



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio, modelización y simulación de diferentes
estructuras de cadena de suministro

Autor

Inés Bentué Lalueza

Director

María José Oliveros Colay

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2020

A mis padres, que siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado.

A mi hermana, que siempre ha estado a mi lado y me ha consolado en los momentos difíciles.

RESUMEN

Estudio, modelización y simulación de diferentes estructuras de cadena de suministro

En la actualidad, cada vez hay más mercados y los clientes son complicados de satisfacer, los ciclos de vida de los productos son más y más cortos, por lo que las empresas están siempre en un continuo cambio para poder satisfacer a los clientes. Por eso, es muy importante la integración de la colaboración dentro de las cadenas de suministro.

Este trabajo se estructura en tres partes, la primera una parte de investigación y búsqueda de diferentes artículos y trabajos para poder abordar el tema de la colaboración entre los agentes de la CdS. Donde se definen de forma general los posibles agentes que intervienen en la cadena, así como las diferentes formas y grados de colaboración.

Posteriormente una segunda parte centrada en el diseño de la cadena, se definirá la estructura general, en forma de bloques, es decir, cada bloque representará a los agentes tradicionales, pero sin indicar cuantos agentes forman la cadena, tras plasmar la cadena general se pasará a definir tanto el flujo de materiales como el de información. Una vez esté todo bien definido, se plantearán cuatro posibles casos de estructuras, con un número limitado de agentes y referencias.

Y en la última parte, nos encontraremos con el diseño del modelo conceptual, se explicará cuales son los datos de entrada, el comportamiento de los agentes, el grado de colaboración entre ellos, los escenarios a plantear para evaluar el modelo de simulación en WITNESS, la forma de conectar los agentes, ese flujo de información y materiales. Finalmente pasaremos a la construcción del modelo en WITNESS.

ÍNDICE:

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO	3
1.1.-INTRODUCCIÓN.....	3
1.2.-ANTECEDENTES.....	3
1.3.-OBJETIVO DEL PROYECTO.....	4
1.4.-ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
CAPÍTULO 2: COLABORACIÓN ENTRE AGENTES DE LA CADENA DE SUMINISTRO	5
2.1.- AGENTES DE LA CdS.....	5
2.2. -GRADOS DE COLABORACIÓN	6
2.2.1.- TIPOS DE COLABORACIÓN	6
2.2.2.- TIPOS DE CADENAS Y EL EFECTO LÁTIGO.....	7
2.2.3.-FORMAS DE COLABORACIÓN.....	9
2.2.4.- NIVEL DE INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS	10
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE CdS A ESTUDIO.....	11
3.1.-ESTRUCTURA GENERAL DE CADENA DE SUMINISTRO	11
3.2.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA.....	12
3.2.1.-FLUJO DE INFORMACIÓN.....	12
3.2.2.-FLUJO DE MATERIALES	12
3.2.3.-INDICADORES DE RENDIMIENTO GENERALES:	14
3.3.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_01.....	15
3.4.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_02.....	17
3.5.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_03.....	19
3.6.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_04.....	21
CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL	24
4.1.-ESTRUCTURA GENERAL	24
4.1.1.-DATOS DE ENTRADA.....	24
4.1.2.-MODELO DE SIMULACIÓN	26
4.1.3.-BASES DE DATOS	30
4.1.4.-RESULTADOS	30
CAPÍTULO 5: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN WITNESS.....	31
5.1.-MÓDULO CLIENTE	31

5.2.-MÓDULO MINORISTA.....	37
5.3.-MÓDULOS MAYORISTAS, FABRICANTES Y PROVEEDORES.....	38
5.4.-PROBLEMAS DETECTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.....	38
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	40
6.1.-CONCLUSIONES.....	40
6.2.-VALORACIÓN PERSONAL.....	40
6.3.-TRABAJOS FUTUROS.....	40
ANEXO I: “JUEGO DE LA CERVEZA”.....	41
ANEXO II: CARACTERÍSTICAS DE LA CdS - DATOS DE ENTRADA.....	42
1.-ESTRUCTURA CASO 01.....	42
2.- ESTRUCTURA CASO 02.....	47
3.-ESTRUCTURA CASO 03.....	52
4.- ESTRUCTURA CASO 04.....	57
ANEXO III: INTRODUCCIÓN A WITNESS.....	62
1.-VENTANA DE INICIO.....	62
2.-MENÚS Y BARRAS DE ÚTILES.....	62
3.-ELEMENTOS BÁSICOS.....	63
3.1.-ELEMENTOS DE PROCESOS DISCRETOS.....	63
3.2.-ELEMENTOS DE PROCESOS CONTINUOS.....	64
3.3.-ELEMENTOS LÓGICOS.....	64
4.-ELEMENTOS GRÁFICOS.....	65
5.-REGLAS DE ENTRADA Y SALIDA.....	65
ANEXO IV: PRIMEROS PASOS EN WITNESS.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

1.1.-INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo, se presentará de forma introductoria, los objetivos y finalidades de este TFG, el cual continúa la línea de estudio ya iniciada en otros trabajos, estudiando de manera más profunda, cómo influye el grado de colaboración de los diferentes agentes en distintos tipos de estructura de cadena de suministro.

1.2.-ANTECEDENTES

En el entorno competitivo actual, la gestión de la cadena de suministro es esencial para reducir costes, mejorar el servicio al cliente y lograr un equilibrio entre costes y servicios, y de ese modo, ser competitivos. [1]

Una cadena de suministro (CdS) es una red de unidades de negocios autónomas y semiautónomas colectivamente responsables para actividades de adquisición, fabricación y distribución asociadas con una o más familias de productos. El proceso individual en la cadena puede verse afectado por la tecnología, el marketing y el transporte. Dicho entorno empresarial también puede influir en el rendimiento del sistema de la cadena de suministro. [3]

El nuevo contexto empresarial es cada día más exigente para las empresas, provocando que éstas tiendan hacia el diseño de productos que consten de varios módulos independientes que puedan ensamblarse de diferentes formas, con facilidad y bajo coste. A partir de ahí, y de forma correlacionada, los procesos de fabricación y servicio han de seleccionarse de manera que consten de etapas independientes, para que los productos puedan trasladarse y volverse a montar con facilidad. Y, en consecuencia, la cadena de suministro ha de diseñarse de forma que permita incluso la fabricación de productos, y debe poseer agilidad y capacidad de respuesta para recibir pedidos y entregar los bienes personalizados rápidamente, para adaptarse a los cambios y reaccionar ante eventos inesperados.[10]

Los centros de distribución desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la eficiencia, flexibilidad y confiabilidad de las cadenas de suministro. Dados los limitados recursos financieros y físicos de las empresas actuales, las empresas de distribución han comenzado a adoptar el valor de gran alcance del paradigma Lean. [19]

Las empresas han reaccionado a las aparentes oportunidades y amenazas de la globalización a través de diversas prácticas de producción global que han aumentado la complejidad de la cadena de suministro y diversas formas de riesgo. A través de la creciente integración de la cadena de suministro, las empresas han intentado gestionar este mayor nivel de complejidad. La integración de la cadena de suministro ha sido identificada como una práctica clave para administrar las cadenas de suministro y lograr un rendimiento superior. [27]

En resumen la Cadena de Abastecimiento es aquella que pretende planificar, sincronizar, administrar, controlar y mejorar los procesos desde el cliente hacia atrás, ya que el cliente es

quien percibe el valor del producto. Pero los proveedores, la producción y la distribución son los que generan dicho valor. [20]

1.3.-OBJETIVO DEL PROYECTO

Cada vez hay más mercados y más competidores, las empresas deben buscar aliados para conseguir mejores rendimientos y crecer, por ello la integración de los diferentes eslabones de la cadena de suministro se hace cada vez más necesario.

Las empresas se ven envueltas en la necesidad de tomar decisiones sobre con quién se alían y cómo lo hacen (con qué información). El objetivo del presente trabajo es la revisión de diferentes artículos y proyectos especializados, planteamiento de varios casos de estructura de CdS, diseño del modelo conceptual, contemplando las diferentes posibilidades y planteando los escenarios a evaluar, para finalmente construir el modelo en WITNESS.

1.4.-ALCANCE DEL PROYECTO

Lo que se pretende con este proyecto, además de mostrar que en la actualidad las empresas deben colaborar si quieren seguir siendo competitivas, es lo importante y necesario que es el estudio, planteamiento y diseño de todos los parámetros que forman la CdS, así como los posibles escenarios a evaluar antes de poder construir por completo el modelo de simulación. Para poder obtener unos resultados y tomar unas decisiones, primero se debe plantear y definir todo, una vez que esté todo definido se construye el modelo de simulación, el cual si no hay nada que lo impida, nos ayudará a tener una idea de lo que pasaría en el caso de aplicar dicha cadena de suministro con dichos parámetros en las situaciones evaluadas.

CAPÍTULO 2: COLABORACIÓN ENTRE AGENTES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

2.1.- AGENTES DE LA CdS

Las cadenas de suministro están formadas, por eslabones, niveles o agentes. Un agente se puede definir como una entidad que puede actuar de forma autónoma e inteligente. [37] Estas entidades autónomas representan a los proveedores, fabricantes, mayoristas, minoristas, clientes, transporte y referencias, facilitando su diseño, modelado y posterior simulación, para así, poder analizar e implementar sus resultados.

Siguiendo la estructura de algunos de los trabajos revisados, se definen las principales características de los siguientes agentes:

PROVEEDORES

Son el primer eslabón de la cadena de suministro, se encargan de la distribución de materias primas a las diferentes fábricas. Para el correcto funcionamiento se establecen contratos, en los cuales se estipula la cantidad a suministrar, el tiempo, el precio y la calidad que se requiere.

FABRICANTES

Los fabricantes, transforman las materias primas proporcionadas por los proveedores en productos finales para los clientes, por lo cual, es importante planificar la demanda, programar las operaciones, tener en cuenta los costes y tiempos de fabricación.

Los fabricantes estimarán la demanda, y con ello planificarán su producción, teniendo en cuenta que poseen una capacidad limitada de producción y de inventario.

MAYORISTAS

Sirven a los minoristas y se caracterizan por vender los productos en grandes cantidades. Agruparán la mercancía en función del pedido a servir al cliente.

Dependiendo de la estructura de la cadena de suministro y del grado de colaboración entre los diferentes eslabones ya sean del mismo nivel o de distinto, tendrán más o menos información, dependiendo de esa información los mayoristas planificarán su inventario y sus ventas de una determinada forma. También serán los encargados de gestionar su información y decidirán que comparten con el resto de agentes y a que coste.

MINORISTAS

Eslabón de la cadena que entra en contacto directo con mayor porcentaje de clientes finales. Suelen disponer de diferentes productos y variedad de fabricantes y mayoristas.

Por lo que, dependiendo de la estructura y del grado de colaboración dispondrán de más o menos información, la calidad de esa información será crucial para la gestión del inventario y para un buen servicio con el cliente. Si la información no es buena, o no se utiliza correctamente, podría derivar grandes problemas, ya sea por el aumento del inventario o por falta de servicio a los clientes, ambas incidencias pueden ocasionar altos costes económicos.

CLIENTES

La variedad de clientes, dependerá de la variedad de mercados a los que los productos lleguen, por lo que, los diferentes eslabones deberán estudiar y matizar la información que les llegue para poder satisfacer al mayor número posible.

La satisfacción de los clientes cada vez es más complicada, se ocasiona mayor competencia entre los eslabones, lo que en ocasiones provoca dificultades para establecer la colaboración, de ahí, la necesidad de establecer contratos colaborativos.

Los clientes que son el último eslabón de la cadena, o el primero según se considere, son los encargados de generar según necesidades sus pedidos, estos pedidos podrán ser todos los días de la semana, algunos, una vez a la semana...

TRANSPORTE

Los costes logísticos suponen un 40% del coste total, por lo que hay fabricantes que comparten los costes de transporte (transporte colaborativo), en otra ocasiones remiten sus productos a centros de distribución o plataformas logísticas, las cuales se encargan de hacer llegar los productos a los clientes.

Dependiendo de las estructuras y el grado de colaboración, diferentes eslabones del mismo nivel o de distinto, podrán compartir gastos de transporte y recursos. Por lo tanto, el comportamiento del transporte viene influenciado por las políticas de colaboración, o de no colaboración, de los miembros de la Cadena de Suministro.

REFERENCIAS

Son el bien o servicio deseado por los clientes, el cual, demandaran y comprarán al mejor postor. Las referencias podrán ser iguales o diferentes, cada productor y/o distribuidor poseerá unas u otras dependiendo de las estrategias y políticas de cada uno. Se venderán, comprarán y distribuirán en lotes, el tamaño de los lotes irá disminuyendo cuanto más cerca del cliente final se encuentren.

2.2. -GRADOS DE COLABORACIÓN

2.2.1.- TIPOS DE COLABORACIÓN

Una forma de clasificar los tipos de colaboración se basa en la situación relativa de las entidades que coordinan dentro de la red. De esta forma distinguimos principalmente dos posiciones que conducen a dos tipos de colaboración: la coordinación vertical y la coordinación horizontal. [38]

COLABORACIÓN VERTICAL

Las decisiones se toman en un nivel superior al de la cadena, se centraliza la información y se proporciona la información necesaria a cada eslabón, es decir, una cadena de suministro sincronizada.

COLABORACIÓN HORIZONTAL

Los agentes involucrados en la cadena, consensuan, reflexionan y toman las decisiones juntos, como una única unidad. Para ello se crean los contratos colaborativos, debido a que eslabones

del mismo nivel, en ocasiones no desean compartir toda su información con competidores directos.

2.2.2.- TIPOS DE CADENAS Y EL EFECTO LÁTIGO

La alta competitividad entre los eslabones, la lejanía de los mercados, el incremento de la incertidumbre a lo largo de la CdS, además del breve ciclo de vida de los productos, todo ello, hace que la comunicación y la negociación entre los eslabones sea vital para mejorar la eficiencia de cualquier cadena de suministro.

El Efecto “Látigo” o “Bullwhip” es, un cúmulo de ineficiencias y malas decisiones en la gestión de la Cadena de Suministro que arrastra a los diferentes eslabones, que lo sufren hacia grandes pérdidas económicas. [10]

Podemos encontrar tres tipos diferentes de cadenas básicas, las cuales se diferencian principalmente en el manejo de la información, es decir, en el grado de colaboración. En la actualidad es vital diseñar el flujo de información, debido a que una de las formas de reducir el temido Efecto “Látigo” es, mejorando la comunicación y sincronizando a los distintos agentes.

CADENA TRADICIONAL:

La cadena tradicional cada miembro toma individualmente sus decisiones y realiza sus previsiones basándose únicamente en la demanda de sus clientes directos. Esta descentralización de la información lleva a que dichas previsiones sean erróneas, ocasionando altos niveles de inventario, entregas fuera de fecha, transportes mal dimensionados, aumento de costes y ineficiencias, es decir, un aumento del Efecto “Látigo”.

Cuanto mayor número de agentes hay en una cadena de suministro, mayor es la distorsión y la incertidumbre, y por tanto, se da un aumento de los niveles de inventario, lo cual puede llevar a la ruina a los diferentes socios, un claro ejemplo se da en el “Juego de la cerveza”, en el ANEXO I, se puede encontrar más información.

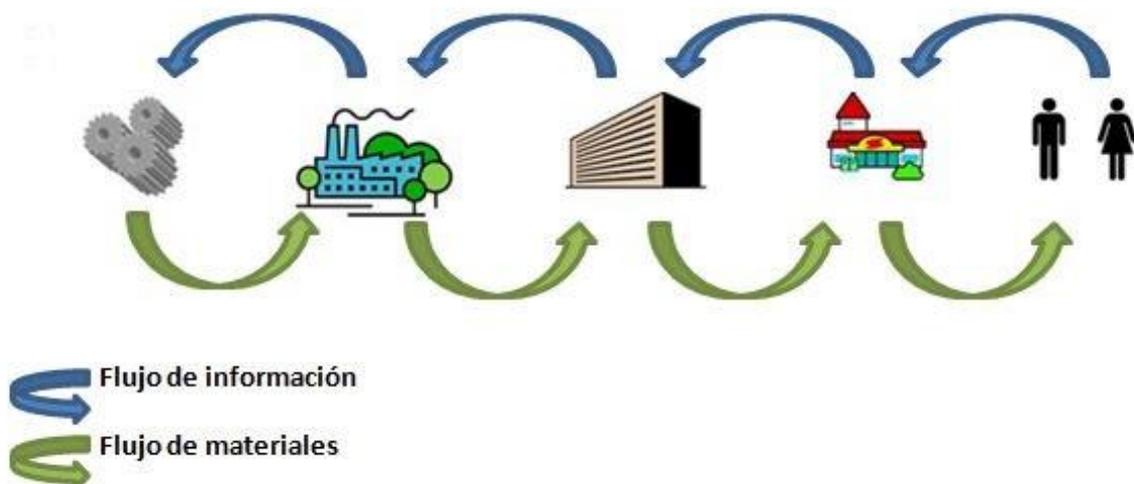


Fig. 2.1. Cadena de Suministro Tradicional

CADENA EPOS:

En la cadena EPOS (Exchange Point of Sales), cada miembro sigue tomando las decisiones de forma individual, sin tener en cuenta al resto de la cadena, pero en este caso no solo se tiene la demanda del cliente directo, además se conoce la demanda del mercado a tiempo real. Naturalmente sigue habiendo algo de incertidumbre, pero las previsiones y gestiones se acercan un poco más a la realidad que en la cadena tradicional.

