

# Análisis del desempeño de la colaboración en la cadena de suministro del sector de mensajería expresa: Estudio de simulación Montecarlo

Analysis of the performance of the collaboration in the supply chain of the express courier sector: Montecarlo simulation study

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.24.5169>

Andrés Polo<sup>1</sup>  
José Vicente Camacho<sup>2</sup>  
Abraham González<sup>3</sup>

## RESUMEN

Identificar los beneficios de la colaboración sigue siendo un gran desafío para muchas cadenas de suministro, entre ellas las relacionadas con el sector de mensajería expresa. En esta investigación, la medición colaborativa del desempeño para una cadena de suministros del sector de mensajería expresa, actuará como una herramienta de prueba para identificar el ambiente propicio para colaborar. Se utilizó información real de una empresa del sector con la cual se desarrolló una simulación Montecarlo como herramienta de ayuda a la toma de decisiones para la gestión de la cadena colaborativa, determinando la relación entre el número de socios colaboradores y el porcentaje de captación del mercado en los costos de distribución, la utilidad operativa y el grado de participación de los colaboradores en los procesos de la cadena de suministro. Este enfoque ayudará a esas cadenas de suministro a obtener el máximo beneficio de las relaciones de colaboración, el cual puede ser utilizado por empresas dedicadas al servicio y distribución de mensajería expresa que estén interesadas en la colaboración.

**Palabras Clave:** Colaboración en la cadena de suministro, simulación, medición del desempeño.

## ABSTRACT

Identifying the benefits of collaboration is still a big challenge for many supply chains, including those related to the express messaging sector. In this research, collaborative performance measurement to express messaging supply chain will act as a testing tool to identify conducive environment to collaborate. We use real data from a Enterprise of this sector, serve to carry out a Monte Carlo simulation to help decision-making for the management of the collaborative chain simulation to help managerial decision-making determining the relationship between the number of collaborating partners and the percentage of market capitalization in distribution costs, operating profits, and the degree of collaborators involvement in supply chain processes. This approach will help the postal express supply chains to obtain maximum benefit of collaborative relationships, which can be used by companies dedicated to the service and distribution of express messaging that are interested in the collaboration.

**Keywords:** Supply Chain collaboration, simulation, performance measurement

1. *Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Calle 170 No 54A-10 Bogotá, Colombia.*

*E mail: polo.andres@uniagraria.edu.co*

2. *Universidad de La Sabana, campus puente del común Km 7, autopista norte, Chía, Colombia.*

*E mail: josecave@unisabana.edu.co*

3. *Universidad Militar Nueva Granada, sede campus nueva granada. Km 2, Vía Cajicá-Zipacquirá, Colombia.*

*Email: abraham.gonzalez@unimilitar.edu.co*

## INTRODUCCIÓN

El sector de la Mensajería Expresa en Colombia, regulado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, ha presentado un desarrollo dinámico en los últimos años debido a características demográficas de las regiones, la economía, la planeación en el desarrollo urbano y las políticas del gobierno nacional [1]. En la última década se ha evidenciado que su desarrollo está impulsado por pequeñas y medianas empresas, de las cuales una parte importante desarrollan sus actividades en la informalidad [2-3]. En este escenario, dichas empresas no tienen acceso a mercados financieros, los cuales son pilares fundamentales del crecimiento empresarial [4-5], por esa razón, generalmente tienen menores niveles de productividad y mantienen una escala de operación inferior a la estándar, generando un menor número de empleos de baja calidad [6].

Según [3], “la informalidad en el sector implica el incumplimiento de las obligaciones legales de una empresa como son el pago de impuestos, la falta de registro mercantil y la no afiliación de los trabajadores a la seguridad social”.

Adicionalmente, análisis estadísticos muestran que el ingreso promedio de los trabajadores del sector informal es inferior al de los trabajadores que pertenecen al sector formal, lo cual refleja una productividad marginal del trabajo inferior [7].

Se estima que cerca de un 50% del total de los envíos movilizados en el país es realizado por cientos de operadores que trabajan en la informalidad, sin la habilitación del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; aunque su participación es considerablemente alta en el envío de piezas postales, el porcentaje de participación de la informalidad en el total de los ingresos se estima alrededor del 17.6%, [8]. Estas cifras indican que las tarifas cobradas por los operadores informales son relativamente bajas, lo que ejerce una presión competitiva sobre el mercado postal y los operadores formales, especialmente para las pymes del sector [9].

El sector de servicios postales tiene la particularidad de contar con economías de escala ya que un mayor tamaño de la red conlleva a menores costos unitarios, [10-11]; de igual manera lo considera Tochkov (2015), pues una mayor cantidad de objetos entregados por punto de entrega reduce los costos unitarios debido al volumen involucrado en dicho proceso [12].

Para el caso de Colombia, se tiene que para el 2009 el número de envíos promedio era de 0.4 piezas postales per cápita anuales [13]. Según estas cifras, el país ostenta unos costos muy elevados para la prestación de los servicios postales en el sector, específicamente los de mensajería expresa ya que cuentan con unos costos fijos altos, sobre todo, en la etapa de transporte, clasificación y entrega, en especial mano de obra que representa uno de los mayores costos en la prestación del servicio [14]. Estos costos representan el 55% de los totales. Por otro lado, los costos en la etapa de recolección representan el 6-7% de los costos totales. La existencia de altos costos fijos hace necesario que se busque tener un elevado volumen de envíos, para repartir la carga de los costos fijos en una gran cantidad de envíos y así, disminuir el peso relativo que los costos fijos tienen dentro de los costos totales.

