

MODELO HIBRIDO PULL-PUSH EN EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES

HYBRID PULL-PUSH MODEL IN THE TELECOMMUNICATIONS SECTOR

Oscar Eduardo Flórez Pareja¹, Cristian Arlex Trejos Taborda², Mauricio Becerra Fernández^{1,*}

RESUMEN

La industria de las telecomunicaciones cambia rápidamente y las barreras de entrada son bajas implicando que la supervivencia en el mercado sea un verdadero desafío para las empresas. En este artículo estudia como los sistemas Pull y Push pueden ser integrados a la cadena de abastecimiento en el sector de telecomunicaciones en Colombia. Se desarrolló un modelo híbrido Pull y Push utilizando dinámica de sistemas en aras de determinar los niveles óptimos y el costo mínimo de inventario, al igual que el nivel óptimo de prestación de servicio a los clientes. Los resultados de la investigación demuestran que el comportamiento del modelo híbrido permite dar respuesta a las necesidades del mercado y de la empresa a la vez, generando niveles de inventario que son mínimos y suficientes para cubrir la demanda.

Palabras Clave: Telecomunicaciones, Dinámica de sistemas, Modelo híbrido, Push-Pull.

ABSTRACT

Telecommunications industry is changing rapidly and entry barriers are low, which implies that survival in the market is a real challenge for companies. This article studies how Push and Pull systems can be integrated into the supply chain in the telecommunications sector in Colombia. A Pull and Push hybrid model is proposed using system dynamics in order to determine optimal levels and the minimum cost of inventory, as well as the optimal level of service delivery to customers. Research results shown that the behaviour of the hybrid model allows to respond both to the market and the company needs while generating inventory levels that are minimal and sufficient to meet demand.

Keywords: Telecommunications, System Dynamics, Hybrid Model, Push-Pull

INTRODUCCIÓN

La dinámica de la industria de las telecomunicaciones cambia rápidamente y nuevos actores están entrando en el mercado. El ambiente de los negocios a finales del siglo 20 se ha caracterizado por una creciente competencia cada vez más fuerte y globalizada, y los clientes cada vez son más exigentes demandando recursos que son cada vez más escasos. A ello se suma el enorme impacto de las nuevas tecnologías, en particular en el ámbito de las telecomunicaciones, generando desafíos al abordar sistemas de abastecimiento traducido

¹Maestría en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia

²European master in system dynamics, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

*Autor para Correspondencia: mbecerra@ucatolica.edu.co

Recibido: 20.11.2015 Aceptado: 09.04.2016

en niveles de inventarios que sean óptimos en términos de costos y en de cantidad en aras de satisfacer la demanda. Sin embargo, esto genera enormes desafíos para las empresas en términos de supervivencia en el mercado.

Este artículo tiene como objetivo estudiar cómo los sistemas Pull y Push pueden ser integrados a la cadena de abastecimiento para los sistemas de inventario en varias etapas, la integración de las etapas sucesivas que se ordenan por un sistema de solicitudes de ordenes Pull y las otras etapas están clasificadas por un sistema de solicitudes de pedidos de tipo Push en el sector de telecomunicaciones en Colombia.

Se desarrolla un modelo de dinámica de sistemas que permite determinar los niveles de inventarios en cada una de las etapas de almacenaje de equipos requeridos para la operación y el cual responde a cambios de la demanda, con el fin de determinar los niveles y el costo mínimo de inventario, al igual que el nivel óptimo de prestación de servicio a los clientes en aras de satisfacer la demanda y garantizar la supervivencia en el mercado.

El modelo se construye en base a datos históricos del comportamiento del sector de telecomunicaciones colombiano, y se valida empleando análisis estadístico (pruebas de bondad y ajuste). Se simula el comportamiento de la demanda de equipos de acuerdo a cada una de las teorías planteadas y la implicación de un modelo que integre las dos teorías obteniendo los niveles mínimos de inventarios en el proceso de abastecimiento.

Se evalúan los resultados de tres escenarios, Pull, Push, e Híbrido Pull-Push, calculando los niveles de inventarios en cada una de las etapas del proceso, desde la compra hasta la puesta de los productos en los puntos de venta. Con el fin de determinar la sensibilidad del modelo en términos de desempeño, se analizan diversos escenarios como la amplificación de la cantidad de solicitudes de pedidos y los niveles de inventario, lo cual nos permite identificar cuál de los modelos simulados presenta un mejor rendimiento en las etapas precedentes.

Sector de las Telecomunicaciones en Colombia

El usuario de las telecomunicaciones en Colombia ha demostrado tener un interés creciente en la apropiación de tales servicios. Esto se evidencia en la evolución positiva del gasto en telecomunicaciones y el creciente uso servicios como la mensajería de texto SMS y la conexión a redes sociales.

En aras de aprovechar esta oportunidad, se requiere incrementar el acceso a este tipo de tecnologías en Colombia, poniendo de manifiesto que la universalización del acceso a Internet requiere involucrar a los estratos sociales de la base de la pirámide. Sin embargo, involucrar a todos los ciudadanos en el uso de tecnologías de información requiere de políticas especiales que permitan remover las barreras que enfrentan los sectores menos favorecidos.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MINTIC) (2013) frente a dicho reto como ente regulador, tiene como eje central de su labor la generación de marcos regulatorios coherentes con la nueva realidad de la convergencia en el uso de las telecomunicaciones, de manera que se remuevan las barreras a la competencia y se incentive la inversión en este sector, incrementando así la competitividad y calidad de los servicios ofrecidos.

La Figura 1 muestra la tendencia de los ingresos en pesos colombianos (COP) generados de cada uno de los servicios prestados dentro del sector de las telecomunicaciones en Colombia, desde 1996 hasta 2009.