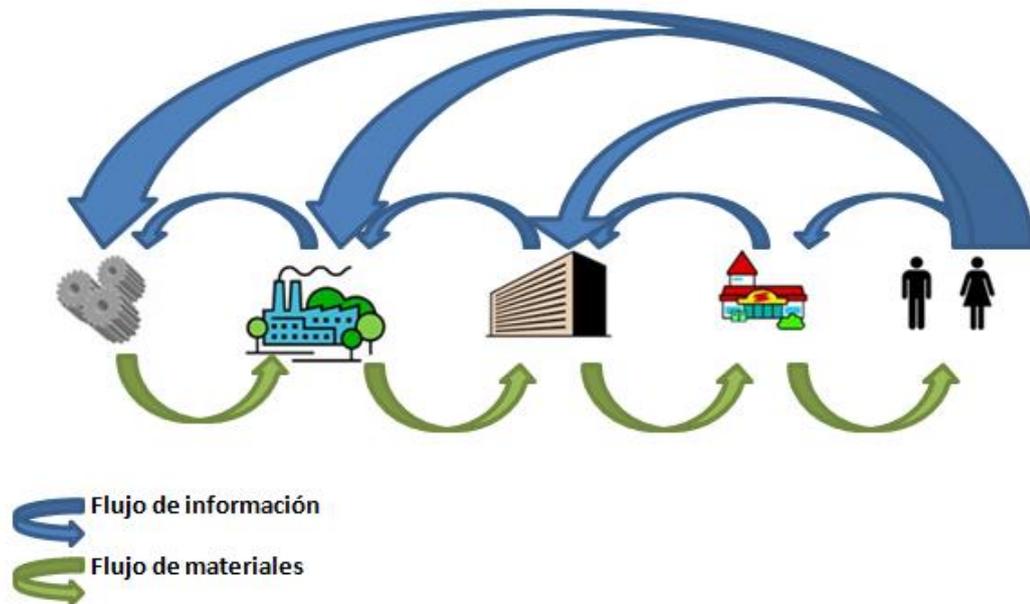


Fig. 2.2. Cadena de Suministro EPOS

CADENA SINCRONIZADA:

En la cadena sincronizada los agentes toman las decisiones de forma coordinada, comparten información a tiempo real, colaboran entre ellos, ven la cadena como una unidad y no como un conjunto de agentes individuales. Es todo lo opuesto a la cadena tradicional, se mejora el control de los inventarios, se erradica la incertidumbre, mejora el servicio al cliente, disminuyen los costes y aumentan los beneficios.

Para eliminar el Efecto “Látigo” y conseguir un mejor funcionamiento de la cadena es muy importante la comunicación entre los eslabones, la integración de la colaboración en las cadenas de suministro.



Fig. 2.3. Cadena de Suministro Sincronizada

2.2.3.-FORMAS DE COLABORACIÓN

La sincronización de los diversos agentes involucrados en las CdS, así como la relación que pueden establecer entre ellos requiere una planificación colaborativa entre los diferentes agentes con el fin de trabajar coordinados para poder satisfacer las exigencias de un mercado, cada vez más competitivo. [38]

Unas de las formas de colaboración mayormente aplicadas son: Estimación colaborativa de la demanda; Compra colaborativa; Inventarios colaborativos; Capacidad colaborativa.

ESTIMACIÓN COLABORATIVA DE LA DEMANDA

Principal objetivo es que los diferentes agentes de la cadena, con la información que cada uno posee, consensuen una previsión de la demanda y planifiquen todos en torno a esas predicciones conjuntas.

COMPRA COLABORATIVA

Busca unir el proceso de planificación de compra del cliente con la planificación del proveedor.

INVENTARIOS COLABORATIVOS

El proveedor es el encargado de gestionar el inventario del cliente, para ello el cliente proporcionará toda la información necesaria al proveedor para que esté gestione el inventario de forma autónoma.

CAPACIDAD COLABORATIVA

Consiste en acordar el plan de capacidad contratado y disponible con los clientes, para concretar si un productor puede o no subcontratar parte de su producción a otro productor y con qué capacidad.

Cuanta más información tengan los eslabones, mayor es la coordinación y control de la CdS, lo cual aumentará la eficiencia de la misma y por tanto una disminución de los costes. Eso sí, se debe saber utilizar la información proporcionada correctamente, en muchos casos una sobre información puede perjudicar a todos los eslabones.

2.2.4.- NIVEL DE INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

El objetivo de la Integración de la Cadena de Suministro (ICS) es sincronizar los requerimientos del cliente con los flujos de materiales de los proveedores con el fin de efectuar un balance entre el servicio al cliente, la inversión en inventarios y el coste unitario del producto. El diseño y la operación de una CdS eficaz, son de importancia fundamental para todas las empresas. [39]

Se requieren cuatro hipótesis principales para la ICS: compartir información, colaborar para un pronóstico común, realizar una planificación común y automatizar las transacciones financieras. [39]

Los diferentes niveles de integración en los que se pueden encontrar los diferentes integrantes de la cadena son: Negociación; Asociación; Cooperación; Coordinación; Colaboración.

Antes de compartir toda la información, los diferentes agentes deben negociar y establecer unas determinadas pautas, deben crear contratos colaborativos que les permitan asociarse, una vez asociados deben ser capaces de cooperar unos con otros y coordinarse para conseguir el bien común, para finalmente establecer una colaboración persistente y de calidad. [2_papel]

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE CdS A ESTUDIO

3.1.-ESTRUCTURA GENERAL DE CADENA DE SUMINISTRO

Según se ha visto, una cadena de suministro consta de tres partes generales: el suministro, la fabricación y la distribución. La parte del suministro se concentra en cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para fabricación. La fabricación convierte estas materias primas en productos terminados y la distribución se asegura de que dichos productos finales lleguen al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes, comercios y minoristas.

Una CdS tiene dos dimensiones: estructura horizontal y estructura vertical. La estructura horizontal se refiere al número de niveles o etapas en la cadena de suministro. Ésta, puede ser grande o corta según el número de niveles existentes. La estructura vertical se refiere al número de proveedores o clientes representados en cada nivel o etapa.

De manera general, las etapas o niveles habituales de una cadena de suministro típica son los clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, y proveedores de componentes y materias primas.

La gestión de la CdS consiste en diseñar cómo se conecta cada etapa, es decir, cómo son el flujo de productos y el flujo de información. Estos flujos ocurren con frecuencia en ambas direcciones y pueden ser administrados por una de las etapas o un intermediario, y no es necesario que cada etapa esté presente en la cadena de suministro. El diseño apropiado de ésta depende tanto de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

En el caso que nos ocupa, la estructura general, está formada por cinco bloques de agentes tradicionales, según se ve en la Fig.3.1. A partir de ella, estudiaremos cuatro casos particulares, los cuales se plantearán y definirán con mayor detalle.

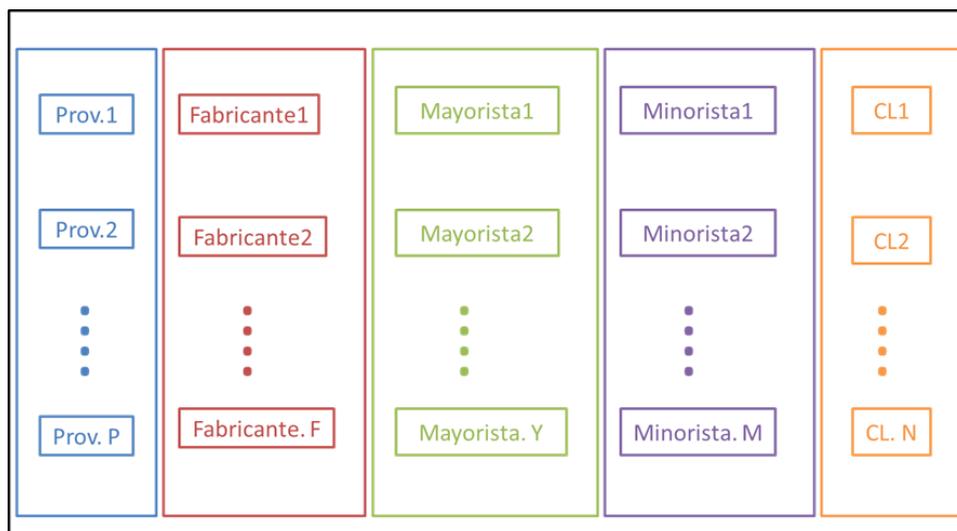


Fig. 3.1. Estructura general de CdS

Los casos que se van a estudiar se diferencian en cómo es el flujo de materiales y, especialmente, el flujo de información. El número de agentes en cada eslabón es ilimitado, y las posibilidades que se pueden son infinitas.

3.2.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA

3.2.1.-FLUJO DE INFORMACIÓN

Respecto al flujo de información, se distinguen los dos extremos. En primer lugar, está la CdS tradicional que consiste en una estructura logística descentralizada donde cada miembro toma sus decisiones de forma independiente de las decisiones de sus socios. En este caso, las empresas toman decisiones operacionales para maximizar sus objetivos locales y por lo tanto emiten pedidos basándose únicamente sobre su propio nivel de inventario sin considerar la situación de los otros miembros. La única información que un miembro genérico recibe de sus socios son los pedidos de su cliente directo. El proveedor no interactúa directamente con el consumidor final y por lo tanto no conoce los datos reales de ventas, sino que el proveedor prevé la tendencia del mercado únicamente en función de los pedidos que recibe desde el minorista.

La falta de transparencia de la demanda del mercado impide una coordinación sinérgica entre todos los eslabones. Además, en el proceso de pedido-entrega de productos entre minorista y proveedor habrá retrasos debidos a los tiempos de producción y de transporte, así como a los eventuales retrasos en el flujo de información. Dichos retrasos provocan generar relaciones asíncronas y descoordinación en la cadena de suministro. [40]

En el otro extremo se sitúa la CdS Sincronizada con una estructura logística centralizada, en la que todos los miembros efectúan pedidos de modo coordinado. Los agentes se transmiten información en tiempo real sobre sus niveles de inventario, productos en tránsito y datos de ventas al consumidor. El proveedor emite las órdenes de producción en función de la demanda del mercado y considerando todos los inventarios de la cadena como un único inventario.

La información compartida se emplea para generar pedidos sincronizados que mejoran el rendimiento de todos los eslabones de la cadena. Para ello, resulta necesario gestionar todos los inventarios como una sola entidad, reduciendo los niveles de inventario sin comprometer el servicio al cliente. Al reducirse el tiempo medio de permanencia de los productos en la cadena, disminuye el riesgo de obsolescencia y de inversión en capital activo. Una consecuencia directa es la disminución de la incertidumbre y la sincronización de las operaciones, lo que se traduce en planes de producción estables que minimizan los riesgos de incurrir en costes de trabajos extra.

3.2.2.-FLUJO DE MATERIALES

Respecto al flujo de materiales, hay dos formas distintas de gestión: flujo tipo “pull” y tipo “push”.

Por un lado, tenemos el flujo tipo “pull”, se da cuando son los clientes los que tiran de la cadena, es decir, hasta que ellos no realizan la petición de pedido no se genera el producto. Los diferentes agentes no pedirán o fabricarán hasta no tener la petición en firme del cliente,

se eliminan los almacenes intermedios, se minimizan los inventarios, se busca una producción eficiente y rápida, así como, un servicio al cliente rápido, para ello es vital que los agentes gestionen y compartan bien la información.

Se diseñara una CdS con flujo de materiales “pull” siempre y cuando se traten de gran variedad de productos con un alto coste, pero con bajo pedido por parte de los clientes, gran variedad y bajo pedido con un alto coste y los cuales hay que fabricar y suministrar rápidamente debido a que enseguida aparece un producto mejor en el mercado (un ejemplo serían: teléfonos móviles, ordenadores,...).

Por otro lado, tendríamos el flujo tipo “push”, en este caso son los fabricantes son los que empujan los productos a lo largo de la CdS, se fábrica y/o compra en base a unas estimaciones que pueden ser más o menos fieles a la realidad, cada agente podrá realizar su propia estimación. Por tanto, existirán almacenes intermedios, los inventarios de los diferentes eslabones serán mayores, para evitar costes de tenencia muy elevados, el coste unitario será bajo y debido a la alta incertidumbre de las estimaciones de la demanda, los productos deberán ser muy similares y en grandes cantidades para poder hacer frente a los cambios en el mercado.

Ni el flujo “pull” ni el flujo “push” son ideales, tienen ventajas e inconvenientes, funcionarán mejor para unos productos u otros, pero en ambos, es muy importante, tener en cuenta el flujo de información y con ello que exista una colaboración entre los diferentes eslabones de la cadena.

Por ello podemos encontrar un tercer tipo de flujo de materiales, el cual a su vez, tiene dos variantes, se trata del “push-pull”.

- Flujo mixto: se utiliza en cadenas muy largas y donde intervienen muchos agentes, La primera parte de la cadena el flujo es “push” hasta que en un punto denominado “punto de desacople” pasa a flujo “pull”, dicho punto de cambio se encuentra lo más cerca del mercado posible y se decide cuando se diseña la cadena.
Las cadenas largas aplican el flujo mixto, debido a que es muy complicado que dicha cadena sea capaz de servir a los clientes de forma rápida y eficiente, sin contar almacenes intermedios, que le permitan ganar tiempo.
- Flujo combinado: se trata de cadenas en las que los agentes atienden ambos flujos de gestión, es decir, existen los dos flujos para una misma cadena, para unos productos se utilizará el flujo “push” y para otros el flujo “pull”, de esta forma se pueden maximizar las ventajas de ambos flujos.

Una vez definidos los diferentes sistemas de gestión del flujo de materiales, decir que para el estudio realizado en el presente trabajo, se utilizará el flujo combinado, en la cadena podremos encontrar tanto el flujo “pull” para una serie de referencias muy diferenciadas unas de otras, con un alto coste y poco demandadas, como el “push” para el resto de referencias, más parecidas entre ellas, con un coste unitario muy bajo y muy demandadas por el cliente.

Definiremos una estructura formada por cinco eslabones distintos, que son: los proveedores, los fabricantes, los mayoristas, los minoristas y los clientes. Dependiendo del caso las

relaciones se establecerán con el eslabón posterior y con el antecedente, con los eslabones del mismo nivel o con los de niveles adyacentes saltando agentes.

3.2.3.-INDICADORES DE RENDIMIENTO GENERALES:

Antes de plantear y definir las principales características de las distintas estructuras, es necesario definir los diferentes indicadores, con los cuales, se evaluarán dichas estructuras. Los indicadores nos permitirán evaluar el desempeño de la Cadena de Suministro.

Los diferentes agentes de la cadena de suministro, tendrán unos costes fijos y unos costes variables referentes al número de referencias, productos que vendan y/o compren. Para cuantificarlo, se plantean los siguientes indicadores:

Indicadores de costes: costes de la cadena de suministro completa, ingresos por ventas, inversión en inventarios, el rendimiento de la inversión.

- Cobertura de los inventarios
- Rotación de las referencias

Indicadores de respuesta al cliente: tasa de cumplimiento, porcentaje de entregas tardías, tiempo de respuesta al cliente, tiempo de pedido, duplicación de funciones.

- Plazo medio de entrega al cliente final
- Días de retraso desde el pedido hasta la entrega
- Demora ante cambios en la cantidad o en las referencias
- Porcentaje de órdenes no suministradas

Indicadores de productividad: porcentaje de utilización de capacidad instalada, porcentaje de utilización de recursos.

Indicadores de calidad: mide la efectividad en la ejecución de las actividades o procesos, aportando resultados sobre el número de errores cometidos, así como de entregas perfectas y sin errores.

- Porcentaje de pedidos entregados a tiempo
- Porcentaje de pedidos completos entregados
- Porcentaje de artículos que llegan en perfectas condiciones al cliente

Satisfacción del cliente: grado con el cual los clientes son satisfechos con el producto recibido.

- Porcentaje de pedidos aceptados

Flexibilidad: capacidad de la cadena de suministro para responder a los cambios aleatorios en la demanda.

