



Universidad del
Rosario

Un modelo de colaboración horizontal y su efecto potencial sobre el desempeño
logístico: Caso de estudio de GECOLSA

Tesis (Artículo)

Laura Gisselle Barrera López
Sandra Yaneth Tinjaca Laverde

Bogotá
2021.



Un modelo de colaboración horizontal y su efecto potencial sobre el desempeño
logístico: Caso de estudio de GECOLSA

Tesis (Artículo).

Laura Gisselle Barrera López
Sandra Yaneth Tinjaca Laverde

Jaime Andrés Castañeda

Maestría en Dirección
Escuela de Administración
24 de marzo de 2021
Bogotá, Colombia

2021

Un modelo de colaboración horizontal y su efecto potencial sobre el desempeño
logístico: Caso de estudio de GECOLSA

Para someter a evaluación en: *Production Planning & Control*

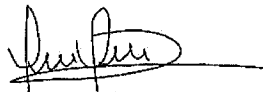
Taylor and Francis

Laura Gisselle Barrera López^a Sandra Yaneth Tinjaca Laverde^a Jaime Andrés
Castañeda^{a,b}

^a *School of Management and Business, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia*

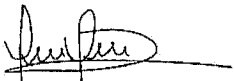
^b Corresponding author, CL 12C 6 25, Bogotá, D.C. 111011, Colombia,
jaime.castaneda@urosario.edu.co

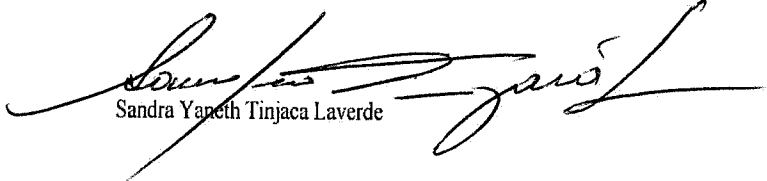
Declaramos bajo gravedad de juramento, que hemos escrito el presente tesis(artículo) de maestría por nuestra propia cuenta, y que por lo tanto, su contenido es original. Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que este tesis (artículo) de maestría no ha sido entregado a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación.


Laura Gisselle Barrera López
25/3/2021


Sandra Yaneth Tinjaca Laverde

Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él.


Laura Gisselle Barrera López
25/3/2021


Sandra Yaneth Tinjaca Laverde

Un modelo de colaboración horizontal y su efecto potencial sobre el desempeño logístico: Caso de estudio de GECOLSA

Este trabajo explora si la implementación de un modelo de colaboración horizontal mejora el desempeño logístico de GECOLSA, una empresa del sector industrial colombiano. GECOLSA implementó dicho modelo en colaboración con NTS desde enero de 2020 a través de la puesta en operación de un centro de distribución conjunto en una zona franca en el Caribe colombiano. La empresa espera que en dos años se presente una disminución en los costos logísticos y de transporte. Con la información de ventas y costos desde enero de 2017 a diciembre de 2019 (2017-2019), suministrada por las empresas, se pronostican las ventas a dos años utilizando un pronóstico basado en series de tiempo y, a partir de dichos pronósticos y un modelo de control de inventario de revisión periódica, se simulan los niveles de inventario y los pedidos tanto para el modelo de colaboración horizontal como para la operación individual de ambas empresas. Utilizando la información de costos suministrada por las empresas en conjunto con los resultados de la simulación, este trabajo muestra que la colaboración horizontal permite reducir los niveles de inventario y costos relacionados. Estos resultados apoyan afirmaciones previas acerca de algunos de los beneficios atribuibles a la colaboración horizontal. Con base en algunas limitaciones de disponibilidad de información durante la realización de este trabajo, se sugieren algunas extensiones que pueden complementarlo.

Palabras clave: cadena de suministro, colaboración horizontal, caso de estudio, análisis numérico.

1. Introducción

En este trabajo se analizó un caso de estudio de colaboración horizontal en GECOLSA, empresa del sector industrial dedicada a la comercialización y distribución de maquinaria pesada CAT. En el 2019, la empresa decidió implementar un centro de acopio y distribución (CEDI) con NTS, empresa de tamaño mediano distribuidora y comercializadora de maquinaria para el sector agroindustrial CAT. Ambas empresas están en el mismo nivel en la cadena de suministro, por lo que su modelo de colaboración se considera horizontal (Bahinipati, Kanda, y Deshmukh 2009). Dicho modelo se denominará modelo CEDI de aquí en adelante.

La distribución de las mercancías antes de la implementación del modelo CEDI (antes de

2020) implicaba envío de la mercancía, primero, a los almacenes (un vehículo por cada empresa y por cada ciudad) y, después, al cliente, lo que resultaba en tiempos de respuesta elevados para los clientes y sobrecostos en transporte y almacenamiento. Con la implementación del modelo CEDI (2020 en adelante) se eliminaron algunas bodegas de almacenamiento en cada ciudad y se redujo el personal de almacenamiento. Además, la distribución se hace conjuntamente, es decir, el envío de la mercancía se hace en un solo vehículo para ambas empresas y de manera directa desde el CEDI al cliente final, lo que reduce tiempos de entrega y costos.

La colaboración horizontal en la cadena de suministro se da entre competidores o no competidores que se encuentran en el mismo nivel de la cadena de suministro (Barratt 2004; Bahinipati, Kanda, y Deshmukh 2009). La literatura atribuye diversos beneficios a la colaboración horizontal como disminución de costos, mejora del servicio al cliente, mejor adaptabilidad a los cambios en las necesidades del mercado y aumento en las economías de escala, entre otros (Pomponi, Fratocchi y Tafuri 2015; Ozdemir, Kandemir y Eng 2017; Sanchez, Harris y Mason 2015). Estos beneficios usualmente se materializan en el largo plazo (Ho, Kumar, y Shiwakoti 2019).

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto del modelo CEDI en los niveles de inventario y costos relacionados con actividades logísticas de GECOLSA a través de una proyección de la operación de dicho modelo a dos años (2020-2021) para analizar si dicha colaboración horizontal impacta positivamente las operaciones de GECOLSA. El modelo CEDI se comenzó a implementar en enero de 2020 y GECOLSA espera que las metas trazadas en reducción de inventarios y costos se materialicen en dos años. La proyección se realizó a través de una simulación de la operación del modelo CEDI utilizando un sistema de control de inventario de revisión periódica con demanda agregada. Las ventas que se utilizan para simular la operación del sistema provienen de un pronóstico de series de tiempo basado en información de ventas desde enero de 2017 hasta diciembre de 2019 (periodo referido como 2017-2019 de aquí en adelante). El periodo de revisión es un parámetro dado y equivale a una semana, el tiempo de entrega es tres semanas, el cual se basa en las expectativas que tienen GECOLSA y NTS acerca de la operación del modelo CEDI, y el nivel de inventario deseado se calcula a partir de estos parámetros y la información de ventas 2017-2019. El cálculo de los costos de la operación del modelo CEDI se basa en información de costos logísticos y de transporte durante 2017-2019 y algunos supuestos sobre estos para aplicarlos sobre los resultados de la simulación.¹ Para evaluar el impacto del modelo CEDI, los resultados de esta simulación se comparan contra los resultados de simulaciones que asumen que ambas empresas funcionan de manera independiente durante 2020-2021.

Los resultados de este estudio muestran que con la aplicación del modelo de colaboración horizontal GECOLSA reduciría en alrededor de un 30% sus niveles de inventario y en alrededor de un 70% sus costos de transporte y totales. Estos resultados sugieren que la implementación del modelo CEDI mejora el desempeño logístico, apoyando las afirmaciones sobre los beneficios de la colaboración horizontal encontradas en la literatura (Pomponi, Fratocchi, y Tafuri 2015; Ho, Kumar, y Shiwakoti 2019).

Este estudio realiza una contribución principal a la literatura de colaboración horizontal. Desde un punto de vista teórico-práctico, este estudio complementa los hallazgos de trabajos que simulan modelos de colaboración horizontal de manera muy general y/o abstracta, como los trabajos de Prakash y Deshmukh (2010) y Lee et al. (2002), que, a partir de ejemplos genéricos de una cadena de suministro, simulan un modelo de colaboración horizontal. Este trabajo muestra algunos beneficios de la colaboración horizontal partiendo de datos de empresas reales, confirmando con un caso real algunos de los beneficios

¹ También se asume un costo total igual a la suma de los costos logísticos y de transporte.

atribuibles a la colaboración horizontal. Una contribución secundaria de este estudio es mostrar que es posible proyectar o simular el comportamiento de un modelo de colaboración horizontal a partir de herramientas accesibles como los pronósticos de series de tiempo y el modelo de control de inventario de revisión periódica. El desafío más importante es, tal vez, obtener la información de empresas que permita aplicar esta metodología.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 revisa la literatura relevante de colaboración horizontal. La Sección 3 describe la metodología usada para el caso de estudio de GECOLSA y el modelo CEDI. La Sección 4 presenta los resultados principales. Finalmente, la Sección 5 discute las implicaciones de los resultados y oportunidades de estudios futuros.