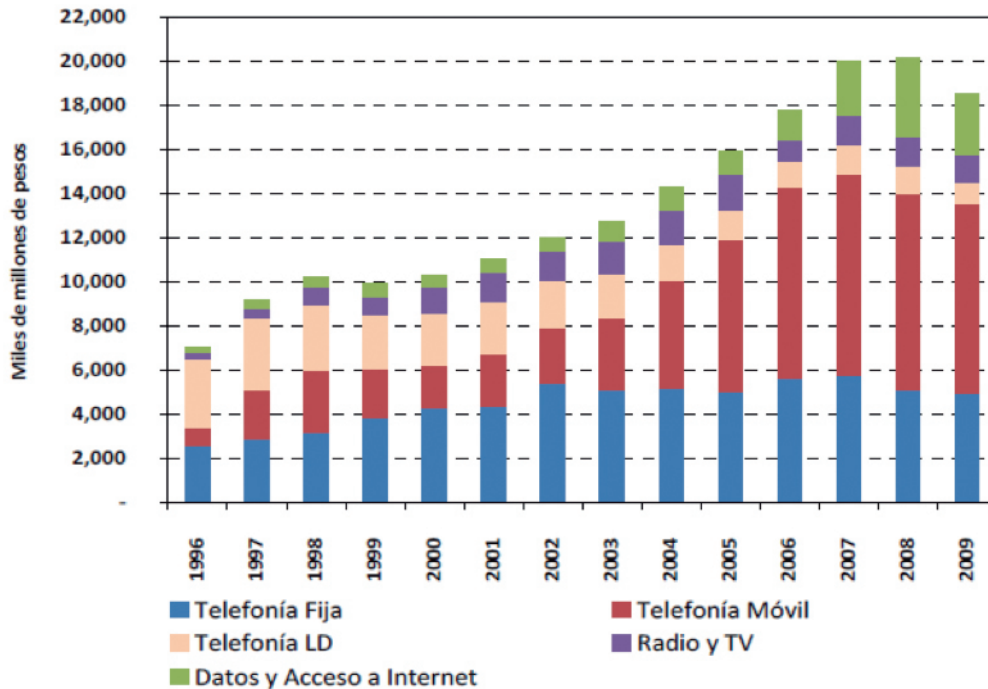


Figura 1. Participación de servicios en Ingresos del sector Telecomunicaciones
 Fuente: Comisión de Regulación de Comunicaciones (2010)

Tal como se puede observar en la figura 1, la tendencia de los ingresos es creciente y sostenida, y es claro que la mayor participación es generada por el uso de datos y acceso a internet. Sin embargo, a continuación, haremos una breve descripción de cada uno de los servicios prestados dentro del sector de las telecomunicaciones.

Telefonía Móvil

La telefonía móvil ha sido una tecnología de muy rápida incorporación. De hecho, actualmente es la tecnología de uso personal más popular y difundido en todo el mundo. De acuerdo con los datos de Global Mobile Suppliers Association (GSA, 2015), para mediados de diciembre de 2010 se contabilizaban más de 4758 millones de móviles abonados en el mundo. En este contexto, el crecimiento en la cantidad de usuarios de telefonía móvil es equivalente en todos los países de Latinoamérica, sin embargo, existen casos como el de Chile donde se evidencia un ritmo de crecimiento superior si se compara con los demás países de la región.

Es de destacarse que, en menos de una década del ingreso de la telefonía móvil, el número de líneas móviles supera en márgenes mayores al 80% al número de líneas de telefonía fija, situación que demuestra el claro interés de los usuarios actuales por la movilidad y el fenómeno de sustitución fijo-móvil.

De acuerdo con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Colombia alcanzó un total de 47313686 abonados en servicio de telefonía móvil al finalizar el segundo trimestre de 2013. De acuerdo con la cifra alcanzada al 30 de junio de 2013, en el país existen 100,4 abonados en servicio por cada 100 habitantes según el MINTIC (2013) (Figura 2).

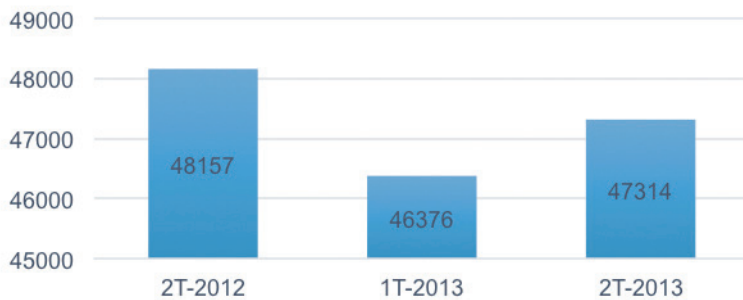


Figura 2. Abonados en Servicio de Telefonía móvil e Índice de Penetración
Fuente: Proyección de población DANE 2012 – 2013 y datos reportados por los proveedores de redes y servicios al SIUST – Colombia TIC (cifras en miles)

Así mismo, la participación de abonados en servicios de telefonía móvil en categoría prepago, fue de 79,21% frente al 20,79% de la categoría pospago en el segundo trimestre de 2013 (Figura 3).

