



Gestión de la cadena de abastecimiento en la industria papelera con dinámica de sistemas

Maria Camila Gil Ceballos

Informe de practica para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor

Juan Sebastián Jaen Posada, Ingeniero Administrador

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita

(Gil Ceballos, 2022)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Gil Ceballos, M., (2022). *Gestión de la cadena de abastecimiento en la industria papelera con dinámica de sistemas* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Documentación (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Introducción	6
Objetivo general	9
Marco Teórico	10
Explicación del modelo	14
Resultados	20
Análisis de sensibilidad	21
Resultados análisis de sensibilidad.....	24
Conclusiones	26
Referencias.....	Error! Bookmark not defined.
Visto bueno del asesor	Error! Bookmark not defined.

Lista de tablas

Tabla 1 Resultados principales del modelo	20
Tabla 2 Gráficas análisis de sensibilidad variables del modelo	22
Tabla 3 Graficas arrojadas para análisis de sensibilidad de la cap. Tren y cap. Entidad de recibo.....	23
Tabla 4 Comparativo costos totales, frecuencia del tren y capacidad de recibo	24
Tabla 5 Resultados con frecuencia del tren = 3	25

Lista de ilustraciones

Ilustración 1	Proceso de importación pulpa de papel	12
Ilustración 2	Modelo de dinámica de sistemas proceso de importación pulpa de papel	14

Introducción

La industria papelera en Colombia según la ANDI representa el 4,6% del PIB industrial nacional del país. Está conformada por aquellas empresas dedicadas a la producción de pulpa, papel y cartón, es generadora de más de 9.000 empleos y exporta a países como Ecuador, Perú y Centroamérica. A nivel mundial, la producción de papel y cartón en Colombia representa el 0,3%, y el 6% en América Latina. Mientras que, en el caso de la pulpa, estas cifras corresponden al 0,1% y al 13%, respectivamente. En el país el papel y el cartón provienen principalmente de tres fuentes sostenibles: la fibra virgen de madera de plantaciones forestales, la fibra virgen de bagazo de caña de azúcar y la fibra reciclada recolectada de residuos de papel después de su consumo (ANDI, 2016).

La fibra reciclada o pulpa de papel es un producto 100% reciclado, reciclable y biodegradable. Proviene del papel y el cartón recuperado, su importancia radica principalmente en reducir la tala de los árboles, según la National Geographic se estima que la pérdida anual neta de superficie forestal se sitúa cerca de los 7,3 millones de hectáreas anuales, reciclando papel se contribuye directamente a ayudar a recuperar las masas forestales del planeta. Estados Unidos es el principal exportador de pulpa de papel con más de 4,2 toneladas al año, quien le sigue es China debido a su prohibición de importaciones de fibra recuperada a partir de enero de 2020 (Troid, 2020). Dentro de Colombia hay poca oferta de papel reciclado y por ende la industria papelera opta por importar este producto principalmente de los dos países mencionados.

Una empresa colombiana de la industria papelera compra contenedores de pulpas de papel reciclado para suplir sus necesidades de producción. El proceso logístico de recepción de mercancía es el siguiente; los contenedores llegan a tres puertos marítimos; el puerto de Santa

Marta, el puerto de Cartagena y el puerto de Buenaventura. Los contenedores no llegan todos al mismo puerto por razones de costos, cercanía y facilidad para la naviera. También por los límites de capacidad de almacenamiento y despacho de la mercancía en el centro de despacho en cada ciudad (ITR) después de salir del puerto. Luego de la llegada de los contenedores a cada puerto se inicia un proceso de nacionalización de la mercancía el cual dura 3 días para el puerto de Santa Marta y Cartagena y 5 días para el puerto de Buenaventura. A partir de esta etapa los contenedores se quedan en los patios de los puertos a la espera de que la empresa que opera los ITR los recoja.

El puerto de Santa Marta es el que más alejado queda de la planta donde se tritura la pulpa de papel, así que debe aprovecharse el transporte de los contenedores en el tren. Este, tiene un límite de capacidad de transporte de 33 contenedores por viaje, sale una vez a la semana y tiene un tiempo de viaje hasta el ITR de La dorada, Caldas (donde se desconsolidan los contenedores) estipulado. Para el puerto de Cartagena y el puerto de Buenaventura los contenedores salen hasta sus respectivos ITR en camión y los contenedores, luego de esta etapa son devueltos en el puerto a la naviera. Como es de esperarse los ITR tienen límite en cuanto a capacidad de contenedores a almacenar y a despachar, así que pueden recibir dependiendo de la capacidad que tengan disponible: Por esta razón se debe tener en cuenta esa disponibilidad antes de sacar los contenedores de los puertos, de igual manera, al momento de despachar la mercancía (hablando ya de producto desconsolidado de los contenedores) del ITR se tiene un límite de 50 toneladas por día y los domingos no trabajan.