Adicionalmente, la existencia de muchos operadores ha llevado a que las Pymes no puedan aprovechar las economías de escala presentes en la prestación de los servicios postales conllevándolas a ofertar tarifas por encima de las grandes empresas [8] o en la mayoría de los casos a servir como nodos de distribución para las grandes empresas a bajo costo convirtiéndolas en dependientes económicos de las mismas. El reto para las Pymes de este sector es generar estrategias que lleven a un mayor aprovechamiento de las economías de escala. [15-16].

Para contrarrestar estos problemas, algunas Pymes del sector de mensajería expresa se han dedicado a crear pequeñas redes de distribución en su área de influencia, las que cuentan con gran conocimiento cartográfico, pero obsoletas herramientas informáticas y poco capital para invertir en infraestructura [14]. En la actualidad se han desarrollado procesos de automatización, implementado tecnologías de rastreo satelital de envíos, sistemas de captura automática de información, software de gestión de información, entre otros. Dichos desarrollos podrían llegar a ser implementados en las Pymes cuando se realizan entregas bajo esquemas de cooperación para abordar las especificidades y limitaciones de la distribución, creando lo que se puede denominar un segmento de entrega con organizaciones, herramientas y estrategias específicas.

La mayoría de empresas del sector tratan de ampliar su red de cobertura con recursos propios o mediante un esquema de tercerización sin la unificación de los sistemas que controlen todo el proceso [3]. Dicha alternativa tiene elevados costos en infraestructura y contratación de personal, igualmente está fundamentada en los mismos modelos estratégicos en los que se soporta la estructura operativa de las grandes empresas en donde se monopolizan todos los procesos de la red de distribución. Pensar en participar del negocio a otro nivel con los diferentes actores de la cadena permite suponer que se deben dejar de lado los modelos tradicionales y enfocarse en la colaboración como primer principio para crecer de forma rentable.

La colaboración en redes de mensajería expresa puede sufrir una serie de desventajas, como pérdida de flexibilidad, pérdida de control de miembros individuales de la cadena, altos costos de coordinación, problemas de confianza y posible consolidación del mercado a largo plazo. Las actividades de colaboración en la cadena de suministros (SCC) ayudan a mejorar el desempeño de los miembros involucrados en un marco estructurado con el objetivo de maximizar beneficios a través de servicios logísticos mejorados. Sin embargo, la mayoría de artículos de la literatura no han puesto de relieve factores importantes de la buena práctica de SCC en el contexto de las pequeñas y medianas empresas de servicios de mensajería expresa. Por lo tanto, existe necesidad de realizar más investigaciones que prueben sus influencias en procesos de colaboración para mensajería expresa.

En este trabajo se analizará el impacto en la utilidad operativa de las Pymes del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo un esquema de contribución. La revelación de beneficios reales de la colaboración con cierto número de socios con nivel específico de inversiones durante un período determinado ayudará a tomar decisiones sobre la implementación del esquema de colaboración en cadenas de suministro de mensajería expresa en varios niveles.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### *Características de servicios postales de mensajería*

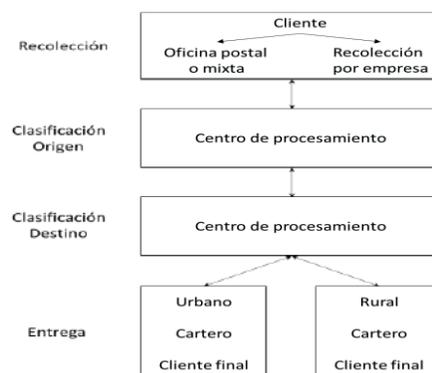
El servicio postal universal es un servicio de interés general y representa un conjunto de servicios postales que se realizan de forma continua en el territorio de cualquier país, dentro de la calidad prescrita, a precios asequibles y en las mismas condiciones para todos los usuarios, sin ningún tipo de discriminación [17]. El servicio postal universal está siendo desarrollado en línea con el desarrollo tecnológico y económico y las necesidades de los usuarios.

El sector postal abarca las actividades realizadas por los operadores que implican la recogida, clasificación, transporte y entrega del correo dirigido, sin dirección de correo, paquetes y servicios urgentes. No hay ninguna red física, como se encuentra en las redes industriales clásicas [18], en lugar de ello, la red postal consta de servicios postales para la recolección de artículos, la mayoría de casos por terceros y carteros que construyen la red de entrega ya sea por medio de vehículos o a pie. El sector postal también puede considerarse una red industrial basado en el efecto que surge de la bilateralidad de servicios de entrega. A diferencia de otras industrias de red, es sobre todo el remitente quién es el cliente directo de los operadores postales, ya que el remitente toma la decisión de comprar los servicios o no, y también es el remitente que paga. Los receptores generalmente no tienen que elegir un operador postal y no pagan por los servicios postales

En los últimos años la incorporación de nuevos proveedores de servicios postales ha extendido el ámbito de la industria postal con el fin de asegurar más fuentes de ingresos y aumentar la utilización de los recursos. Un claro ejemplo de ello es la incorporación de pago de facturas, dándole al servicio un valor añadido. En esta investigación, el objetivo principal es la operación logística de servicios básicos de mensajería de documentos, que pueden generar gran proporción de ingresos. Por lo tanto, se supone que las empresas postales están ofreciendo servicios de correo y paquetes a nivel urbano y rural en algunas zonas del territorio nacional.