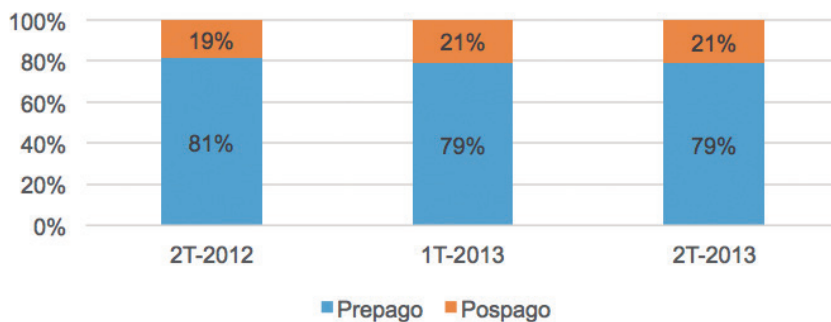


Figura 3. Abonados en servicio de telefonía móvil por categoría
Fuente: Datos reportados por los proveedores de redes y servicios al Sistema de Información Unificado del Sector de Telecomunicaciones de Colombia (SIUST)

Modelos de Dinámica de Sistemas Aplicados en el Sector de las Telecomunicaciones

Sistemas Push y Pull

Los procesos de producción se pueden analizar como un proceso de flujo. Con dos flujos principales, el flujo físico o de materiales entre estaciones de trabajo y el flujo de información que puede ser verbal, por medio de documentos impresos, empleando un software o combinaciones de estos. El sistema de producción convencional se denomina sistema de producción de empujar o sistema push, en el cual se trabaja partiendo de una estimación de la demanda futura o bajo el principio de generación de inventarios y la información fluye en la misma dirección que el flujo físico (Figura 4). Para Sipper & Bulfin (1997) este sistema es de gran utilidad cuando se cuenta con un mercado o consumidor garantizado.

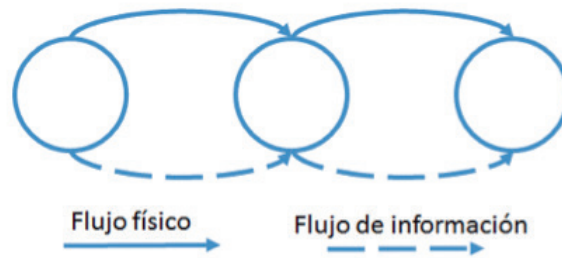


Figura 4. Sistema de producción de empujar (push)

Por otra parte, existen los sistemas controlados por el mercado en los cuales el cliente se considera la parte fundamental en la planeación de la producción. En este caso se contempla un sistema de producción de jalar o sistema Pull, en el cual sólo se produce o se generan movimientos materiales si se realiza un pedido al final de dicho sistema. Según Sipper & Bulfin (1997) en este el flujo físico va en dirección opuesta al flujo de información (Figura 5), debido a que el sistema se activa con una orden en firme por parte del cliente o consumidor y se van revisando los inventarios en cada punto, de tal manera se reduzca el tamaño de los mismos.

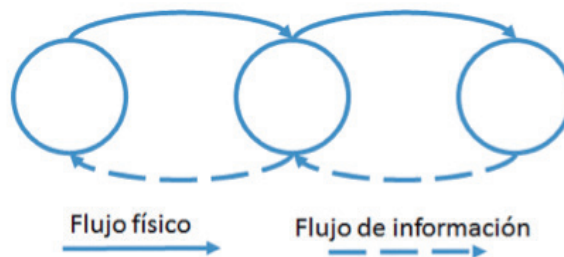


Figura 5. Sistema de producción de jalar (pull)

Ambos sistemas tienen una importancia más amplia en las actividades de una empresa que exclusivamente a cumplir las cuestiones de mercadeo. El uso del sistema Pull es cada vez mayor en el mundo de los negocios no sólo con fines comerciales, sino también por razones de competencia. Para Roy (2003) en efecto, un sistema Pull eficiente trae muchos beneficios a una empresa. Estos incluyen: (1) la reducción de los costos operativos, (2) la reducción de los costos de almacenamiento, (3) la mejora de los canales de distribución a través de un proceso más eficiente, (4) un reaprovisionamiento más eficiente, (5) la mejora en el valor de la marca de la empresa. Sin embargo para Inderfurth (2005), los costos de la empresa podrían incrementarse mediante la adopción de actividades de tipo Pull.

De acuerdo con Zeiger (2003), tratar eficazmente con ganancias pueden llegar a ser más caro de lo previsto y las empresas con escasos márgenes de beneficio al por menor pueden sentir que tienen muy poco que ganar, lo que para Prahinski & Kocabasoglu (2006) genera que las empresas no tengan ningún incentivo financiero para implementar un proceso tipo Pull. Por esta razón, un objetivo de algunas empresas es optimizar la cadena de suministro para reducir al mínimo los costos totales y maximizar los beneficios. Para Bloemhof-Ruwaard *et al.* (1997) en particular, el objetivo de las operaciones y gestión de inventario en los procesos Pull permiten controlar componentes de órdenes externas y el proceso de reaprovisionamiento de los componentes internos para garantizar un nivel de servicio específico, minimizando el almacenamiento total y los costos de inventario. Además, hay una necesidad de determinar si en realidad puede ser más barato para reaprovisionar un retorno nuevo.

La dinámica de sistemas como metodología aplicada al sector de las telecomunicaciones resulta ser útil para entender las relaciones de interdependencia entre las variables que afectan el desempeño del sector. De hecho, dentro del análisis que se realiza de los modelos de dinámica de sistemas empleados en el sector de telecomunicaciones, hay ejemplos como pronósticos de la difusión de las innovaciones por analogías en donde se evidencia que una de las tareas más difíciles para los administradores es pronosticar los volúmenes de ventas. Como lo aborda Cronrath (2007), en las condiciones actuales del mundo de los negocios hay una necesidad constante de generar pronósticos precisos. Por ejemplo, las decisiones de inversión y planificación de capacidad dependen del desarrollo de un producto para un mercado previsto.

Cronrath (2007) desarrolla un estudio empleando dinámica de sistemas aplicada al sector de las telecomunicaciones, a nivel de definición y validación de estrategias con el fin de mejorar el rendimiento de dos empresas de telecomunicaciones propiedad del gobierno. Con este modelo se logra determinar que la mala planificación aplicada con anterioridad había conducido al fracaso de sus resultados operativos y financieros de ambas empresas.