2. Revisión de la literatura

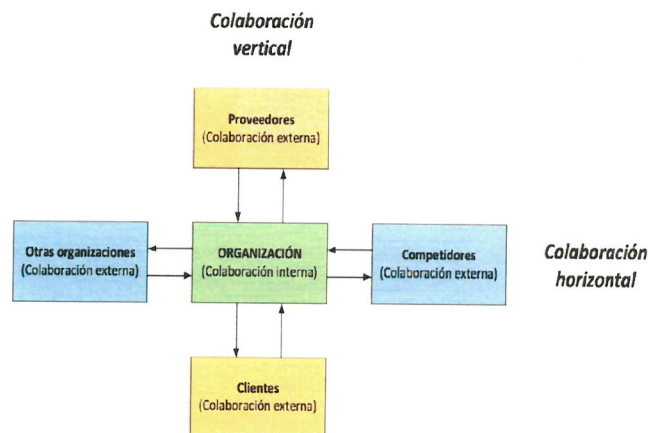
En esta sección se revisa brevemente la literatura académica en colaboración horizontal para posicionar el estudio dentro de la literatura.

Los primeros autores en intentar crear un modelo explicativo de la colaboración horizontal fueron Lambert, Emmelhainz, y Gardner (1999), quienes, explicando algunos criterios que llaman facilitadores que apoyan la colaboración (para términos de este estudio se toman como sinónimos la asociación y la colaboración), desarrollaron el concepto de colaboración como una relación comercial basada en la confianza mutua que se traduce en una ventaja competitiva y un desempeño comercial mayor al que la empresa alcanzaría individualmente. Autores como Ho, Kumar y Shiwakoti (2019), Palmieri, Pomponi, y Russo (2019), Pomponi, Fratocchi, y Tafuri (2015), y Soosay, Hyland, y Ferrer (2008), entre otros, enfatizan que los procesos interorganizacionales se basan en metas comunes, riesgo compartido y compensación compartida. Uno de los principales objetivos de la colaboración es, como lo indican Kazi y Mitra (2017), reducir la incertidumbre por medio de la transparencia en el flujo de información y su efectividad será directamente proporcional al nivel en que las operaciones internas y externas se alinean con variables como la dispersión geográfica, patrones de demanda y características del producto.

Según Kazi y Mitra (2017) y Anand y Bahinipati (2012), para que las organizaciones estén de acuerdo en sumarse a un modelo colaborativo, estas deben contar con ciertas motivaciones de tipo interno o externo, con las cuales se puede medir la intensidad de la colaboración y su éxito. En las internas se encuentran incrementar la productividad de las actividades de su *core*, reducir costos en actividades que no son de su *core*, reducir costos de transacción y mejorar la calidad del servicio con bajo costo. Entre las externas se encuentran ampliar la oferta de servicios y/o productos, acceder a contratos de mayor envergadura y proteger su posición de mercado.

Barratt (2004) plasma los tipos de colaboración desarrollados en la literatura de cadenas de suministro, describiendo la colaboración vertical o externa, que se da entre proveedores y/o clientes en pro de optimizar la cadena de suministro desde el fabricante hasta el cliente, y la colaboración horizontal, que se da entre competidores o no competidores. La Figura 1 resume este esquema. Algunos autores señalan un tercer tipo de colaboración denominado colaboración lateral, que es la combinación de la colaboración vertical y horizontal (Ho, Kumar, y Shiwakoti 2019; Prakash y Deshmukh 2010). Algunos ejemplos de este tipo de colaboración son los clústeres, en los cuales se ubican diferentes empresas con la misma actividad y generan beneficios a nivel vertical y horizontal.

Figura 1. Tipos de colaboración en cadenas de suministro.



Fuente: Adaptado de Barratt (2004)

Aunque la investigación y documentación de la colaboración en la cadena de suministro ha estado dominada por la consideración de las posibilidades de colaboración vertical, la colaboración horizontal ha venido expandiéndose como foco de atención tanto en análisis empíricos como en sujeto de investigación (Pomponi, Fratocchi y Tafuri 2015).

Este caso de estudio se enfoca en la colaboración horizontal. De acuerdo con Ho, Kumar, y Shiwakoti (2019), la clave diferenciadora de la colaboración horizontal es que la relación de colaboración se da entre empresas que se encuentran en el mismo nivel de la cadena de suministro, que pueden estar o no relacionadas, ser o no competidoras y crear productos similares o diferentes componentes de un producto (Pomponi, Fratocchi, y Tafuri 2015; Bahinipati, Kanda, y Deshmukh 2009; Anand y Bahinipati 2012). Su aplicación y la mayor concentración de estudios se encuentra en el transporte ya que permite reducir costos al movilizar materiales y productos en conjunto (Danlou, Allaoui, y Goncalves 2017; Chen et al. 2017). Pomponi, Fratocchi y Tafuri (2015) consolidan los resultados de los estudios sobre colaboración horizontal y como factor común se establece que siempre se genera una reducción de costos seguido por mejoras en el servicio al cliente y reducción de efectos negativos en el medio ambiente.

Uno de los sectores más estudiados en el ámbito de colaboración horizontal es el de operadores logísticos. Estudios como los de Crujssen, Cools, y Dullaert (2007), Arango-Serna, Adarme-Jaimes y Zapata-Cortes (2013), Adenso-Díaz et al. (2014), Mejía, Agudelo, y Soto (2016), Balza-Franco y Vega-Jurado (2018) y Díaz-Batista y Pérez-Amayor (2012) analizan la percepción que tienen los trabajadores de los operadores logísticos acerca de la aplicación de la colaboración horizontal en cuanto a costo-beneficio y la importancia de la confianza para compartir información interna de la compañía. Además, de acuerdo con las percepciones de gerentes y profesionales financieros capturadas mediante entrevistas en algunos de estos estudios, se indica que la colaboración en la cadena de suministro disminuye el costo total de los inventarios y que se puede reducir el costo de transporte hasta en un 30%. En este estudio, a través del uso conjunto de pronósticos de ventas con series de tiempo y un modelo de control de inventario de revisión periódica, se analizan cuantitativamente algunos de estos beneficios.

Algunos estudios de simulación buscan mostrar los efectos positivos de la colaboración horizontal. Por ejemplo, a través de simulación de eventos discretos, Prakash y Deshmukh (2010) muestran que la colaboración horizontal reduce los costos en la cadena de suministro adoptando una política de inventario adecuada. Además, los autores muestran que la reducción es mayor adoptando la colaboración horizontal que cuando las empresas involucradas adoptan, cada una por separado, la política de inventario. Lee et al. (2002) complementan la simulación de eventos discretos con simulación continua (dinámica de sistemas) y muestran también una reducción de costos en la cadena

de suministro.

Sin embargo, en estos estudios de simulación se evalúan ejemplos genéricos para operadores logísticos. En contraste, este estudio utiliza datos de empresas reales y, a partir de pronósticos de series de tiempo y un modelo de control de inventario de revisión periódica, simula la operación de un modelo de colaboración horizontal en dos empresas del sector industrial colombiano.

3. Metodología

3.1 Caso de estudio

Este trabajo es un caso de estudio (Aaltio y Heilmann 2009). Los datos se usan para alimentar una proyección de la operación de un modelo de colaboración horizontal entre GECOLSA y NTS (modelo CEDI) y estudiar los posibles efectos de dicha operación en los costos e inventarios de GECOLSA.

GECOLSA y NTS suministraron datos de inventarios, ventas y costos, entre otros, desde enero de 2017 hasta diciembre de 2019. La implementación del modelo CEDI se dio a partir de enero 2020, por lo que no se tienen resultados de este modelo y se hace necesario simular su operación para estudiar los posibles resultados de esta implementación.

La combinación de datos cuantitativos con la información del caso y la revisión de la literatura permiten mejorar la confiabilidad de los resultados y comprender la dinámica cuantitativa de la implementación de colaboración horizontal en las empresas, como lo sugiere Eisenhardt (1989). Además, dan un sustento teórico a los gerentes de diferentes industrias que se enfrentan a situaciones similares (Soosay, Hyland, y Ferrer 2008).