- Porcentaje de artículos de los que no hay existencias

Proveedores	Fabricantes	Mayoristas	Minoristas
Ingresos	Ingresos	Ingresos	Ingresos
Costes fijos	Costes fijos	Costes fijos	Costes fijos
Costes variables	Costes variables	Costes variables	Costes variables
Beneficios	Beneficios	Beneficios	Beneficios

$$\text{Beneficio (Prov)} = \text{Ingresos (Prov)} - (\text{Costes fijos (Prov)} - \text{Costes variables(Prov)})$$

$$\text{Beneficio (Fab)} = \text{Ingresos (Fab)} - (\text{Costes fijos (Fab)} - \text{Costes variables(Fab)})$$

$$\text{Beneficio (May)} = \text{Ingresos (May)} - (\text{Costes fijos (May)} - \text{Costes variables(May)})$$

$$\text{Beneficio (Min)} = \text{Ingresos (Min)} - (\text{Costes fijos (Min)} - \text{Costes variables(Min)})$$

3.3.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_01

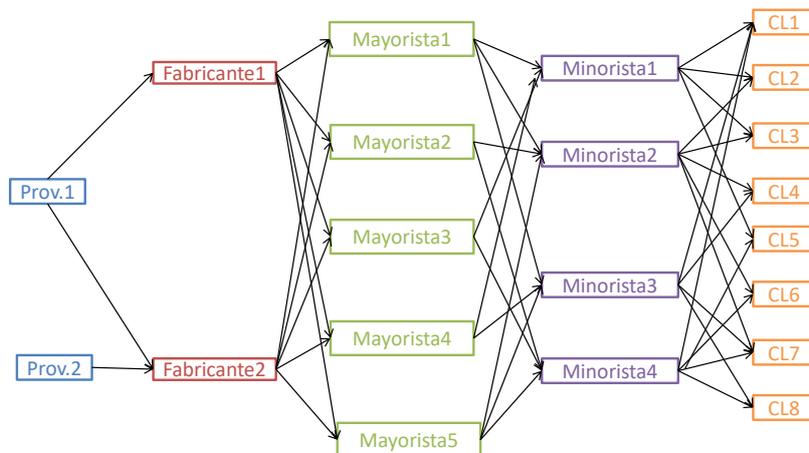


Fig. 3.2. Esquema de estructura caso_01

La primera de las estructuras es la más básica y la principal característica consiste en que los agentes de *i*-nivel sólo tienen relación con agentes de un nivel anterior, *i-1*, y del siguiente nivel, *i+1*. Esta estructura es del tipo cadena de suministros tradicional, en la que cada "cliente" solicita material a un proveedor del nivel anterior, y éste, a su vez, a su nivel anterior. Así, el flujo de material pasa por todos los niveles de la cadena.

Para el flujo de información se presentan dos opciones bien diferenciadas; cadena sin colaboración, donde solo se conoce la demanda del miembro y en otro extremo, cadenas centralizadas, donde todos los eslabones conocen toda la información. Se planteará en ambos escenarios, para así, comparar las dos situaciones y extrapolar las ventajas e inconvenientes.

Los aspectos generales y comunes de la cadena diseñada tanto para esta estructura como las siguientes son:

- Es una cadena con 5 niveles y en cada nivel hay diferentes agentes: dos proveedores, dos fabricantes, cinco mayoristas, cuatro minoristas y ocho clientes.
- El número de referencias es 25.
- El flujo de materiales será un flujo tipo “push-pull” combinado. Así, 18 de las 25 referencias disponibles (posibles) son similares y con alto nivel de demanda, por lo que seguirán un flujo “push”. Las 7 restantes, son una serie de referencias muy distintas unas de otras, con un alto coste por unidad y que no pueden permanecer mucho tiempo almacenadas, ya que se quedan obsoletas en seguida y, por ello, siguen un flujo “pull” y sólo se fabrican si lo pide el cliente.
- En términos generales, los clientes siguen una demanda estocástica para generar los pedidos tanto en tiempo como en cantidad.

Por otro lado, los aspectos específicos de esta estructura son:

- Los clientes pueden realizar pedidos a cualquier minorista pero sólo a minoristas, aunque, no tiene por qué ser siempre el mismo, pudiéndose dar el caso de que haya más de un proveedor para el mismo producto.
- Los minoristas revisan sus pedidos y conforme los leen, los gestionan, siempre trabajando contra stock. Atienden todos los pedidos, pero por costes de transporte, siempre envían pedidos completos a clientes, es decir, un pedido no saldrá hasta que tenga todas las referencias demandadas por el cliente y no se sirven pedidos incompletos.
- Cuando detectan que están a punto de romper el stock, piden mercancía a los mayoristas según históricos.
- En cambio, los mayoristas gestionan los pedidos de los minoristas una vez por semana, estando el día prefijado con antelación. En caso de que haya problemas con el stock y puesto que solo se sirve un día a la semana, se intenta priorizar los pedidos que tienen fecha de salida anterior; si el pedido no está completo, el mayorista envía lo que tiene a cada minorista.
- Los mayoristas pedirán a los fabricantes cuando su inventario esté al 50%, debido al tiempo de espera.
- Los fabricantes envían pedidos a los mayoristas cada 8-10 días, puede que en un mismo día sirva a dos mayoristas pero nunca servirá a más de dos, por cuestiones logísticas. Estos recibirán las materias primas cada 2-3 días.

Todos los agentes tienen capacidad limitada de fabricación y/o almacenamiento de referencias, excepto los proveedores que se han diseñado con capacidad infinita y siempre tienen referencias para satisfacer las necesidades de sus clientes, en este caso, las necesidades de los fabricantes.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes agentes, no es lo mismo tener información del resto, que no tenerla.

- 1) Sin información, cada agente y cada eslabón genera sus pedidos sin tener en cuenta a los demás. Estos pedidos se basan en estimaciones sobre las demandas de los agentes del siguiente eslabón a los que sirve. Este hecho tiene el peligro de que en ciertas ocasiones se dejarán de servir pedidos lo que supone una disminución en el servicio e insatisfacción del cliente.
- 2) Con información, si la cadena está correctamente sincronizada y todos los eslabones poseen la misma información, se podrán gestionar mejor los inventarios, adelantarse a imprevistos en la demanda, ya sean picos o valles; el servicio al cliente no se verá perjudicado, el coste de tenencia de inventario se reducirá y, por tanto, la eficiencia de la cadena será mayor.
- 3) Se pueden plantar distintos grados de colaboración: los proveedores gestionan los inventarios de los fabricantes y los mayoristas gestionan los de los minoristas. Las fábricas pactan unas capacidades de fabricación similares para conseguir el mismo precio de mercado de las referencias, los minoristas comparten el transporte, ya que les supone un gran desembolso y de esta forma pueden servir pedidos incompletos.
- 4) Si cada eslabón conoce los niveles de inventario y necesidades del agente del nivel n-1 del n+1, en caso de que se deba decidir a quién servir, a quién comprar se hará basándose en esa información y sin perjudicar a nadie, permitirá mejorar el servicio al cliente, se deberá evaluar el coste de la información.

3.4.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_02

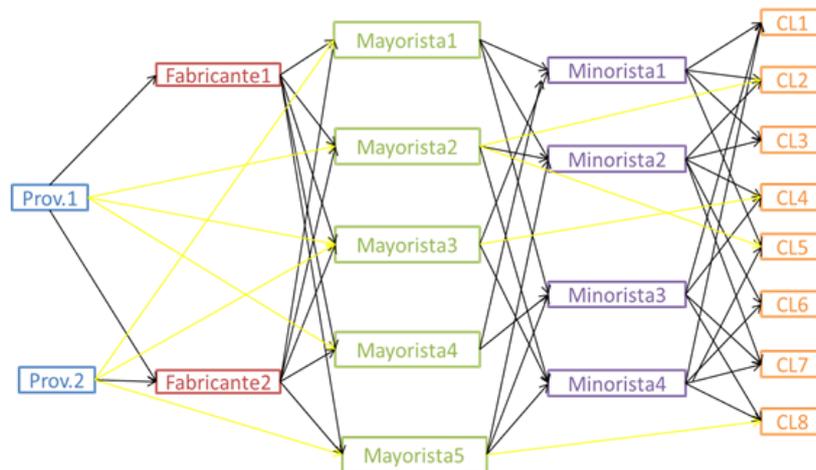


Fig. 3.3. Esquema de estructura caso_02

La segunda estructura además de la estructura básica, incluye la relación entre niveles no adyacentes, concretando, los proveedores con los mayoristas (pero no todos con todos) y algunos mayoristas con algunos clientes, estas relaciones son útiles a la hora del suministro y/o compra de recambios.

Para el flujo de información se presentan dos opciones bien diferenciadas; cadena sin colaboración, donde solo se conoce la demanda del miembro y en otro extremo, cadenas

centralizadas, donde todos los eslabones conocen toda la información. Se planteará en ambos escenarios, para así, comparar las dos situaciones y extrapolar las ventajas e inconvenientes.

Los aspectos específicos de esta estructura son:

- Los clientes pueden realizar pedidos a cualquier minorista, y algunos pueden realizarlos directamente a los mayoristas, aunque, no tiene por qué ser siempre el mismo, pudiéndose dar el caso de que haya más de un proveedor para el mismo producto.
- Los minoristas revisan sus pedidos y conforme los leen, los gestionan, siempre trabajando contra stock. Atienden todos los pedidos, pero por costes de transporte, siempre envían pedidos completos a clientes, es decir, un pedido no saldrá hasta que tenga todas las referencias demandadas por el cliente y no se sirven pedidos incompletos.
- Cuando detectan que están a punto de romper el stock, piden mercancía a los mayoristas según históricos.
- En cambio, los mayoristas gestionan los pedidos de los minoristas una vez por semana, estando el día prefijado con antelación. En caso de que haya problemas con el stock y puesto que solo se sirve un día a la semana, se intenta priorizar los pedidos que tienen fecha de salida anterior; si el pedido no esté completo, el mayorista envía lo que tiene a cada minorista.
- Los pedidos que los clientes generan directamente a los mayoristas, tienen máxima prioridad, frente a los que los minoristas realizan.
- Los mayoristas pedirán a los fabricantes cuando su inventario esté al 50%, debido al tiempo de espera. Para el caso de repuestos los mayoristas realizaran pedidos a los proveedores una vez a la semana.
- Los fabricantes envían pedidos a los mayoristas cada 8-10 días, puede que en un mismo día sirva a dos mayoristas pero nunca servirá a más de dos, por cuestiones logísticas. Estos recibirán las materias primas cada 2-3 días.
- Los proveedores que se encargan de suministrar a los fabricantes de componentes cada 2-3 días, una vez a la semana se encargaran de tramitar los pedidos generados directamente por los mayoristas.

Todos los agentes tienen capacidad limitada de fabricación y/o almacenamiento de referencias, excepto los proveedores que se han diseñado con capacidad infinita y siempre tienen referencias para satisfacer las necesidades de sus clientes, en este caso, las necesidades de los fabricantes.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes agentes, no es lo mismo tener información del resto, que no tenerla.

- 1) Sin información, cada agente y cada eslabón genera sus pedidos sin tener en cuenta a los demás. Estos pedidos se basan en estimaciones sobre las demandas de los agentes del siguiente eslabón a los que sirve. Este hecho tiene el peligro de que en ciertas ocasiones se dejarán de servir pedidos lo que supone una disminución en el servicio e insatisfacción del cliente.

- 2) Con información, si la cadena está correctamente sincronizada y todos los eslabones poseen la misma información, se podrán gestionar mejor los inventarios, adelantarse a imprevistos en la demanda, ya sean picos o valles; el servicio al cliente no se verá perjudicado, el coste de tenencia de inventario se reducirá y, por tanto, la eficiencia de la cadena será mayor.
- 3) Se pueden plantar distintos grados de colaboración: los proveedores gestionan los inventarios de los fabricantes y los mayoristas gestionan los de los minoristas. Las fábricas pactan unas capacidades de fabricación similares para conseguir el mismo precio de mercado de las referencias, los minoristas comparten el transporte, ya que les supone un gran desembolso y de esta forma pueden servir pedidos incompletos.
- 4) Si cada eslabón conoce los niveles de inventario y necesidades del agente del nivel $n-1$ del $n+1$, en caso de que se deba decidir a quién servir, a quién comprar se hará basándose en esa información y sin perjudicar a nadie, permitirá mejorar el servicio al cliente, se deberá evaluar el coste de la información.

3.5.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_03

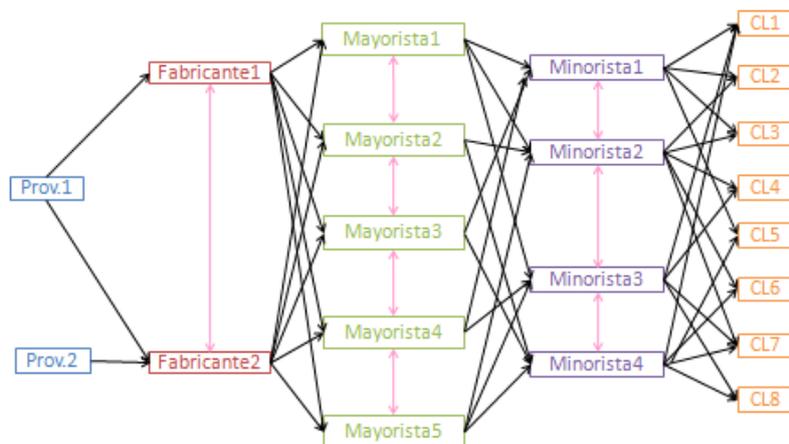


Fig. 3.4. Esquema de estructura caso_03

En la tercera estructura, volvemos a partir de la estructura básica, pero en este caso, lo que se da es la relación entre iguales, que les permite, en general, gestionar mejor la demanda, en el caso de los fabricantes les permitirá suministrar todas las referencias sin tener que fabricarlas y a los mayoristas y minoristas podrán elegir a quien comprar y a quien suministrar. Se obtendrán ventajas en cuanto a gestión de almacenes, tiempo de respuesta,...

Para el flujo de información se presentan dos opciones bien diferenciadas; cadena sin colaboración, donde solo se conoce la demanda del miembro y en otro extremo, cadenas centralizadas, donde todos los eslabones conocen toda la información. Se planteará en ambos escenarios, para así, comparar las dos situaciones y extrapolar las ventajas e inconvenientes.

Los aspectos específicos de esta estructura son:

- Los clientes pueden realizar pedidos a cualquier minorista pero sólo a minoristas, aunque, no tiene por qué ser siempre el mismo, pudiéndose dar el caso de que haya más de un proveedor para el mismo producto.
- Los minoristas revisan sus pedidos y conforme los leen, los gestionan, siempre trabajando contra stock. Atienden todos los pedidos, pero por costes de transporte, siempre envían pedidos completos a clientes, es decir, un pedido no saldrá hasta que tenga todas las referencias demandadas por el cliente y no se sirven pedidos incompletos.
- Cuando detectan que están a punto de romper el stock, piden mercancía a los mayoristas o a otros minoristas según históricos.
- Un minorista servirá a otro minorista cuando los mayoristas no puedan satisfacer sus necesidades, son relaciones eventuales.
- En cambio, los mayoristas gestionan los pedidos de los minoristas una vez por semana, estando el día prefijado con antelación. En caso de que haya problemas con el stock y puesto que solo se sirve un día a la semana, se intenta priorizar los pedidos que tienen fecha de salida anterior; si el pedido no esté completo, el mayorista envía lo que tiene a cada minorista.
- Los mayoristas pedirán a los fabricantes cuando su inventario esté al 50%, debido al tiempo de espera. Podrán pedir a otros mayoristas, siempre que estos aseguren servir a sus clientes directos, es decir, para los mayoristas los minoristas son prioritarios.
- Los fabricantes envían pedidos a los mayoristas cada 8-10 días, puede que en un mismo día sirva a dos mayoristas pero nunca servirá a más de dos, por cuestiones logísticas. Estos recibirán las materias primas cada 2-3 días.
- Los fabricantes podrán intercambiar referencias entre iguales y gestionar los pedidos de forma más rápida y eficiente.

Todos los agentes tienen capacidad limitada de fabricación y/o almacenamiento de referencias, excepto los proveedores que se han diseñado con capacidad infinita y siempre tienen referencias para satisfacer las necesidades de sus clientes, en este caso, las necesidades de los fabricantes.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes agentes, no es lo mismo tener información del resto, que no tenerla.

- 1) Sin información, cada agente y cada eslabón genera sus pedidos sin tener en cuenta a los demás. Estos pedidos se basan en estimaciones sobre las demandas de los agentes del siguiente eslabón a los que sirve. Este hecho tiene el peligro de que en ciertas ocasiones se dejarán de servir pedidos lo que supone una disminución en el servicio e insatisfacción del cliente.
- 2) Con información, si la cadena está correctamente sincronizada y todos los eslabones poseen la misma información, se podrán gestionar mejor los inventarios, adelantarse a imprevistos en la demanda, ya sean picos o valles; el servicio al cliente no se verá perjudicado, el coste de tenencia de inventario se reducirá y, por tanto, la eficiencia de la cadena será mayor.

- 3) Se pueden plantar distintos grados de colaboración: los proveedores gestionan los inventarios de los fabricantes y los mayoristas gestionan los de los minoristas. Las fábricas pactan unas capacidades de fabricación similares para conseguir el mismo precio de mercado de las referencias, los minoristas comparten el transporte, ya que les supone un gran desembolso y de esta forma pueden servir pedidos incompletos.
- 4) Si cada eslabón conoce los niveles de inventario y necesidades del agente del nivel n-1 del n+1, en caso de que se deba decidir a quién servir, a quién comprar se hará basándose en esa información y sin perjudicar a nadie, permitirá mejorar el servicio al cliente, se deberá evaluar el coste de la información.