A si mismo Ramos (2011) presenta modelos aplicados al sector de telecomunicaciones, para establecer y validar políticas, en contraste con Cronrath (2007) que realiza modelos para el pronóstico y la difusión de innovaciones y tecnologías. Yadav y Sushil (2013) estudian el desarrollo de la estrategia de juegos de "tarjeta flexible" empelando dinámica de sistemas y explorando el rendimiento futuro de los proveedores de servicios de telecomunicaciones en la India. Bernes *et al.* (1994) estudia el modelamiento de la demanda para el futuro de las telecomunicaciones.

Adicionalmente Crespo-Marques *et al.* (1996), plantean que los sistemas Pull son ampliamente utilizados para el control de la producción local y por lo general, están integrados en el sistema global de producción de la planta. Es común, por ejemplo, encontrar estas estructuras Pull en la parte superior de la planeación de requerimientos de material (MRP, por sus siglas en inglés). Este tipo de configuración se denomina con frecuencia esquemas híbridos, que generalmente requieren Push (órdenes) y Pull (tarjetas) con el fin de liberar los puestos de trabajo.

De los modelos que se aplica en la fabricación mediante la dinámica del sistema se plantea el modelo por Georgantzias (1993), que considera el servicio al cliente y la calidad del servicio expectativas y la percepción del cliente. Homer (1998) analiza la fuerza de trabajo, la satisfacción del cliente y el número de estaciones o puestos de trabajo.

Senge y Oliva (1993) desarrollarán una aplicación logística considerencado variables como la capacidad y la calidad de servicio, la satisfacción del cliente, los trabajadores y el volumen de negocios. Anderson (1998) involucra la demanda, los trabajadores y las necesidades de capacidad. Anderson *et al.* (2005) también tienen en cuenta la demanda, la capacidad y los pedidos pendientes. Becerra *et al.* (2011) consideran los requerimientos del mercado, la capacidad de las estaciones de trabajo, acuerdos de servicios y el uso de estaciones de trabajo mencionadas.

METODOLOGÍA

Su (1988) define la dinámica de sistemas como una metodología cuantitativa que se basa en la teoría de control de retroalimentación y toma la simulación por computador para estudiar los sistemas complejos. La característica única de esta metodología es que ayuda a comprender los sistemas complejos desarrollando diagramas causales y diagramas de flujo, los cuales ayudan a entender la estructura del sistema que está causando un dado comportamiento.

La identificación del problema, definición, conceptualización y desarrollo del sistema, flujos y

diagramas causales son parte del enfoque cualitativo; mientras que el desarrollo matemático de ecuaciones, la simulación y el análisis de sensibilidad y elaboración de hipótesis son parte de cuantitativa.

Con lo anterior se establece la importancia de la aplicación del estudio de los niveles de inventarios en las empresas del sector de las telecomunicaciones, teniendo en cuenta su complejidad dinámica y la relación que existe entre la determinación de los niveles de inventarios, requeridos y la fluctuación de la demanda de equipos solicitados por los usuarios en los puntos de venta, por lo cual se abordó el problema por medio de dinámica de sistemas.

La compañía tenía como objetivo proporcionar de extremo a extremo soluciones de telecomunicaciones para clientes corporativos y residenciales en todo el país. Cubriendo servicios de comunicación de toda la gama, tales como servicios de voz, servicios de conectividad, equipos móviles, televisión y telefonía fija, constituyéndose como una de las empresas más grandes del sector de telecomunicaciones en Colombia.

Sin embargo, en la actualidad existe una competencia grande entre empresas de telecomunicaciones que ofrecen productos en común. Y es así que a través de este modelo bajo la filosofía Push y Pull se pretende analizar el comportamiento de los inventarios y percibir posibles mejoras dentro del servicio prestado que permitan una mayor suscripción de clientes.

Para el desarrollo del modelo se consideraron las siguientes etapas de acuerdo al proceso planteado por Sterman (2010).

Definición del Problema, Variables y Alcance.

Los modelos Push y Pull puede ser aplicados en aras de mejorar la planificación de materiales y el cumplimiento de la promesa de servicios. Las variables clave que son factores estratégicos relacionados con el desempeño, se identifican desde dos perspectivas, la perspectiva de la empresa (Push), así como, la perspectiva de suscriptores (Pull) estas variables se detallan a continuación:

- Stock de seguridad
- Pronóstico
- Porcentaje inventario
- Pedido Push
- Pedido Pull
- Lead Time tiempo de nacionalización
- Lead Time Entrega operador
- Redes sociales

Uno de los factores que hace parte de las nuevas tendencias de mercado, es las redes sociales, por tal motivo se incluyó esta variable como uno de los factores determinantes en la medición del modelo Híbrido Pull y Push y que adquiere mayor relevancia al momento que se integra al modelo Pull como el factor que puede aumentar o disminuir los niveles de inventarios en los puntos de venta.

El alcance del modelo es identificar por medio del comportamiento de los niveles de inventarios de acuerdo a cada uno de las teorías de inventario Pull, Push e Híbrido, los niveles de inventario mínimo en la compra para el operador logístico y en los puntos de venta.

Formulación de Hipótesis Dinámica

Para Morecroft (2007) la hipótesis dinámica es un boceto preliminar de la interacción principal y bucles de retroalimentación que podrían explicar el comportamiento observado y esperado.

Que para el caso del modelo desarrollado se puede establecer de la siguiente manera: ¿cómo un modelo Híbrido bajo la filosofía Pull y Push puede ser aplicado con el fin de mejorar la planificación de materiales y el cumplimiento de la promesa de servicios?

Para examinar esta hipótesis dinámica, se realizó un diagrama de relaciones causales considerando factores de la empresa y de los suscriptores. El insumo para identificar las variables y las relaciones fue obtenido a través de discusiones de grupo con expertos de la compañía. En la Figura 6 se presenta el diagrama causal de las interacciones de las dos perspectivas teóricas empleadas en esta investigación.

