

# Modelo de Inventario Colaborativo con Ordenes Conjuntas en la Distribución Urbana de Mercancias

Julián Andrés Zapata Cortés, PhD. – Institución Universitaria CEIPA  
Martín Darío Arango Serna, PhD. – Universidad Nacional de Colombia  
Conrado Augusto Serna Urán, PhD. – Universidad de San Buenaventura  
Cristian Giovanni Gómez Marín, MSc. - Universidad Nacional de Colombia

# INTRODUCCIÓN

Los procesos de transporte para la distribución de mercancías generan impactos negativos en la sociedad (sociales, ambientales y económicos)

Se debe realizar esfuerzos para mejorarlos, ya que estos procesos son cada vez más intensos (Ibeas *et al.*, 2012).

Una de las estrategias más promisorias entre los actores del proceso de distribución, es la colaboración (Vieira *et al.*,

# ESTADO DEL ARTE



PROCESOS DE  
DISTRIBUCIÓN  
PROBLEMÁTICA

Es necesario considerar elementos más allá del ruteo, tales como los inventarios y las relaciones con clientes (Antún, 2013, Won et al., 2014 y Bertazzi y Esperanza, 2013 )

Se deben mitigar los impactos en la sociedad, como la congestión (Kuse et al., 2010, Browne et al., 2012)

*“La única forma de evitar los efectos de la congestión de tráfico, es reduciendo las distancias innecesarias de transporte”* Lui et al. (2008)

# COLABORACIÓN EN INVENTARIO



La colaboración es trabajo conjunto, el intercambio de información y de recursos, la integración de procesos, la planificación y toma conjunta de decisiones para alcanzar objetivos comunes (Bautista-Santos *et al.*, 2015).

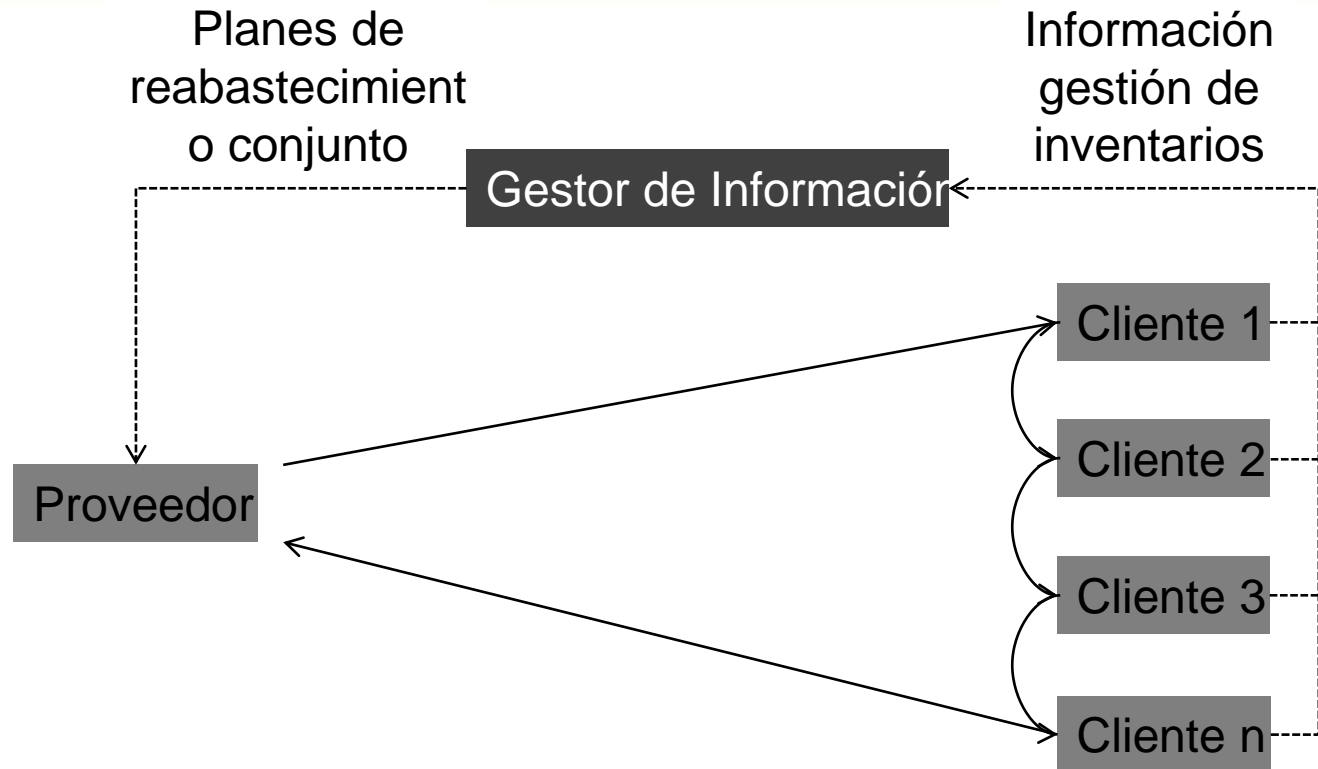
Su estudio es todavía incipiente (Jeenanunta *et al.*, 2013; Kaibara de Almeida *et al.*, 2015; Andriolo 2015)