3.6.-ESQUEMA DE ESTRUCTURA CASO_04

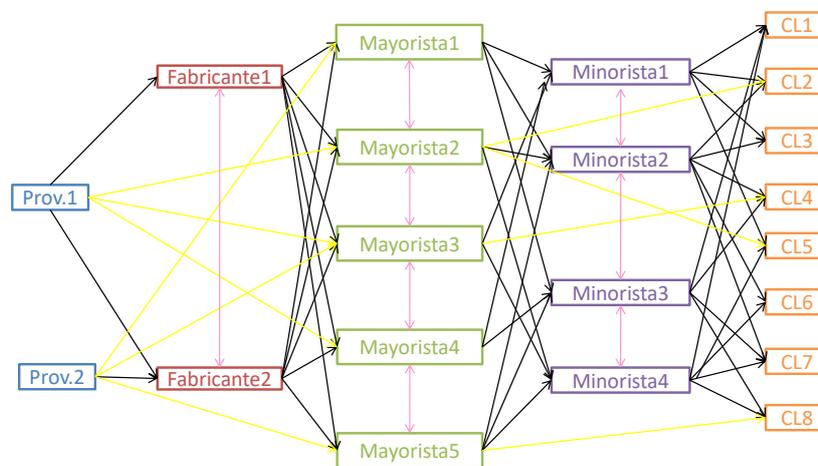


Fig. 3.5. Esquema de estructura caso_04

En este caso es la combinación de los dos anteriores, posee muchas oportunidades y diferentes formas de gestión, para ver si realmente esta combinación es más eficiente que las anteriores, al igual que los otros casos se deben plantear escenarios y evaluar los resultados. El flujo de materiales es muy completo ya que donde no llega de una forma lo puede hacer por otra.

Para el flujo de información se presentan dos opciones bien diferenciadas; cadena sin colaboración, donde solo se conoce la demanda del miembro y en otro extremo, cadenas centralizadas, donde todos los eslabones conocen toda la información. Se planteará en ambos escenarios, para así, comparar las dos situaciones y extrapolar las ventajas e inconvenientes.

Los aspectos específicos de esta estructura son:

- Los clientes pueden realizar pedidos a cualquier minorista, y algunos pueden realizarlos directamente a los mayoristas, aunque, no tiene por qué ser siempre el mismo, pudiéndose dar el caso de que haya más de un proveedor para el mismo producto.

- Los minoristas revisan sus pedidos y conforme los leen, los gestionan, siempre trabajando contra stock. Atienden todos los pedidos, pero por costes de transporte, siempre envían pedidos completos a clientes, es decir, un pedido no saldrá hasta que tenga todas las referencias demandadas por el cliente y no se sirven pedidos incompletos.
- Cuando detectan que están a punto de romper el stock, piden mercancía a los mayoristas según históricos.
- Un minorista servirá a otro minorista cuando los mayoristas no puedan satisfacer sus necesidades, son relaciones eventuales.
- En cambio, los mayoristas gestionan los pedidos de los minoristas una vez por semana, estando el día prefijado con antelación. En caso de que haya problemas con el stock y puesto que solo se sirve un día a la semana, se intenta priorizar los pedidos que tienen fecha de salida anterior; si el pedido no esté completo, el mayorista envía lo que tiene a cada minorista.
- Los pedidos que los clientes generan directamente a los mayoristas, tienen máxima prioridad, frente a los que los minoristas realizan.
- Los mayoristas pedirán a los fabricantes cuando su inventario esté al 50%, debido al tiempo de espera. Para el caso de repuestos los mayoristas realizaran pedidos a los proveedores una vez a la semana. Y podrán pedir a otros mayoristas, siempre que estos aseguren servir a sus clientes directos, es decir, para los mayoristas los minoristas son prioritarios.
- Los fabricantes envían pedidos a los mayoristas cada 8-10 días, puede que en un mismo día sirva a dos mayoristas pero nunca servirá a más de dos, por cuestiones logísticas. Estos recibirán las materias primas cada 2-3 días.
- Los fabricantes podrán intercambiar referencias entre iguales y gestionar los pedidos de forma más rápida y eficiente.
- Los proveedores que se encargan de suministrar a los fabricantes de componentes cada 2-3 días, una vez a la semana se encargaran de tramitar los pedidos generados directamente por los mayoristas.

Todos los agentes tienen capacidad limitada de fabricación y/o almacenamiento de referencias, excepto los proveedores que se han diseñado con capacidad infinita y siempre tienen referencias para satisfacer las necesidades de sus clientes, en este caso, las necesidades de los fabricantes.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes agentes, no es lo mismo tener información del resto, que no tenerla.

- 1) Sin información, cada agente y cada eslabón genera sus pedidos sin tener en cuenta a los demás. Estos pedidos se basan en estimaciones sobre las demandas de los agentes del siguiente eslabón a los que sirve. Este hecho tiene el peligro de que en ciertas ocasiones se dejarán de servir pedidos lo que supone una disminución en el servicio e insatisfacción del cliente.
- 2) Con información, si la cadena está correctamente sincronizada y todos los eslabones poseen la misma información, se podrán gestionar mejor los inventarios, adelantarse a imprevistos en la demanda, ya sean picos o valles; el servicio al cliente no se verá

perjudicado, el coste de tenencia de inventario se reducirá y, por tanto, la eficiencia de la cadena será mayor.

- 3) Se pueden plantar distintos grados de colaboración: los proveedores gestionan los inventarios de los fabricantes y los mayoristas gestionan los de los minoristas. Las fábricas pactan unas capacidades de fabricación similares para conseguir el mismo precio de mercado de las referencias, los minoristas comparten el transporte, ya que les supone un gran desembolso y de esta forma pueden servir pedidos incompletos.
- 4) Si cada eslabón conoce los niveles de inventario y necesidades del agente del nivel $n-1$ del $n+1$, en caso de que se deba decidir a quién servir, a quién comprar se hará basándose en esa información y sin perjudicar a nadie, permitirá mejorar el servicio al cliente, se deberá evaluar el coste de la información.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

4.1.-ESTRUCTURA GENERAL

Tras definir las características principales de la cadena de suministro, este capítulo trata del planteamiento y desarrollo del modelo conceptual, para que una vez estén definidos y detallados claramente todos los integrantes del modelo, pasar a la construcción del mismo en WITNESS.

Según se puede ver en la Fig.4.1, el modelo tiene cuatro partes bien diferenciadas: entrada de datos, el modelo de simulación constituido principalmente por los cinco bloques de agentes tradicionales, la conexión entre los diferentes agentes que se realiza mediante bases de datos y salida de datos.

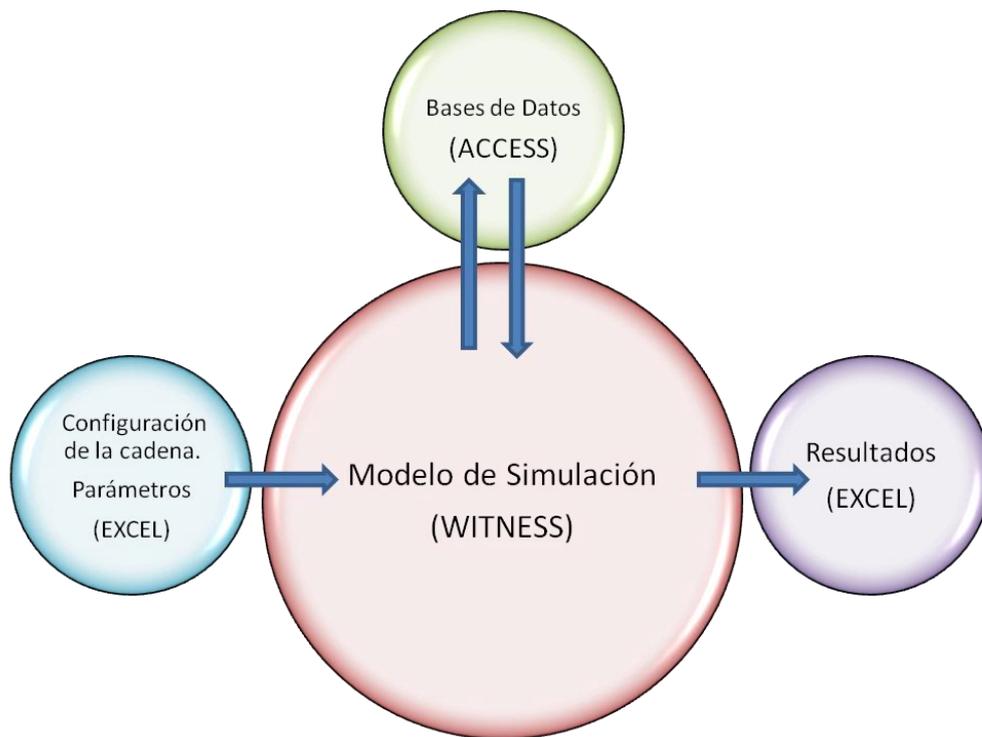


Fig.4.1. Estructura general del modelo

4.1.1.-DATOS DE ENTRADA

Los datos son muy importantes para el modelo, son la base. Estos datos son de creación propia, tras consultar varios trabajos y decidir el diseño del modelo, se consideró que lo más apropiado, era crear los datos que el modelo diseñado necesitara. Dichos datos se presentan en el ANEXO III, para su consulta. En el anexo se presentan las propiedades y parámetros de cada agente para los cuatros posibles casos.

Para la optimización del modelo y facilitar la modificación de los datos y/o ampliación de los mismo, se presentan en Excel, cada bloque de agentes dispone de un documento en Excel dónde se recogen los datos necesarios de cada uno. Y dada la posibilidad de conectar Excel con WITNESS se facilita la entrada de los datos.

Para cada bloque de agente se creará un documento de Excel, que tendrá mínimo una hoja por cada agente que forme el bloque, de esta forma es muy sencillo modificar la estructura de la cadena de suministro.

En cada hoja se definirán las diferentes configuraciones, es decir, si está activo solo un cliente, a qué minoristas pedir, de qué forma, en cantidad, por tiempo. Además de los parámetros de referencias a servir o demandar, cantidades en el almacén.

Como ejemplo se muestran imágenes de las hojas Excel preparadas para clientes y minoristas, vistas estas, vistas el resto, ya que son todas muy parecidas, cambian los datos pero la estructura es idéntica.

CLIENTE:

CLIENTE 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Generar pedidos	Ref_Activa?	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
	TP_min	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	
	TP_max	3	2	3	3	3	1	2	1	3	1	3	5	4	3	3	1	2	1	3	1	1	2	1	3	1	
	CANT_min	20	10	10	20	10	10	10	10	10	20	10	20	10	10	20	10	10	10	20	10	20	10	10	20	10	
	CANT_max	20	20	30	20	20	30	20	20	30	30	20	20	30	20	20	30	20	20	30	30	20	20	30	20	20	
		1	0	1	1	1	0	1	0	2	0	1	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	
		0	10	20	0	10	20	10	10	10	20	0	10	20	0	10	20	10	10	10	20	0	10	20	0	10	
Minoristas para hacer pedidos	Nº minoristas:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	Minorista activo?	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
		0									1	1	1	1								1	1	1	1	1	
		0										1	1	1	1							1	1	1	1	1	
Selección de minorista	Misma forma para todas FORMAS	0																									
	Forma selección = 1																										
MM-1	Cant_min	1		1			1				1						1			1					1		
	Cant_max	2		2			2				2						2			2					2		
MM-2	Cant_min	3		3			3				3						3			3					3		
	Cant_max	5000		5000			5000				5000						5000			5000					5000		
MM-3	Cant_min										3				3								1			3	
	Cant_max										5000				5000								2			5000	
MM-4	Cant_min										1				1								3				
	Cant_max										2				2								5000				

Fig.4.2. Datos de entrada del agente cliente

En la primera parte definimos las referencias que puede demandar cada cliente, el tiempo que sucede entre pedidos y la cantidad que se puede demandar.

En la segunda parte se indica, los minoristas que pueden servir las diferentes referencias.

Y en la tercera y última se muestra varias formas de selección del minorista, por cantidad, aleatoriamente, todos los minoristas sirven todas las referencias,...

MINORISTA:

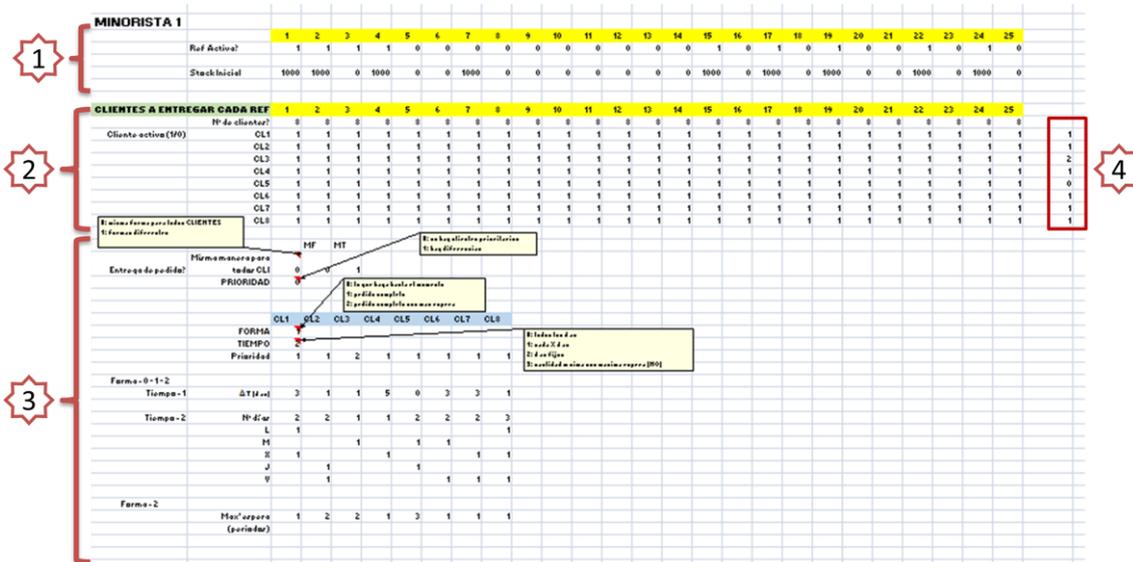


Fig.4.3. Datos de entrada del agente cliente

La primera parte muestra las referencias que pueden servir cada minorista y el stock inicial disponible de cada una de ellas, está parte se deberá ir actualizando conforme se tramiten y envíen los pedidos.

En la segunda parte, se muestra una matriz que cruza los datos entre los clientes y las referencias, para identificar que cliente puede demandar cada referencia.

En la tercera parte, más extensa que en el caso del cliente, se trabaja todo lo relacionado con la entrega del pedido y la prioridad que puedan o no tener cada cliente. Por eso existen varias formas, por cantidad, por tiempo, por prioridad.

La columna remarcada, la cuarta parte, se trata del tiempo de transporte asignado, se podría realizar de otra manera, indicando varias posibilidades, pero está es la más sencilla.

4.1.2.-MODELO DE SIMULACIÓN

La simulación nos permitirá modelar, analizar y evaluar la CdS, así como posibles escenarios, sin la necesidad de que previamente hayan existido, de forma que puedan compararse. Por tanto, la simulación es una herramienta de soporte a la toma de decisiones en el contexto estratégico, táctico u operativo de la cadena de suministro. [41]

CLIENTES

Los clientes se encargarán de generar los pedidos de forma aleatoria, a los diferentes minoristas, pueden pedir a más de uno al mismo tiempo. Algunos clientes generarán pedidos todos los días, otros solo los días acordados.

Cuando reciban el pedido, no tienen por qué seguir deseándolo, por lo que pueden no aceptarlo, también revisarán que no se ha extraviado nada en el transporte.

El cliente no aceptará un pedido cuando:

- No llegue a tiempo
- No esté el pedido completo
- Se produzca deterioro en el transporte
- Ya no necesite el pedido
- No pueda almacenarlo

Consecuencias de no aceptar el pedido:

- Si el problema es del minorista o de sus proveedores, será el propio minorista el que se hará cargo del coste del pedido rechazado. En el caso de que el rechazo sea por deterioro o pérdida reemplazará las mercancías dañadas.
- Si por el contrario el cliente ya no desea el pedido deberá hacerse cargo de los costes, y el minorista no dará prioridad a sus pedidos, llegado el caso de que devuelva varios pedidos en el mismo mes, se dejará de servir a dicho cliente.

MINORISTAS

Los minoristas tienen la función de leer los pedidos, tramitarlos, revisar el inventario y enviarlos, en caso de no poder enviarlo decidir qué hacer. Se comportan como una máquina de estados y de ese modo serán construidos en el modelo de simulación, se pasa de un estado a otro, se dan unas acciones las cuales te permiten cambiar de un estado a otro.

Se tramitan los pedidos que pueden servir, teniendo en cuenta la fecha de entrega, referencias demandadas, cantidad y prioridad de cada cliente, podrá darse el caso de que todos los clientes tengan la misma prioridad, pero también se dará que cada cliente tenga una prioridad, la cual variará según la relación cliente-minorista (dependiendo del servicio, fidelidad,...). Cuando se tramita un pedido se abre un albarán, cada cliente dispondrá de un albarán distinto, las diferentes líneas de pedido de un mismo cliente, tendrán el mismo albarán. El objetivo es que cuando tengamos que construir el modelo, lo hagamos lo más fiel a la realidad que podamos.

Si tiene provisiones o es posible tenerlas, las reserva para enviarlas cuando toque al cliente. Entonces se pasa a tramitar la siguiente línea de pedido del cliente, cuando se tienen todas las líneas de pedido se envía el pedido al cliente y se pasa a tramitar el siguiente pedido. En el caso de que no se pueda servir alguna línea de pedido de algún cliente no se sirve el pedido, se queda a la espera de poderse servir.

Solo se servirán pedidos incompletos, en caso de que el cliente necesite el resto de referencias y no pueda esperar a que el minorista las tenga todas, pero esta variante de enviar pedidos incompletos según necesidades, solo se da en el caso de que exista colaboración en la cadena de suministro.

