

Metodología de Medición Resiliencia en Cadenas de Suministro

Daniel Romero Rodríguez

Universidad del Norte, División de Ingeniería-Industrial,
Km 5 Vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia
hromero@uninorte.edu.co

Iván Saavedra Antolinez

Universidad del Norte, División de Ingeniería-Industrial,
Km 5 Vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia
saavedrai@uninorte.edu.co

***PROYECTO FINANCIADO POR COLCIENCIAS:** " Desarrollo de un modelo integral para el diseño y gestión de cadenas de suministro resilientes y Confiables"

RESUMEN

La presente propuesta pretende el desarrollo de un modelo que permita el diseño, planificación y gestión integral de cadenas de suministro confiables y resilientes, que permitan minimizar los riesgos de ruptura en el flujo de información y de productos de estos sistemas, y a su vez mitigar el impacto de estas fallas en el funcionamiento normal de estos sistemas de suministro. Se plantea así el problema científico de este proyecto en términos de ausencia de metodologías y herramientas que garanticen de forma integral una solución para el diseño y gestión de cadenas de suministro confiables (baja probabilidad de falla) y resilientes (Capacidad de volver a su estado original después de una falla en el sistema). Después de diseñar una solución general al problema, en este proyecto se busca acometer estancias más específicas de este problema, que están directamente relacionadas con el problema práctico de este proyecto, que hace referencia a la necesidad de diseñar cadenas de suministros confiables y resilientes en nuestro país, dada todas las condiciones adversas tanto culturales, sociales como económicas en las que se encuentra Colombia, que hacen que las probabilidades de falla en los suministros sean muy altas.

Palabras claves: Resiliencia en las cadenas de suministro, SCRM, Confiabilidad

ABSTRACT

The aim of the paper is to develop a model for the design, planning and integrated management of reliable and resilient supply chains, so as to minimize the risks of disruption in the flow of information and products from these systems, and in order to mitigate impact of these failures in the normal functioning of these Networks. The main scientific issue of this project is the lack of methodologies and tools in an integrated manner to ensure a solution for the design of reliable supply chain (low probability of failure) and resilient (able to return to its original state after a system failure). After designing a general solution in this project we expect to design a reliable supply chains and resilient in our country, given all the adverse conditions, cultural, social and economic in Colombia found that make the likelihood of failure in supplies very high.

Keywords: Supply chain Resilience, SCRM, Reliability

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las cadenas de suministro se han hecho complejas en el manejo de información y flujo de materiales, ya que es totalmente indispensable manejar canales paralelos de flujos de información y de materiales para poder asegurar un nivel alto de servicio al cliente. Entre más compleja sea la cadena de suministro, mayor es la probabilidad de riesgo de falla en cualquiera de los dos flujos mencionados anteriormente, (Giannakis, 2010). Esto hace que las organizaciones tengan que desarrollar procesos de administración de riesgos, para minimizar la ocurrencia de estos, y también para tener una serie de estrategias que permitan superar los problemas una vez se hayan presentado. La presente investigación brinda un marco conceptual para que las empresas evalúen la resiliencia de su sistema de suministro y tomen acciones correctivas y preventivas para mejorar indicadores de confiabilidad y resiliencia.

2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

El concepto general de resiliencia se habló por primera vez hace más de treinta años por los ecologistas que se relaciona con la supervivencia de sistemas complejos (Holling, 1973). Por otro lado (Coutu, 2002) define Resiliencia organizacional como un modo de adquirir el estado de preparación a una interrupción inesperada. “La capacidad de doblarse y saltar pese a la dificultad”, la adaptación de un concepto desarrollado por psicólogos para la gente que sobrevivió a campos de concentración. Existen diversos conceptos alrededor de la Resiliencia, tal como se define en la tabla 1 que presenta la evolución del concepto de Resiliencia y resalta la importancia de su aplicación:

Tabla 1: Definición Resiliencia

Resiliencia	
Holling (1973)	Primero en hablar de Resiliencia. Define el termino como "la capacidad de sistemas de absorber cambios y todavía persistir“. Él a veces se refiere a ello como "la capacidad parachoques“.
Blaikie et al (1994)	Define Resiliencia a peligros naturales como la habilidad de un individuo de enfrentarse o adaptarse a un estrés peligroso.
Adger (2000)	No hay ninguna definición sola de Resiliencia ecológica. Ofrece dos definiciones adicionales análogas, que son Resiliencia estática y dinámica económicas.
Timmerman (2001)	Define Resiliencia como la medida de la capacidad de un sistema para absorber y reponerse de un evento inesperado de riesgo. Relaciona la Resiliencia con la vulnerabilidad.
Pelling (2003)	Descompone la vulnerabilidad a peligros naturales en tres partes: exposición, resiliencia, y resistencia.