La recolección de envíos se realiza a dos tipos de clientes, clientes crédito y contado. La diferencia entre ellos radica en la cantidad y volumen de envíos realizados. Un cliente crédito, generalmente persona jurídica, solicita servicios de recolección directamente en sus instalaciones a un precio preferencial; un cliente contado, por lo general también contacta a un tercero (servicio mixto) para la colocación de sus envíos. La Figura 1 muestra un flujo de logística general del sector postal.

**Figura 1. Flujo logístico de servicio postal**



Fuente: Elaboración de los autores

Debido a su comodidad y flexibilidad el transporte por carretera es uno de los modos más comunes en entrega postal. En cada centro de clasificación, hay enorme cantidad de correos salientes a la espera de ser ordenados y enviados a sus destinos diarios. El proveedor de servicios postales tiene que encontrar manera eficaz de organizar los envíos para implementar el intercambio de información entre los centros de clasificación (origen y destino). Sin embargo, las largas distancias entre los centros de clasificación y límites de tiempo específicos son dos retos rigurosos para la toma de decisiones. Normalmente, los centros de clasificación están geográficamente alejados uno de otros y la entrega urgente de correos entre ellos es por medio de transporte terrestre de larga distancia. Además, la distribución de los servicios de correo tiene límites de tiempo específicos, de acuerdo con el servicio de entrega al siguiente día.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta para el estudio es la regulación de precios en el sector postal. Según [18] algunos sectores abogan por la desregulación, mientras que otros proponen una nueva regulación, que consiste en la sustitución de las normas preexistentes con las nuevas regulaciones que tienen como objetivo garantizar un nivel de servicio y la competencia.

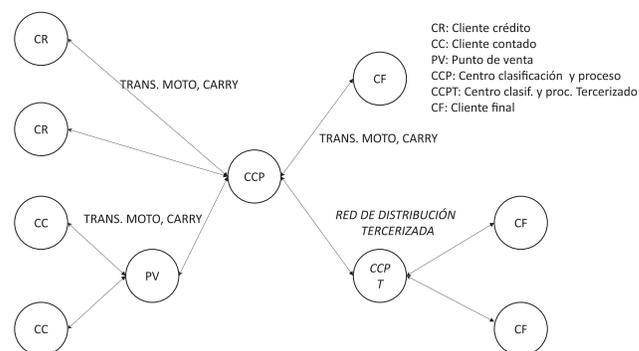
### **Operaciones de envío documentos de mensajería expresa**

Las diversas redes postales, derivadas por la prestación de servicios de empresas particulares, hacen referencia al conjunto de instalaciones, equipos y demás dispositivos destinados a la prestación de servicios postales de manera directa o indirecta. Estas redes se pueden dividir en un cierto número de distritos o centros postales de acuerdo con su población, comunicación, economía, entre otras. Estos distritos o centros, para la presente investigación, se han clasificado en las principales ciudades destino y origen de servicios postales. En cada uno de estos distritos postales se encuentran diferentes centros de clasificación, que recogen, clasifican y distribuyen correos a otros centros ubicados en los demás centros. La red nacional de distribución postal se compone de estos centros de clasificación y rutas postales que los conectan.

Los clientes, crédito o contado, pueden solicitar la recolección de sus pedidos o bien llevarlos hasta un centro de venta o directamente al centro de clasificación o procesamiento donde se realiza la zonificación y alistamiento de pedidos. Los centros de clasificación distribuyen envíos hacia otros centros de clasificación en otras zonas del país o de la misma zona geográfica, tercerizando la entrega final o entregando al cliente final, por sus propios medios los servicios contratados.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de red que detalla estas operaciones. En la figura se muestra como los flujos pueden ser de doble vía, es decir, flujos de documentos de mensajería pueden salir del centro de clasificación para la entrega, subcontratando el servicio la mayoría de los casos, o también ser subcontratado por otra empresa para la entrega de documentos en la zona de servicios o red ofrecidos por la empresa.

**Figura 2. Red de servicios postales**



Fuente: Elaboración de los autores

En la actualidad las grandes empresas dedicadas a este tipo de actividades en el país poseen cerca del 95% de los envíos a nivel urbano, tercerizando los envíos a clientes finales en aquellas zonas de difícil acceso por problemas de orden público o infraestructura. Esta tercerización ha llevado a las pequeñas empresas a trabajar en desventaja con aquellas que contratan sus servicios pues la tarifa de subcontratación es mínima, produciendo una operación con ganancias mínimas.

En la actualidad la cadena de suministros debe generar valor a usuarios de los servicios de mensajería mediante el control de los documentos enviados y la información del estado del envío hasta el usuario final, esto con el fin de aumentar la satisfacción del cliente mediante la mejora de los servicios reduciendo los costos [18].

Un diseño de red colaborativo puede llegar a ser eficaz en la estrategia de costos, en lugar de servir por separado. Con estas consideraciones, el problema se ha materializado con dos decisiones principales: 1) La implicación de mejorar los indicadores de gestión mediante la utilización de teoría de sistemas colaborativos adicionando enfoque de servicios 3PL y 4PL y 2) La disminución de costos para todos los implicados en el sistema mediante una filosofía gana-gana.