Para poder mantener el flujo de materiales entre los diferentes eslabones, los minoristas deben revisar su almacén y cuando toque, ya sea porque han agotado existencias, por el nivel de stock,... generaran pedidos a sus proveedores directos.

MAYORISTAS

Los mayoristas tienen una función parecida a los minoristas, revisan sus pedidos, los tramitan, controlan el inventario y cuando toca piden a fábrica lo que necesitan. Cuando tienen los pedidos tramitados los envían, no es necesario que los pedidos estén completos, mandan lo que tienen y lo que falta lo envían en el siguiente pedido.

Cuando se tramita un pedido a un cliente se le asigna un número de albarán y todas las líneas de pedido de un mismo cliente, demandadas el mismo día y/o con la misma fecha de entrega se les asigna el mismo código de albarán.

Dependiendo de la estructura podrán tramitar pedidos de minoristas o de minoristas y clientes, en el caso de tramitar pedidos de agentes de distintos niveles, sí que hay unas prioridades asignadas, es decir, para los minoristas será más prioritario servir a los clientes que a los minoristas. Ciertamente es que las prioridades se pueden cambiar dependiendo de los escenarios que se deseen simular.

También se puede dar el caso de que no solo pidan existencias a los fabricantes para mantener su nivel de inventario, los proveedores podrán servirles mercancías, pero en contadas ocasiones.

Los minoristas también se construirán en el modelo de simulación al igual que minoristas y fabricante, como si se tratase de una máquina de estados.

FABRICANTES

Los fabricantes disponen de una capacidad de fabricación limitada (dato de entrada en el modelo), preparan los pedidos de los mayoristas y de los minoristas, dependiendo de la estructura que se trabaje.

Cuando toque revisar si tienen pedidos pendientes, si hay pedidos deben confirmar que pueden servirlos a tiempo, ya sean por qué tengan existencias en el almacén o por qué se vayan a recibir componentes y se pueda fabricar a tiempo. En caso de que no puedan servirlo a tiempo deberán decidir qué hacer. En primera estancia servir a los mayoristas es prioritario, ante servir a minoristas o incluso agentes del mismo nivel, es decir, otros fabricantes.

PROVEEDORES

Los proveedores tienen capacidad limitada, siempre podrán servir, por lo que no es necesario revisar el almacén, leerán de la BdD las peticiones de los fabricantes y enviarán el pedido, dependiendo del tiempo de transporte y de los días de reparto y necesidades llegarán o no cuando dese al cliente, ya sean fabricantes, mayoristas u otros proveedores. Los fabricantes tendrán prioridad ante el resto de agentes.

DEFINICIÓN DE LA FORMA DE COLABORACIÓN EN LA CdS

El modelo descrito en los apartados anteriores, es sin colaboración, se trata de la simulación de varias estructuras de la misma cadena de suministro básica, formada por los agentes tradicionales.

Los fabricantes tendrán inventario colaborativo con los proveedores, es decir, el fabricante siempre podrá atender los pedidos de sus clientes, dado que son los proveedores los

encargados de vigilar que los fabricantes siempre dispongan de componentes para a fabricación. Para ello los proveedores deberán conocer las cantidades de producto final almacenado, las capacidades de fabricación, así como, los pedidos que deba tramitar, para poder gestionar el inventario. Para ello es importante disponer de las BdD.

En caso de existir flujo de materiales entre eslabones del mismo bloque, también existe flujo de información, compartirán sus demandas y clientes, si ambos sirven a los mismos clientes se los repartirán dependiendo de sus capacidades y posibilidades de servicio.

Los minoristas comparten información sobre demanda, inventario y fechas de entrega con los mayoristas, para que estos conozcan sus prioridades y puedan servir mejor.

Los minoristas con los clientes comparten demanda, tiempos, minoristas que pueden servir el mismo producto, prioridades de los clientes, referencias que dentro de un pedido son más importantes que otras, es decir, en caso de tener que servir pedidos incompletos saber las referencias que se deben servir para aceptarlo.

Los pedidos que dispongan del mismo tiempo de transporte se servirán juntos, aunque sean de diferentes clientes, sería lo que se denomina transporte colaborativo.

El flujo de información, la transferencia se realizará mediante bases de datos, diferentes BdD que se leerán y rescribirán y se pasarán a los distintos agentes.

PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS

Planteadas las diferentes estructuras, solo queda evaluarlas, para ello se simularán diferentes escenarios, así se podrá comparar la robustez del modelo de simulación. Además de comparar las estructuras dependiendo del grado de colaboración, se analizarán otros parámetros.

- El primer escenario consistirá en que cada uno de los agentes estará especializado en determinados productos, es decir, cada fabricante fabricará unas referencias determinadas y solo esas, los mayoristas y minoristas también estarán especializados, solo distribuirán unos tipos de productos y no otros. Será interesante saber cómo se comportan las diferentes estructuras.
- También podría plantearse el escenario totalmente opuesto, en el cual, los fabricantes fabricaran todas las referencias y los mayoristas y minoristas pudieran suministrarlas, todos podrían atender a todos los pedidos. Los clientes se basarían en los precios y tiempos de servicio, que dependerán de la localización de cada agente.
- En el segundo escenario jugaremos con la capacidad de almacenamiento de los mayoristas, en una primera parte impondremos inventario cero en estos agentes, y veremos cómo se altera el inventario del resto de agentes. Otra opción sería solo permitir a los mayoristas tener inventario.
- Un tercer escenario que consistirá en cambiar la demanda de los clientes, alterar los pedidos, es decir, pasar de demandas continuas, con tendencia constante a demandas muy variables, totalmente aleatorias. Con estos cambios bruscos, se apreciará la capacidad de respuestas de los diferentes agentes y de cada estructura en particular.
- Otros posibles escenarios que pueden plantearse son:
 - ¿Cómo reacciona la cadena si un fabricante deja de fabricar?

- ¿Cómo reacciona la cadena si por un problema de transporte, se retrasan los pedidos de los clientes?
- ¿Qué pasaría si todos los clientes decidieran pedir las mismas referencias para el mismo día? ¿Qué cliente tiene más prioridad?

4.1.3.-BASES DE DATOS

Las bases de datos, que se utilizan para la entrada y salida de información entre los diferentes agentes. La idea es poder utilizar las bases para almacenar los pedidos que genera cada agente a su proveedor directo, como el estado del pedido en todo momento, así como, información relativa a tiempos de espera, pedido, fabricación, tiempos máximos de espera de clientes directos e indirectos y demás datos de interés. De esta forma se establece el flujo de información entre los diferentes agentes de distintos niveles y los agentes del mismo nivel y dependiendo de si se quieren simular cadenas de suministro colaborativas o no, se mostrarán unos datos u otros, debido a que se debe indicar que datos lee cada agente, de ahí la utilidad para la transferencia de información.

Se crearan varias tablas de Access, una por cada bloque de agentes, es decir, cada agente tendrá una tabla donde anotar su pedido, de estas tablas se sacarán diferentes consultas, para así, cada proveedor directo, leer solo la información de sus clientes y no de otros. También es una forma de tener la información más ordenada y accesible.



Fig.4.4. muestra de las diferentes tablas y consultas de la BdD necesarias para la comunicación entre agentes.

4.1.4.-RESULTADOS

Para analizar los resultados y poder operar con ellos se sacarán a un documento Excel, en el cual se analizarán tanto los resultados generales de la cadena de suministro, cuantos pedidos llegan a tiempo a los clientes del total que genera, donde se pierden, que pasa si el mayorista no tiene stock, se irán analizando los resultados de los diferentes escenarios.

CAPÍTULO 5: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN WITNESS

Teniendo en cuenta que para el análisis y validación de las estructuras planteadas, se diseña un modelo de simulación en WITNESS, para su correcto desarrollo se plantea una simulación basada en agentes. Lo que permite, el modelado de los eslabones de la cadena de suministro en módulos, de forma más natural y semejante a la realidad, por tanto, permitirá la modificación del número de agentes de forma rápida y facilitará la integración de los diferentes miembros de la CdS.

5.1.-MÓDULO CLIENTE

Los datos de entrada deberán conectarse con WITNESS utilizando las funciones que presenta para la conexión de hojas Excel con WITNESS, hay una serie de funciones predefinidas. Los datos de entrada se definen en el apartado de “Acciones al inicializar”, dichos datos se cargarán en el modelo siempre cuando se inicialice.

CREACIÓN DEL MÓDULO CLIENTE_01

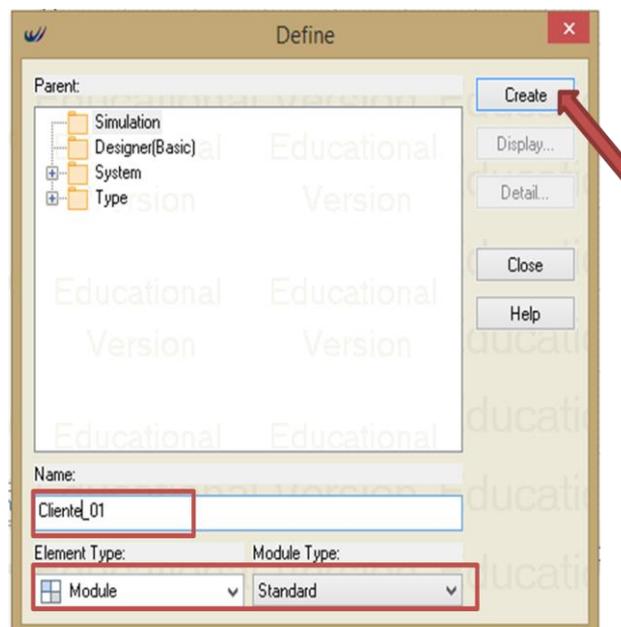


Fig. 5.1. Definición del modulo Cliente_01

CONEXIÓN con las BdD

WITNESS ofrece la posibilidad de crear un módulo denominado “*database module*” que permite la conexión con tablas en Access, de dónde toma las variables y crea automáticamente una serie de funciones para poder trabajar desde el modelo con la BdD.

Para ello se define el módulo, se da el “*SQL Stament*”, se conecta con Access, eligiendo correctamente el proveedor y siguiendo los pasos, como se muestra en la fig.5.2.

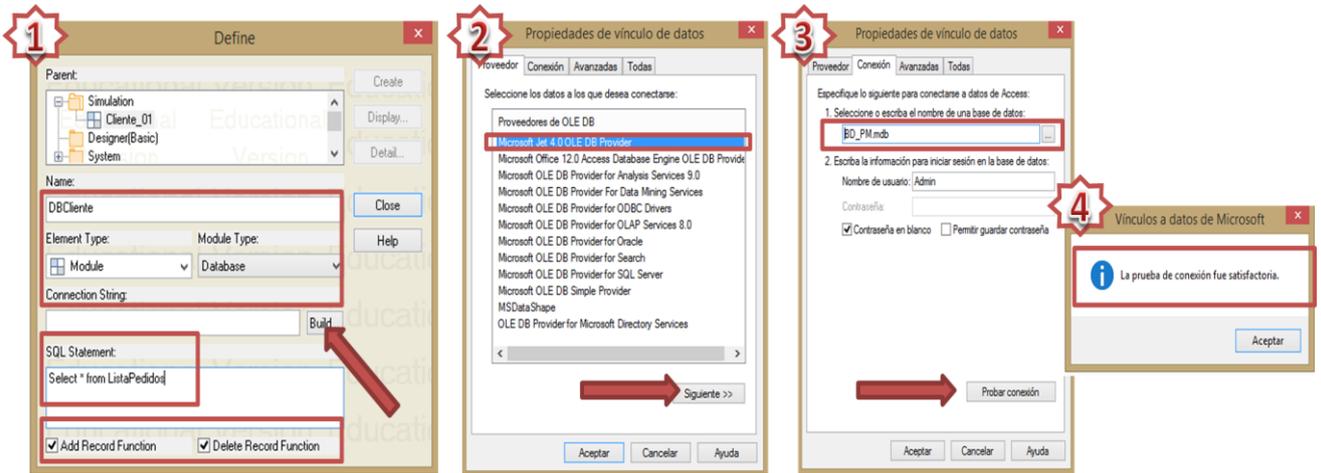
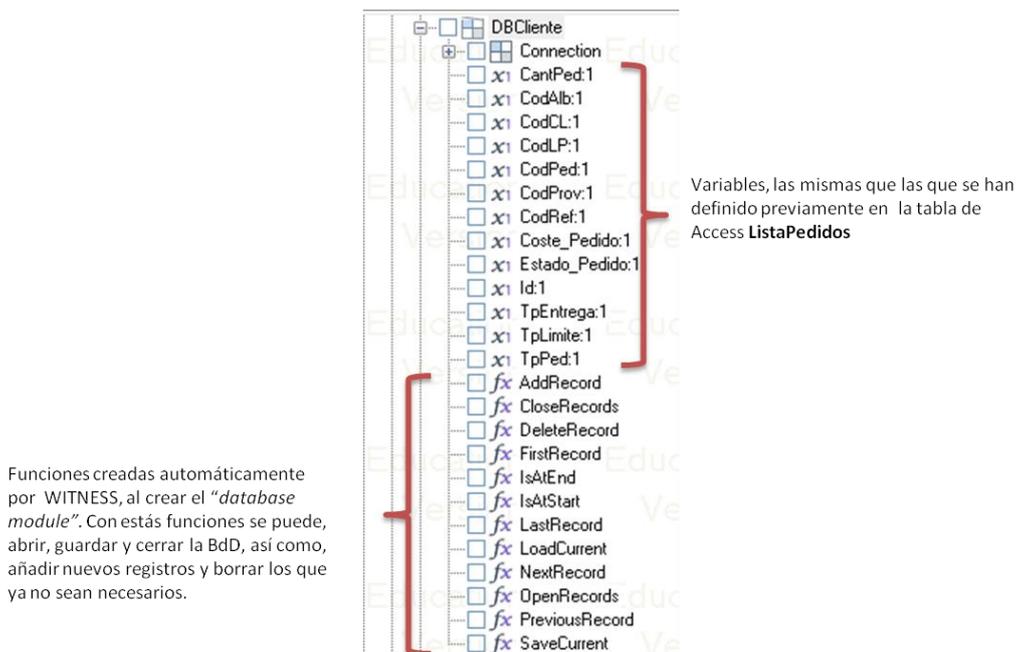


Fig. 5.2. Secuencia de conexión de BdD (Access) con el modelo (WITNESS)

Muy importante comprobar que la conexión se ha hecho de forma correcta para evitar posteriores fallos, en caso de que la conexión de problemas volver a empezar el proceso y comprobar que se está trabajando con la versión adecuada de Access.

Una vez creados el módulo correctamente, verificar que están todas las variables y que aparecen todas las funciones.

Con estas funciones podremos abrir la BdD, leer o escribir en ella, borrar, movernos por los diferentes registros y guardarlo. Se pueden crear otras funciones, si fuera necesario, por ejemplo una vez escrita una fila queremos cambiar el valor de una variable cuando el cliente emita el pedido,...



Funciones creadas automáticamente por WITNESS, al crear el "database module". Con estas funciones se puede, abrir, guardar y cerrar la BdD, así como, añadir nuevos registros y borrar los que ya no sean necesarios.