Similarmente una cadena de suministro resiliente hace referencia a un sistema capaz de responder y recuperarse después de un evento disruptivo. Dichos eventos tienen gran influencia en el normal desarrollo de las organizaciones. Por lo tanto, mejorar la resiliencia en una organización es un paso crítico que se debe realizar para la creación de cadenas más resistentes. En la literatura se resalta la importancia de no enfocarse en los riesgos que tiene una cadena de suministro debido a la gran diversidad de riesgos que puede existir, por esta razón (sheffi,2007) sugiere enfocarse en los modos de falla, los cuales se describen en la tabla 2:

Tabla 2: Definición Resiliencia

Falla en el suministro	Se da cuando ocurre una interrupción de las actividades relacionadas con el suministro, como retrasos o indisponibilidad de materiales de proveedores. Conduciendo a una escasez de las entradas que podrían paralizar la actividad de la empresa.
Falla en la demanda	Puede verse reflejado en el retraso o la interrupción de la demanda, temporal o permanente que conduce a la pérdida de la demanda.

Falla en el transporte	Se presenta una falla en el transporte cuando existe un retraso en la infraestructura de transporte, conduciendo a la imposibilidad para transportar el producto o servicio.
Falla en las instalaciones	Indisponibilidad de plantas, depósitos y edificios de oficina; si se presenta obstaculizaría la capacidad de seguir realizando las operaciones.
Falla en las comunicaciones	Se percibe en el retraso o la indisponibilidad de la información y la infraestructura de comunicación, dentro o fuera de empresa, que conduce a la inhabilidad de coordinar operaciones y ejecutar transacciones.
Violaciones de carga	Se presentan problemas de violación de la integridad de la carga y productos. Conduce a la pérdida o adulteración de bienes (p.e. contrabando de armas dentro de contenedores)

2.1 RESILIENCIA ECONÓMICA

La resiliencia económica es una gran manera de reducir las pérdidas en los desastres que se puedan presentar. La eficacia de la resiliencia económica se evalúa sobre la base de recientes estudios empíricos, y clasifican de acuerdo a dos tipos de resiliencia (Rose, 2007).

2.1.1 RESILIENCIA ESTÁTICA

Se define la resiliencia estática económica como la capacidad de una entidad o sistema para mantenerse en función (p.ej., seguir produciendo) cuando ha sido alterado, similar a lo que ocurre en la economía con la asignación eficiente de recursos ante la presencia de desastres.

2.1.2 RESILIENCIA DINÁMICA

Una definición más general que incorpora consideraciones dinámicas es la velocidad en la cual una entidad o sistema se reponen de un choque severo para alcanzar un estado deseado. Se trata de una inversión a largo plazo para reaccionar a problemas de reparación y reconstrucción, véase figura 1.

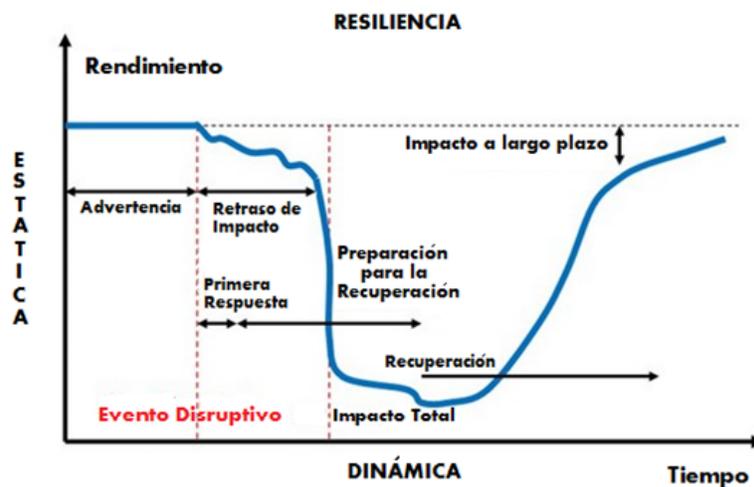


Figura 1: Curva de Resiliencia

Analizando la figura anterior y enlazando los conceptos del perfil de una interrupción (Sheffi, 2007) y los tipos de resiliencia estática y dinámica (Rose, 2007), se puede observar el transcurso de una empresa desde antes que empezara el evento disruptivo hasta su recuperación. Es decir cuando la empresa se encuentra en la etapa de resiliencia estática, tiene la capacidad de absorber cierto impacto ocasionado por un evento disruptivo (especie de amortiguador), mientras que cuando pasa a resiliencia dinámica se evaluará la velocidad de recuperación, ante ese impacto a lo largo del tiempo. Se tienen los siguientes pasos:

- Preparación: Prever y prepararse para una ruptura minimiza sus efectos.