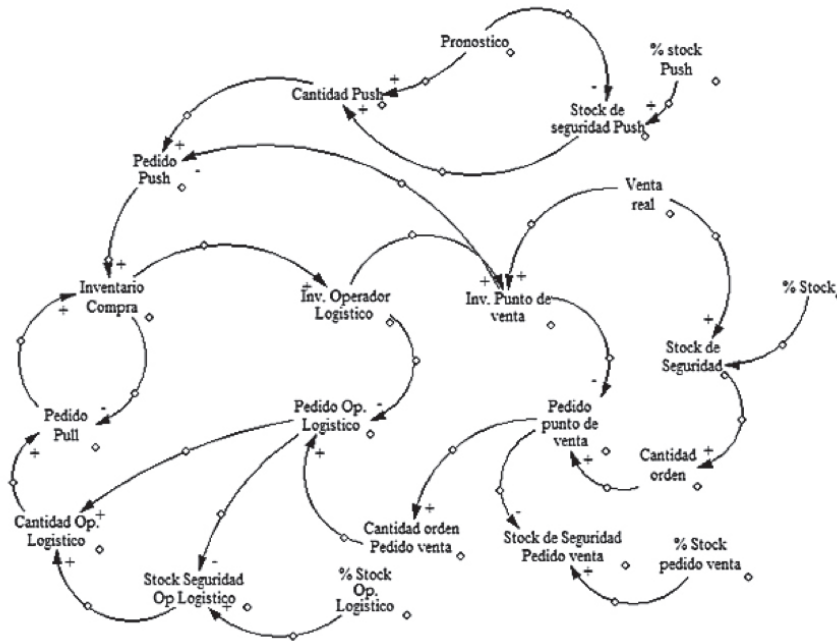


Figura 6. Diagrama Causal

Formulación del Modelo

El modelo de dinámica sistemas de esta investigación se realizó utilizando el software iThink, con información suministrada por una empresa de telecomunicaciones en Colombia.

El modelo de dinámica de sistemas para la operación Pull, tiene en cuenta las necesidades de equipos que los clientes realizan a la compañía y es esa necesidad el factor que dispara la orden de pedido de materiales y desencadena los niveles de inventarios en cada uno de los stock de almacenaje. Mientras que el modelo de dinámica de sistemas para la operación Push, a diferencia del modelo Pull, tiene en cuenta la planificación de las necesidades con base a pronósticos de los materiales que se requieren abastecer, es en ese instante que se desencadena la solicitud de compra y se refleja el comportamiento en los niveles de stock.

El modelo de dinámica de sistemas para la operación Pull y Push busca lograr un equilibrio entre las dos filosofías y determinar en qué momento del proceso de abastecimiento los niveles de inventarios son menores, como se muestra en la Figura 7.

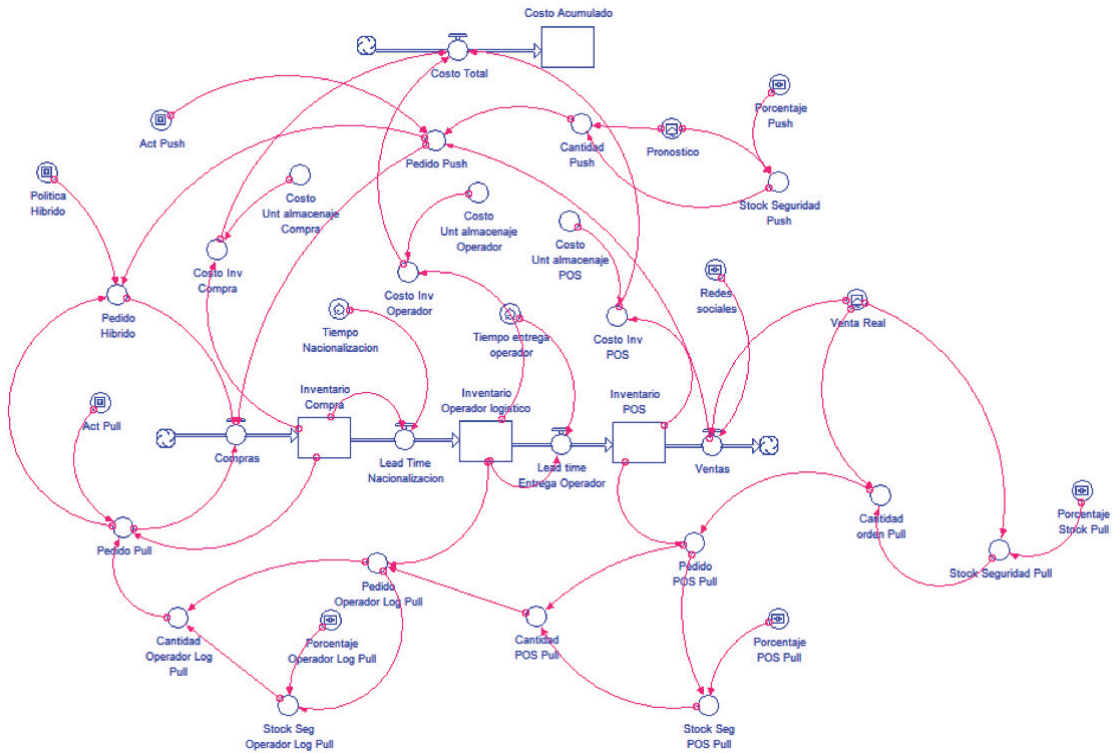


Figura 7. Diagrama de flujos y niveles

Pruebas al Modelo

Es imprescindible llevar a cabo diferentes pruebas para la construcción de la confianza en los modelos de dinámica de sistemas, con el objetivo de analizar la idoneidad del modelo desarrollado para el análisis de la hipótesis planteada. Por lo tanto, la prueba de la estructura del modelo se realizó con la ayuda de las pruebas mencionadas a continuación.