Fig. 5.3. Tras la conexión de la BdD, se crea un módulo con las variables y funciones

Algunas de las funciones, con más detalle, se crean automáticamente:

Función “AddRecord”:

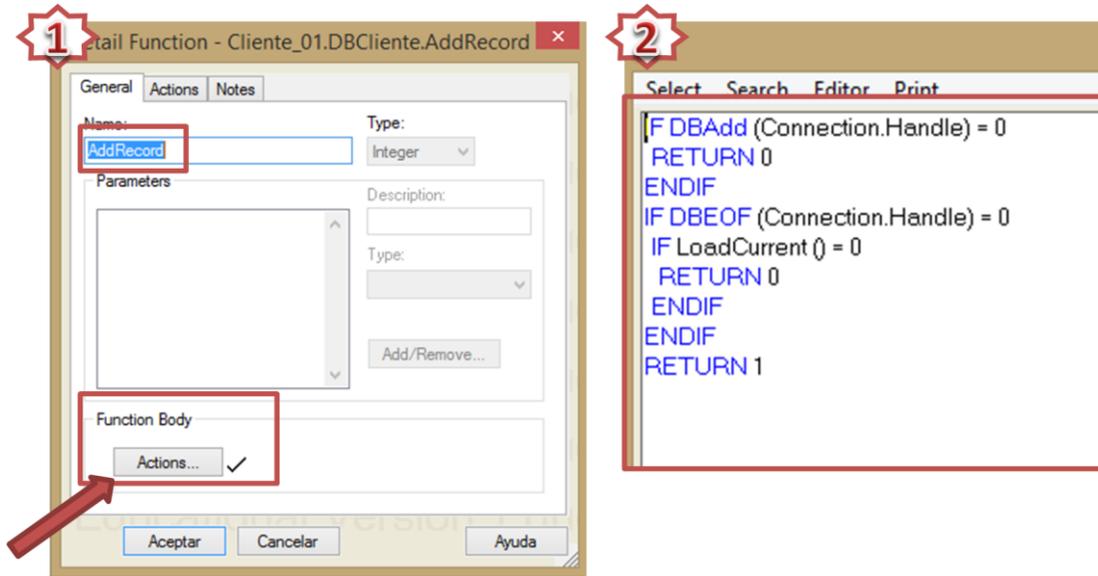


Fig. 5.4. Función que permite añadir nuevos registros en la base de datos

Función “CloseRecords”:

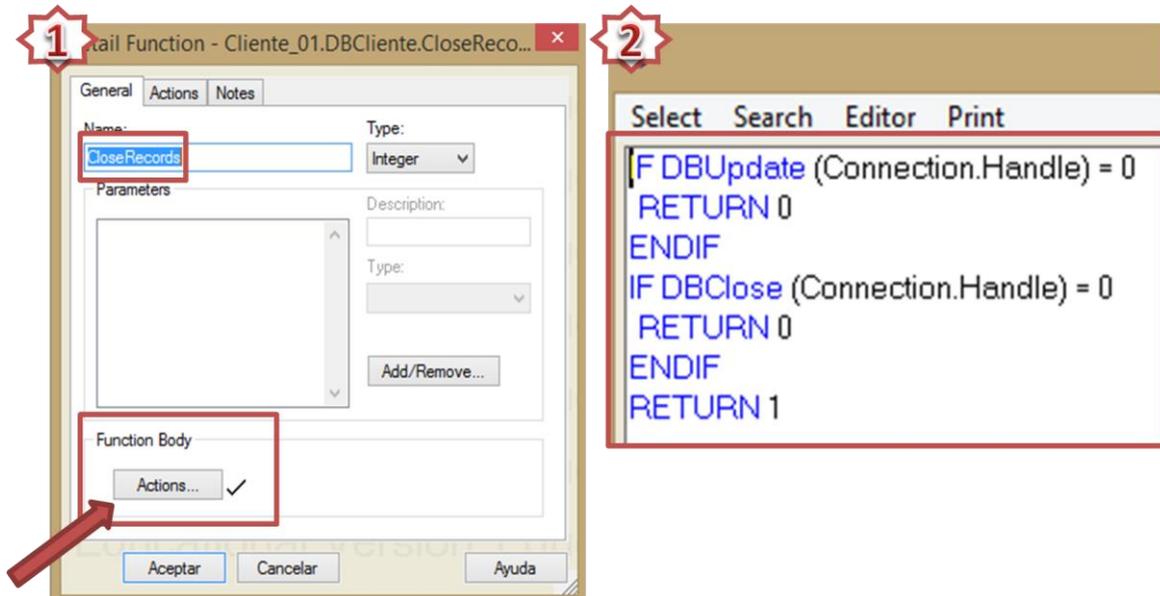


Fig. 5.6. Función que permite cerrar la base de datos

Función "DeleteRecord":

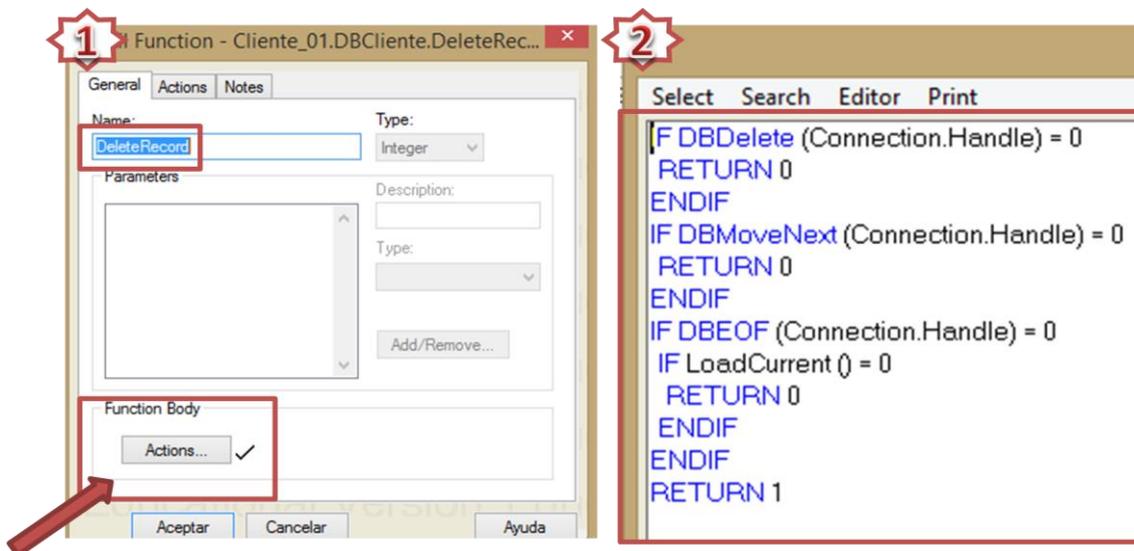


Fig. 5.7. Función que permite eliminar filas de la base de datos

Se definen las variables necesarias para asignar los datos de entrada, recogidos en hojas de Excel y todas las variables necesarias para que la máquina GenPed, genere los pedidos del cliente y los anote en la Bdd.

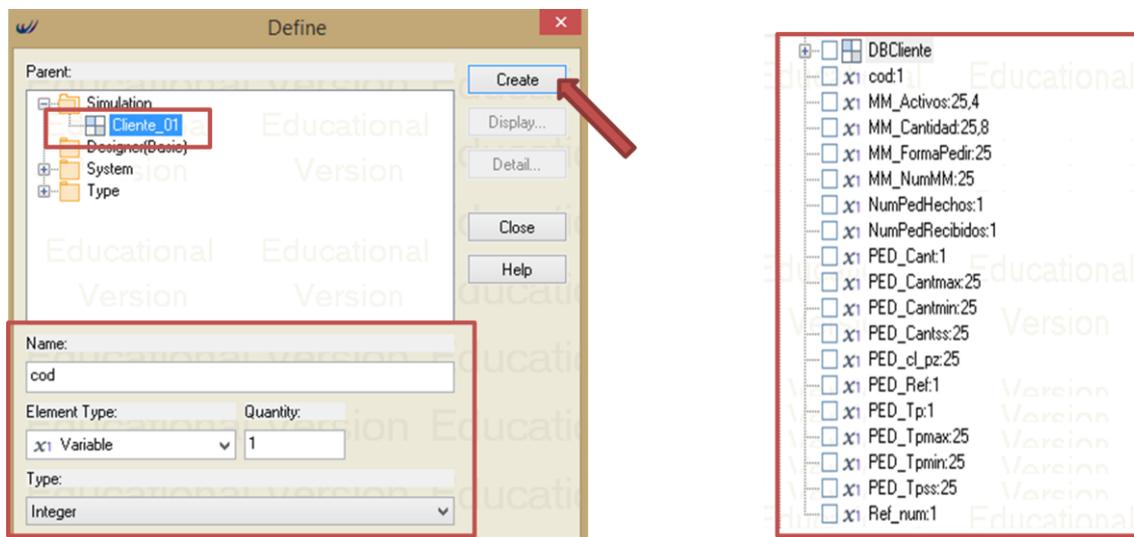


Fig. 5.8. Variables del módulo Cliente_01

Se creará el generador de pedidos, la máquina que se encarga de generar los pedidos de los clientes según unos datos de entrada, los cuales anota en una Bdd, para que puedan ser tramitados por los minoristas, los minoristas no conocen toda la información que se anota en la Bdd.

A continuación se muestra como se genera una máquina.

Primero se define, posteriormente es necesario introducir tanto la regla de entrada como de salida de la máquina y las acciones que debe realizar. En este caso al finalizar deberá crear y anotar en la Bdd los pedidos que realicen los clientes, para ello como se muestra en la fig.5.12

CREACIÓN DE LA MÁQUINA “GenPed”

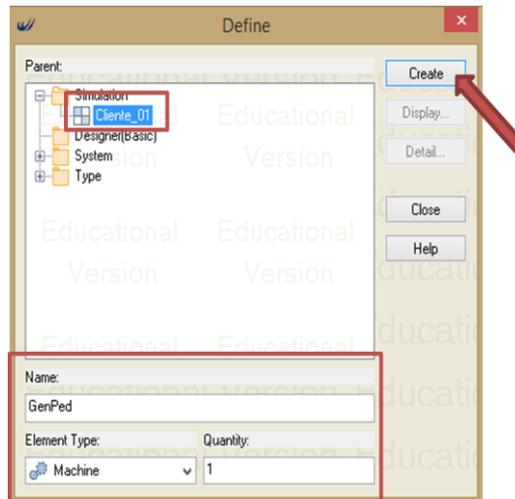


Fig. 5.9. Muestra cómo se crea una máquina en WITNESS

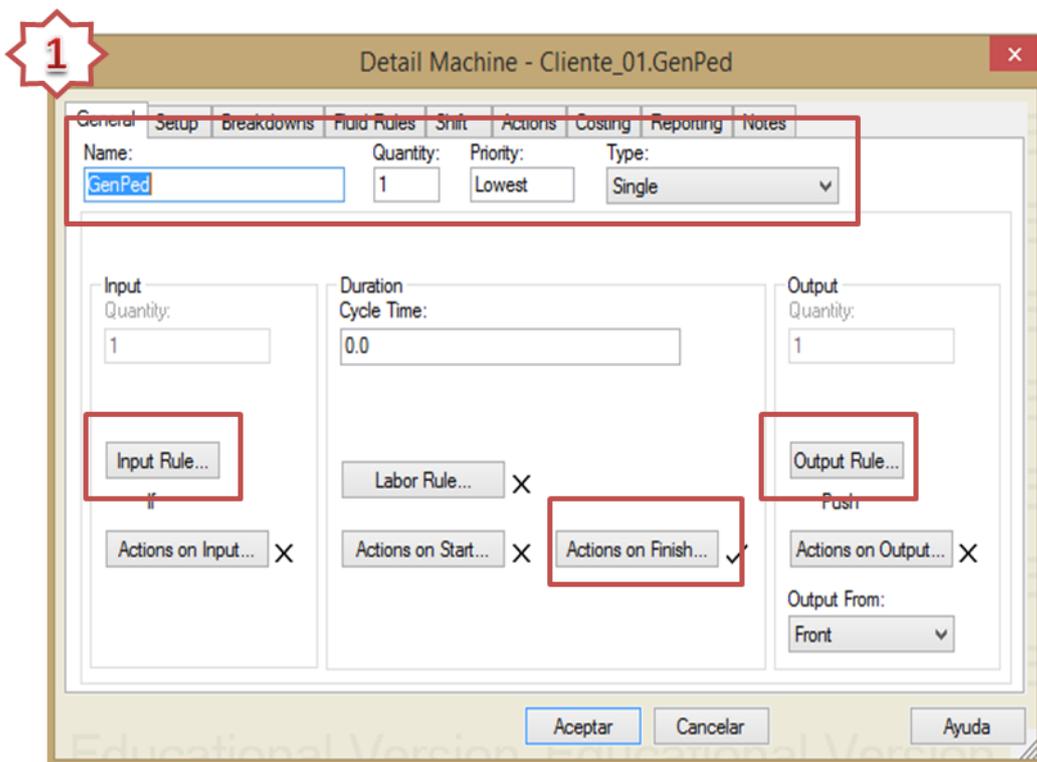


Fig. 5.10. Detalle de la máquina GenPed

2 INPUT RULE FOR MACHINE Cliente_01.GenPed

```
Select Search Editor Print
El Cliente_01, cada día puede generar pedidos
IF TIME = PED_Tp
PULL from Pedido out of WORLD
ELSE
Wait
ENDIF
```

Fig.5.11. Regla de entrada de la máquina

3 Edit Actions On Finish Cycle For Machine Cliente_01.GenPed

```
Select Search Editor Print
DIM ref AS INTEGER ! indice de REFERENCIA
DIM cant AS INTEGER
DIM pp AS INTEGER ! indice del PROVEEDOR
DIM tt AS INTEGER ! tiempo máximo de espera de los clientes
!----- Indices para el FOR
DIM ind1 AS INTEGER
!
!
tt = 2
ref = PED_Ref(cod) ! ref = PED_Ref(cc)
cant = PED_Cant(cod)
!
PRINT
PRINT
IF PED_Cant(cod) > 0 !Hay pedido
IF MM_NumMM(ref) = 1
! Sólo hay 1 minorista activo, así que el pedido hay que hacérselo a él
FOR ind1 = 1 TO 4 ! MM_total
IF MM_Activos(ref, ind1) = 1 !EI minoritas ind1 está activado para la Referencia ref
pp = ind1
GOTO ETQ1 !No se necesita seguir con el for, y así el programa va directamente a la línea etiquetada como ETQ1
ENDIF !IF MM_Activos(ref, ind1) = 1
NEXT LEOP ind1 = 1 TO 4
!
!
 Break on entry in the debugger
Validate Prompt...
```

Fig. 5.12. Función principal de la máquina, la cual permite generar los pedidos

4 OUTPUT RULE FOR MACHINE Cliente_01.GenPed

```
Select Search Editor Print
PUSH to SHIP
```

Fig. 5.13. Regla de salida de la máquina

Todas las máquinas se definen del mismo modo, naturalmente, cada una dispone de distintas reglas de entrada y salida y dependiendo de lo que se pretende que realice dicha máquina, dispondrá de una función principal más o menos compleja.

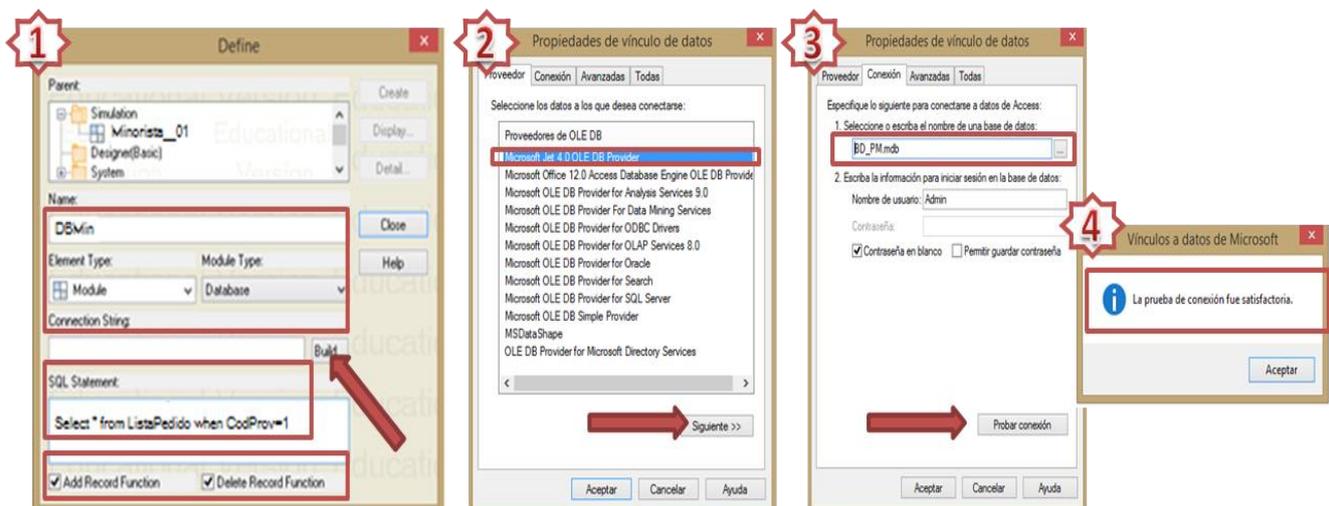
5.2.-MÓDULO MINORISTA

Los minoristas deben preparar los pedidos encargados por los clientes dentro del plazo, para ello deben tener las referencias y cantidades necesarias, por lo cual deben gestionar su almacén y no quedarse sin mercancías, para ello deberán generar sus pedidos a los mayoristas o incluso directamente a la fábrica, dependiendo de la estructura de la CdS.

Los datos de entrada deberán conectarse con WITNESS utilizando las funciones que presenta para la conexión de las hojas de Excel con las variables del modelo, para ello deberán definirse las variables a las que se les quiere asignar los datos recogidos en Excel, las funciones de conexión junto a otros datos de interés se deberán definir en el apartado de “Acciones al inicializar”

CONEXIÓN ACCESS-WITNESS

La conexión de la BdD, se realiza de la misma forma, en todos los módulos de agentes se realiza igual, se debe tener en cuenta que lo que cambia es el “SQL Statement”, cada uno tiene uno distinto.



Se definirán toda clase de componentes, ya sean variables, funciones, máquinas, databases modules, la forma de crearlos es igual que lo explicado para el Modulo Cliente_01, solo cambian los códigos y variables que son específicos para cada uno.

Tener en cuenta que la máquina que genera los pedidos al proveedor del minorista, es muy parecida a la que se utiliza para general los pedidos de los clientes, se deben cambiar las variables y poco más.

Las máquinas de tramitar el pedido y enviarlos son un poco más elaboradas, dado que deben permitir varias formas de trabajo, dependiendo de las formas de tramitar y servir los pedidos definidas en las hojas Excel de cada agente. Pero la base es la misma, recordar el comportamiento de máquina de estado, se necesitan unas acciones bien definidas que hasta que no se cumplen no se pasa al siguiente estado, en el modelo las máquinas se han diseñado de ese modo.

5.3.-MÓDULOS MAYORISTAS, FABRICANTES Y PROVEEDORES

Tras explicar detalladamente cómo están formados el módulo clientes y el módulo minoristas, decir que el resto de los módulos, salvo por el nombre de variables y BdD se crean de la misma forma, dado que lo que hacen los diferentes agentes es muy parecido. Se trata de revisar si hay pedido, tramitarlo si se puede, revisar existencias, reservarlas, actualizar almacén, pedir si es necesario al proveedor directo y enviar el pedido si se puede al cliente directo o al que toque. Siguen todos, el mismo patrón, con más o menos eslabones por cada nivel.