- El evento disruptivo: El accidente ocurre y es severo aunque sea poco probable. Se lleva a cabo la ruptura.
- Primera respuesta: En el caso de una ruptura física dominan policías. Bomberos y ayudantes de primeros auxilios, quienes atienden el daño inicial.
- Demora del impacto: Depende de la magnitud de la ruptura, la preparación y la resiliencia inherente a la organización y su cadena de suministro.
- Impacto total: Cuando hay pérdidas notorias que son difíciles de recuperar.
- Preparación para la recuperación: Comienza si no paralelo a la primera respuesta, poco después que haya comenzado. Incluye cualidades de otros proveedores y redireccionamiento de recursos de los proveedores.
- Recuperación: Reproducción, distribuciones restauradas de infraestructura o reconexión de sistemas de IT dañadas, pueden tomar un tiempo significativo.
- Impacto a largo plazo: Si se dañan relaciones entre clientes, el impacto puede ser perdurable y muy difícil de recuperar.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se aborda en esta investigación es la ausencia de metodologías y herramientas que garanticen de forma integral una solución para el diseño y gestión de cadenas de suministro confiables (baja probabilidad de falla) y resilientes (Capacidad de volver a su estado original después de una falla en el sistema). En la literatura existen evidencias de cómo en los últimos años se dio inicio al desarrollo de modelos en estos temas, en confiabilidad y minimizar riesgos. Se destacan (Snyder et al, 2006) , (Snyder & Daskin, 2005), (Tang, 2005). Por otro lado en cuanto a resiliencia de las cadenas de suministro se destacan (Sheffi, 2007) y (Christopher & Peck, 2004), donde se proponen estrategias para garantizar que los sistemas de suministro se recuperen de forma rápida ante fallas que se presenten. A pesar de que son desarrollos científicos donde se busca garantizar que las cadenas de suministro administren y minimicen riesgos, no se observa una integración de ambos conceptos(resiliencia y confiabilidad), es decir no existe un marco conceptual conjunto que permita diseñar, planificar y gestionar cadenas de suministros confiables, y que dado el caso que se de una falla en el suministro, la cadena logística sea lo suficientemente resiliente para retornar a su estado natural lo más rápido posible.

Adicionalmente, la configuración de una cadena de suministro real es muy compleja, dado el gran numero de eslabones y nodos que se tienen, y a la gran cantidad de sistemas de interconexiones existentes entre éstos, que hacen referencia a sistemas que llevan electricidad, agua, internet, productos físicos y entre otros. Cada eslabón y sus interconexiones tienen una probabilidad y modos de falla asociados que hacen que la probabilidad de que ocurra una falla sea lo suficientemente alta como para ser consideradas en la planeación y diseño de la cadena de suministro. Ante estas evidencias surge la necesidad de responder las siguientes preguntas de investigación; ¿es posible el diseño de sistemas de suministro confiables, cuya probabilidad de fallar sea baja?, ¿Cómo diseñar estrategias de reacción y prevención que garanticen una respuesta rápida y eficaz para habilitar y estabilizar el funcionamiento de las cadenas de suministro cuando ocurra una falla.

Por otra parte, teniendo en cuenta el ámbito practico del problema científico presentado, se han desarrollado trabajos donde se ha mostrado que las cadenas de suministro pierden competitividad y posicionamiento en el mercado, debido a que con su diseño, planeación y gestión, no son lo suficientemente capaces de responder y anticiparse ante perturbaciones e interrupciones que puedan generar una falla en sus sistemas de suministro (sheffi, 2007).

4. METODOLOGÍA DE RESILIENCIA

Se ha desarrollado una metodología de resiliencia en la cadena de suministro que con una serie de pasos lógicos busca que las empresas fortalezcan sus operaciones y sean menos vulnerables. La metodología es explica a continuación, véase figura 2.