El objetivo de tener la materia prima en los ITR (la dorada, Cartagena y Buenaventura) es

enviarla a la planta de trituración que a su vez tiene una capacidad máxima de almacenaje de 5.500 toneladas. Esa capacidad almacenada es procesada por un molino. En caso de desabastecimiento, es posible que por no haber suficiente mercancía dentro de la planta haya que hacer un paro de molino, lo que hay que evitar a toda costa ya que días de molino parado son sumamente costosos para la empresa papelera. La conexión entre la planta y los ITR es una entidad de recibo en la planta que recibe la mercancía considerando un límite de capacidad de recibo (100 toneladas por día y que no trabaja los domingos). La forma de controlar este proceso es asignando citas de recibo. Un aspecto que se tiene en cuenta son los tiempos de viaje del ITR a la entidad mencionada de 1, 2 y 3 días para La Dorada, Cartagena y Buenaventura respectivamente. Es posible que al lugar de recibo llegue más de lo que puede almacenar en la bodega así que cuando se supere la cantidad es necesario contratar un servicio de almacenaje externo. Esta bodega externa se va desocupando cuando la planta nuevamente alcanza capacidad de almacenamiento. Para el siguiente trabajo de grado se quiere determinar una forma que permita la asignación de citas considerando la disponibilidad de toneladas de almacenamiento disponibles en los ITR.

Objetivo general

Determinar una metodología que permita la asignación de citas desde los ITR hacia la planta disminuyendo los costos y maximizando la capacidad de recibo.

Marco Teórico

Frederick Taylor el padre de la administración científica y la ingeniería industrial dedicó su vida a la investigación de las mejoras de los procesos dentro de las organizaciones. Entre las décadas del 40 y el 50 el enfoque de mejoras en la gestión logística sirvió para volver más eficientes los procesos de manejo de materiales y aprovechamiento de los espacios, posteriormente se extendió a la gestión del transporte. Todo esto proporcionó los cimientos para lo que hoy se conoce como cadena de abastecimiento (Briceño, 2018).

La cadena de abastecimiento se ha explicado como un organismo multiagente, que busca satisfacer las demandas del comprador por medio de la coordinación efectiva de los flujos de información, productos y recursos financieros que la recorren, desde el proveedor hasta el cliente final. Dada la complejidad del sistema de la cadena, es común que sus actividades no se realicen de manera eficaz, lo que compromete a los agentes a proporcionar de manera continua y unificada los medios necesarios que permitan generar propuestas de mejoramiento, capaces de fomentar la productividad de la cadena como mecanismo principal de su competitividad (García y Olaya, 2006).

Se ha de tener en cuenta que la cadena de abastecimiento no solo incluye aquellas partes que influyen directamente sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detal etc. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente (Chopra y Meindl 2008).

La logística dentro de la cadena de abastecimiento juega un papel crucial para el manejo

eficiente de bienes y servicios hasta el consumidor final. La logística ha pasado en la última década de representar la gestión integral de los flujos de materiales e información en una empresa a significar un proceso estratégico por el cual la empresa organiza y mantiene su actividad dándole un uso óptimo a sus recursos. Este cambio de mentalidad se ha visto magnificado por los efectos de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (Villa y Carmona, 2019).

La industria papelea se divide en 4 subsectores 1) papeles y cartones para imprenta y escritura 2) otros papeles y cartones especializados 3) papeles para empaques y envolturas 4) papeles de uso doméstico e industrial y 5) papeles suaves higiénicos. Siendo la última, la base de este trabajo, específicamente hablando de una empresa Colombiana fundada en Medellín en 1958, para 1965 ya tenían la primera planta productora de papel suave en Medellín, al día de hoy posee 7 unidades de negocio, 11 marcas líderes y 46 categorías de producto. Esta empresa está presente en Suramérica y el Caribe y gracias a un socio estratégico también en Europa y Asia.

El sector del papel en Colombia se abastece de tres principales fuentes para la fabricación de sus productos 1) pulpas vírgenes a través de maderas de los bosques 2) importación de pulpas vírgenes y 3) importación de cartón y papeles reciclados. El uso de papeles y cartones reciclados en la industria dentro de Colombia es de un 62% del total de fibras requeridas para la producción (Jarrin y Ramírez, 2018). El alto consumo del reciclaje dentro del proceso de producción de la industria y la poca normatividad colombiana sobre reciclaje torna cada vez más compleja la adquisición de estas pulpas a nivel nacional, ocasionando que las empresas deban buscar alternativas de importación en el exterior.

El proceso logístico de la importación del papel reciclado de esta empresa en específico se

ilustra de mejor manera con el siguiente esquema.