Según [20] si el entorno es propicio para la colaboración de las cadenas de suministro ayudará a las empresas de servicios de mensajería a identificar las áreas a ser modificadas antes de su implementación. Sin embargo, no hay muchos artículos que demuestren los beneficios de la colaboración en cadenas de suministro en términos de disminución de costos y la evaluación de rendimiento de servicios tercerizados.

## MÉTODO

### *Modelo matemático*

Los ingresos por servicios y costos involucrados en la prestación del mismo serán utilizados para cuantificar los objetivos financieros del sistema desde el punto de vista colaborativo. En general, el costo implica costos fijos y costos variables tales como el costo de zonificación, operación, distribución. Otros costos variables ocultos no se incluyen con el propósito de facilitar los cálculos, por consiguiente, puede que la utilidad calculada solo sea teórica.

En el presente trabajo la simulación Montecarlo se empleó para identificar el rendimiento de la colaboración en los servicios de distribución de mensajería expresa basado en los factores más relevantes de la revisión de literatura. Para inicializar el proceso de simulación, se utiliza el enfoque matemático básico mediante el uso de MS Excel. Todas las mediciones se realizan en términos de relación para evitar el uso de unidades mixtas según lo indicado en estudios similares.

Esta investigación desea establecer vínculos entre todos los factores de coordinación que influyen en la colaboración de un sistema para el envío de documentos mediante mensajería expresa [21] el rendimiento de la cadena de suministro es medido mediante la satisfacción y amplificación de la demanda.

Para efectos de la presente investigación se ha contactado una empresa de mensajería expresa de la ciudad de Bogotá que desea realizar prácticas de cadena de suministro colaborativa. Igualmente se ha contactado a diferentes empresas del sector en diferentes ciudades del país. Para realizar el desarrollo de la presente investigación se ha decidido simular los efectos de estructurar sistemas colaborativos para

diferentes empresas en las cuatro ciudades con mayor cantidad de documentos enviados en los últimos tres años, la información correspondiente fue simulada utilizando Excel. Se ha realizado unas comparaciones cuando la empresa realiza sus envíos de forma independiente y otras con la colaboración de las empresas simuladas en diferentes escenarios como los son el nivel de captación de documentos a enviar del total nacional, el número de nodos o ciudades en las cuales se adelantan los servicios de colaboración.

Este estudio está motivado por las observaciones realizadas en una empresa de servicios de mensajería expresa ubicada en la ciudad de Bogotá. La empresa posee un servicio a las oficinas regionales, pero no de una manera cooperativa. Los servicios de envío de paquetes son subcontratados y en algunas ocasiones necesita generar alianzas con otras compañías con la finalidad de mejorar cobertura en sus despachos.

El modelo de simulación se diseñó para cuatro ciudades, no contempla aspectos operativos como lo son las rutas asignadas a cada mensajero, en su lugar, basados en la experiencia de las empresas encuestadas se ha determinado la distancia promedio recorrida por un mensajero, el promedio de envíos asignados a cada uno, el peso promedio de los documentos enviados, con lo cual se puede calcular la carga máxima para cada mensajero. El modelo propuesto únicamente expresa aspectos tácticos para la utilización de un sistema colaborativo para el envío de documentos de mensajería expresa como lo son el número de envíos realizados en un mes promedio, despachos realizados a otros nodos, el cálculo de capacidades de zonificación, operación interna, distribución y recolección de documentos, captación de documentos sobre el total en cada nodo, niveles de devoluciones en primera, segunda y tercera vuelta (máximo establecido antes de desestimar la entrega del documento). Con esta información se calcularon los costos totales asociados, tanto en el sistema actual y el propuesto colaborativo para cada escenario, las utilidades y el grado de integración del sistema. A continuación, se describen los principales parámetros calculados para la determinación de los diferentes escenarios:

Cantidad de envíos de nodo a nodo mercado Total:  $Cnnt_{i,j}$

Porcentaje de captación actual de mercado en cada nodo "i":  $\%Cm_i$

Porcentaje de captación de mercado en cada nodo "i":  $\%Cm_{i,j}$

Cantidad de envíos actuales vendidos en el nodo "i":  $Va_i$

Total de envíos nuevos vendidos en el nodo "i":  $V_i = \sum_{j=1}^J V_{i,j} \quad \forall i = 1,2,..I$

Porcentaje de envíos que son desplazados de nodo a nodo:  $\%C_{i,j}$

Cantidad de envíos de nodo a nodo colaborativo:  $Cnn_{i,j} = Va_i * \%C_{i,j}$

Cantidades recibidas desde nodos colaborativos:  $Cnn'_{i,j}$

Cantidad de envíos distribuidos Actual en el nodo "i":  $Cda_i$

Porcentaje de envíos que son devueltos:  $\%Dev$

Tarifa Promedio del mercado (Envió Nacional) por kilogramo:  $Tpm$

Peso Promedio de un envío:  $Ppe$

Precio de venta urbano:  $Pu$

Tarifa de distribución actual:  $Tda$

Tarifa de distribución colaborativa:  $Tdc$

Peso promedio documento recibido:  $PeIn$

Peso promedio documento enviado:  $PeOut$

Distancia promedio entre nodos:  $Dp_{i,j}$

Distancia variable recorridos urbanos:  $Du_i$

Devoluciones Primera vuelta:  $CDev1_i$

Devoluciones Segunda vuelta:  $CDev2_i$

Devoluciones Tercera vuelta:  $CDev3_i$

Inversión en tecnología amortizada:  $II_i$

Costo emisión por gramo transportado:  $CE$

Los indicadores de gestión calculados para el sistema de colaboración de una cadena de distribución de documentos mediante mensajería expresa fueron los siguientes:

$$V_{i,j} = Cnnt_{i,j} X \% Cm_{i,j} \forall i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