3.2 Modelo de revisión periódica

Para explorar los efectos de la implementación del modelo CEDI en los costos de inventario y transporte de GECOLSA, se realizó una simulación de la operación del modelo CEDI utilizando un sistema de control de inventario de revisión periódica (S, T) con demanda agregada.

La información suministrada por las empresas indica que el modelo de control de inventario de revisión periódica es un modelo adecuado para estudiar tanto la operación del modelo CEDI como de las empresas de manera independiente. En el modelo básico de revisión periódica el nivel de inventario se revisa cada cierto periodo de tiempo (llamado periodo de revisión) y se genera un pedido para reponer el nivel de inventario hasta un nivel máximo deseado (Jacobs y Chase 2018, cap. 20).

Esta simulación permite recolectar información de inventarios a final de mes y pedidos semanales. A continuación, se mencionan los pasos seguidos para realizar la simulación:

- De acuerdo con la información suministrada por las empresas, el periodo de revisión (T) es siete días (una semana), el tiempo de entrega (LT) es 28 días (4 semanas) y el nivel de servicio es del 95%.
- Para calcular los niveles de inventario deseado (S), cada empresa suministró la información de las cantidades vendidas por mes en el periodo 2017-2019. Las cantidades se expresan en miles para simplificar el estudio y facilitar la lectura de los resultados. Los promedios y desviaciones estándar (μ, σ) para GECOLSA y NTS

durante dicho periodo son (157, 18.26) y (249, 59), respectivamente.

- Para aplicar la agregación de la demanda, se asume que los productos en la colaboración son similares. En gran medida esto es cierto, aunque ambas empresas también trabajan con productos disímiles.
- Para el modelo CEDI, el cálculo de S se realiza de acuerdo con el efecto de agregación (Cattani y Schmidt 2005). De acuerdo con la información suministrada por las empresas, T es siete días (una semana), LT es 21 días (tres semanas) y el nivel de servicio es del 95%.
- Se evaluaron seis técnicas de pronósticos basadas en series de tiempo² para determinar cuál proporciona pronósticos más adecuados de las ventas. Con el modelo seleccionado (ver Tablas A1 y A2 en Anexo A), se pronostican ventas para los dos años siguientes, mes a mes, es decir, enero 2020 – diciembre 2021 (ver Tablas A3 y A4 en Anexo A). Como se trabaja con T y LT en semanas, los pronósticos de ventas se pasaron a semanas aplicando reglas de tres.
- Con respecto a las ventas para simular la operación del modelo CEDI, se asume que las ventas son la suma de las ventas de cada empresa.
- Con T , LT , S y los pronósticos de ventas definidos, se simula la operación de cada empresa de manera individual, así como del modelo CEDI para calcular inventarios a final de mes y pedidos semanales. Estos inventarios a final de mes y pedidos semanales se promedian al final de la simulación.

El impacto de la implementación del modelo CEDI en los costos se puede cuantificar tanto para costos logísticos y de transporte como para costos totales. Para GECOLSA, los costos logísticos están asociados con los recursos (v.g., personal) que coordinan y apoyan los despachos. Los costos totales se asumen como la suma de los costos logísticos y de transporte. Para determinar el impacto de la implementación del modelo CEDI en los costos, se siguieron los siguientes pasos:

- **Para la simulación de la operación individual:** para el periodo 2017-2019, cada mes, se toma el costo respectivo (transporte, logístico o total) y se divide entre las unidades vendidas para hallar el costo unitario mensual.³ Posteriormente, este costo unitario se promedia y se multiplica por el inventario y los pedidos semanales simulados (ver Tabla C1 en Anexo C) para calcular un estimado de los costos asociados con el inventario y los pedidos.
- **Para la simulación del modelo CEDI:** inicialmente, se determina la participación porcentual de cada empresa en el modelo CEDI. Para esto, se toma la suma de las ventas de cada empresa y, a partir de dicha suma, se calcula mes a mes el peso porcentual de las ventas de cada empresa en relación con las ventas totales. Estos pesos se promedian durante 2017-2019 (ver Tabla B1 en Anexo B). Para el periodo 2017-2019, cada mes, para calcular el costo de interés (transporte, logístico o total) del modelo CEDI,³ se toma el costo respectivo de cada empresa y ambos se suman, ponderándolos de acuerdo con los promedios de la Tabla B1. Esta suma ponderada se divide entre las unidades vendidas (como se explicó anteriormente, las ventas en

² En los pronósticos basados en series de tiempo se asume que el comportamiento futuro se puede pronosticar a partir del comportamiento pasado (Jacobs y Chase 2018. cap. 18)

³ La metodología aplica para costos logísticos, de transporte o su suma (costos totales).

el modelo CEDI corresponde a la suma de las ventas de cada empresa) para hallar el costo unitario mensual. Posteriormente, este costo unitario se promedia y se multiplica por el inventario y los pedidos semanales simulados (ver Tabla C2 en Anexo C) para calcular un estimado de los costos asociados con el inventario y los pedidos.

Para NTS, los costos logísticos no están disponibles en todos los meses, por lo que se generan tres escenarios diferentes para calcularlos. Estos se explican a continuación.

- En el primer escenario se usan los pesos porcentuales mensuales calculados (ver Anexo B). Al tener el costo logístico de GECOLSA y el peso porcentual de esta, que representaría su participación sobre lo que sería el costo logístico total, se calcula el costo logístico del modelo CEDI como el 100% y, a partir de este, el costo logístico de NTS. Por ejemplo, para el primer mes el costo logístico de GECOLSA es de \$17.635usd, que sería el 40.1% (ver Tabla B1) del costo logístico del modelo CEDI. Esto quiere decir que el costo logístico del modelo CEDI sería de \$43.990usd y el costo logístico de NTS sería de \$26.355usd, que corresponde al 59.9% del total.
- En el segundo escenario se determina el costo logístico de NTS a partir del costo logístico de GECOLSA y su porcentaje sobre el costo total de GECOLSA. Por ejemplo, si para GECOLSA los costos logísticos representan el 0.4% sobre el total de sus costos en un mes dado, para NTS se asume que, en ese mismo mes para el cual no se tiene información de sus costos logísticos, dichos costos son el 0.4% de sus costos totales reportados para ese mes.
- El tercer escenario usa la información de los costos logísticos que se tienen de NTS (marzo de 2018 a diciembre de 2019). En cada uno de estos meses se calcula el porcentaje de dichos costos sobre los costos totales reportados para el mes. Estos porcentajes se promedian y se aplica el porcentaje promedio (0.37%) sobre los costos totales de NTS en los meses en los cuales no se tiene información de sus costos logísticos para obtener dichos costos en cada uno de estos meses (enero de 2017 a febrero de 2018).

Hay que anotar que los costos y ventas de NTS se entregaron en COP, mientras que los costos y ventas de GECOLSA se entregaron en USD y COP. Para las simulaciones y análisis, se convirtieron los costos de NTS a USD aplicando las tasas de cambio de los meses correspondientes, las cuales fueron obtenidas a partir de la información de costos y ventas de GECOLSA.

Se corrieron en total tres simulaciones principales. Una simulación corresponde a la operación de ambas empresas por dos años de manera individual con los parámetros ya descritos. Otra simulación corresponde a la operación del modelo CEDI por dos años con los parámetros ya descritos. Finalmente, se corrió una simulación adicional de la operación de ambas empresas por dos años de manera individual, pero utilizando un *LT* de 21 días, el cual es el mismo que el asumido en el modelo CEDI. Incluir esta última simulación permitirá evaluar de manera más robusta el funcionamiento del modelo CEDI. Cada una de estas simulaciones se corre tres veces de acuerdo con los escenarios explicados para el cálculo de los costos logísticos de NTS. Así, se tiene un total de nueve simulaciones.

4. Resultados

4.1. Caso de estudio

General de Equipos de Colombia S.A. (GECOLSA) es un distribuidor autorizado de equipos y componentes de repuestos Caterpillar para Colombia. GECOLSA nació como General Electric de Colombia S.A. y ha sido el único distribuidor autorizado de la marca CAT® en Colombia. Desde su creación en 1927, la compañía manejaba dos divisiones: Línea blanca (bombillería y productos médicos) y Maquinaria (con la marca CAT® para construcción y las marcas Case y David Brown para el sector agrícola). En 1986, Caterpillar y General Electric deciden vender la Línea blanca a inversionistas y nace General de Equipos de Colombia S.A. (GECOLSA), quedando con la división y distribución de la línea amarilla de Caterpillar, con la cual ha contribuido a lo largo de su historia en la construcción del país.