Diagrama del proceso de importación de pulpa de papel



Ilustración 1 Proceso de importación pulpa de papel

El proceso de importación de papel comienza con la 1) llegada de los contenedores a un puerto marítimo, luego de ser descargados del buque comienza un proceso de 2) nacionalización de la mercancía, el cual tiene una duración en días dependiendo del puerto, después de la nacionalización los contenedores se quedan en los patios del puerto a la espera de ser 3) transportados hasta el servicio de desconsolidación o ITR de la ciudad correspondiente donde la mercancía deja de estar dentro de los contenedores, posteriormente se 5) envía la mercancía hasta la planta trituradora de papel donde 6) hay una entidad de recibo que conecta los ITR con la planta, la cual asigna unas citas para poder ejecutar el recibimiento de la mercancía 7) molino.

Para la empresa descrita anteriormente los contenedores llegan a 3 puertos marítimos que

son Santa Marta, Cartagena y Buenaventura, del primero el transporte luego de la nacionalización es en tren y para los dos últimos es en camiones. Desde 1997 la línea férrea que comunica Santa Marta con la Dorada estaba fuera de servicio, a partir del 2018 se reactivó el servicio de tren para carga de mercancía diferente al carbón, en total son 718 km de vía férrea compuesta por dos tramos, el primero nace desde el puerto de Santa Marta y llega hasta el municipio de Chiriguana en el departamento del Cesar y posteriormente sale de allí y llega hasta la Dorada en Caldas, es capaz de movilizar hasta 80.000 toneladas de carga. Esta reapertura se convirtió en nuevas oportunidades de trabajo para más de 2.000 personas en el Magdalena, su objetivo es incentivar a los pequeños, medianos y grandes empresarios para que consideren el tren como un medio de transporte competitivo, seguro y eficaz (ANI, 2018). El tren sale una vez por semana.

El problema a abordar en este caso se trata de la asignación de citas en el proceso de recibo de la mercancía, ya que del uso eficiente de las citas en cuanto a la mercancía a enviar de cada ciudad a la planta depende asumir o no una cantidad de sobrecostos.

1. Si la mercancía pasa más de 10 días en los patios del puerto se debe pagar 350 USD/contenedor.
2. Sobrecosto de no aprovechar la capacidad del tren (para el caso del puerto de Santa Marta).
3. Alquiler de bodega por enviar más mercancía de la que se puede recibir en la planta.

Lo descrito anteriormente es tan solo una pequeña parte de todo lo que abarca la cadena de abastecimiento de esta empresa, pero es necesaria una administración adecuada de cada eslabón del proceso desde el principio dado que al momento de la asignación de citas, una mala decisión puede ocasionar una serie de consecuencias sumamente costosas para la organización.

Explicación del modelo

Para abordar el problema se procedió a realizar un modelo de dinámica de sistemas en el software powersim, basándose en todo el proceso que recorre la pulpa de papel reciclado desde que llega a los puertos marítimos (Cartagena, Buenaventura y Santa Marta), se nacionaliza la mercancía, va a los patios del puerto, se transporta a los ITR de cada ciudad, pasa a la entidad de recibo de las plantas para finalizar en la bodega externa o directamente a la planta de triturado. Se corrió con una base de datos que simula lo que se importa de mercancía y la cantidad de mercancía nacional, cada día de un año.

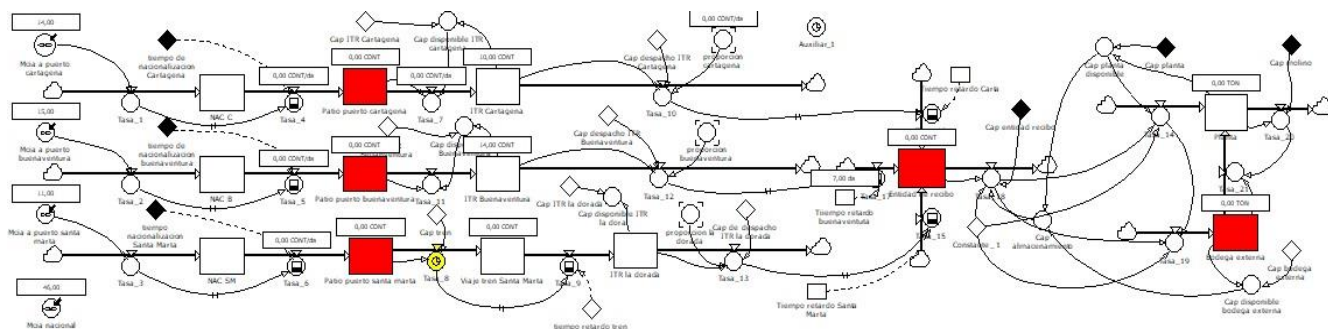


Ilustración 2 Modelo de dinámica de sistemas proceso de importación pulpa de papel

A continuación, se presentan las ecuaciones del modelo iniciando por los parámetros, siguiendo con los auxiliares, luego con los niveles y finalizando con los flujos.