5.4.-PROBLEMAS DETECTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Antes de empezar con la construcción del modelo, en las primeras fases del diseño, se decidió que para la optimización del modelo y para facilitar el manejo de datos y posibilitar la colaboración entre los distintos agentes ya fueran del mismo o de otro nivel, se usarían bases de datos, dada la posibilidad que proporciona WITNESS de unir el modelo con ACCESS.

De esta forma se pueden almacenar gran cantidad de datos y mediante una serie de funciones se puede leer y escribir así como realizar una serie de SQL, sería una forma sencilla de compartir datos, dado que no todos los agentes tienen por qué ver toda la información, y se podría modificar sobre la marcha, cambiar de estados, modificar algunas variables, con el diseño de varias funciones sencillas.

Pero todo esto que en pequeños modelos de prueba con pocas iteraciones parecía funcionar de manera correcta, no lo ha hecho en el modelo final.

Las causas de no obtener resultados satisfactorios como se pretendía:

En el modelo final se realizaban muchas operaciones con la misma tabla de ACCESS, accediendo por diferentes *"database modules"*, en poco tiempo se accedía desde diversas máquinas se añadían, borraban y modificaban variables, llegado un punto la base de datos la conexión entre WITNESS y ACCESS fallaba y la base de datos colapsaba y no se guardaban los resultados y lo poco que se guardaba lo hacía mal, tras intentos y diversas modificaciones y creaciones de otras tablas, los resultados no mejoraban, por lo que ha sido imposible que funcionará el modelo.

Cierto es que dicho modelo era complejo y quizás se ha querido buscar una eficiencia y una gestión de los datos y resultados, que no se ha podido gestionar, se ha tratado de poner en marcha una idea demasiado ambiciosa.

Las estructuras estaban definidas, las operaciones estaban claras y los escenarios perfectamente planteados para probar el modelo, pero el modelo nunca ha funcionado como se planteo.

La solución, rápida y sencilla no la hay.

El modelo que se ha conseguido plantear, pequeño pero siendo la filosofía del anterior, consiste en eliminar la conexión con las BdD y crear matrices en las cuales almacenar la información, algo más tedioso y de esta forma complica bastante la parte del colaborativo,

dado que de esta forma no se puede hacer tan fácilmente la selección de datos que se desean , no se puede sacar el SQL deseado, además que todas las matrices que se necesitan para representar todo el modelo ralentizan la ejecución del mismo llegando a colapsar el modelo. Por lo que la solución más plausible, tampoco soluciona el problema.

Otro problema detectado en el modelo, pero solucionado de manera satisfactoria se dio con los datos de entrada, inicialmente se introducían manualmente en el modelo, en el apartado de datos de inicialización, dada la gran cantidad de datos era complicado variarlos y comprobar que estaban todos, por lo que se decidió introducir los datos de entrada mediante Excel, es una forma más clara y ordenada y se pueden plantear varios escenarios.

Aunque inicialmente pueda costar un poco más leer los datos de entrada al encontrarse fuera del modelo, el resultado final es más eficiente, además teniendo que cuenta que este diseño del modelo busca la posibilidad de que pueda modificarse, es decir, ampliar las cadenas de suministro, alterar el número de agentes sin demasiados problemas, esta forma de introducir los datos de entrada resulta ideal.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1.-CONCLUSIONES

La importancia y el poder de la colaboración y coordinación de la cadena de suministro como una entidad, como un conjunto. Se ha visto, los problemas que genera la falta de comunicación, las incertidumbres y errores que se cometen si cada agente, toma las decisiones de forma individual.

Otra de las cosas aprendidas es las ventajas que aporta la simulación, ya que se puede evaluar una o varias estructuras en diferentes escenarios antes de ponerlas en práctica. Se pueden observar los puntos débiles y mejorarlos antes de perder dinero y clientes.

Decir que la simulación es una herramienta que ayuda a la toma de decisiones, pero para que el modelo sea suficientemente bueno, se debe plantear y diseñar correctamente con todas las hipótesis y parámetros, la construcción de un modelo será más fácil cuanto mejor esté definido.

6.2.-VALORACIÓN PERSONAL

Tras varios meses de trabajo e investigación, se ha podido completar un pequeño trabajo sobre cadenas de suministro, un tema que no se da en profundidad en el grado, pero muy interesante, y el cual está a la alza dado la importancia de las cadenas de suministro en la industria. Y la utilidad de usar software de simulación para poder responder ante las adversidades antes de plantearlo en la vida real.

6.3.-TRABAJOS FUTUROS

Siguiendo la línea de este trabajo, se pueden desarrollar una gran variedad de estructuras diversas, con otras variables, con otras políticas de inventarios, abastecimiento, contratos de colaboración, en realidad se puede diseñar un trabajo todo lo complicado que se quiera, con todos los parámetros que se quiera.

Se puede entrar más en detalle en el retorno de embalajes, residuos, lo que serían cadenas verdes, o diseñar cadenas de frío, las utilizadas por las farmacias, laboratorios, centros médicos,...

Otro trabajo que se podría plantear es realizar un juego, es decir, plantear una estructura, simularla y prepararla para que otras personas puedan utilizarla de forma didáctica, sería como el juego de la cerveza, pero introduciendo más variables y escenarios.

ANEXO I: “JUEGO DE LA CERVEZA”

El juego de la cerveza, es un juego de simulación ampliamente conocido en el campo de la dinámica de sistemas. Se utiliza para formar a los nuevos operadores del sector de la logística, con la ayuda del juego se simplifican los problemas que puedan darse en la realidad en una Cadena de Suministro. [42]

La simulación de esta CdS pretende demostrar el gran problema de las cadenas tradicionales, en las que cada eslabón toma las decisiones de forma individual, sin pensar en el resto de eslabones, no hay una toma de decisiones coordinada. El desconocimiento provoca predicciones erróneas que se van arrastrando y van aumentando semana tras semana a lo largo de toda la cadena.

La CdS que se plantea está formada por cuatro eslabones que son: cliente, minorista, mayorista y fabricante. Cada uno dispone de un cierto inventario y piden al nivel n-1 y sirven al nivel n+1.

El objetivo del juego es que cada participante o grupo de participantes, gestionen un eslabón de la cadena, su misión es decidir semana tras semana y deben realizar pedidos para poder gestionar la demanda de su cliente directo, sin tener más información.

Al no disponer de información, dependiendo de las estrategias elegidas se puede llevar a un desenlace u otro, depende de la forma de pensar.

No se sabe cómo pero una marca local de cerveza empieza a ser demandada, el minorista vende todo su stock y comienza a aumentar sus pedidos al mayorista, cada semana más, la demanda sigue subiendo, el mayorista tiene pequeños problemas para cumplir con los pedidos, debido a que el fabricante no le está enviando todo lo que está demandando, como consecuencia el minorista para asegurarse su mercancía infla los pedidos, como sabe que todo no llega, esto provoca que el mayorista y fabricante sigan pensando que la cerveza sigue de moda, incluso que semana tras semana sigue aumentando, pero llega un momento que eso no es cierto, pero ellos no pueden saberlo.

Finalmente cuando el fabricante se da cuenta de que la cerveza ya no está de moda, de que sus han bajado precipitadamente, es cuando dispone de inventario suficiente para servir todos los pedidos pendientes al mayoristas, y el mayorista puede servir el minorista, pero ninguno pide más, ya que todos tienen sus almacenes completos.

En general, en la mayoría de los casos, cada agente solo hace que aumentar y aumentar sus pedios a su proveedor directo para servir al cliente y este no parará de pedir hasta que el cliente deje de demandar. Una vez que el cliente deja de demandar siguen llegando los pedidos que no se habían podido servir, pero ya no son necesarios, lo que ocasiona aumento del inventario en todos los niveles, sobre todo en los más lejanos al cliente final, que su reacción ha sido más tardía.

En el juego de la cerveza, los jugadores tienen la capacidad de eliminar las inestabilidades extremas que invariablemente se presentan, pero no lo consiguen porque no entienden cómo crean esa inestabilidad. [43]

ANEXO II: CARACTERÍSTICAS DE LA CdS - DATOS DE ENTRADA

1.-ESTRUCTURA CASO 01

PROVEEDORES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:01,03,05,08,10,12,13,15,16,18,22,25
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
PROVEEDORES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 1.1 propiedades y parámetros proveedores

FABRICANTE 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:01,02,03,04,05,06,10,11,15,17,21,23
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 día
4	Capacidad de inventario	35 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	5 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.3
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
FABRICANTE 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:02,04,06,08,010,12,14,16,19,22,23,25
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 días
4	Capacidad de inventario	50 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	10 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.4
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 1.2. propiedades y parámetros fabricantes

MAYORISTAS 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,05,07,11,13,15,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1 y 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,11,13,15,17,19,21,23
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1 y 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	10 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1 y 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1 y 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,18,19,21
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1 y 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 1.3. Propiedades y parámetros mayoristas

MINORISTA 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,09,11,12,16
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 3 y 4
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 2, y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 2 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,15,17,19
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 4 y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,06,08,10,11,13,15,20,22
2	A quién se debe comprar	Mayorista 2, 3 y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 3 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 1.4. Propiedades y parámetros minoristas

CLIENTES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:001,002,003,004
2	Quién le suministra	Minorista 1,3 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:10,12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,07,08,26,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,06,08,10,14,18,19,21,23,25
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 3
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 1.5. Propiedades y parámetros clientes

CLIENTES 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,02,03,04,12,18,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 6		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:04,06,09,11,12,14,15,17,18,20,21
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 7		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,09,12,14,18,21
2	Quién le suministra	Minorista 2,3 y 4
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 8		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:05,06,08,10,16,17,19,21,22,24,25
2	Quién le suministra	Minorista 3 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 1.6. Propiedades y parámetros clientes

2.- ESTRUCTURA CASO 02

PROVEEDORES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:01,03,05,08,10,12,13,15,16,18,22,25
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
PROVEEDORES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 2.1. Propiedades y parámetros proveedores

FABRICANTE 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:01,02,03,04,05,06,10,11,15,17,21,23
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 día
4	Capacidad de inventario	35 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	5 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.3
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
FABRICANTE 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:02,04,06,08,10,12,14,16,19,22,23,25
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 días
4	Capacidad de inventario	50 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	10 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.4
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 2.2. Propiedades y parámetros fabricantes

MAYORISTAS 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,05,07,11,13,15,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov. 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,11,13,15,17,19,21,23
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov.1
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	10 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov.1-2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov.1
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,18,19,21
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov.2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 2.3. Propiedades y parámetros Mayoristas

MINORISTA 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,09,11,12,16
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 3 y 4
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 2, y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,15,17,19
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1, 4 y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,06,08,10,11,13,15,20,22
2	A quién se debe comprar	Mayorista 2, 3 y 5
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 3 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 2.4. Propiedades y parámetros minoristas

CLIENTES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:001,002,003,004
2	Quién le suministra	Minorista 1,3 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:10,12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	Quién le suministra	Minorista 1-2 y Mayorista 2
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,07,08,26,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,06,08,10,14,18,19,21,23,25
2	Quién le suministra	Minorista 2-3 y Mayorista 4
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 2.5. Propiedades y parámetros clientes

CLIENTES 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,02,03,04,12,18,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1-4 y Mayorista 5
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 6		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:04,06,09,11,12,14,15,17,18,20,21
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 7		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,09,12,14,18,21
2	Quién le suministra	Minorista 2,3 y 4
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 8		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:05,06,08,10,16,17,19,21,22,24,25
2	Quién le suministra	Minorista 3-4 y Mayorista 5
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 2.6. Propiedades y parámetros clientes

3.-ESTRUCTURA CASO 03

PROVEEDORES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:01,03,05,08,10,12,13,15,16,18,22,25
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
PROVEEDORES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 3.1. Propiedades y parámetros proveedores

FABRICANTE 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:01,02,03,04,05,06,10,11,15,17,21,23
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 día
4	Capacidad de inventario	35 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	5 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.3
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
FABRICANTE 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:02,04,06,08,010,12,14,16,19,22,23,25
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 días
4	Capacidad de inventario	50 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	10 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.4
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 3.2. Propiedades y parámetros fabricantes

MAYORISTAS 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,05,07,11,13,15,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Mayorista 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,11,13,15,17,19,21,23
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Mayorista 1-3
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	10 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Mayorista 2-4
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Mayorista 3-5
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,18,19,21
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Mayorista 4
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 3.3. Propiedades y parámetros Mayoristas

MINORISTA 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,09,11,12,16
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-3-4 y Minorista 2
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-2-5 y Minorista 1-3
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,15,17,19
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-4-5 y Minorista 2-4
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,06,08,10,11,13,15,20,22
2	A quién se debe comprar	Mayorista 2-3-5 y Minorista 4
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 3 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 3.4. Propiedades y parámetros Minoristas

CLIENTES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:001,002,003,004
2	Quién le suministra	Minorista 1,3 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:10,12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,07,08,26,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,06,08,10,14,18,19,21,23,25
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 3
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 3.5. Propiedades y parámetros clientes

CLIENTES 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,02,03,04,12,18,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 6		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:04,06,09,11,12,14,15,17,18,20,21
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 7		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,09,12,14,18,21
2	Quién le suministra	Minorista 2,3 y 4
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 8		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:05,06,08,10,16,17,19,21,22,24,25
2	Quién le suministra	Minorista 3 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 3.6. Propiedades y parámetros clientes

4.- ESTRUCTURA CASO 04

PROVEEDORES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:01,03,05,08,10,12,13,15,16,18,22,25
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
PROVEEDORES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Componentes que suministra	Com.Ref:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	Frecuencia /demanda de cada referencia	2-3 días
3	Capacidad de producción	Ilimitada
4	Capacidad de inventario	Ilimitada
5	Precio de venta de cada referencia	1
6	Coste de inventario por referencia	0.2
7	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 4.1. Propiedades y parámetros proveedores

FABRICANTE 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:01,02,03,04,05,06,10,11,15,17,21,23
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 día
4	Capacidad de inventario	35 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	5 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.3
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
FABRICANTE 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que fabrica	Ref.:02,04,06,08,010,12,14,16,19,22,23,25
2	El nivel de confianza por cada proveedor	Alto
3	Tiempo medio de fabricación	6-7 días
4	Capacidad de inventario	50 lotes de cada ref.
5	Capacidad de producción	Limitada
6	Stock de seguridad	10 lotes de cada ref.
7	Coste de fabricación de cada referencia	2
8	Coste de penalización por referencia no enviada	0.4
9	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 4.2. Propiedades y parámetros fabricantes

MAYORISTAS 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,05,07,11,13,15,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 ,Prov. 2 y Mayorista 2
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,11,13,15,17,19,21,23
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2, Prov.1 y Mayorista 1-3
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	10 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,12,14,16,18,20,22,24
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2, Prov.1-2 y Mayorista 2-4
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:02,04,06,08,10,17,19,21,23,25
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2, Prov.1 y Mayorista 3-5
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MAYORISTAS 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,18,19,21
2	A quién se debe comprar	Fabricante 1-2 y Prov.2 y Mayorista 4
3	Tiempo de servicio	1 semana
4	Nivel de confianza con los proveedores	Alto
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	3
7	Coste por no atender la demanda	0.4
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 4.3. Propiedades y parámetros mayoristas

MINORISTA 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,09,11,12,16
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-3-4 y Minorista 2
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:12,13,14,15,16,17,8,19,21
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-2,-5 y Minorista 1-3
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 3 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,02,03,04,05,06,08,15,17,19
2	A quién se debe comprar	Mayorista 1-4-5 y Minorista 2-4
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 1 Alto, resto bajo
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.5
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica
MINORISTA 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencia que provee	Ref.:01,03,06,08,10,11,13,15,20,22
2	A quién se debe comprar	Mayorista 2-3-5 y Minorista 3
3	Tiempo de servicio	2 a 3 días
4	Nivel de confianza con los proveedores	Mayorista 3 Alta, resto baja
5	Stock de seguridad	5 lotes
6	Precio de compra de referencias	4
7	Coste por no atender la demanda	0.6
8	Previsión de la demanda	Demanda estocástica

Tabla 4.4. Propiedades y parámetros minoristas

CLIENTES 1		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:001,002,003,004
2	Quién le suministra	Minorista 1,3 y 4
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 2		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:10,12,13,14,15,16,17,18,19,21
2	Quién le suministra	Minorista 1-2 y Mayorista 2
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 3		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,07,08,21,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1 y 2
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 4		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,06,08,10,14,18,19,21,23,25
2	Quién le suministra	Minorista 2-3 y Mayorista 4
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 4.5. Propiedades y parámetros clientes

CLIENTES 5		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:01,02,03,04,12,18,20,23
2	Quién le suministra	Minorista 1-4 y Mayorista 5
3	Frecuencia pedido	2 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.7
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 6		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:04,06,09,11,12,14,15,17,18,20,21
2	Quién le suministra	Minorista 2 y 4
3	Frecuencia pedido	1 a 2 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.5
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 7		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:02,04,05,09,12,14,18,21
2	Quién le suministra	Minorista 2,3 y 4
3	Frecuencia pedido	Cada 4 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.6
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente
CLIENTES 8		
ID	PROPIEDADES Y PARÁMETROS	
1	Referencias que puede pedir	Ref.:05,06,08,10,16,17,19,21,22,24,25
2	Quién le suministra	Minorista 3-4 y Mayorista 5
3	Frecuencia pedido	1 a 3 días
4	Precio sobre referencias	5
5	Coste de penalización por referencia	0.8
6	Revisión de pedidos	Cuando se recibe pedido
7	Aceptación y/o devolución de referencias	Depende del Cliente

Tabla 4.6. Propiedades y parámetros clientes

ANEXO III: INTRODUCCIÓN A WITNESS

La mejor forma de representar el comportamiento de un sistema es mediante la simulación de eventos discretos. WITNESS es una herramienta de simulación muy completa para desarrollar todos los modelos diseñados para este trabajo.

