



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Resiliencia en el desempeño logístico ante eventos disruptivos de la cadena de suministro. Instrumentación de un marco conceptual

Agustín Bustos Rosales
José Alfonso Balbuena Cruz
Alma Rosa Zamora Domínguez
José Alejandro Ascensio Laguna

Publicación Técnica No. 612
Sanfandila, Qro.
2021

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por los investigadores Agustín Bustos, José Alfonso Balbuena, Alma Zamora y José Alejandro Ascencio.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna TI 05/18 Resiliencia en el desempeño logístico ante eventos disruptivos de la cadena de suministro.

Contenido

	Página
Índice de figuras.....	v
Índice de tablas	vii
Sinopsis.....	ix
Abstract	xi
Resumen Ejecutivo	xiii
Introducción.....	1
1 Marco Conceptual de Ponomarov	5
2 Cadenas de suministro internacionales.....	17
3 Desempeño resiliente de la cadena de suministro	29
4 Creando la cadena de suministro resiliente	41
Conclusiones.....	57
Bibliografía	61

Índice de figuras

Figura 1.1 Factores de resiliencia de la cadena de suministro a través del tiempo	7
Figura 1.2. Matriz de resistencia contra recuperación	9
Figura 1.3. Vulnerabilidad de la operación en función de la probabilidad e impacto	11
Figura 1.4 Marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro	15
Figura 2.1. Proveedores para la Toyota Tacoma 2016	19
Figura 2.2. Etapas de gestión de la capacidad de cadenas de suministro internacionales	23
Figura 2.3. Marco de resiliencia en cadenas de suministro globales	25
Figura 3.1. Mecanismo de coordinación del sistema de producción de Toyota	38
Figura 4.1 Conocimiento en la cadena de suministro	45
Figura 4.2. Marco para alcanzar la resiliencia ante eventos climáticos	48
Figura 4.3. Evaluación de la resiliencia de la estructura de la cadena de suministro	50
Figura 4.4 Modelo de riesgo de procesos para la gestión de riesgos de una cadena de suministro	54

Índice de tablas

Tabla 3.1. Serie temporal de eventos relacionados con Toyota después del terremoto	32
Tabla 3.2. Disminución en la capacidad de producción, por empresa	34
Tabla 4.1 evaluación de resiliencia	52

Sinopsis

En el presente estudio se parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro propuesto por Ponomarov para hacer frente a eventos disruptivos.

El objetivo es Analizar algunas experiencias ampliamente representativas tanto a nivel internacional como nacional de interrupciones en la cadena de suministro desde el marco conceptual de resiliencia en cadenas de suministro.

Se muestra la naturaleza de algunas cadenas logísticas internacionales, particularmente de la industria automotriz, en donde se puede observar que suelen ser más complejas que las cadenas domésticas. Por otro lado, se establece una relación inversa entre la resiliencia y la complejidad de la cadena.

Se presenta un ejemplo de cadena de suministro internacional del ramo automotriz, así como algunos estudios internacionales que muestran su complejidad y como es que se dio la resiliencia ante eventos disruptivos como los desastres naturales que afectaron dichas cadenas de suministro.

Finalmente, se presenta un marco de acción que se ha desarrollado en la literatura reciente para crear cadenas de suministro resiliente, en donde se identifican las fuentes de vulnerabilidad, mediciones de efectos y desarrollo de estrategias para aumentar la resiliencia.

Abstract

This paper is based on the conceptual framework of resilience in the supply chain proposed by Ponomarov to deal with disruptive events.

The objective is to analyze some broadly representative experiences both at the international and national level of supply chain interruptions from the conceptual framework of resilience in supply chains.

The nature of some international logistics chains is shown, particularly in the automotive industry, where it can be observed that they tend to be more complex than domestic chains. On the other hand, an inverse relationship is established between the resilience and the complexity of the chain.

An example of the international supply chain of the automotive industry is presented, as well as some international studies that show its complexity and how resilience was given to disruptive events such as natural disasters that affected such supply chains.

Finally, a framework of action that has been developed in recent literature to create resilient supply chains is presented, identifying sources of vulnerability, effects measurements and development of strategies to increase resilience are identified.