Parámetros:

◇ tiempo de nacionalización buenaventura = 5 días

◇ tiempo de nacionalización Cartagena = 5 días

◇ tiempo nacionalización Santa Marta = 5 días

- ◇ tiempo retardo tren = 3 días
- ◇ Costo x Cont = 100000 Pesos/contenedor
- ◇ Costo x Ton 1 = 50000 Pesos/contenedor
- ◇ Costo x Ton 2 = 75000 Pesos/tonelada
- ◇ Cap bodega externa = 200000 Toneladas
- ◇ Cap de despacho ITR la dorada = 30 Contenedores
- ◇ Cap despacho ITR Buenaventura = 30 Contenedores
- ◇ Cap despacho ITR Cartagena = 30 Contenedores
- ◇ Cap entidad recibo = 20 Contenedores/día
- ◇ Cap ITR Buenaventura = 30 Contenedores
- ◇ Cap ITR Cartagena = 30 Contenedores
- ◇ Cap ITR la dorada = 30 Contenedores
- ◇ Cap molino = 150 Toneladas/día
- ◇ Cap planta = 5000 Toneladas
- ◇ Cap tren = 33 Contenedores
- ◇ Constante_1 = 30 Toneladas/contenedor

Auxiliares:

- Cap planta disponible = 'Cap planta'-Planta
- Cap disponible bodega externa = 'Cap bodega externa'-'Bodega externa'
- Cap disponible ITR Buenaventura = 'Cap ITR Buenaventura'-'ITR Buenaventura'

- Cap disponible ITR Cartagena = 'Cap ITR Cartagena'-'ITR Cartagena'
- Cap disponible ITR la dora = 'Cap ITR la dorada' - 'ITR la dorada'
- % ITR Cartagena = 'ITR Cartagena'/'Total ITRS'
- %ITR Buenaventura = 'ITR Buenaventura'/'Total ITRS'
- %ITR La dorada = 'ITR la dorada'/'Total ITRS'
- Auxiliar_1 = IF (WEEKDAY(TIME;2) = 2;1;0)
- Auxiliar_2 = IF(WEEKDAY(TIME;2) =5 OR WEEKDAY(TIME;2) =6;1;0)

- Cap almacenamiento = 'Cap disponible bodega externa' + 'Cap planta disponible'
- Costo patio Buenaventura = 'Costo x Cont'*'Patio puerto buenaventura'
- Costo patio Cartagena = 'Costo x Cont'*'Patio puerto Cartagena'
- Costo patio Santa Marta = 'Costo x Cont'*'Patio puerto santa marta'
- Costo x Ton bodega externa = 'Bodega externa'*'Costo x Ton 2'
- Costo x Ton Ent de recibo = 'Costo x Ton 1'*'Entidad de recibo'
- Costos totales = 'Costo patio Buenaventura' + 'Costo patio Cartagena' + 'Costo patio Santa Marta' + 'Costo x Ton Ent de recibo'+1<<pesos>>

- Mcia a puerto buenaventura = 0
- Mcia a puerto Cartagena = 0
- Mcia a puerto santa marta = 0
- Mcia nacional = 0

- Proporción costo Bodega externa = 'Costo x Ton bodega externa'/'Costos totales'
- Proporción costo Ent de recibo = 'Costo x Ton Ent de recibo'/'Costos totales'
- Proporción costo Patio Buenaventura = 'Costo patio Buenaventura'/'Costos totales'

- Porporcion costo Patio Cartagena = 'Costo patio Cartagena'/'Costos totales'
- Porporcion costo Patio Santa Marta = 'Costo patio Santa Marta'/'Costos totales'
- Proporción buenaventura = ('Patio puerto buenaventura' / ('Patio puerto buenaventura' + 'Patio puerto cartagena' + 'Patio puerto santa marta'+1<<CONT>>)) *'Cap entidad recibo'
- Proporción cartagena = ('Patio puerto cartagena' / ('Patio puerto buenaventura' + 'Patio puerto cartagena' + 'Patio puerto santa marta'+1<<CONT>>)) *'Cap entidad recibo'
- Proporción la dorada = ('Patio puerto santa marta' / ('Patio puerto buenaventura' + 'Patio puerto cartagena' + 'Patio puerto santa marta'+1<<CONT>>)) *'Cap entidad recibo'
- Total ITRS = 'ITR Buenaventura' + 'ITR la dorada' + 'ITR Cartagena'+1<<CONT>>

Niveles:

- Entidad de recibo = 0 Contenedores
- ITR Buenaventura = 14 Contenedores
- ITR Cartagena = 10 Contenedores
- ITR la dorada = 16 Contenedores
- Tiempo retardo Carta = 3 días
- Tiempo retardo Santa Marta = 5 días
- Tiempo retardo buenaventura = 7 días
- Viaje tren Santa Marta = 0 Contenedores
- NAC B = 0 Contenedores
- NAC C = 0 Contenedores
- NAC SM = 0 Contenedores