La ecuación (1) determina los envíos nuevos que se generan al entrar en operaciones el sistema colaborativo para envíos de documentos en cada uno de los nodos establecidos.

$$CZR_i = \frac{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j}}{CZmax} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2)$$

$$COR_I = \frac{Cda_i + V_i}{COMax} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (3)$$

$$CMR_I = \frac{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j}}{CMmax} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (4)$$

Por medio de las ecuaciones (2), (3), (4) se calculan el número de zonificadores, operadores y mensajeros en cada nodo que son necesarios para atender en número de envíos de documentos en toda la red.

La ecuación (5) expresa los costos mensuales de distribución en cada uno de los nodos.

$$Cpd_i = \frac{CM * CMR_I}{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j} + \sum_{j=1}^J Cnn'_{i,j}} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (5)$$

Las ecuaciones (6) y (7) calculan los costos totales para envíos entre los diferentes nodos y a nivel urbano respectivamente.

$$CTU_i = CA_i + CZ_i + Cpd_i + CDev2_i + CDev3_i + CDev1_i \quad (6)$$

$$CTUOO_i = CZ_i + Cpd_i + CDev2_i + CDev3_i + CDev1_i \quad (7)$$

Las utilidades totales han sido calculadas para el sistema actual, donde cada nodo trabaja independientemente, y el sistema propuesto por medio de las ecuaciones (8) y (9).

$$UT_i = Cda_i * Tda + Va_i * Tca - [(Cda_i + Va_i) * CTUOO_i] \quad (8)$$

$$UTC_i = UT_i + V_{i,j} * Pu + V'_{i,j} * Pn + Cnn'_{i,j} * Tdc - [Cfv_i + Cfd_i + \quad (9)$$

$$V_{i,j} * CTU_i + \sum_{i=1}^I II_i + \sum_{j=1}^J Cnn'_{i,j} * CTUOO_i] \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

Adicionalmente es posible calcular el grado de colaboración al que se llega en la cadena de suministros para envíos de documentos por medio de mensajería expresa. La ecuación (10) basada en [22] expresa como el grado de colaboración está relacionado con el nivel de inversión en tecnología de cada uno de los integrantes del sistema colaborativo.

Para el caso del sistema propuesto analizado en la presente investigación se ha determinado que las dos primeras expresiones son iguales a 1 debido a que solo se ha contemplado una sola empresa en cada nodo y se asume que estas son vinculadas al sistema operativo sin tener en cuenta su fecha de creación.

$$GC = \frac{\text{Número de socios del sistema}}{\text{Número de nodos de la cadena}} + \frac{\text{años de vinculación al sistema colaborativo}}{\text{años totales de creación de la empresa}} + \frac{\text{Inversión en tecnología para el sistema colaborativo}}{\text{inversiones en mantenimiento de tecnología y capacitaciones}} \quad (10)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta el diseño de la experimentación realizada, su simulación y los resultados obtenidos. Se presentan además resultados de las pruebas estadísticas realizadas, con el fin de identificar las diferencias significativas entre cada una de las estrategias planteadas. El modelo desarrollado es simulado en diversos escenarios, la Tabla 1 muestra las diferentes combinaciones simuladas.

Tabla 1. Escenarios planteados

Nodos	Capacidad de captación del mercado		
	Máxima	Media	Baja
2	E.1	E.2	E.3
3	E.4	E.5	E.6
4	E.7	E.8	E.9

Fuente: Elaboración de los autores

Para el cálculo del tamaño de la muestra o réplicas para cada escenario se ha utilizado la expresión (11) en la cual se han establecido como  $n$  = tamaño de la muestra,  $Z$  = nivel de confianza,  $p$  = probabilidad de éxito, o proporción esperada,  $q$  = probabilidad de fracaso  $d$  = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2} \quad (11)$$

Según [21] se han utilizado como nivel de confianza: 1,96, probabilidad de éxito: 0.95; probabilidad de fracaso: 0.05 y nivel de precisión: 0,035. Como resultado se obtiene un número de réplicas para el estudio de simulación de 148,8 el cual se aproxima a 150.

Para efectos del análisis de resultados se ha determinado realizar un diseño factorial 22 con el fin de interpretar mejor los resultados de las simulaciones. Para este diseño se ha tenido en cuenta niveles máximos y mínimos de cada uno de los factores analizados (Factor A: Nodos; factor B: captación del mercado). Igualmente se evalúa el factor resultante por interacción (AB).