De acuerdo con Forrester y Seng (1980) la prueba de estructura de verificación abarca la comparación de modelo directamente con estructura del sistema real que el modelo representa. Mientras que la prueba dimensional-consistencia implica el análisis dimensional de la tasa de modelo ecuaciones. Ahora, la prueba adecuada de límite considera las relaciones estructurales necesarias para satisfacer el propósito del modelo. Esta prueba se pregunta si el modelo agregado es apropiado e incluye toda la estructura correspondiente. Esta prueba consiste en el desarrollo de una hipótesis convincente, relación estructura del modelo propuesto a un tema en particular dirigida por un modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Simulación y Análisis.

Los resultados del modelo se analizaron a través del comportamiento de los niveles de inventarios de acuerdo con cada uno de las teorías de inventario Pull y Push. Para la simulación de las medidas de desempeño se calculan los niveles de inventario de compra, los niveles de inventarios en el operador logístico y los niveles de inventarios en los puntos de venta.

El modelo ha sido gestionado y la dinámica de las diferentes variables de las acciones han sido capturadas. La base de años se ha tomado entre los años 2012 y 2014 y la simulación se ha ejecutado para los próximos 5 años.

Para realizar las pruebas al modelo híbrido Pull y Push se construyeron tres escenarios por cada una de las teorías que permitan contrastar e identificar los cambios presentados en los inventarios durante la ejecución de cada uno de los modelos (Tabla 1).

Tabla 1. Escenarios desarrollados para el modelo

Escenario	Estrategia	Porcentaje de incremento en las ventas	Porcentaje de SS ¹ en estrategia pull	Porcentaje de SS Operador Logístico (%)	Porcentaje de SS Punto de Venta (%)	Porcentaje de SS en estrategia push (%)	LT ² Nacionalización	LT Operador Logístico
1	Pull	20	20,2	20,2	20,2	NA	1	1
2		20	10,7	20,2	20,2	NA	1	0
3		63	5,9	15,4	10,7	NA	2	1
4	Push	0	NA	NA	NA	20,2	1	1
5		20	NA	NA	NA	5	1	0
6		63	NA	NA	NA	5	2	1
7	Híbrido	0	5,9	15,4	10,7	5	2	1
8		63	5,9	15,4	10,7	5	2	1
9		63	5,9	15,4	10,7	5	2	1

¹SS (Safety Stock o Stock de Seguridad) ² LT (Lead Time o Tiempo de Entrega).

Como principales resultados del desarrollo del análisis de los modelos relacionados con los niveles de inventarios dentro del proceso de abastecimiento, se muestran los niveles de inventarios de compra por cada una de las estrategias pull, push e híbrido, (Figura 8).

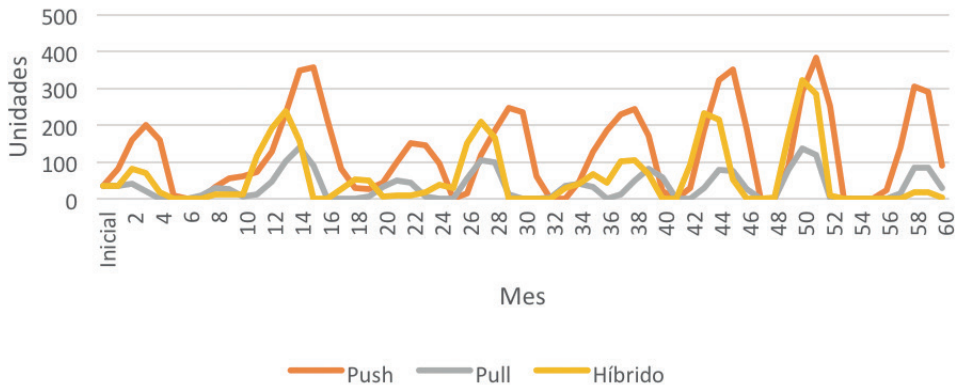


Figura 8. Niveles de inventario de compra (cifras en miles)

En la Figura 9 se observan los niveles de inventarios en el operador logístico por cada una de las estrategias Pull, Push e híbrido.

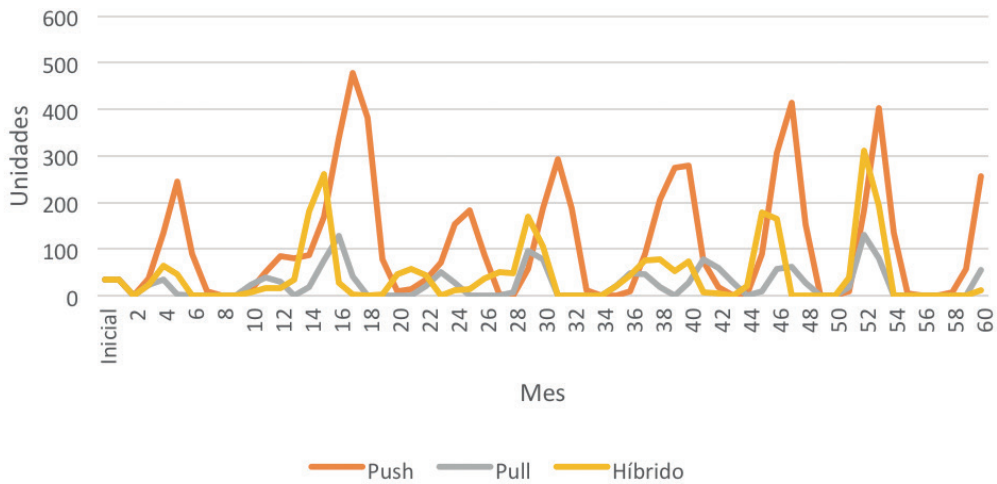


Figura 9. Niveles de inventario del Operador Logístico (cifras en miles)

En la Figura 10 se observan los niveles de inventarios en el punto de venta por cada una de las estrategias pull, push e híbrido.