Resumen ejecutivo

Actualmente, se ha dado una rápida expansión de las cadenas de suministro globales, lo que ha permitido a las empresas asignar los recursos de una manera más eficiente que en otras épocas. El avance de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), el desarrollo de sistemas logísticos internacionales y la reducción de las barreras comerciales han facilitado la integración de las economías a través de la red de cadenas de suministro mundiales. Sin embargo, eventos como los recientes desastres naturales en Japón y Tailandia o más cercano aun, en Guerrero y Baja California Sur, demuestran que los desarrollos de cadenas de suministro globales también son vulnerables ante potenciales riesgos de disrupción que pueden deberse a factores naturales o humanos.

Las empresas se han extendido a todo el mundo para aprovechar al máximo la ventaja comparativa de cada ubicación. Al mismo tiempo, las economías de escala han impulsado la consolidación y la aglomeración de empresas en las cadenas de suministro, que también han promovido la consolidación logística. Como resultado, las cadenas de suministro se vuelven más complejas con una cobertura geográfica más amplia, lo que ha aumentado la invisibilidad de las cadenas de suministro.

1. Marco conceptual de Ponomarov

La resiliencia en cadenas de suministros se define como la capacidad adaptativa que tienen las cadenas de suministros para prepararse frente a la ocurrencia de eventos inesperados, responder a interrupciones, y recuperarse de estos manteniendo continuidad en las operaciones a un nivel deseado. Es la capacidad de un sistema para volver a su originalidad, establecer o pasar a un nuevo estado más deseable después de ser perturbado.

La resiliencia está fuertemente relacionada con los conceptos de gestión de riesgo y de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad de la cadena de suministro es una condición latente que solo se manifiesta si ocurre un evento perturbador. Sin embargo, cuanto más alto es la vulnerabilidad de la cadena de suministro, más probable es que sea un evento perturbador y / o más graves sus consecuencias.

La resistencia a los disturbios y la velocidad en la cual el sistema regresa al equilibrio, es la medida de la resiliencia; entre más rápido regrese el sistema a su estado original, es más resiliente.

2. Cadenas de suministro internacionales

Gracias a la liberalización del comercio y también debido a las continuas presiones de reducción de costos de los clientes, las empresas se han extendido en todo el mundo para aprovechar al máximo la ventaja comparativa de cada ubicación. Muchas industrias han adoptado cadenas de suministro globales altamente integradas en las que los productos se suministran, fabrican y distribuyen a través de actividades *offshore* y estrategias de subcontratación. Al mismo tiempo, las economías de escala han impulsado la consolidación y aglomeración de las empresas en las cadenas de suministro, que a su vez han promovido la consolidación logística.

A diferencia de una cadena de suministro local (nacional), una cadena de suministro global implica transportar grandes cantidades de suministros a través de largas distancias, lo que aumenta la frecuencia de uso de instalaciones de distribución multimodal

Otra tendencia es la consolidación logística, que se refiere a la combinación de dos o más envíos para lograr menores costos de transporte. Por ejemplo, los insumos y componentes de varios proveedores para un sitio de producción se pueden combinar en una sola entrega en lugar de que cada proveedor entregue pequeñas cantidades por separado. Esto permite a los proveedores compartir los costos de transporte, almacenamiento y administración.

Con la globalización de las cadenas de suministro, la exposición de las empresas a los riesgos de desastres se ha expandido a través de las fronteras nacionales, ya que un desastre natural en una ubicación geográfica también puede afectar a las empresas en otras ubicaciones. Además, con las actividades *offshore* y de subcontratación, el nivel de interdependencia entre las empresas ha aumentado, lo que ha aumentado la vulnerabilidad debido a que la interrupción de incluso una parte de la cadena de suministro global puede dar como resultado el fracaso operacional de las otras partes.

En el contexto de las cadenas globales, la complejidad tiene un mayor impacto en el rendimiento de la cadena de suministro. Es uno de los factores clave del costo excesivo junto con el inventario en el sistema. Además, tiene un gran impacto en la flexibilidad, resistencia y capacidad de respuesta de las cadenas de suministro. La complejidad hace que una cadena de suministro sea inflexible e ineficiente ya que dificulta la entrega a tiempo y crea problemas para la calidad del producto. Cuanto más compleja sea la cadena de suministro, mayor será la posibilidad de que falle en una o más de sus funciones, y las fallas ponen en peligro las relaciones de una empresa con los clientes. A pesar de esto, la mayoría de las cadenas de suministro no están dirigidas estratégicamente para reducir la complejidad de la cadena de suministro.