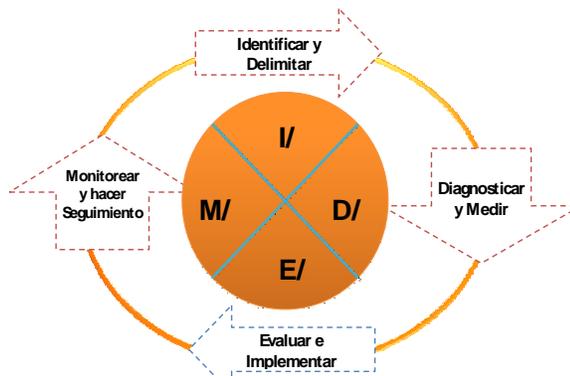


Figura 2: Curva de Resiliencia

La Metodología diseñada consta de cuatro fases. Inicialmente, la Fase I/D, se centra en la identificación del producto vital y su Cadena de suministro, a través de criterios para la selección del producto vital para la organización interesada en aplicar esta metodología, con el propósito de delimitar del alcance del estudio. La siguiente Fase D/M, examina el Sistema de Suministro, diagnosticando la red, los procesos y riesgos asociados, calculando indicadores de confiabilidad y medidas de resiliencia, con el fin de conocer la situación actual del sistema de suministro. En la tercera Fase E/I, se evalúa la factibilidad técnica y económica de las estrategias propuestas en la literatura, según el modo de falla identificado como más probable, a través de simulación, con el fin de implementarla con seguridad en la empresa y poder verificar su efectividad. Por último, la Fase M/S, consiste en hacer un monitoreo y seguimiento de los posibles riesgos que se pueden presentar en el Sistema y de los tiempos de entrega, mediante herramientas tales como cartas de control y diagramas causa-efecto para conocer la raíz del problema, si se presentan desviaciones. Los pasos propuestos se enumeran a continuación:

- **Fase I/D. Identificar y Delimitar**

- **Fase D/M. Diagnosticar y Medir**
- Paso 1. Diagnosticar la forma de la Red de suministro
- Paso 2. Analizar los procesos
- Paso 3. Diagnosticar los Riesgos del Sistema
- Paso 4. Determinar el Modo de Falla más probable
- Paso 5. Medir Resiliencia Estática y Dinámica

- **Fase E/I. Evaluar e Implementar**
- Paso 1. Evaluación de la Factibilidad técnica y económica de las estrategias de Resiliencia
- Paso 2. Implementar estrategia
- Paso 3. Verificar la efectividad de la estrategia

- **Fase M/S. Monitorear y hacer Seguimiento**
- Paso 1. Actualizar Riesgos
- Paso 2. Monitorear desviaciones de lead times.

Las cuatro fases anteriores permitirán que se puedan identificar los modos de fallas más probables en un sistema de suministro, por lo que se podrá la capacidad de la cadena de suministro para sobreponerse a eventos disruptivos que puedan generar interrupción en los flujos físicos de la red.

5. MEDICIÓN Y ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA

Es importante aclarar que la Resiliencia implica dos formas de recuperación, estática y dinámica, las cuales pueden ser medidas, a través de indicadores para analizar su comportamiento frente a la presencia de un evento

disruptivo. Para la medición de la Resiliencia de la organización se tres indicadores de resiliencia que se complementan entre sí.

Resiliencia estática: Se presenta cuando se modifican los niveles de servicio debido a la ocurrencia de un impacto. Es la diferencia entre el % del nivel de servicio de una organización antes y después de la ocurrencia de un evento disruptivo. Se mide en términos de porcentaje.

NS(t): % Nivel de servicio en el periodo t

t_a: Periodo de tiempo donde se tiene el menor nivel de servicio después de la disrupción.

t₀: Periodo de tiempo inicial donde se tiene el mayor nivel de servicio antes de la disrupción.

$$\text{Resiliencia Estática} = \Delta NS(t)$$

$$\text{Resiliencia Estática} = NS(t_a) - NS(t_0)$$

Resiliencia dinámica: Se expresa como el tiempo en el que se logra la recuperación de las actividades operativas de la empresa. Es la diferencia entre el tiempo en el que ocurre el impacto y el tiempo en el que se llega al estado inicial. Se mide en unidades de tiempo.

t_a: Periodo de tiempo donde se tiene el menor nivel de servicio después de la disrupción.

t_f: Periodo de tiempo final donde se recupera el nivel de servicio después de la disrupción.

$$\text{Resiliencia Dinámica} = \Delta \text{ tiempo recuperación}$$

$$\text{Resiliencia Dinámica} = t_f - t_0$$

Resiliencia: Es la Rapidez con la cual es absorbido el impacto provocado por una perturbación.