□Patio puerto buenaventura = 0 Contenedores

□Patio puerto Cartagena 0 Contenedores

□Patio puerto santa marta = 0 Contenedores

□Planta = 0 Contenedores

□Bodega externa = 0 Toneladas

Flujos:

→Tasa_1 = 'Mcia a puerto cartagena'*1<<CONT/da>>

→Tasa_10 = MIN ('Cap despacho ITR Cartagena'; 'ITR Cartagena'; 'proporcion cartagena')

→Tasa_11 = ('Cap disponible ITR Buenaventura'; 'Patio puerto buenaventura')

→Tasa_12 = MIN ('Cap despacho ITR Buenaventura'; 'ITR Buenaventura'; 'proporcion buenaventura')

→Tasa_13 = MIN ('ITR la dorada'; 'Cap de despacho ITR la dorada'; 'proporcion la dorada')

→Tasa_14 = MIN (Tasa_18*Constante_1; 'Cap planta disponible')

→Tasa_15 = DELAYPPL (Tasa_13;'Tiempo retardo Santa Marta';0<<CONT/da>>)

→Tasa_16 = DELAYPPL (Tasa_10;'Tiempo retardo Carta'; 0<<CONT/da>>)

→Tasa_17 = DELAYPPL (Tasa_12;'Tiempo retardo buenaventura'; 0<<CONT/da>>)

→Tasa_18 = MIN ('Entidad de recibo'* 1<<1/da>>;'Cap entidad recibo'; 'Cap
almacenamiento'* 1<<1/da>>/Constante_1)

→Tasa_19 = Tasa_18*Constante_1-Tasa_14

→Tasa_2 = 'Mcia a puerto buenaventura'* 1<<CONT/da>>

→Tasa_20 = MIN ('Cap molino'; Planta)

→Tasa_21 = MIN ('Bodega externa'; Tasa_20)

→Tasa_3 = 'Mcia a puerto santa marta'* 1<<CONT/da>>

→Tasa_4 = DELAYPPL (Tasa_1;'tiempo de nacionalizacion Cartagena';
0<<CONT/da>>)

→Tasa_5 = DELAYPPL (Tasa_2;'tiempo de nacionalizacion buenaventura';
0<<CONT/da>>)

→Tasa_6 = DELAYPPL (Tasa_3;'tiempo nacionalizacion Santa Marta';0<<CONT/da>>)

→Tasa_7 = MIN ('Patio puerto cartagena'; 'Cap disponible ITR cartagena')

→Tasa_8 = MIN ('Cap tren';'Patio puerto santa marta') * IF(WEEKDAY(TIME;2) =1
OR WEEKDAY(TIME;2) =2 OR WEEKDAY(TIME;2) =3 OR WEEKDAY(TIME;2) =4 OR
WEEKDAY(TIME;2) =5 OR WEEKDAY(TIME;2) =6 OR WEEKDAY(TIME;2) =7;1;0)

→Tasa_9 = DELAYPPL (Tasa_8;'tiempo retardo tren';0<<CONT/da>>)

Resultados

El modelo arrojo los siguientes resultados para la simulación de un año:






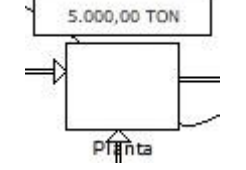
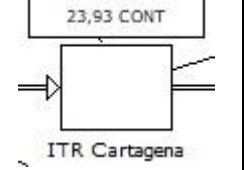
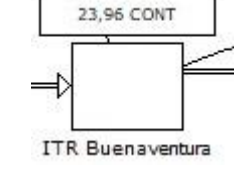

 <p>1.372,63 CONT</p> <p>Patio puerto cartagena</p>	 <p>1.375,59 CONT</p> <p>Patio puerto buenaventura</p>	 <p>1.794,00 CONT</p> <p>Patio puerto santa marta</p>
 <p>13,59 CONT</p> <p>Entidad de recibo</p>	 <p>121.170,70 TON</p> <p>Bodega externa</p>	 <p>5.000,00 TON</p> <p>Planta</p>
 <p>23,93 CONT</p> <p>ITR Cartagena</p>	 <p>23,96 CONT</p> <p>ITR Buenaventura</p>	 <p>0,00 CONT</p> <p>Viaje tren Santa Marta</p>