Para determinar cuáles de los tres efectos están activos a son significativos se procede a probar las hipótesis dadas por:

$$H_0: \text{Efecto } A = 0$$

$$H_0: \text{Efecto } B = 0$$

$$H_0: \text{Efecto } AB = 0$$

La información para la realización de la tabla ANOVA se ha determinado por los valores máximos y mínimos en cada uno de los indicadores a analizar (costo de distribución, utilidades operativas y grado de integración), el valor promedio y una muestra al azar de las 150 réplicas realizadas. De esta forma los valores a analizar para cada indicador se muestran en las tablas 2 a 4.

**Figura 2. Red de servicios postales**

A: Nodo	B: Captación del mercado	Porcentaje	incremento	Costo de distribución	por unidad	TOTAL	Símbolo
2	0.60%	46.23%	-30.98%	11.06%	13.82%	40.12%	-1
4	0.60%	46.00%	-7.92%	22.47%	23.42%	83.97%	a
2	1.50%	54.02%	-84.78%	5.30%	9.48%	-15.98%	b
4	1.50%	48.39%	-6.96%	28.52%	29.42%	99.37%	ab

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 3. Valores para DOE Utilidad operativa**

A: Nodo	B: Captación del mercado	Porcentaje	incremento	Utilidad operativa	TOTAL	Símbolo	
2	0.60%	917.00%	-616.00%	216.00%	204.00%	720.14%	-1
4	0.60%	415.00%	137.00%	197.00%	190.00%	938.98%	a
2	1.50%	1944.00%	-2362.00%	434.00%	397.00%	413.00%	b
4	1.50%	567.00%	248.00%	330.00%	325.00%	1469.67%	ab

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4. Valores para DOE para grado de colaboración

A: Inversión Inicial	B: Inversión capacitación y mto.	Grado de colaboración				TOTAL	Símbolo
Min	Min	28.57	31.37	25.88	30.56	116.38	-1
Max	Min	72.62	67.97	75.29	83.33	299.22	a
Min	Max	10	17.65	12.94	13.75	54.34	b
Max	Max	25.42	38.24	37.65	37.5	138.8	ab

Fuente: Elaborado por los autores

La aplicación de los principios básicos del diseño de experimentos se aprecia en que los valores de las 16 corridas realizadas en cada uno surgen de la aplicación del modelo determinando valores aleatorios, tomando cuatro repeticiones del mismo.

Resultados de análisis ANOVA mostrados en las Tablas 5 y 6 indican que se puede argumentar que el número de nodos o empresas vinculadas al sistema colaborativo no tienen efecto significativo sobre el costo de distribución; en las utilidades operativas su efecto no es concluyente debido a que el resultado ANOVA se encuentra cerca al nivel de significancia de la prueba (0.05). La ANOVA (Tabla 10) demuestra que tanto los dos efectos principales (Inversión Inicial y Capacitación y mantenimiento) como el efecto de la interacción tienen un efecto significativo sobre el grado de integración que puedan tener las empresas pertenecientes al sistema colaborativo.

Tabla 5. ANOVA para experimento costo distribución

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Fo
A	15.84%	1	0.158396	1.1706804
B	1.04%	1	0.010351	0.0765028
AB	3.20%	1	0.0319563	0.2361842
Error	162.36%	12	0.1353025	
Total	182.43%	15		

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 6. ANOVA para experimento Utilidades operativas**

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F <sub>0</sub>
A	1016.81%	1	10.168147	0.1114983
B	31.23%	1	0.3123275	0.0034248
AB	438.72%	1	4.3872281	0.0481079
Error	109434.63%	12	91.195529	
Total	110921.40%	15		

Fuente: Elaborado por los autores

La tabla ANOVA (Tabla 7) demuestra que tanto los dos efectos principales (Inversión Inicial y Capacitación y mantenimiento) como el efecto de la interacción tienen un efecto significativo sobre el grado de integración que puedan tener las empresas pertenecientes al sistema colaborativo.

**Tabla 7. ANOVA para experimento Grado de integración del sistema**

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F <sub>0</sub>
A	4465.56	1	4465.56	186.50
B	3093.17	1	3093.17	129.18
AB	604.89	1	604.89	25.26
Error	287.33	12	23.94	
Total	8450.94	15		

Fuente: Elaborado por los autores

Para mejorar la interpretación de los resultados de la prueba ANOVA resulta útil ajustar un modelo de regresión con el fin de predecir los valores resultantes de cada una de las variables de respuesta analizadas en los diferentes valores de los factores estudiados. Las ecuaciones (12) a 19 muestran las diferentes ecuaciones para cada una de las variables de respuesta de la presente investigación.

Costo distribución

$$\hat{y} = 12.97 + 9.95x_1 + (-2.54x_2) + 4.47x_1x_2 \quad (12)$$

Utilidad operativa

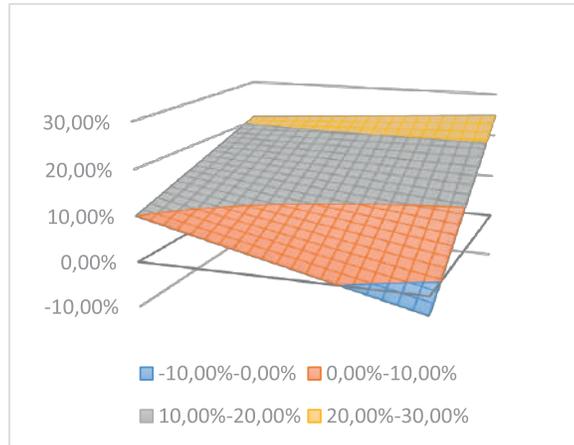
$$\hat{y} = 221.36 + 79.72x_1 + 13.97x_2 + 52.36x_1x_2 \quad (13)$$