- Ordenes Conjuntas
- Respuesta eficiente a clientes
- Planificación, pronóstico y reabastecimiento colaborativo
- Inventario en Consignación
- Inventario manejado por el vendedor

**Colaboración en el inventario**  
(Arango *et al.*, 2013, 2017)

Estrategia más utilizada  
(Abdelmaguid y Dessouky, 2006)

# MODELO PROPUESTO



El modelo propuesto se basa en el inventario manejado por el vendedor – VMI y Utiliza el Modelo JRP para el cálculo de las cantidades de reabastecimiento

# JRP – Problema de Reabastecimiento Conjunto



El modelo JRP Permite calcular la cantidad y el momento para el reabastecimiento conjunto de múltiples productos.

$$TC = \frac{T}{2} \sum_{i=1}^n h_i k_i D_i + \frac{1}{T} \left( S + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i} \right)$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2(S + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i})}{\sum_{i=1}^n k_i h_i D_i}}$$

$$TC = \sqrt{2(S + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i}) \sum_{i=1}^n k_i h_i D_i}$$

El modelo se fundamenta en encontrar el ciclo de tiempo para ordenar  $T$  y el valor  $k_i$  (multiplo de  $T$ ) en el cual cada producto debe ser pedido

# MÉTODO DE SOLUCIÓN

Para la solución del modelo se utiliza un Algoritmo Genético

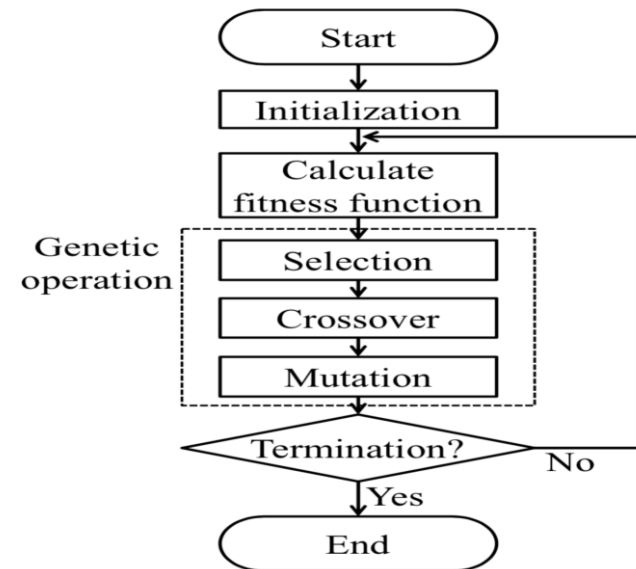
[0,910] [0,398] [0,178] [0,563] [0,376] [0,683] [0,342] [0,966] [0,379] [0,624]

[1] [1] [2] [2] [5] [1] [1] [1] [2]

Product 1,  
 $K_i = 1$

Product 6,  
 $K_i = 5$

Product 10,  
 $K_i = 2$



Los algoritmos evolutivos han sido utilizados ampliamente y con éxito en la solución de problemas Complejos (Vergidis *et al.*, 2012 y Moon y Seo, 2005)

# CASO DE APLICACIÓN



Problema para el reabastecimiento colaborativo de 15 clientes, con 10 productos

Cliente	Demandas									
	Producto									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3171	7164	2630	3137	6804	1504	7223	5535	1106	3064
2	2421	6374	4638	2966	3371	1858	7845	6797	3133	5652
3	1623	5219	2591	4251	5582	1584	7282	5957	3430	5453
4	5519	7159	4325	3621	3183	1469	7980	6291	3539	5536
5	5744	5467	2215	3014	5192	1996	7379	4470	1446	3374
6	6496	5568	3311	3247	6170	1729	7943	5832	3209	3288
7	6774	7354	2487	1941	3082	1089	7609	6006	1494	5707
8	1552	5176	2159	1724	5290	1284	7732	6481	2044	3900
9	7299	6793	2148	3018	4755	1749	7468	6358	1070	4506
10	7956	5912	2651	1649	4770	1153	7260	4516	2410	4728
11	6983	6559	2866	4165	3982	1479	7626	5921	3978	3300
12	1962	7044	2373	3644	5869	1639	7069	6481	2419	4574
13	2321	7165	4524	3710	4295	1836	7272	5244	2367	3403
14	4805	6079	4270	1530	3104	1319	7790	6089	1634	3101
15	1573	6866	4885	3645	6464	1321	7712	4356	1624	5345

La mercancía es pedida al mismo proveedor, quien basado en el VMI realiza el plan de reabastecimiento colativo