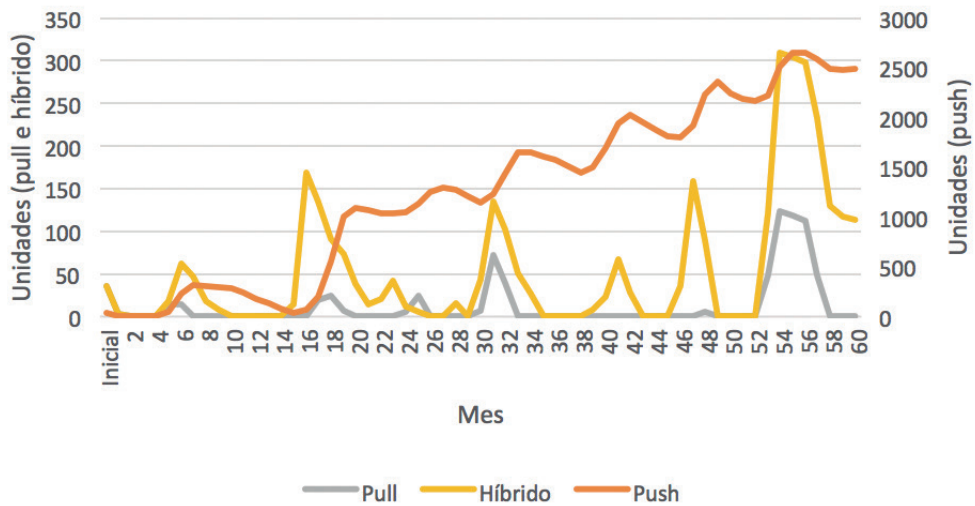


Figura 10. Niveles de inventario Punto de Venta (cifras en miles)

Adicionalmente se realizaron análisis de costos de inventarios mínimos, costos acumulados y de cumplimiento de servicio a los clientes en cada uno de los escenarios probados respectivamente (Figura 11 - Tabla 2).

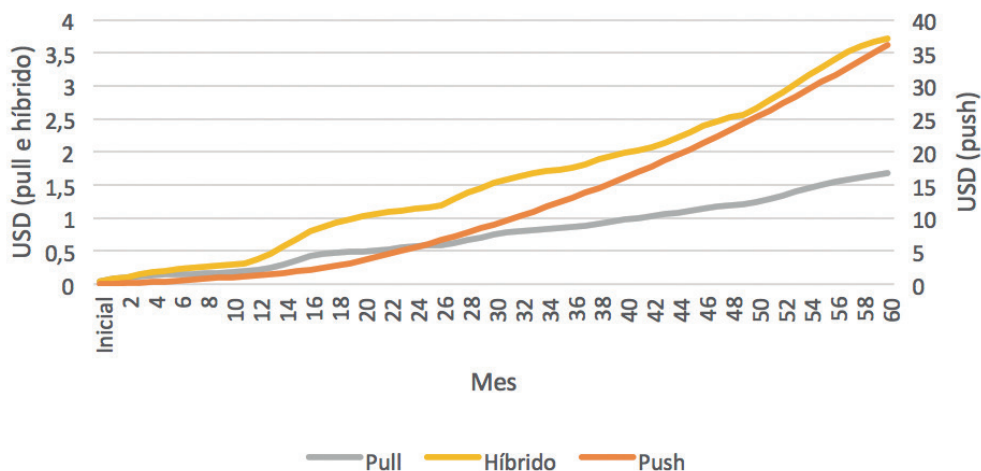


Figura 11. Costo Acumulado por Escenario (cifras en miles)

Tabla 2: Analisis Costo inventario mínimo por estrategia en USD (cifras en miles)

Estrategia	Escenario	Inventario Compra	Inventario Operador Logístico	Inventario Punto de Venta	Valor Total
Push	3	2822711	2208585	14553743	19585039
Pull	6	870384	689034	900826	2460244
Híbrido	9	1691409	1161835	1499372	4352615

Los escenarios con los niveles mínimos de inventarios y costos se emplearon para medir los niveles de cumplimiento de servicio a los clientes, los cuales se pueden evidenciar los siguientes porcentajes de cumplimiento (Tabla 3).

Tabla 3: Nivel cumplimiento en ventas (cifras en miles)

Pull		Push		Híbrido	
Venta estimada	Ventas modelo	Venta estimada	Ventas modelo	Venta estimada	Ventas modelo
2971	1408	2971	2995	2971	2682
47% Cumplimiento		100% Cumplimiento		90% Cumplimiento	

Se evidencia un menor costo acumulado en el escenario Pull a lo largo de los periodos analizados, aunque no refleja el mejor comportamiento con respecto al nivel de cumplimiento de servicio dado que entra en ciclos de desabastecimiento dejando de atender a los clientes, por tal motivo es recomendable emplear un modelo híbrido que permita un equilibrio entre la demanda y la oferta.

CONCLUSIONES

En este artículo se estudió como los sistemas Pull y Push pueden ser integrados a la cadena de abastecimiento para los sistemas de inventario en el sector de telecomunicaciones en

Colombia. Se elaboró un modelo empleando dinámica de sistemas que permitió determinar los niveles de inventarios en cada una de las etapas de almacenaje de equipos requeridos para la operación y que responde a los cambios de la demanda, determinando los niveles mínimos y el costo mínimo de inventario, al igual el nivel óptimo de prestación de servicio a los clientes.

Los resultados de la investigación muestran que el comportamiento del modelo Híbrido Pull y Push permite analizar el comportamiento futuro del sistema actual, el cual está experimentando cambios constantes, por lo tanto, un modelo híbrido Pull y Push refleja parte del comportamiento del mercado dado que responde a las necesidades del mercado y de la empresa a la vez, generando niveles de inventario que son mínimos y necesarios para cubrir la demanda.