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Resiliencia estática}}{\text{Resiliencia Dinámica}}$$

$$\text{Resiliencia} = \frac{NS(t_a) - NS(t_0)}{t_f - t_0}$$

El conjunto de métricas anteriores permiten realizar un diagnóstico de la resiliencia que tiene una cadena de suministro ante un evento disruptivo. Se sugiere a las empresas realizar mediciones de resiliencia a través de simulación para visualizar su respuesta ante diversos modos de fallas permitiendo evaluar estrategias para incrementar la resiliencia del sistema. A continuación se enumeran las diferentes estrategias de resiliencia que han sido recopiladas de la literatura para ser implementadas por la empresa, véase tabla 3.

Tabla 3: Definición Resiliencia

Estrategias De Resiliencia		Resiliencia Estática	Resiliencia Dinámica	Modos De Falla
Redundancia	Redundancia En Inventario (De Materia	X		Suministro, Demanda,

	Prima y/o De Producto Terminado)			Transporte
	Redundancia En Transporte	X	X	Transporte, Suministro
	Redundancia En Instalaciones	X	X	Instalaciones
	Redundancia En TI	X		Comunicaciones
	Redundancia en Proveedores	X	X	Suministro
Agilidad	Flexibilidad		X	Todos
	Posposición		X	Demanda
Fortificación	Modelo De Diseño De Redes	X		Todos
	Modelos de fortificación de la infraestructura	X		Instalaciones
Cultura Gestión De Riesgo	FEMA	X		Todos
	Risk SCOR	X		Todos
Esquemas Colaborativos	CPFR,VMI	X	X	Comunicaciones Demanda
Re-ingeniería Del Sistema De Suministro	Re-diseño De La Cadena De Suministro	X	X	Todos

6. CONCLUSIONES

La Resiliencia, se fundamenta en dos formas de recuperación, las cuales son la recuperación del nivel de servicio y la recuperación de la capacidad de respuesta ante la presencia de un evento disruptivo, a las cuales se les denominó resiliencia Estática y dinámica, respectivamente. La medición de ambos factores son necesarios para tener una idea de la resiliencia del sistema antes un evento disruptivo específico. La investigación se basa en el diseño de una metodología que diagnostica y mejora la Resiliencia, mediante un proceso continuo en sistemas de suministro. Sin embargo, hay que considerar que con la implementación de esta Metodología, no se está blindando la cadena ante cualquier modo posible de falla, sino que se proponen estrategias para manejar y mitigar el riesgo. La validación de las estrategias de resiliencia se realizarán por medio de simulación discreta, en donde se realizarán mediciones de la resiliencia del sistema ante las diferentes estrategias.

REFERENCIAS

Biao yang burns, n.d. Backhouse, c.j. May 2005. The application of postponement in industry. *Engineering management, iee transactions*. Vol 52. 238- 248.

Business continuity institute. Good practice guidelines. 2008. A management guide to implementing global good practice in business continuity management.

- Christopher, m. And peck, h. (2004). Building the resilient supply chain. [versión electrónica]. International journal of logistics management.
- Coutu, d.l. (2002). "how resilience works". Harvard business review. May. 80.
- Holling, c. (1973). Resilience and stability of ecological systems. [versión electrónica]. Annual review of ecology and systematics. 4, 1–23.
- Meixell, m. Gargeya, v. (2005). Global supply chain design: a literature review and critique.
- Rice, j. (2003). Supply chain response to the unexpected: resilience and security. [version electrónica]. Iscm research project update.
- Rose, a. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: multidisciplinary origins and contextual dimensions. Environmental hazard.
- Scor. Supply chain operations references model. Versión 9. 2008.
- Sheffi, y. Rice, fleck, j. Caniato, f. (2003). Supply chain response to global terrorism: a situation scan. Eur oma-poms conference. P5.
- Sheffi, y. (2007). The resilient enterprise. Overcoming vulnerability for competitive advantage. Effects of disruptions.
- Snyder, l., scaparra, m.p., daskin, m. And church, r.l. (2006). Planning for disruptions in supply chain networks. Tutorials in operations research, h. Greenberg (ed.), informs.
- Tang c. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. [versión electrónica]. International journal of logistics. 9, 33-45.
- Waters, d. (2007). Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics. Great britain: kogan page limited.
- Waters, d. (2007). Supply chain risk management. Vulnerability and resilience logistics: creating the resilient supply chain, p. 197-198.
- Yu, g. Qi, x. (2003) disruption management: framework, models and applications. London: world scientific publishing co pte. Ltd.

***PROYECTO FINANCIADO POR COLCIENCIAS: " Desarrollo de un modelo integral para el diseño y gestión de cadenas de suministro resilientes y Confiables"**

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.