# RESULTADOS

## Individual

cliente	T	Td	CT	# viajes	ki
1	0.16	56.39	6513491	12.63	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1
2	0.15	52.16	6163968	13.65	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
3	0.14	50.28	6726914	14.16	2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
4	0.12	41.18	6666565	17.29	1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1
5	0.16	56.02	7006558	12.71	1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 1
6	0.15	54.47	6985624	13.07	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
7	0.14	49.41	6095016	14.41	1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 1
8	0.13	46.58	6358583	15.29	2, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 1, 2, 1
9	0.12	42.86	6378000	16.61	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1
10	0.16	55.19	7175180	12.90	1, 1, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 1, 1
11	0.16	55.26	7196589	12.88	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
12	0.14	50.12	6029130	14.21	1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1
13	0.14	50.85	6398973	14.00	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
14	0.13	45.73	6145518	15.57	1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1
15	0.15	52.87	7108670	13.47	2, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 1

## Colaborativo

T	0.1079	CT	82589889.6	# procesos abastecimiento	9.27	Total viajes	148.32
ki							
Cliente 1	1	2	1	1	2	1	2
Cliente 2	2	1	2	1	2	1	2
Cliente 3	2	2	1	1	2	1	1
Cliente 4	1	1	1	1	2	1	1
Cliente 5	1	2	2	1	2	1	2
Cliente 6	1	1	2	1	2	1	1
Cliente 7	1	2	2	1	2	1	2
Cliente 8	2	2	2	1	2	1	2
Cliente 9	1	1	1	1	1	1	2
Cliente 10	1	2	2	1	3	1	2
Cliente 11	1	2	1	1	2	1	1
Cliente 12	2	2	1	1	2	1	1
Cliente 13	1	1	1	1	2	1	2
Cliente 14	1	1	2	1	2	1	2
Cliente 15	2	1	1	1	2	1	2

## Comparación

	Individual	Colaborativo	Ahorro
Costo Total	98,948,778	82589889.65	17%
Numero de viajes	213	148.32	30%

# CONCLUSIONES

Se presento el problema del reabastecimiento Conjunto –JRP, el cual permite que múltiples productos en una misma organización puedan ser abastecidos de forma conjunta, logrando disminuir los costos totales. Este modelo fue ampliado a varias organizaciones mediante un proceso de colaboración en el cual se comparte la información individual para el calculo de los procesos de abastecimiento en las empresas.

Mediante la propuesta colaborativa se obtuvieron planes de reabastecimiento que permitieron reducir los costos y el numero de viajes requeridos para abastecer los diferentes productos a todos los clientes. Esto es atractivo para las organizaciones y para los procesos de distribución urbana de mercancías ya que permite realizar las operaciones de forma mas económica, al tiempo que aporta positivamente a la reducción de vehículos circulando al interior de las ciudades.

# TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos futuros se recomienda desarrollar investigaciones conducentes a incluir restricciones de capacidad en los vehículos y en las instalaciones de las partes, así como la disponibilidad de productos en el proveedor.

También es interesante conectar el estudio de las ordenes conjuntas con el ruteo de los vehículos para el reabastecimiento de los clientes, de forma que se pueda optimizar de manera simultanea los costos de inventario y transporte para el abastecimiento de forma colaborativa.

Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W. and Zapata-Cortes, J. A.: Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros. *Dyna*, vol. 80, núm. 181, septiembre-octubre, pp. 71-80 (2013).

J. Visser, T. Nemoto and M. Browne, "Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: A Review", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 125. pp 15 – 27, 2014.

Morana J. (2014) Sustainable Supply Chain Management in Urban Logistics. In: Gonzalez-Feliu J., Semet F., Routhier JL. (eds) *Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems*. EcoProduction (Environmental Issues in Logistics and Manufacturing). Springer, Berlin, Heidelberg

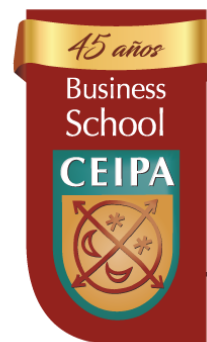
Zavanella, L. y Zanoni, S., "A one-vendormulti-buyerintegratedproduction-inventorymodel: The 'ConsignmentStock'case," *International Journal of production Economics*, vol. 118, pp. 225-232, 2009

Leandro C. Coelho ↑, Jean-François Cordeau, Gilbert Laporte (2012). Consistency in multi-vehicle inventory-routing. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Volume 24, October 2012, Pages 270-287

Arango, M.D., Zapata, J.A. and, D. Gutierrez, (2015) "Modeling The Inventory Routing Problem (IRP) With Multiple Depots With Genetic Algorithms". *IEEE Latin*

# Gracias por su atención

**SESQUICENTENARIO**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
1867 - 2017



EDUCACIÓN  
**DIFERENTE**