Los modelos de creados en WITNESS deben construirse siguiendo unas pautas concretas y utilizando unos determinados elementos. Las diferentes partes del sistema real serán representadas en el modelo por medio de diferentes elementos, los cuales permiten la posterior simulación y evaluación del modelo.

1.-VENTANA DE INICIO

- Lista de los elementos: permite gestionar todos los elementos en uso del modelo.
- La ventana de simulación: se empleará para la construcción del modelo
- La ventana de elementos predefinidos
- Resto de ventanas y demás barras de herramientas

2.-MENÚ Y BARRAS DE ÚTILES

- FILE: permite abrir, guardar (...), los modelos
- EDIT: permite editar el contenido, copiar, pegar, cortar...
- VIEW: permite acceder a las barras de herramientas
- MODEL: permite gestionar el modelo y ejecutar las acciones especiales
- ELEMENTS: permite construir el modelo
- REPORTS: proporciona información sobre el modelo y/o sobre elementos
- RUN: acciona la simulación del modelo
- WINDOWS: permite nombrar las ventanas y situarlas en la pantalla principal
- HELP: proporciona acceso a la ayuda on-line de WITNESS, muy útil y recomendable a la hora de crear los modelos de simulación.
- STANDARD: barra de útiles que permite guardar, crear o abrir los modelos
- REPORTING: barra de útiles que permite acceder a diferente información, relativa estadísticas, costes, estado actual...
- ASSISTANT: permite introducir las reglas de entrada y salida, acciones y distribuciones
- ELEMENTS: permite describir y representar elementos, así como, actualizarlos
- ELEMENTS DISPLAY: permite representar los elementos, añadir etiquetas de texto y actualizarlos.

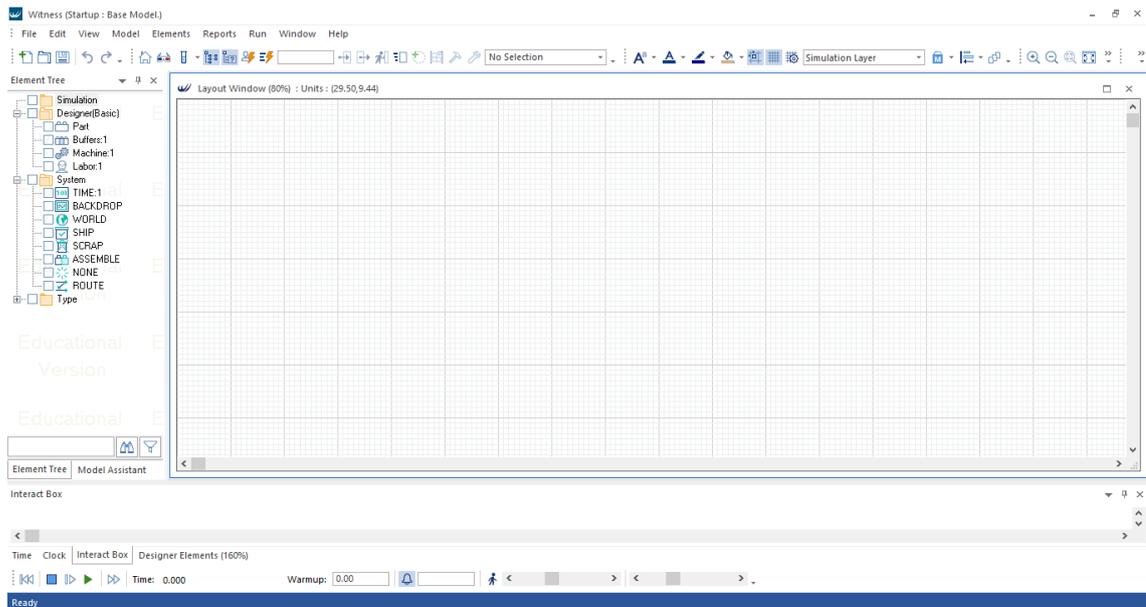


Fig. III.1. Ventana de simulación de WITNESS.

3.-ELEMENTOS BÁSICOS

3.1.-ELEMENTOS DE PROCESOS DISCRETOS

PARTS: Elementos que circulan por el modelo, en el caso de estudio referencias, pero pueden ser piezas, productos, lotes... Representas bienes o servicios.

MACHINES: representan entidades muy robustas y potentes que realizan actividades.

BUFFERS: representan lugares de almacenamiento, simulan almacenes, colas o conjunto de productos a procesar.

CONVEYORS: se utilizan para desplazar PARTS de un lugar a otro del modelo.

Los elementos de procesos discretos, son los principales elementos, que se usarán en los distintos modelos de simulación desarrollados para este TFG.

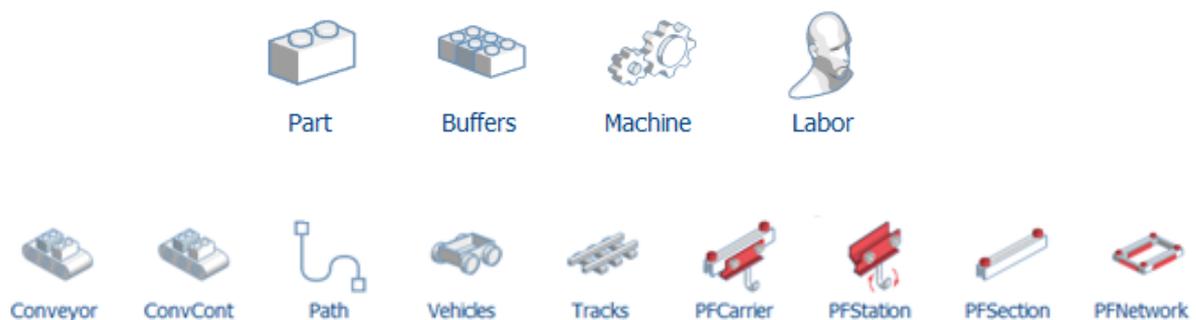


Fig. III.2. Elementos de procesos discretos.

3.2.-ELEMENTOS DE PROCESOS CONTINUOS

FLUIDS: productos que fluyen libremente

TANKS: productos que se utilizan para almacenar fluidos (FLUIDS)

PROCESORS: lugar dónde se somete a los fluidos alguna operación

PIPES: tuberías que se utilizan para transportar los fluidos hasta los procesadores

Los elementos de procesos continuos no se utilizan en los modelos de simulación realizados para este trabajo, pero es interesante conocerlos para otros proyectos.



Fig. III.3. Elementos de procesos continuos.

3.3.-ELEMENTOS LÓGICOS

ATTRIBUTES: Características específicas de las PARTS

VARIABLES: son valores a los cuales se puede acceder desde cualquier parte del modelo

DISTRIBUTIONS: permiten construir variables y situaciones con variabilidad

FUNCTIONS: WITNESS dispone de gran variedad de funciones definidas, también pueden crearse según necesidades de diseño.

SHIFFS: son utilizados para representar un patrón de cambio, para simular turnos de trabajo

PARTES FILES: contiene información relativa a una PART, para la que ha sido creada.

MODULES: se utiliza para crear simulaciones o parte de ellas, utilizando elementos básicos, lógicos y gráficos, se pueden crear modelos dentro de un modelo más grande. Los módulos se pueden conectar usando bases de datos o hojas de Excel.



Fig. III.4. Elementos lógicos

4.-ELEMENTOS GRÁFICOS

TIME SERIES: almacena datos relativos a las diferentes simulaciones del modelo.

HISTOGRAMS: permite representar los datos almacenados en un diagrama de barras.

PIE CHARTS: permite representar los datos almacenados en un diagrama de barras.



Fig. III.5. Elementos gráficos

5.-REGLAS DE ENTRADA Y SALIDA

Las reglas de entrada y salida más utilizadas en los diferentes modelos son las siguientes:

- **WAIT:** no se realiza ninguna acción sobre la pieza (PART)
- **PULL:** Solo puede emplearse como acción de entrada
- **PUSH:** Solo puede utilizarse como acción de salida

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Schuster Puga, M., & Tancrez, J. S. (2017). A heuristic algorithm for solving large location–inventory problems with demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 259(2), 413–423.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.037>
- [2] Taleizadeh, A. A., Tavakoli, S., & San-José, L. A. (2018). A lot sizing model with advance payment and planned backordering. *Annals of Operations Research*, 271(2).
<https://doi.org/10.1007/s10479-018-2753-y>
- [3] Umeda, S., & Zhang, F. (2010). A simulation modeling framework for supply chain system analysis. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2011–2022.
<https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5678872>
- [4] Park, S., Lee, T. E., & Sung, C. S. (2010). A three-level supply chain network design model with risk-pooling and lead times. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(5), 563–581.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.12.004>
- [5] Rabe, M., Clausen, U., Klueter, A., & Poeting, M. (2017). An approach for modeling collaborative route planning in supply chain simulation. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2228–2238. <https://doi.org/10.1109/WSC.2016.7822264>
- [6] Ramírez, S. A., & Peña, G. E. (2011). Análisis de comportamiento caótico en variables de la cadena de suministro. (Spanish). *Journal of Economics, Finance & Administrative Science*, 16(31), 85–106. Retrieved from
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=67654510&site=ehost-live>
- [7] Lee, L. H., Teng, S., Chew, E. P., Karimi, I. A., Lye, K. W., Lendermann, P., ... Koh, H. (2005). Application of multi-objective simulation-optimization techniques to inventory management problems. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2005, 1684–1691. <https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574439>
- [8] Krishna, S., & Tiwari, M. K. (2013). Computers & Industrial Engineering Supply chain system design integrated with risk pooling q. *Computers & Industrial Engineering*, 64(2), 580–588. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.11.013>
- [9] Fontana Burgos, J. E., & Peña Blanco, D. (2010). *Desarrollo De Un Modelo De Simulación De Operaciones De La Cadena De Suministro Del Sector Farmacéutico Venezolano*. 5–18.
- [10] Ponte Blanco, B., & Borja. (2013). *El Efecto Bullwhip en las Cadenas de Suministro: Una Aproximación Basada en Técnicas de Inteligencia Artificial*. Retrieved from
<http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/13196>

- [11] Holgado San Martín, A. A. (2017). *Estrategia de optimización de la cadena de suministro para COMERCIAL DAVIS* S.A. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146326/Estrategia-de-optimización-de-la-cadena-de-suministro-para-Comercial-Davis.pdf?sequence=1>
- [12] Ponte, B., Costas, J., Puche, J., De La Fuente, D., & Pino, R. (2016). Holism versus reductionism in supply chain management: An economic analysis. *Decision Support Systems*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.03.010>
- [13] Mokhtar, A. R. M., Genovese, A., Brint, A., & Kumar, N. (2019). Improving reverse supply chain performance: The role of supply chain leadership and governance mechanisms. *Journal of Cleaner Production*, 216, 42–55. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.045>
- [14] Prasad, U. H. (2010). *in Maritime Supply Chains*. 1967–1975.
- [15] Venkateswaran, J., & Son, Y. J. (2005). Information synchronization effects on the stability of collaborative supply chain. *Proceedings - Winter Simulation Conference, 2005(2004)*, 1668–1676. <https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574437>
- [16] Schmitt, A. J., Snyder, L. V., & Shen, Z. J. M. (2010). Inventory systems with stochastic demand and supply: Properties and approximations. *European Journal of Operational Research*, 206(2), 313–328. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.02.029>
- [17] Rossetti, M. D., Shbool, M., Varghese, V., & Pohl, E. (2013). Investigating the effect of demand aggregation on the performance of an (R, Q) inventory control policy. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference - Simulation: Making Decisions in a Complex World, WSC 2013*, 3318–3329. <https://doi.org/10.1109/WSC.2013.6721696>
- [18] Chen, Y., & Wang, S. (2010). Investigating the impacts of dynamic pricing and price-sensitive demand on an inventory system in the presence of supply disruptions. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, (1955), 1809–1819. <https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5678890>
- [19] Moyano, M. & Fuentes, M. (2011). Lean Production Y Gestión De La Cadena De Suministro. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, 17(1), 137–157.
- [20] Vidal, C. J., & Gutierrez, V. (2008). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento : Revisión de la Literatura Inventory Management Models in Supply Chains : A Literature Review. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 134–149. Retrieved from <http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro043/134-149.pdf>

- [21] Castilho, J. A., Lang, T. E., Peterson, D. K., & Volovoi, V. (2015). *No Title*. 1892–1903.
- [22] I. Ribas Vila, R. Companys Pascual. “*Estado del arte de la planificación Colaborativa en la cadena de suministro*”
- [23] Alvarez, E., & Van Der Heijden, M. (2014). On two-echelon inventory systems with Poisson demand and lost sales. *European Journal of Operational Research*, 235(1), 334–338. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.031>
- [24] Pando, V., San-José, L. A., García-Laguna, J., & Sicilia, J. (2018). Optimal lot-size policy for deteriorating items with stock-dependent demand considering profit maximization. *Computers and Industrial Engineering*, 117(January 2017), 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.008>
- [25] Schlee, K., Ristow, J., Blvd, S. C. M., Hubert, C., & Box, P. O. (2005). Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference K. Schlee, S. Gangadharan, J. Ristow, J. Sudermann, C. Walker, C. Hubert. *Assembly*, (Hubert 2003), 1265–1274.
- [26] Schlee, K., Ristow, J., Blvd, S. C. M., Hubert, C., & Box, P. O. (2005). Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference K. Schlee, S. Gangadharan, J. Ristow, J. Sudermann, C. Walker, C. Hubert. *Assembly*, (Hubert 2003), 1265–1274.
- [27] Kabirian, A., Sarfaraz, A., & Rajai, M. (2013). Revenue and production management in a multi-echelon supply chain. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference - Simulation: Making Decisions in a Complex World, WSC 2013*, 3330–3339. <https://doi.org/10.1109/WSC.2013.6721697>
- [28] Carabobo, E. (n.d.). *SIMULACIÓN : HERRAMIENTA PARA GESTIONAR CADENAS DE SIMULATION : TOOL TO MANAGE SUPPLY CHAINS* .
- [29] Calderón, J. L., & Lario, F. C. (2007). Simulación de cadenas de suministro: Nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo. *Informacion Tecnologica*, 18(1), 137–146.
- [30] Rossetti, M. D., & Xiang, Y. (2010). Simulating backlog and load building processes in a two-echelon inventory system. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 1833–1845. <https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5678888>
- [31] Gavirneni, S. (2005). Simulation based evaluation of information-centric supply chains. *Proceedings - Winter Simulation Conference, 2005(1996)*, 1677–1683. <https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574438>
- [32] Puche, J., Costas, J., Ponte, B., Pino, R., & de la Fuente, D. (2019). The effect of supply chain noise on the financial performance of Kanban and Drum-Buffer-Rope: An agent-based perspective. *Expert Systems with Applications*, 120, 87–102. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2018.11.009>

- [33] Ponte, B., Costas, J., Puche, J., Pino, R., & de la Fuente, D. (2018). The value of lead time reduction and stabilization: A comparison between traditional and collaborative supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 111, 165–185. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2018.01.014>
- [34] Briano, E., Caballini, C., Giribone, P., & Revetria, R. (2010). Using system dynamics for short life cycle supply chains evaluation. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 1820–1832. <https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5678887>
- [35] Holweg, M.; Disney, S.M.; Holmström, J.; Småros, J., 2005. Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum. *European Management Journal*, Vol. 23, núm. 2, p. 170-181.
- [36] *Manual Básico de Witeness* (en línea)
- [37] Fernando Sáenz Antoñanzas ; Proyecto fin de Carrera; " *Simulación basada en agentes aplicada a la cadena de suministro*"
- [38] I. Ribas Vila, R. Companays Pascual. " *Estado del arte de la planificación Colaborativa en la cadena de suministro*"
- [39] H. Bautista-Santos, J.L. Martínez-Flores, G. Fernández-Lambaert, M. Beatriz Bernabé –Loronca, Fabiola Sánchez-Galván. " *Modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas* " Universidad de Colombia DYNA 82 (193), PP. 144-154.
- [40] José Ramón Vilana Arto. " *La Gestión de la Cadena de Suministro Executive MBA*"
- [41] Beatriz Andres, Raquel Sanchis, Raul Poler. " *Modelado y simulación de la cadena de suministro con AnaLogic*" *Modelling in Science Education and Learning*; Volume 9(2), 2016 doi:10.4995/msel.2016.3520; Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada; Universitat Politècnica de Valencia
- [42] E. Torres, P. Eribe y F. Valenzuela " *El juego de la cerveza*" Universidad Tecnológica Metropolitana; Facultad de Ingeniería; Departamento de Industria ; Ingeniería de Sistemas.
- [43] A. Martín " *El juego de la cerveza*" Universidad de Valladolid; Master en Logística