La empresa siempre ha buscado estrategias con el fin de lograr rentabilidad y sostenibilidad. En el 2014 tuvo un proceso de escisión para enfocarse en su *core* de negocio (separándose en tres empresas) y para el 2018 establece como pilar estratégico lograr una distribución eficiente de sus productos para lograr cumplir su promesa de valor y ser más competitivos. El mercado ofrece diferentes productos y GECOLSA, por ser distribuidor de una marca *prime*, busca llegar a los clientes lo más pronto y al menor costo posible.

A raíz de dicha búsqueda, nace una alianza estratégica con NTS National Truck Service SAS, empresa dedicada a la venta de autopartes para el sector agrícola y vehículos comerciales y con presencia en las principales ciudades del país y clientes en diferentes sectores económicos.

Cada empresa tiene bodegas para el almacenamiento y distribución en las principales ciudades y un centro de distribución en Bogotá desde el cual distribuyen los repuestos a los almacenes de las principales ciudades y algunos clientes. Además, las empresas disponen de una flota propia de camiones y convenios con diferentes transportadoras de mercancía a nivel nacional para movilizar la mercancía a los puntos finales. El costo logístico para GECOLSA es el 0.5% sobre las ventas para la línea de repuestos y el costo de transporte es del 1.5% sobre las ventas al cierre del 2019. El inventario promedio pasa de \$10 millones de dólares en el 2018 a \$11 millones de dólares al finalizar el 2019. El costo logístico de NTS es el 0.4% sobre las ventas para la línea de repuestos y el costo de transporte es del 2.5% sobre las ventas al cierre del 2019. El inventario promedio en el 2019 es de \$4.6 millones de dólares, el cual no representa una variación representativa con relación al 2018.

En el 2019, bajo un plan de trabajo entre ambas empresas y analizando los costos de distribución y el crecimiento en los niveles de inventario, llegaron a un acuerdo para realizar un modelo de colaboración horizontal. Uno de sus elementos principales es un centro de distribución (CEDI) común, con el fin de mejorar el transporte a los diferentes almacenes y clientes, los niveles de inventario, el espacio y el personal necesario por cada empresa.

La administración del CEDI está a cargo de SOE 360° (una de las empresas creadas en la escisión de 2014), que consolida toda la mercancía de importación en Zona Franca Barranquilla. La mercancía solo se nacionaliza cuando es requerida por las diferentes operaciones de cada empresa. Además, SOE consolida los despachos a las ciudades y almacenes para las dos empresas en el mismo camión y despacha los pedidos directamente a los clientes que ambas empresas tienen en común.

Las metas esperadas con la operación del modelo de colaboración horizontal son:

- Disminución del costo de transporte, el cual debe pasar de 1.5% a 1% sobre las ventas

para GECOLSA, y de 2.5% a 1.4% sobre las ventas para NTS.

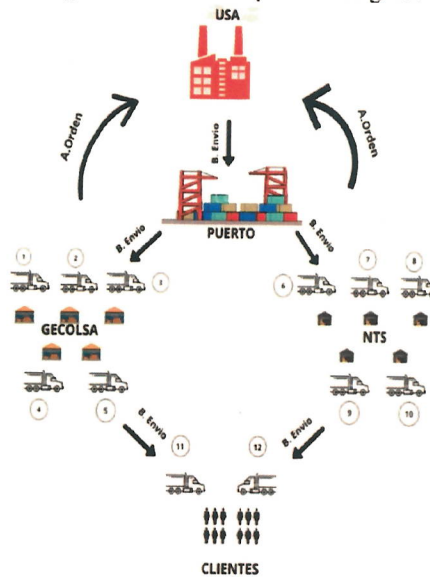
- Reducción de los niveles de inventario del 20%, la cual se debe reflejar dos años después de su implementación.

Adicionalmente, como efectos adicionales, ambas empresas esperan optimizar los espacios de almacenamiento y mano de obra requeridos. A continuación, se explica el funcionamiento de las empresas antes de la implementación del modelo CEDI y los cambios estructurales que implicó su implementación.

4.1.1. Modelo inicial

La Figura 2 ilustra cómo funcionaba el modelo de órdenes y envíos en GECOLSA y NTS antes del modelo CEDI (antes de 2020). Se realizaban pedidos semanales a fábrica que se encuentra en Estados Unidos. Un pedido tomaba 10 días en llegar a puerto y, de manera inmediata, se nacionalizaba y se solicitaban vehículos para la distribución a sus diferentes almacenes en diferentes ciudades, lo que tomaba aproximadamente 18 días, e implicaba un vehículo por empresa y por almacén. Cuando el pedido llegaba al almacén, este se inspeccionaba y se registraban las partes, y se solicitaba un vehículo para enviar las partes a los clientes, lo cual podía tomar de uno a dos días más.

Figura 2. Modelo de operación original.

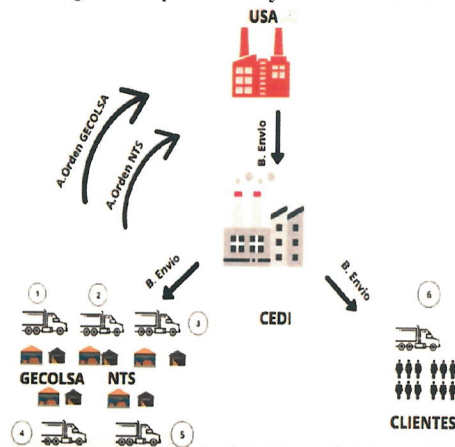


Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Modelo CEDI

La Figura 3 ilustra cómo funciona el modelo de órdenes y envíos en GECOLSA y NTS bajo el modelo CEDI (2020 en adelante). Según la información suministrada por las empresas en relación con la implementación del modelo CEDI, se establece que el tiempo de entrega disminuye dada la ubicación del CEDI en el Puerto de Barranquilla. Gracias a esto, se elimina el tiempo de transporte hasta las diferentes bodegas dentro del país. Además, el inventario se contabiliza desde que llega a este punto, lo cual también incide positivamente en el tiempo de entrega. El periodo de revisión T sigue siendo semanal, pero el tiempo de entrega LT bajo el modelo CEDI es de 21 días, siete días menos en comparación con la operación individual (y 10 días menos con respecto a la entrega al cliente final). Además, se usa un mismo vehículo para el transporte desde el CEDI hacia los almacenes de ambas compañías y un vehículo directo del CEDI a los clientes comunes, lo que disminuye la cantidad de vehículos a usar.

Figura 3. Operación bajo modelo CEDI.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Tabla 1 resume los cambios producidos por la implementación del modelo de colaboración horizontal.

Tabla 1. Cambios con el modelo colaboración horizontal.

	Operación original	Modelo CEDI
Bodegas	Por cada ciudad y empresa	Una
Transporte	Por cada ciudad, empresa y cliente	Uno por las dos empresas y uno para clientes comunes
Tiempo de entrega	28 días	21 días
Periodo de revisión	Semanal	Semanal

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Modelo de revisión periódica

La Tabla 2 muestra los resultados de la simulación del modelo (S, T). Con S definido, se simulan los pedidos semanales y las entregas de acuerdo con los LT definidos por la empresa. Los resultados muestran que el modelo CEDI reduce en más del 30% el inventario al finalizar el mes en cada empresa (por ejemplo, en GECOLSA pasa de 222 a 153 unidades, una reducción de alrededor del 31%) y se disminuye en alrededor de un 10% el tamaño de los pedidos (por ejemplo, en GECOLSA pasa de 42 a 37 unidades, una reducción de alrededor del 11%). La tabla también muestra que ambas empresas mejorarían sus resultados operando individualmente con tiempos de entrega de 21 días.

Tabla 2. Inventarios y pedidos promedio de la simulación del modelo (S, T).

	LT	Inventario a final de mes		Pedido	
		28 días	21 días	28 días	21 días
Operación individual	GECOLSA	222	141	42	39
	NTS	385	255	61	57
	(Total sin CEDI)	(607)	(396)	(103)	(96)
Modelo CEDI ^a	Total ponderado	--	392	--	95
	(Participación de GECOLSA)	--	(153)	--	(37)
	[Participación de NTS]	--	[239]	--	[58]

^a Las participaciones de GECOLSA y NTS se calculan usando los pesos porcentuales promedio de la Tabla B1.