El modelo híbrido Pull y Push basado en dinámica de sistemas sugiere una estrategia de intervenciones en términos de desarrollo de nuevas tácticas enfocadas en modelos Pull que innoven un mercado tan cambiante sin llegar a niveles de desasabastecimiento respondiendo rápidamente a las necesidades de los clientes.

Se evidencia que el modelo Pull mantiene los niveles de inventarios mínimos en cada uno de los escenarios analizados, y comparado con los escenarios Push y Híbrido el comportamiento de los inventarios es mínimo, esto refleja una oportunidad para concentrar los esfuerzos en políticas Pull que permitan disminuir los costos de almacenaje y los niveles de inventario en la compañía.

Dentro del análisis que se realizó a los costos y a los niveles de cumplimiento de servicio al cliente se evidencio que el mejor modelo para obtener unos costos minimos de inventario es el modelo Pull, no obstante es el menos apropiado para garantizar el cumplimiento de los equipos demandados, reflejando solo un 47 de cumplimiento de servicio. Se logra un equilibrio en el modelo con una ejecucion hibrida Push y Pull la cual permite que se mantengan niveles minimos de inventarios y los costos minimos y el cumplimiento de servicio al cliente llegue a 90 de atencion en los puntos de ventas.

Los trabajos futuros a partir del modelo elaborado, se centrarán en el estudio del efecto que tiene sobre la organización las operaciones relacionadas a la demanda de servicios como: Internet, televisión etc.

REFERENCIAS

ANDERSON, E. G. Managing Software Implementers in the Information Services Industry: An Example of the Impact of Market Growth on Knowledge Worker Productivity and Quality. In: *Proceedings of The 16th international Conference of the System Dynamics Society*, 1998, p. 12.

ANDERSON, E. G., LUNDEEN, G., and MORRICE, D. J. The “physics” of capacity and backlog management in service and custom manufacturing supply chains. *System Dynamics Review*, 2005, vol. 21, no. 3, pp. 217-247.

BECERRA, M., HERRERA, M. M., ROMERO, O. R., and TRUJILLO, J. Modelamiento de la demanda de servicios logísticos de almacenamiento a través de dinámica de sistemas. En: *Memorias del IX Congreso Latinoamericano de dinamica de sistemas y II Congreso Brasileño de Dinamica de Sistemas*. Brasilia, 2011.

BERNES, J., BURTON, F., HAWKER, I., and LYONS, M. Scenario Modelling og demanda for Future Telecommunications Services. In: *Proceedings of The 12th international Conference of the System Dynamics Society*, 1994, pp. 11-22.

BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R., FLEISCHMANN, M., VAN DER LAAN, E., VAN NUNEN, J. A., and VAN WASSENHOVE, L. N. Quantitative models for reverse logistics: a review. *European Journal of Operational Research*, 1997, vol. 103 no. 1, pp. 1–17.

CRCOM. Comisión de Regulación de Comunicaciones, [online], 2010, [citado: 2015-06-03], Disponible en: <www.crcom.gov.co/>.

CRESPO, A., RUIZ, R., FRAMIÑAN, J. M., and ZUBIRA, R. The Pull Control Systems, a System Dynamics Perspective. In: *Proceedings of the 14th International Conference of the System Dynamics Society*, 1996, pp. 109-112.

CRONRATH, E. M. Forecasting the Diffusion of Innovations by Analogies: Examples of the Mobile Telecommunication Market. In: *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society*, 2007.

FORRESTER, J. W., and SENGE, P. M. Tests for building confidence in systems dynamics models. *TIMS Studies in the Management Sciences*, 1980, vol. 14, no. 21, pp. 413-432.

GEORGANTZAS, N. Perpetual Dynamics of “good” and “poor” service quality. In: *Proceedings of the 11th International Conference of the System Dynamics Society*, 1993.

GSA. Global Mobile Suppliers Association. [online], 2015, [citado: 2015-06-03]. Disponible en: <<http://gsacom.com/>>

HOMER, J. B. Macro and Micro Modeling of field Service Dynamics. *System Dynamics Review*, 1998, vol. 15, no. 2, pp. 139–162.

INDERFURTH, K. Impact of uncertainties on recovery behavior in a remanufacturing environment: a numerical analysis. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 2005, vol. 35, no. 5, pp. 318–336.

MINTIC. Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Boletín trimestral de las TIC Cifras Segundo Trimestre de 2013, [online]. 2013. [citado: 2015-09-25], Disponible en: <<http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-article-3853.html>>.

MORECROFT, J. D. Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach, 2007. Hoboken/John Wiley and Sons Ltd.

PRAHINSKI, C., and KOCABASOGLU, C. Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Computers and Industrial Engineering*, 2006, vol. 34, no. 6, pp. 519–532.

RAMOS, B. Applications of a Telecom Sector Model for Establishing and Validating Telecom Policies and Strategies. In: *Proceedings of the 29th International Conference of the System Dynamics Society*, 2011.

ROY, A. How Efficient is Your Reverse Supply Chain?, [online]. 2003. [citado: 2015-06-03], Disponible en: <<http://thirdeyesight.in/articles/reversesupplychain.htm>>.

SENGE, P. M., and OLIVA, R. Developing a Theory of Service Quality/service Capacity Interaction. In: *Proceedings of the 11th International Conference of the System Dynamics Society*, 1993.

SIPPER, D., and BULFIN, R. L. Planeación y control de la producción, 1997. México D.F./McGraw-Hill.

STERMAN, J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, 2010. New Delhi/McGraw Hill.

SU, M. The Principle and Application of System Dynamics. *Shanghai Jiao Tong University*, 1988.

YADAV, N. Development of "System Dynamics-based" Flexible Strategy Game-card: Exploring Future Performance of the Indian Telecom Service Providers. In: *Proceedings of the 31st International Conference of the System Dynamics Society*, 2013.

ZEIGER, A. Reverse logistics: The new priority?. *Frontline Solutions*, 2003, vol. 4, no. 11, p. 20.