multi-agentes*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 224p. ISBN 978-958-683-871-4.
- [27] Barrientos, J., Alvarado, F., Flórez, V., Martínez, P., Roca, D., Quintero, M., González, C., Guzmán, J., Esmeral, Y., López, M., Chaves, B., Cuervo, W., Castañeda, N. y Castañeda, F. (2011). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- [28] JESS, "rule engine and scripting environment". Fecha de consulta 2 de febrero de 2016. URL: <http://herzberg.ca.sandia.gov>.
- [29] Robert Monroe, Andrew Kompanek, Ralph Melton, y David Garlan, *Architectural Styles, Design Patterns, and Objects*, 1997.
- [30] Apache Commons, "Commons Math: The Apache Commons Mathematics Library". Fecha de consulta 17 de Marzo 2016. URL: <https://commons.apache.org>.
- [31] AGORA PROJECT, "Ágora Project". Fecha de consulta 2 de Febrero 2016. URL: <http://ashiy.javeriana.edu.co/~agora/>
- [32] Bevan, N, Kirakowski, J and Maissel, J, 1991, What is Usability?, in H.-J. Bullinger, (Ed.). *Human Aspects in Computing: Design and use of interactive systems and work with terminals*, Amsterdam: Elsevier.
- [33] Kirakowski, J and Corbett, M, 1988, Measuring User Satisfaction, in D M Jones and R Winder (Eds.) *People and Computers IV*. Cambridge: Cambridge University Press.

- [34] Solano-Vanegas, C.M., Carrillo-Ramos, A., Montoya-Torres, J.R., 2015, Conceptual Framework for Agent-based Modeling of Customer-Oriented Supply Networks. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- [35] Terlunen S., Horstkemper D., Hellingrath B.; Adaption of the discrete rate – based simulation paradigm for tactical supply chain decisions.; formation Systems and Supply Chain Management European Research Center for Information Systems University of Münster Leonardo-Campus 3 48149 Münster, Germany.
- [36] Carlos Reynoso and Nicolás Kiccillof, Estilos y Patrones en la Estrategia de Arquitectura de Microsoft, Versión 1.0, Marzo de 2004.