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de transporte promedio mensual y unitario se muestran en la Tabla 3. Por ejemplo, el costo promedio mensual de transporte de GECOLSA durante 2017-2019 es \$89.43usd y el respectivo costo unitario es \$0.69usd. Para el modelo CEDI, el promedio mensual es \$55.15usd, que es el promedio de la suma, mes a mes, de los costos ponderados de cada empresa, y el costo unitario es \$0.16usd, que resulta de promediar los costos unitarios mensuales obtenidos a partir de los costos ponderados mes a mes y las ventas mensuales. Para hacer más evidente el impacto del modelo CEDI, se calculan los costos sin CEDI (Total sin CEDI), que son los valores obtenidos sin ponderar los costos de las empresas.

Tabla 3. Cálculo de costos de transporte promedio mensual y unitarios.

	Costo de transporte	
	Promedio mensual	Unitario
GECOLSA	89.43	0.69
NTS	34.00	0.17
(Total sin CEDI)	(123.43)	(0.37)
Modelo CEDI	55.15	0.16

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar los costos unitarios en los resultados de la simulación del modelo (S, T), la Tabla 4 muestra que, bajo el modelo CEDI, hay una reducción de costos. Bajo este modelo, los costos de transporte asociados con el inventario son \$64usd, mientras que los costos sin

CEDI con *LT* de 28 días son \$217usd y con *LT* de 21 días son \$139usd, reducciones por encima del 70% y 50%, respectivamente. También se observan reducciones importantes en los costos de transporte asociados con los pedidos (reducciones por encima del 50%). Además, se puede observar que sin el modelo CEDI, GECOLSA tendría unos costos de transporte asociados con el inventario de \$153usd y \$97usd con *LT* de 28 y 21 días, respectivamente, mientras que con el modelo CEDI, dichos costos serían de alrededor de \$25usd, reducciones por encima del 70%. Las reducciones en los costos de transporte asociados con los pedidos están por encima del 75%.

Tabla 4. Costos de transporte para resultados de la simulación del modelo (*S, T*).

	<i>LT</i>	Costo de transporte asociado con inventario a final de mes		Costo de transporte asociado con pedidos	
		28 días	21 días	28 días	21 días
Operación individual	GECOLSA	153	97	29	27
	NTS	64	42	10	9
	(Total sin CEDI)	(217)	(139)	(39)	(36)
Modelo CEDI^a	Total ponderado	--	64	--	16
	(Participación de GECOLSA)	--	(25)	--	(6)
	[Participación de NTS]	--	[39]	--	[10]

^a Las participaciones de GECOLSA y NTS se calculan usando los pesos porcentuales promedio de la Tabla B1.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra los costos totales (transporte más logísticos) promedio mensual y unitario. Dados los escenarios para el cálculo de los costos de NTS, se tienen tres costos promedio para NTS y para el modelo CEDI. Para GECOLSA, como se cuenta con información completa de sus costos, solo se muestra una fila de resultados.

Tabla 5. Cálculo de costos totales promedio mensual y unitarios.

	Costo total	
	Promedio mensual	Unitario
GECOLSA	122.79	0.94
NTS 1	87.96	0.42
NTS 2	41.68	0.20
NTS 3	37.99	0.19
CEDI 1	102.78	0.3
CEDI 2	73.8	0.22
CEDI 3	71.52	0.21

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar estos costos en los resultados de la simulación del modelo (*S, T*), las Tablas 6 a 9 muestran que el costo total asociado con el inventario en el modelo CEDI es

aproximadamente el 10% (\$96usd)⁴ de los costos sin CEDI con *LT* de 28 días (\$940usd) y el 16% de los costos sin CEDI con *LT* de 21 días (\$595usd). También se observan reducciones importantes en los costos totales asociados con los pedidos (46% y 42% en relación con operación sin CEDI con *LT* de 28 y 21 días, respectivamente). Además, se puede observar que sin el modelo CEDI, GECOLSA tendría unos costos totales asociados con el inventario de \$210usd y \$133usd con *LT* de 28 y 21 días, respectivamente, mientras que con el modelo CEDI, dichos costos promedio serían de alrededor de \$38usd, reducciones por encima del 70%. Las reducciones en los costos totales asociados con los pedidos también están por encima del 70%.

Tabla 6. Costos totales para resultados de la simulación del modelo (*S, T*), escenario 1.

	<i>LT</i>	Costo total asociado con inventario a final de mes		Costo total asociado con pedido	
		28 días	21 días	28 días	21 días
Operación individual	GECOLSA	210	133	39	36
	NTS	161	107	26	24
	(Total sin CEDI)	(371)	(240)	(65)	(60)
Modelo CEDI^a	Total ponderado	--	118	--	29
	(Participación de GECOLSA)	--	(46)	--	(11)
	[Participación de NTS]	--	[72]	--	[18]

^a Las participaciones de GECOLSA y NTS se calculan usando los pesos porcentuales promedio de la Tabla B1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Costos totales para resultados de la simulación del modelo (*S, T*), escenario 2.

	<i>LT</i>	Costo total asociado con inventario a final de mes		Costo total asociado con pedido	
		28 días	21 días	28 días	21 días
Operación individual	GECOLSA	210	133	39	36
	NTS	78	52	12	11
	(Total sin CEDI)	(288)	(185)	(51)	(47)
Modelo CEDI^a	Total ponderado	--	86	--	21
	(Participación de GECOLSA)	--	(34)	--	(8)
	[Participación de NTS]	--	[52]	--	[12]

^a Las participaciones de GECOLSA y NTS se calculan usando los pesos porcentuales promedio de la Tabla B1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Costos totales para resultados de la simulación del modelo (*S, T*), escenario 3.

⁴ Los valores mencionados en esta discusión corresponden con valores promediados entre los tres escenarios.

	LT	Costo total asociado con inventario a final de mes		Costo total asociado con pedido	
		28 días	21 días	28 días	21 días
Operación individual	GECOLSA	210	133	39	36
	NTS	71	47	11	10
	(Total sin CEDI)	(281)	(170)	(50)	(46)
Modelo CEDI^a	Tota ponderado	--	84	--	20
	(Participación de GECOLSA)	--	(33)	--	(12)
	[Participación de NTS]	--	[51]	--	[8]

^a Las participaciones de GECOLSA y NTS se calculan usando los pesos porcentuales promedio de la Tabla B1.

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Este trabajo estudió la operación de un modelo de colaboración horizontal entre GECOLSA y NTS a partir de información del comportamiento de ambas empresas durante 2017-2019, utilizando dicha información para alimentar un modelo de pronóstico de ventas basado en series de tiempo y uno de control de inventario de revisión periódica. Ambos modelos se utilizaron conjuntamente para proyectar la operación del modelo de colaboración horizontal por dos años (2020-2021). Los resultados mostraron una disminución en los niveles de inventario y los pedidos. Por ejemplo, GECOLSA reduciría sus unidades de inventario y de pedido en alrededor de un 30% y 10%, respectivamente, en comparación con una proyección de su operación individual durante el mismo periodo. Similarmente, los niveles de inventario a final de mes y los pedidos en el modelo CEDI también se reducirían en proporciones similares. Estos resultados muestran que el comportamiento en el modelo de colaboración horizontal es mejor que la suma de los resultados de cada empresa (Arango-Serna, Adarme-Jaimes y Zapata-Cortes 2013).

Además, tanto los costos de transporte como los totales mostraron reducciones importantes. GECOLSA alcanzaría reducciones en sus costos de transporte y totales por encima del 70%. Estos resultados apoyan las afirmaciones sobre reducción en costos y niveles de inventario mencionadas en la literatura (Pomponi, Fratocchi, y Tafuri 2015; Bahinipati, Kanda, y Deshmukh 2009).

Por otra parte, los resultados también muestran que reducir los tiempos de entrega mejora el desempeño, aunque no en el orden en el cual lo hace el modelo CEDI. Estos resultados sugieren que empresas que no tengan la posibilidad de implementar un modelo de colaboración horizontal pueden buscar reducir los tiempos de entrega para reducir sus niveles de inventario y sus costos. Además, estos resultados refuerzan hallazgos relacionados en estudios experimentales con cadenas verticales (Steckel, Gupta y Banerji 2004; Narayanan y Moritz 2015).

En los resultados de la simulación del modelo de control de inventario de revisión periódica se puede observar que hay varias semanas consecutivas en las cuales no se realizan pedidos (hasta 10 y 11 semanas para GECOLSA y NTS, respectivamente), lo que conduce a

pedidos y niveles de inventario altos. Esto sugiere que ambas empresas podrían explorar otros modelos de control de inventario para mejorar sus niveles de inventario. Además, trabajos futuros podrían explorar sistemáticamente el efecto de otros modelos de inventario en los resultados de la colaboración horizontal.