Grado de integración

$$\hat{y} = 38.05 + 16.71x_1 + (-13.9x_2) + (-6.15)x_1x_2 \quad (14)$$

En la Figura 3 se representa el gráfico de superficie, que resulta de ajustar el modelo de la ecuación (12), en esta se evidencia que los costos de distribución obtienen una mayor variación cuando los factores captación de mercado y número de nodos se encuentran en su nivel superior, se resalta como se disminuyen los costos donde el nivel de captación de mercado es mayor pero el número de nodos es mínimo.

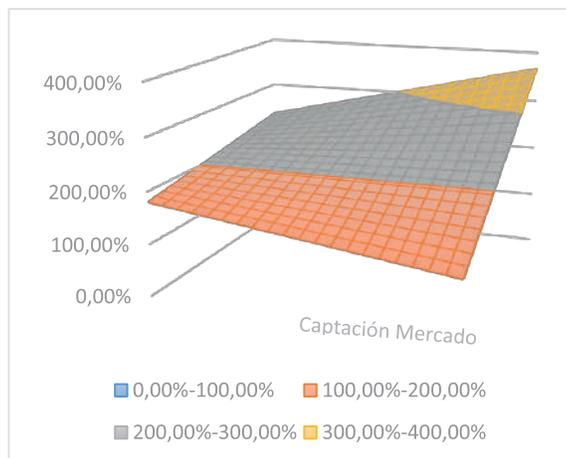
**Figura 3. Superficie de respuesta del modelo ajustado para costo de distribución**



**Fuente: Elaboración de los autores**

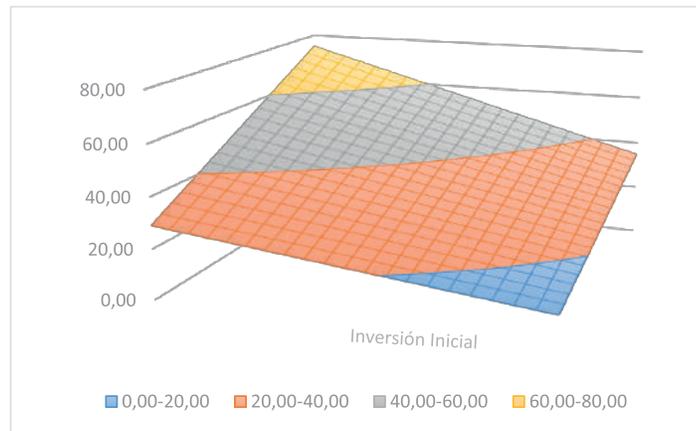
En la Figura 4 se representa el gráfico de superficie, que resulta de ajustar el modelo de la ecuación (13) donde se representa el valor que toma la utilidad operativa del sistema. Se observa que los puntos en que la superficie toma los valores más altos corresponden a aquellos donde los niveles de factores (nodos y captación del mercado) son mayores.

**Figura 4. Superficie de respuesta del modelo ajustado para utilidad operativa**



**Fuente: Elaboración de los autores**

La Figura 5 demuestra que para tener un sistema colaborativo integrado es pertinente que la inversión en capacitación y mantenimiento sea significativa con respecto a la inversión inicial, se evidencia como cuando la inversión inicial en tecnología está en el mayor nivel y la inversión en capacitación está en su nivel más bajo el grado de integración está también en su nivel más bajo.

**Figura 4. Superficie de respuesta del modelo ajustado para utilidad operativa**

**Fuente: Elaboración de los autores**

## CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación sugieren que el nivel de participación de los socios comerciales vinculados al sistema colaborativo de envíos de documentos por mensajería expresa depende del nivel de capital que las empresas deseen invertir en la adquisición de equipos para mejorar las comunicaciones y el nivel de capital invertido en la capacitación y mantenimiento ya que pueden generar un mejor nivel en el grado de información compartida, clave para el éxito del sistema colaborativo.

Así, de acuerdo a lo expresado por [21] la conducencia de la colaboración para cualquier empresa dedicada a los servicios de mensajería expresa depende de su flexibilidad para cambiar el nivel de participación de cada una para alcanzar los objetivos conjuntos del sistema. Para evitar que empresas con menor capital se vean afectadas por su menor inversión y por ende en su nivel de participación, se hace necesario realizar acuerdos con empresas con el mismo tamaño de mercado. No es conveniente realizar acuerdos con las grandes compañías de mensajería expresa pues el sistema entraría en desequilibrio y las utilidades pueden recaer en una sola empresa. En este caso, la alta dirección de la empresa focal (la empresa ubicada en Bogotá) puede alterar el grado de colaboración incidiendo en el nivel de participación y el número de los miembros participantes para lograr un rendimiento requerido.

El logro de los objetivos de negocio predefinidos en cuanto a las actividades financieras y operativas ayudará a los involucrados en un sistema de colaboración en la cadena de suministros para envío de documentos por mensajería expresa a mantenerse en un mercado empresarial competitivo. Las mediciones del rendimiento, ahora traducido en términos de los objetivos del sistema colaborativo, indican la conveniencia de la implementación del sistema. Para que la colaboración en el sistema propuesto sea competitiva, eficiente y eficaz, todos los procesos deben ser evaluados periódicamente con el fin de valorar el desempeño, tanto para cada una de las empresas como para el sistema general.