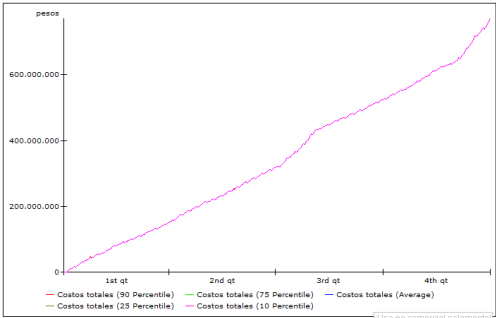
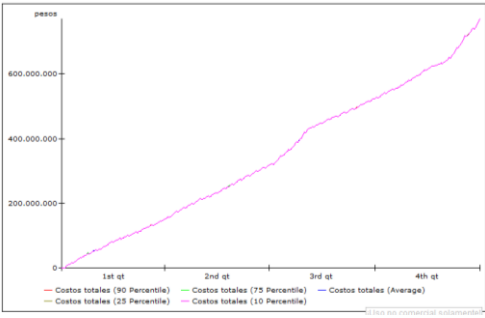
Tabla 1 Resultados principales del modelo

Como se observa en la tabla anterior la planta está al tope de su capacidad, los patios de los puertos tienen contenedores represados y los ITR de Cartagena y buenaventura también. Aparte la bodega externa también está siendo usada, todo esto debe estar ocasionando costos extras de grandes magnitudes por las multas y alquileres externos.

Análisis de sensibilidad

Posteriormente se analizó que tan sensible era o no el modelo a cada una de sus variables; capacidad ITR Buenaventura, capacidad ITR Cartagena, capacidad ITR la dorada, capacidad del tren, capacidad de despacho ITR Buenaventura, capacidad de despacho ITR Cartagena, capacidad de despacho ITR La Dorada, tiempo de retardo Cartagena, tiempo de retardo Buenaventura, tiempo de retardo Santa Marta, capacidad bodega externa y capacidad de recibo. Teniendo como variable respuesta para cada análisis de sensibilidad los costos totales.

Para las siguientes variables no se identificó sensibilidad sobre el modelo debido a que todas las líneas quedaron sobrepuestas.