Este trabajo tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, la información de costos fue suministrada a nivel agregado. Debido a esto, se hicieron varios supuestos para poder estudiar el impacto de la implementación del modelo CEDI tanto en los costos de dicho modelo como en los costos de GECOLSA. Si bien los resultados muestran un impacto positivo del modelo CEDI, la magnitud real del impacto es incierta. Además, la información disponible y la metodología adoptada no permiten determinar el nivel en el cual se reduciría el requerimiento de vehículos. Sujeto a la disponibilidad de información, trabajos futuros podrían explorar los efectos de la colaboración horizontal usando información de costos más precisa y, además, estudiar su impacto sobre los requerimientos de transporte.

La implementación del modelo CEDI se efectuó a partir de enero de 2020. Sin embargo, debido a los diferentes supuestos asumidos, no es prudente hacer comparaciones de nuestros resultados contra el comportamiento real. Aunque estos resultados sugieren que las empresas se beneficiarían, el nivel real de mejora solo se observará a medida que se tenga información confiable del funcionamiento del modelo CEDI. Además, dada la contingencia sanitaria a nivel mundial, los resultados se verán en un mayor plazo.

Para finalizar, se considera que más estudios sobre el impacto de la colaboración horizontal utilizando diferentes metodologías son necesarios. Estudios cualitativos pueden aportar conocimientos sobre dinámicas de comportamiento que permiten que dicha colaboración se establezca y prospere, mientras que estudios cuantitativos podrían mostrar las métricas sobre las cuales la colaboración horizontal tiene más potencial de mejora.

Referencias

- Aaltio, I., and P. Heilmann. 2010. "Case Study as a Methodological Approach" in Mills A.J., Durepos G., and Wiebe, E. (Eds) *Encyclopedia of Case Study Research*. SAGE, pp. 67–78.
- Adenso-Díaz, B., S. Lozano, S. García-Carbajal, and K. Smith-Miles. 2014. "Assessing Partnership Savings in Horizontal Cooperation by Planning Linked Deliveries." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 66: 268–79. doi:10.1016/j.tra.2014.05.013.
- Anand, G., and B.K. Bahinipati. 2012. "Measuring Horizontal Collaboration Intensity in Supply Chain: A Graph-Theoretic Approach." *Production Planning and Control* 23 (10–11): 801–16. doi:10.1080/09537287.2011.642164.
- Arango-Serna, M., W. Adarme-Jaimes, and J. Zapata-Cortes. 2013. "Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros / Collaborative Inventory in Supply Chain Optimization." *DYNA* 80 (181): 71–80.
- Bahinipati, B.K., A. Kanda, and S.G. Deshmukh. 2009. "Horizontal Collaboration in Semiconductor Manufacturing Industry Supply Chain: An Evaluation of Collaboration Intensity Index." *Computers & Industrial Engineering* 57 (3): 880–95. doi:10.1016/j.cie.2009.03.003.
- Balza-Franco, V., and J. Vega-Jurado. 2018. "La colaboración horizontal entre prestadores de servicios logísticos en el Caribe colombiano: un enfoque cualitativo / Horizontal collaboration between logistics service providers in the Colombian Caribbean: a qualitative approach" *Aglala* 9 (1): 285–308. doi:10.22519/22157360.1201.
- Barratt, M. 2004. "Understanding the Meaning of Collaboration in the Supply Chain." *Supply Chain Management: An International Journal* 9 (1): 30–42.

- doi:10.1108/13598540410517566.
- Cattani, K., and G.M. Schmidt. 2005 "The Pooling Principle." *INFORMS Transactions on Education* 5 (2): 17–24. doi:10.1287/ited.5.2.17.
- Chen, L., Z. Xiande, O. Tang, L. Price, S. Zhang, and W. Zhu. 2017. "Supply Chain Collaboration for Sustainability: A Literature Review and Future Research Agenda." *International Journal of Production Economics* 194: 73–87. doi:10.1016/j.ijpe.2017.04.005.
- Crujissen, F., M. Cools, and W. Dullaert. 2007. "Horizontal Cooperation in Logistics: Opportunities and Impediments." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43 (2): 129–42. doi:10.1016/j.tre.2005.09.007.
- Danloup, N., H. Allaoui, and G. Goncalves. 2013. "Literature Review on OR Tools and Methods for Collaboration in Supply Chain" in Aboutajdine, D., Skalli, A., Bencheikroun, B., and Artiba, A. (Eds) *Proceedings of 2013 International Conference on Industrial Engineering & Systems Management (IESM)*. The 1st Institute, pp. 622–28.
- Diaz-Batista, J.A., and D. Pérez-Armayor. 2012. "Optimización de los Niveles de Inventario en una Cadena de Suministro / Inventory Levels Optimization in a Supply Chain." *Ingeniería Industrial* 33 (2): 126–32.
- Eisenhardt, K.M. 1989. "Building Theories from Case Study Research." *Academy of Management Review* 14 (4): 532–50. doi:10.5465/AMR.1989.4308385.
- Ho, D., A. Kumar, and N. Shiwakoti. 2019. "A Literature Review of Supply Chain Collaboration Mechanisms and Their Impact on Performance." *Engineering Management Journal* 31 (1): 47–68. doi:10.1080/10429247.2019.1565625.
- Jacobs, F.R. and R.B. Chase. 2018. *Operations and supply chain management* (15th Ed). McGraw-Hill Education.
- Kazi, Y., and S.R. Mitra. 2017. "Supply Chain Collaboration - Next Steps and Beyond." *Journal of Supply Chain Management Systems* 6 (3): 1–16.
- Lambert, D.M., M.A. Emmelhainz, and J.T. Gardner. 1999. "Building Successful Logistics Partnerships." *Journal of Business Logistics* 20 (1): 165–81.
- Lee, Y.H., M.K. Cho, S.J. Kim, and Y.B. Kim. 2002. "Supply Chain Simulation with Discrete–Continuous Combined Modeling." *Computers & Industrial Engineering* 43 (1–2): 375–92.
- Mejía, C., I. Agudelo, and O.C. Soto. 2016. "Planeación Por Escenarios: Un Caso de Estudio En Una Empresa de Consultoría Logística En Colombia / Scenario Planning: A Case Study in a Colombian Logistics Consulting Firm." *Estudios Gerenciales* 32 (138): 96–107. doi:10.1016/j.estger.2015.12.004.
- Narayanan, A., and B.B. Moritz. 2015. "Decision Making and Cognition in Multi-Echelon Supply Chains: An Experimental Study." *Production & Operations Management* 24 (8): 1216–34. doi:10.1111/poms.12343.
- Ozdemir, S., D. Kandemir, and T.-Y. Eng. 2017. "The Role of Horizontal and Vertical New Product Alliances in Responsive and Proactive Market Orientations and Performance of Industrial Manufacturing Firms." *Industrial Marketing Management* 64: 25–35. doi:10.1016/j.indmarman.2017.03.006.
- Palmieri, A., F. Pomponi, and A. Russo. 2019. "A Triple-Win Scenario for Horizontal Collaboration in Logistics: Determining Enabling and Key Success Factors." *Business Strategy and the Environment* 28 (6): 1166–78. doi:10.1002/bse.2309.
- Pomponi, F., L. Fratocchi, and S.R. Tafuri. 2015. "Trust Development and Horizontal Collaboration in Logistics: A Theory Based Evolutionary Framework." *Supply Chain Management: An International Journal* 20 (1): 83–97. doi:10.1108/SCM-02-2014-0078.
- Prakash, A., and S.G. Deshmukh. 2010. "Horizontal Collaboration in Flexible Supply Chains: A Simulation Study." *Journal of Studies on Manufacturing* 1 (1): 54–8.
- Sanchez, V., I. Harris, and R. Mason. 2015. "Horizontal Logistics Collaboration for Enhanced Supply Chain Performance: An International Retail Perspective." *Supply Chain Management: An International Journal* 20 (6): 631–47. doi:10.1108/SCM-06-2015-0218.

- Soosay, C.A., P.W. Hyland, and M. Ferrer. 2008. "Supply Chain Collaboration: Capabilities for Continuous Innovation." *Supply Chain Management: An International Journal* 13 (2): 160–69. doi:10.1108/13598540810860994.
- Steckel, J.H., S. Gupta, and A. Banerji. 2004. "Supply Chain Decision Making: Will Shorter Cycle Times and Shared Point-of-Sale Information Necessarily Help?" *Management Science* 50 (4): 458–64. doi:10.1287/mnsc.1030.0169.

Anexo A. Resultados de desempeño de pronósticos de series de tiempo.