Mediante la experimentación del modelo de simulación se ha determinado la importancia de identificar los entornos propicios para la colaboración exitosa en el envío de documentos por servicios de mensajería expresa como lo son aquellas relacionadas con número de empresas pertenecientes al sistema colaborativo o nodos vinculados, el nivel de empeño que deben colocar cada uno de esos socios para

captar el mayor número de solicitudes de envíos del total del mercado cuando el número de socios es reducido y, para garantizar un mayor grado de colaboración, la permanencia de las empresas en la sociedad, el nivel de inversión en tecnología sugerido por estrategias 4PL y mejorar la inversión en mantenimiento de las tecnologías integradoras. El sistema colaborativo simulado demostró que las empresas adscritas a un sistema colaborativo, y especialmente las Pymes, para mejorar las utilidades operativas necesitan de un grupo numeroso de empresas que puedan tener una mayor cobertura para la entrega de documentos y mejorar la captación de envíos.

La presente investigación puede aportar sobre el nivel recomendado de la inversión en tecnologías de información y por lo tanto en el grado de colaboración que pueda desarrollarse en un sistema para el envío de documentos de mensajería expresa. La empresa colaboradora puede ajustar el grado de colaboración para que coincida con sus objetivos de negocio, así, si no desea tener mayor grado de colaboración puede reducir los costos en tecnología con el fin de ajustar sus utilidades, práctica que estaría en detrimento de las utilidades operativas de todo el sistema colaborativo.

## REFERENCIAS

- [1] Servicios Postales Nacionales 4-72: Plan estratégico Institucional 2013-2016. Comité de Presidencia, Bogotá, 2012.
- [2] J. P. Hernández: Actualización Regulatoria. Bogotá. 2015.
- [3] M. Santa María y S. Rozo: Análisis cualitativo y cuantitativo de la informalidad empresarial en Colombia. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, N° 63, 269-296, 2009.
- [4] C. Elgin y B. R. Uras. Homeownership, informality and the transmission of monetary policy. Journal of Banking & Finance, Vol.49, 160-168, 2014.
- [5] R. B. Recio, Mateo-Babiano I. y Roitman S: Revisiting policy epistemologies on urban informality: Towards a post-dualist view. Cities, Vol. 61, 136-143, 2017.
- [6] J. Cuesta, y M.Olivera: The impact of social security reform on the labor market: The case of Colombia. Journal of Policy Modeling. Vol. 36 N° 6, 1118-1134, 2014.
- [7] L. M. Osorio-Copete: Reforma tributaria e informalidad laboral en Colombia: Un análisis de equilibrio general dinámico y estocástico. Ensayos sobre Política Económica. Vol. 34 N° 80, 126-145, 2016.
- [8] Comisión de Regulación de Comunicaciones: Análisis preliminar del mercado postal en Colombia. Bogotá, 2015.
- [9] A. J. Prado , C. Peteiro y J.M. García: La presentación del servicio postal universal ¿conlleva un riesgo inexorable de quiebra? Revista de ciencias sociales. Vol. 18 N° 1, 9-23, 2012.
- [10] L. Bravo-Chew, y L. F.Gamboa: subsidios cruzados: el caso del sector postal. Revista de Economía Institucional. Vol. 8 N° 15, 251-268, 2006.

- [11] K. Tochkov: The efficiency of postal services in the age of market liberalization and the internet: Evidence from Central and Eastern Europe. *Utilities Policy*. Vol. 36, 35-42, 2015.
- [12] H. Dietl , y U.Trinkner: Developing Universal Services in Low Volume Countries - an Economic Perspective. *Swiss economics*. Working Paper 0012, 2008.
- [13] Universal Postal Union: Guía para la reforma y el desarrollo postal. 2009.
- [14] Comisión de regulación de Comunicaciones. Análisis preliminar del mercado postal en Colombia. 2010.
- [15] Superintendencia de Industria y Comercio. Estudio Económico del sector Postal en Colombia. Bogotá, 2010.
- [16] R. Ducret: Parcel deliveries and urban logistics: Changes and challenges in the courier express and parcel sector in Europe — The French case. *Research in Transportation Business & Management*. Vol. 11, 15-22, 2014.
- [17] M. Blagojevic´ ,M. Šelmic´ , D.Macura , y D.Šarac : Determining the number of postal units in the network – Fuzzy approach, Serbia case study. *Expert Systems with Applications*. Vol. 40, 4090–4095, 2013.
- [18] C. Jaag: Postal-sector policy: From monopoly to regulated competition and beyond. *Utilities Policy*. Vol. 31, 266-277, 2014.
- [19] B. J. Angerhofer, y M. C. Angelides: A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support Systems*. Vol. 42, 283–301, 2006.
- [20] U. Ramanathan: Performance of supply chain collaboration – A simulation study. *Expert Systems with Applications*. vol. 41, 210–220, 2014.
- [21] I. Díaz-Emparanza: Selección del número de replicaciones en un estudio de simulación. *Estadística española*. Vol. 37 N° 140, 497-509, 1995.