Capacidad ITR Cartagena	Capacidad ITR Buenaventura
	
Capacidad de despacho ITR Cartagena	Capacidad de despacho ITR Buenaventura

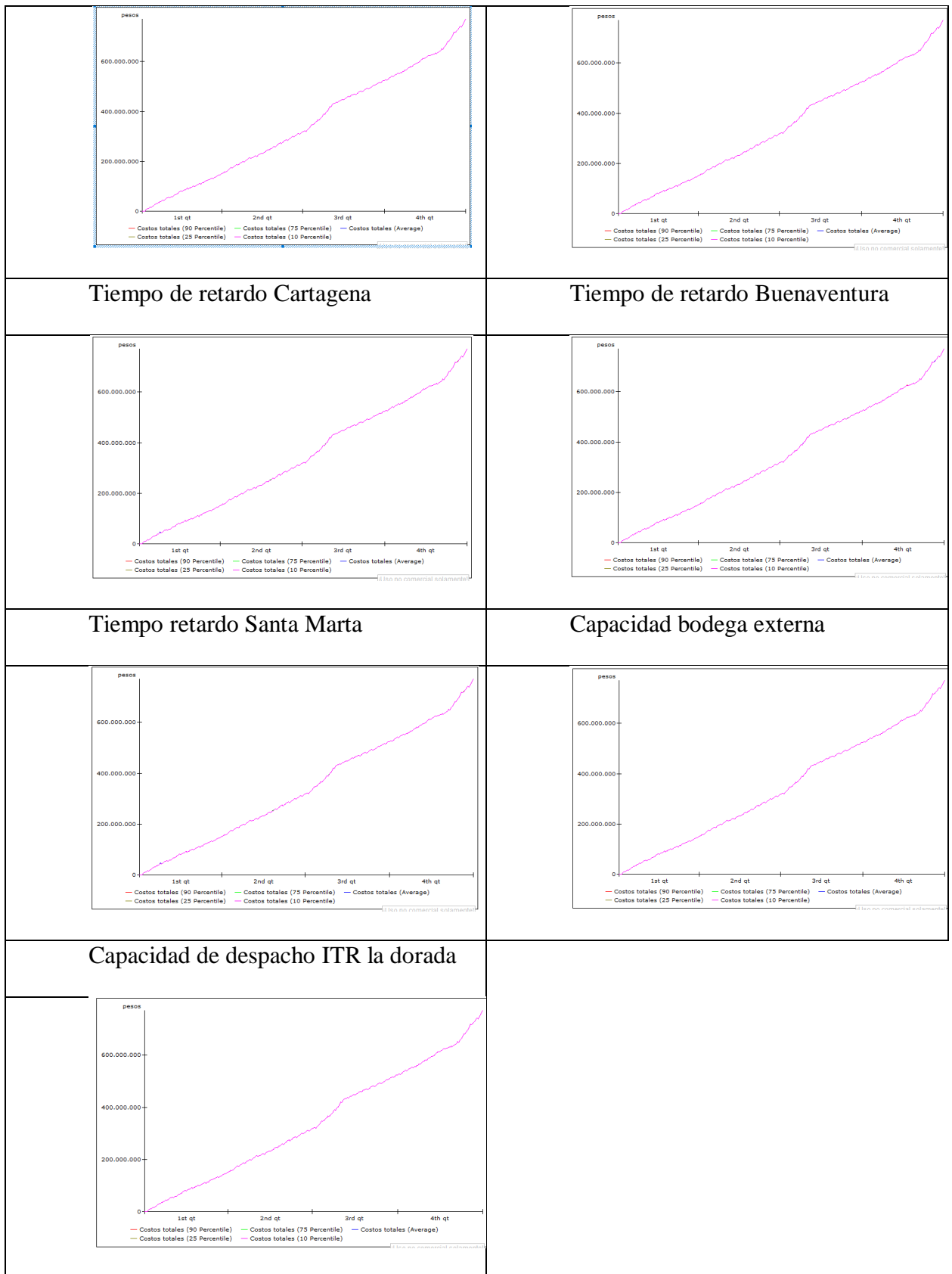


Tabla 2 Gráficas análisis de sensibilidad variables del modelo

Por el contrario, el modelo se mostró sensible para la capacidad del tren y para la capacidad de la entidad de recibo. Se esperaba que el modelo fuera sensible a las capacidades de la entidad de recibo y a la de la bodega externa debido a que si se puede recibir más mercancía en el la planta se espera que no se acumule mucha mercancía en el puerto y los ITR, sorprendentemente solo fue sensible a la capacidad de la entidad de recibo y en una pequeña medida, el resultado que no se esperaba es que el modelo fuera tan sensible a la capacidad del tren pudiéndose traducir a hacer viajes con más frecuencia en la semana que solo una vez.

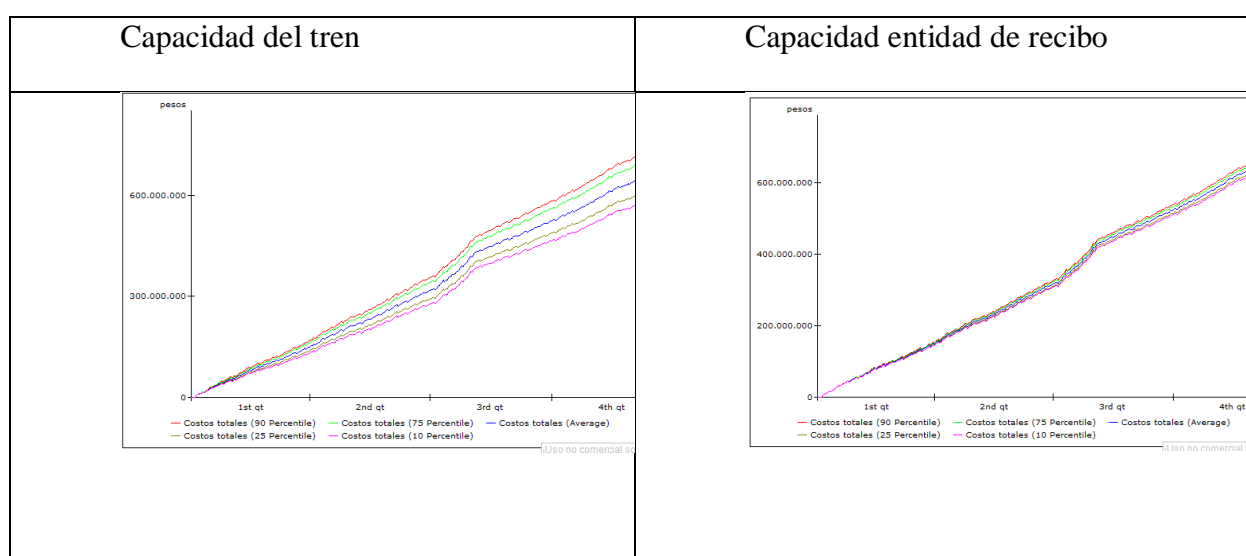


Tabla 3 Graficas arrojadas para análisis de sensibilidad de la cap. Tren y cap. Entidad de recibo

Resultados análisis de sensibilidad

Luego de observar que la capacidad del tren y la capacidad de la entidad de recibo son las variables más sensibles para este modelo se procede a preguntarse cuál sería el número de días (frecuencia en que se puede enviar mercancía en el tren por semana) en los que debe pasar el tren para que los costos sean los más bajos posibles y esto como afecta la capacidad de la entidad de recibo. La siguiente tabla contiene la información antes descrita.