Tabla A1. Desempeño de técnicas de pronóstico para GECOLSA.

	Promedio móvil de cuatro periodos	Promedio móvil de seis periodos	Media móvil ponderada ⁵	Suavización exponencial ⁶	Modelo de Holt ⁷	Regresión lineal
MSE	392.94	332.97	382.47	356.53	383.39	298.56
MAD	15.88	14.17	15.34	15.08	15.11	14.56
MAPE	0.0037	0.0035	0.0036	0.0032	0.0032	0.0030
Límite superior de TS	2.68	5.00	3.16	4.67	3.65	2.67
Límite inferior de TS	-2.85	-5.63	-1.72	-0.56	-3.03	-2.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2. Desempeño de técnicas de pronóstico para NTS.

	Promedio móvil de cuatro periodos	Promedio móvil de seis periodos	Media móvil ponderada	Suavización exponencial	Modelo de Holt	Regresión lineal
MSE	5106.34	5034.40	4682.69	3888.56	3936.39	3479.58
MAD	58.22	56.07	54.06	48.28	48.50	43.92
MAPE	0.0083	0.0085	0.0077	0.0063	0.0063	0.0057
Límite superior de TS	0.82	0.78	0.85	4.00	3.55	5.95
Límite inferior de TS	-7.10	-6.00	-6.59	-5.15	-5.27	-3.93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A3. Pronóstico de ventas 2020-2021 para GECOLSA.

Mes	Pronóstico de regresión lineal
-----	--------------------------------

⁵ Se hizo el pronóstico utilizando parámetros encontrados usualmente en libros de texto: cuatro periodos (meses) para el promedio, donde el periodo más reciente tiene un peso de 0.4, el siguiente, 0.3, el siguiente, 0.2, y el último, 0.1. Aplica también para NTS.

⁶ Se hizo el pronóstico utilizando una constante de ponderación del error del pronóstico (α) igual a 0.2. Otros α en el rango [0.1, 0.3] no cambian el hecho de que la regresión lineal es la herramienta de mejor desempeño. Aplica también para NTS.

⁷ Se hizo el pronóstico utilizando $\alpha = 0.3$ y una constante de ponderación de tendencia (β) igual a 0.2. Otros α y β en el rango [0.1, 0.3] no cambian el hecho de que la regresión lineal es la herramienta de mejor desempeño. Aplica también para NTS.

ene-20	144
feb-20	145
mar-20	145
abr-20	146
may-20	146
jun-20	147
jul-20	147
ago-20	148
sep-20	149
oct-20	149
nov-20	150
dic-20	150
ene-21	151
feb-21	152
mar-21	152
abr-21	153
may-21	153
jun-21	154
jul-21	154
ago-21	155
sep-21	156
oct-21	156
nov-21	157
dic-21	157

Fuente: elaboración propia.

Tabla A4. Pronóstico de ventas 2020-2021 para NTS.

Mes	Pronóstico de regresión lineal
ene-20	218
feb-20	218
mar-20	218
abr-20	218
may-20	219
jun-20	219
jul-20	219
ago-20	219
sep-20	220
oct-20	220
nov-20	220
dic-20	220
ene-21	220
feb-21	221
mar-21	221
abr-21	221
may-21	221
jun-21	221
jul-21	222
ago-21	222
sep-21	222
oct-21	222

nov-21	223
dic-21	223

Fuente: elaboración propia.

Anexo B. Participación de GECOLSA y NTS sobre ventas totales.

Tabla B1. Pesos porcentuales de GECOLSA y NTS sobre ventas totales.

Periodo	Ventas			Peso porcentual en CEDI	
	GECOLSA	NTS	CEDI	GECOLSA	NTS
ene-17	91	136	227	40.1%	59.9%
feb-17	117	160	277	42.2%	57.8%
mar-17	150	191	341	44.0%	56.0%
abr-17	144	163	307	46.9%	53.1%
may-17	149	221	370	40.3%	59.7%
jun-17	106	219	325	32.6%	67.4%
jul-17	122	182	304	40.1%	59.9%
ago-17	117	264	381	30.7%	69.3%
sept-17	125	215	340	36.8%	63.2%
oct-17	127	246	373	34.0%	66.0%
nov-17	119	262	381	31.2%	68.8%
dic-17	149	427	576	25.9%	74.1%
ene-18	95	187	282	33.7%	66.3%
feb-18	122	141	263	46.4%	53.6%
mar-18	156	148	304	51.3%	48.7%
abr-18	150	138	288	52.1%	47.9%
may-18	156	220	376	41.5%	58.5%
jun-18	111	237	348	31.9%	68.1%
jul-18	127	226	353	36.0%	64.0%
ago-18	122	209	331	36.9%	63.1%
sept-18	130	195	325	40.0%	60.0%
oct-18	132	317	449	29.4%	70.6%
nov-18	124	319	443	28.0%	72.0%
dic-18	155	268	423	36.6%	63.4%
ene-19	136	177	313	43.5%	56.5%
feb-19	130	195	325	40.0%	60.0%
mar-19	127	172	299	42.5%	57.5%
abr-19	150	165	315	47.6%	52.4%
may-19	135	206	341	39.6%	60.4%
jun-19	159	282	441	36.1%	63.9%
jul-19	138	212	350	39.4%	60.6%
ago-19	156	223	379	41.2%	58.8%
sept-19	165	254	419	39.4%	60.6%
oct-19	152	182	334	45.5%	54.5%
nov-19	115	151	266	43.2%	56.8%
dic-19	117	170	287	40.8%	59.2%
Promedio	213	133	346	39.1%	60.9%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Simulación del modelo (S, T).

Tabla C1. Simulación del modelo (S, T) para operación individual ($LT = 28$, $S_{GECOLSA} = 187.23$, $S_{NTS} = 353.76$).

Semana	GECOLSA				NTS			
	Ventas	Inventario inicio mes	Inventario fin mes	Pedido	Ventas	Inventario inicio mes	Inventario fin mes	Pedido
1	33.60	187.23	153.63	33.60	50.87	353.76	302.90	50.87
2	33.60	153.63	120.03	67.20	50.87	302.90	252.03	101.73
3	33.60	120.03	86.43	100.80	50.87	252.03	201.16	152.60
4	33.60	86.43	52.83	134.40	50.87	201.16	150.30	203.47
5	33.83	86.43	52.59	134.63	50.87	201.16	150.30	203.47
6	33.83	119.79	85.96	101.27	50.87	252.03	201.16	152.60
7	33.83	186.76	152.93	34.30	50.87	353.76	302.90	50.87
8	33.83	287.33	253.49	0.00	50.87	506.36	455.50	0.00
9	33.83	388.13	354.29	0.00	50.87	658.96	608.10	0.00
10	33.83	455.56	421.73	0.00	50.87	760.70	709.83	0.00
11	33.83	456.03	422.19	0.00	50.87	760.70	709.83	0.00
12	33.83	422.19	388.36	0.00	50.87	709.83	658.96	0.00
13	34.07	388.36	354.29	0.00	50.87	658.96	608.10	0.00
14	34.07	354.29	320.23	0.00	50.87	608.10	557.23	0.00
15	34.07	320.23	286.16	0.00	50.87	557.23	506.36	0.00
16	34.07	286.16	252.09	0.00	50.87	506.36	455.50	0.00
17	34.07	252.09	218.03	0.00	51.10	455.50	404.40	0.00
18	34.07	218.03	183.96	3.27	51.10	404.40	353.30	0.47
19	34.07	183.96	149.89	37.33	51.10	353.30	302.20	51.57
20	34.07	149.89	115.83	71.40	51.10	302.20	251.10	102.67
21	34.30	115.83	81.53	105.70	51.10	251.10	200.00	153.77
22	34.30	84.79	50.49	136.73	51.10	200.46	149.36	204.40
23	34.30	87.83	53.53	133.70	51.10	200.93	149.83	203.93
24	34.30	124.93	90.63	96.60	51.10	252.50	201.40	152.37
25	34.30	196.33	162.03	25.20	51.10	355.16	304.06	49.70
26	34.30	298.76	264.46	0.00	51.10	508.46	457.36	0.00
27	34.30	398.16	363.86	0.00	51.10	661.30	610.20	0.00
28	34.30	460.46	426.16	0.00	51.10	762.56	711.46	0.00
29	34.53	451.36	416.83	0.00	51.10	761.16	710.06	0.00
30	34.53	416.83	382.29	0.00	51.10	710.06	658.96	0.00
31	34.53	382.29	347.76	0.00	51.10	658.96	607.86	0.00
32	34.53	347.76	313.23	0.00	51.10	607.86	556.76	0.00
33	34.77	313.23	278.46	0.00	51.33	556.76	505.43	0.00
34	34.77	278.46	243.69	0.00	51.33	505.43	454.10	0.00
35	34.77	243.69	208.93	0.00	51.33	454.10	402.76	0.00
36	34.77	208.93	174.16	13.07	51.33	402.76	351.43	2.33
37	34.77	174.16	139.39	47.83	51.33	351.43	300.10	53.67
38	34.77	139.39	104.63	82.60	51.33	300.10	248.76	105.00
39	34.77	104.63	69.86	117.37	51.33	248.76	197.43	156.33
40	34.77	82.93	48.16	139.07	51.33	199.76	148.43	205.33
41	35.00	95.99	60.99	126.23	51.33	202.10	150.76	203.00
42	35.00	143.59	108.59	78.63	51.33	255.76	204.43	149.33
43	35.00	225.96	190.96	0.00	51.33	360.76	309.43	44.33
44	35.00	330.03	295.03	0.00	51.33	514.76	463.43	0.00
45	35.00	421.26	386.26	0.00	51.33	666.43	615.10	0.00
46	35.00	464.89	429.89	0.00	51.33	764.43	713.10	0.00