Costos T	Cap.	Frec.
	Recibo	Tren
\$ 450.809.883	12,09	1
\$ 132.358.466	19,7	2
\$ 58.979.361	19,61	3
\$ 50.828.435	19,87	4
\$ 44.431.331	20,07	5
\$ 39.751.539	20,08	6
\$ 37.248.918	20,08	7

Tabla 4 Comparativo costos totales, frecuencia del tren y capacidad de recibo

Como se observa en la tabla anterior al aumentar la frecuencia del tren de 1 a 2 días los costos totales disminuyen notablemente, aproximadamente un 70% y la capacidad de recibo aumentó 60%. Posteriormente al aumentar la frecuencia de 2 a 3 días nuevamente se ve una disminución muy favorable de los costos totales, pero por parte de la capacidad de entidad de recibo es depreciable el cambio, así sucede con el aumento de los demás días, en cuanto a los costos totales de la frecuencia 3 a la 4 se ve una disminución favorable, pero de allí hasta 7 días

es poco lo que sigue disminuyendo, por ende, se concluye que la frecuencia optima son 3 días por semana.

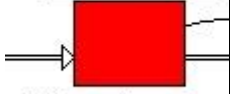
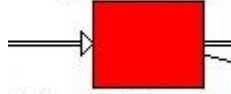
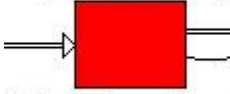



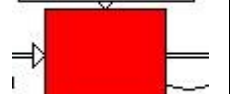


 <p>253,15 CONT</p> <p>Patio puerto cartagen</p>	 <p>301,03 CONT</p> <p>Patio puerto buenaventura</p>	 <p>48,00 CONT</p> <p>Patio puerto santa marta</p>
 <p>21,26 CONT</p> <p>ITR Cartagena</p>	 <p>19,97 CONT</p> <p>ITR Buenaventura</p>	 <p>20,00 CONT</p> <p>Viaje tren Santa Marta</p>
 <p>20,84 CONT</p> <p>Entidad de recibo</p>	 <p>152.412,91 TON</p> <p>Bodega externa</p>	 <p>5.000,00 TON</p> <p>Pier</p>

Tabla 5 Resultados con frecuencia del tren = 3

Gracias al cambio en la frecuencia del tren a 3 veces a la semana se observa un cambio notable en la cantidad de contenedores en los patios de los puertos de cada una de las ciudades, mientras que en los ITR, el tren, la entidad de recibo y en la bodega externa hubo pequeños aumentos de los contenedores. Pero como se expuso anteriormente los costos disminuyeron notablemente, por esta razón se infiere que lo más importante para disminuir los costos es mantener lo menos posible la cantidad de contenedores dentro de los patios dentro de los puertos.

Conclusiones

- La pulpa de papel es un recurso fundamental para la industria papelera en todo el mundo, en Colombia debido a que la regulación del reciclaje es escasa y ambigua, no hay suficiente fibra reciclada y por ende se debe recurrir a comprarla en el exterior, lo cual ocasiona grandes retos para la industria, en el transporte y la logística de la misma.
- Las demoras en cualquier eslabón de la cadena de abastecimiento desde que la mercancía llega al puerto hasta que entra a la planta de triturado ocasiona que los costos se eleven hasta un 70%.
- El modelo es sensible única y exclusivamente a la frecuencia del tren y la capacidad de la entidad de recibo. Era de esperarse que fuera sensible a la segunda ya que, si la capacidad de la entidad de recibo aumenta, todas sus etapas anteriores se ven beneficiadas, lo que no se esperaba era que el modelo se viera tan afectado a la frecuencia del tren.
- La frecuencia optima del tren es 3 veces a la semana para que los costos sean los mas bajos posibles y la capacidad de la entidad de recibo aumente un 60%.

Referencias

- Andi. (2017, septiembre 26). Cámara de la industria de pulpa, papel y cartón. ANDI.
<http://www.andi.com.co/Home/Camara/20-industria-de-pulpa-papel-y-carton>
- Treid, I. (2020, enero 14). Importaciones y exportaciones del sector papel en Colombia.
 Treid. <https://www.treid.co/post/importaciones-y-exportaciones-del-sector-papel-en-colombia>
- Medovic, A. (2020, diciembre 7). Exportaciones de papel reciclado bajan y las de pulpa aumentan en Estados Unidos. MUNDO RECICLAJE. <https://mundoreciclaje.com/exportaciones-de-papelreciclado-bajan-y-las-de-pulpa-aumentan-en-estados-unidos/>
- R. (2020, enero 13). ¿Por qué es importante reciclar papel? National Geographic.
https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/por-que-es-importante-reciclar-papel_13220
- Briceño, G. (2021, febrero 15). Cadena de suministro | Qué es, historia, características, tipos, funciones. Euston96. <https://www.euston96.com/cadena-de-suministro/>
- Anaya, J. (2007, marzo 9). Logística integral la gestión operativa de la empresa. Google libros.
https://books.google.com.co/books?id=a4Tq_7Pmc04C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Jarrín, J., Andrea Ramírez G, P., & Vallejo, F. C. (s.f.). Caso de estudio Análisis y caracterización de la logística inversa en el sector papel en Colombia.