47	35.00	429.89	394.89	0.00	51.33	757.43	706.10	0.00
48	35.00	394.89	359.89	0.00	51.33	706.10	654.76	0.00
49	35.23	359.89	324.66	0.00	51.33	654.76	603.43	0.00
50	35.23	324.66	289.43	0.00	51.33	603.43	552.10	0.00
51	35.23	289.43	254.19	0.00	51.33	552.10	500.76	0.00
52	35.23	254.19	218.96	0.00	51.33	500.76	449.43	0.00
53	35.47	218.96	183.49	3.73	51.57	449.43	397.86	0.00
54	35.47	183.49	148.03	39.20	51.57	397.86	346.30	7.47
55	35.47	148.03	112.56	74.67	51.57	346.30	294.73	59.03
56	35.47	112.56	77.09	110.13	51.57	294.73	243.16	110.60
57	35.47	80.83	45.36	141.87	51.57	243.16	191.60	162.17
58	35.47	84.56	49.09	138.13	51.57	199.06	147.50	206.27
59	35.47	123.76	88.29	98.93	51.57	206.53	154.96	198.80
60	35.47	198.43	162.96	24.27	51.57	265.56	214.00	139.77
61	35.70	304.83	269.13	0.00	51.57	376.16	324.60	29.17
62	35.70	407.26	371.56	0.00	51.57	530.86	479.30	0.00
63	35.70	470.49	434.79	0.00	51.57	678.10	626.53	0.00
64	35.70	459.06	423.36	0.00	51.57	766.30	714.73	0.00
65	35.70	423.36	387.66	0.00	51.57	743.90	692.33	0.00
66	35.70	387.66	351.96	0.00	51.57	692.33	640.76	0.00
67	35.70	351.96	316.26	0.00	51.57	640.76	589.20	0.00
68	35.70	316.26	280.56	0.00	51.57	589.20	537.63	0.00
69	35.93	280.56	244.63	0.00	51.57	537.63	486.06	0.00
70	35.93	244.63	208.69	0.00	51.57	486.06	434.50	0.00
71	35.93	208.69	172.76	14.47	51.57	434.50	382.93	0.00
72	35.93	172.76	136.83	50.40	51.57	382.93	331.36	22.40
73	35.93	136.83	100.89	86.33	51.80	331.36	279.56	74.20
74	35.93	100.89	64.96	122.27	51.80	279.56	227.76	126.00
75	35.93	79.43	43.49	143.73	51.80	227.76	175.96	177.80
76	35.93	93.89	57.96	129.27	51.80	198.36	146.56	207.20
77	36.17	144.29	108.13	79.10	51.80	220.76	168.96	184.80
78	36.17	230.39	194.23	0.00	51.80	294.96	243.16	110.60
79	36.17	337.96	301.79	0.00	51.80	420.96	369.16	0.00
80	36.17	431.06	394.89	0.00	51.80	576.36	524.56	0.00
81	36.40	473.99	437.59	0.00	51.80	709.36	657.56	0.00
82	36.40	437.59	401.19	0.00	51.80	768.16	716.36	0.00
83	36.40	401.19	364.79	0.00	51.80	716.36	664.56	0.00
84	36.40	364.79	328.39	0.00	51.80	664.56	612.76	0.00
85	36.40	328.39	291.99	0.00	51.80	612.76	560.96	0.00
86	36.40	291.99	255.59	0.00	51.80	560.96	509.16	0.00
87	36.40	255.59	219.19	0.00	51.80	509.16	457.36	0.00
88	36.40	219.19	182.79	4.43	51.80	457.36	405.56	0.00
89	36.63	182.79	146.16	41.07	52.03	405.56	353.53	0.23
90	36.63	146.16	109.53	77.70	52.03	353.53	301.50	52.27
91	36.63	109.53	72.89	114.33	52.03	301.50	249.46	104.30
92	36.63	77.33	40.69	146.53	52.03	249.46	197.43	156.33
93	36.63	81.76	45.13	142.10	52.03	197.66	145.63	208.13
94	36.63	122.83	86.19	101.03	52.03	197.90	145.86	207.90
95	36.63	200.53	163.89	23.33	52.03	250.16	198.13	155.63
96	36.63	310.43	273.79	0.00	52.03	354.46	302.43	51.33

Fuente: elaboración propia.

Tabla C2. Simulación del modelo (S, T) para modelo CEDI ($LT = 21$, $S_{CEDI} = 421.12$).

Semana	Ventas	Inventario inicio mes	Inventario fin mes	Pedido
1	84.47	421	337	84

2	84.47	337	252	169
3	84.47	252	168	253
4	84.47	252	168	253
5	84.70	337	252	169
6	84.70	505	421	0
7	84.70	674	589	0
8	84.70	759	674	0
9	84.70	674	590	0
10	84.70	590	505	0
11	84.70	505	420	1
12	84.70	420	335	86
13	84.93	335	251	171
14	84.93	251	167	255
15	84.93	252	167	254
16	84.93	338	253	168
17	85.17	507	422	0
18	85.17	676	591	0
19	85.17	759	674	0
20	85.17	674	589	0
21	85.40	589	503	0
22	85.40	503	418	3
23	85.40	418	333	88
24	85.40	333	247	174
25	85.40	250	165	256
26	85.40	253	168	253
27	85.40	342	256	165
28	85.40	513	427	0
29	85.63	680	595	0
30	85.63	759	674	0
31	85.63	674	588	0
32	85.63	588	503	0
33	86.10	503	416	5
34	86.10	416	330	91
35	86.10	330	244	177
36	86.10	249	163	258
37	86.10	254	167	254
38	86.10	344	258	163
39	86.10	517	430	0
40	86.10	684	598	0
41	86.33	761	675	0
42	86.33	675	588	0
43	86.33	588	502	0
44	86.33	502	416	6
45	86.33	416	329	92
46	86.33	329	243	178
47	86.33	248	162	259
48	86.33	254	168	253
49	86.57	346	259	162
50	86.57	518	432	0
51	86.57	685	599	0
52	86.57	760	674	0
53	87.03	674	587	0
54	87.03	587	500	0
55	87.03	500	413	8
56	87.03	413	326	95
57	87.03	326	239	182

58	87.03	247	160	261
59	87.03	255	168	253
60	87.03	351	264	157
61	87.27	525	438	0
62	87.27	690	603	0
63	87.27	760	673	0
64	87.27	673	586	0
65	87.27	586	499	0
66	87.27	499	411	10
67	87.27	411	324	97
68	87.27	324	237	184
69	87.50	247	159	262
70	87.50	256	169	252
71	87.50	353	265	156
72	87.50	528	440	0
73	87.73	692	605	0
74	87.73	760	673	0
75	87.73	673	585	0
76	87.73	585	497	0
77	87.97	497	409	12
78	87.97	409	321	100
79	87.97	321	233	188
80	87.97	245	157	264
81	88.20	257	169	252
82	88.20	357	269	153
83	88.20	532	444	0
84	88.20	696	608	0
85	88.20	761	673	0
86	88.20	673	584	0
87	88.20	584	496	0
88	88.20	496	408	13
89	88.67	408	319	102
90	88.67	319	231	190
91	88.67	244	155	266
92	88.67	257	168	253
93	88.67	359	270	151
94	88.67	536	447	0
95	88.67	700	612	0
96	88.67	763	674	0

Fuente: elaboración propia.