Es probable que las redes de suministro incluyan miles de empresas distintas, y la limitación con respecto al tamaño y la información contextual disponible dan como

resultado una visión un tanto distorsionada de las redes de suministro de interés. El alto rendimiento de Toyota ha atraído una atención constante, ya que la literatura anterior sugiere que los aspectos morfológicos y funcionales de su estructura de red de suministro (el "keiretsu") contribuyen a su ventaja competitiva.

3. Desempeño resiliente de la cadena de suministro

En marzo de 2011 a las 14:46 tiempo de Japón, un terremoto sacudió toda la isla de Japón provocando un devastador tsunami, que condujo a la fusión de reactores nucleares en Fukushima. El desastre causó registrar 210 billones de dólares en daños económicos, representando 3.8 por ciento del producto interno bruto (PIB) de Japón.

Algunas empresas, aunque no fueron afectadas directamente por el terremoto y el tsunami, experimentaron el impacto del desastre indirectamente debido a la infraestructura dañada en el país. La energía eléctrica en la parte norte de Japón se vio gravemente interrumpida debido a la falla de la central nuclear de Fukushima. Como resultado, la producción de muchas plantas industriales se estancó. Además, muchas carreteras y ferrocarriles fueron destruidos y casi todos los puertos marítimos importantes en las áreas afectadas fueron cerrados. Esto hizo que la movilidad de los productos finales, componentes y materias primas fuera muy difícil, causando así varias interrupciones en la cadena de suministro.

Las interrupciones causadas por el desastre en Japón impactaron fuertemente algunas cadenas de suministro, particularmente aquellas que dependen de pocas fuentes o una fuente única para ciertos insumos. Por ejemplo, Ethox Chemicals, una multinacional química estadounidense, se basa en un material clave suministrado por solo tres compañías en el mundo, una de las cuales se encuentra en Japón.

Un ejemplo se da en la industria del automóvil. Con el daño a Renesas Electronic Corp, el mayor fabricante de microchips hechos a medida en el mundo, toda la industria automotriz en Japón y otras partes del mundo experimentaron una severa suspensión de producción, debido a que los chips específicos del usuario eran difíciles de volver a adquirir. y la estricta gestión "justo a tiempo" en la industria resultó en un inventario extremadamente bajo, generalmente por hasta seis horas. Las interrupciones en la cadena de suministro y el correspondiente estancamiento de la producción en varias industrias, en particular las industrias orientadas a la exportación, destacaron Los riesgos de perder cuota de mercado global.

Fujimoto (2013) señaló tres eslabones débiles en la cadena de suministro de Toyota, que se hicieron evidentes inmediatamente después de este terremoto. Estos son: circuitos integrados semiconductores como unidades de microcontroladores y ASIC, químicos funcionales como goma para neumáticos y frenos y electrolitos del condensador, y piezas y consumibles microscópicos como tornillos, resortes y fungibles para el procesamiento.

Renesas estableció el objetivo del tiempo de recuperación de la producción en un mes, en lugar de los tres meses reales, para el siguiente terremoto posible con la

misma magnitud de intensidad. Renesas planea aumentar la resistencia de la infraestructura y equipos del edificio a los terremotos. Mientras tanto, Renesas instó a los clientes a tener entre 3.5 y 4.5 meses de inventario de chips semiconductores. Si el tiempo de recuperación se convierte en un mes, Renesas considera que la cantidad ordinaria de inventario posterior debe garantizar operaciones sin interrupciones.

Después de que todo se normalizó, Toyota decidió quedarse con un solo proveedor para este caso, y el costo de tener múltiples proveedores para las piezas en cuestión. Es decir, Toyota confirmó que las tácticas de contingencia son superiores a las tácticas de mitigación en este tipo de casos porque la red de proveedores colaborativos de Toyota tiene la capacidad de recuperarse rápidamente de las interrupciones.

La electrónica automotriz representa el 15% del costo total para un automóvil regular y el 47% para un automóvil híbrido. Por lo tanto, los componentes con dispositivos semiconductores son cada vez más importantes para los fabricantes de automóviles, y el mecanismo de coordinación de Toyota. Los sistemas de producción deben cubrir las piezas, como las MCU de los automóviles, así como otras piezas electrónicas de los automóviles.

El mecanismo de coordinación de la cadena de suministro de Toyota se basa en la arquitectura integral. El uso de componentes personalizados es fundamental para optimizar el diseño general del producto y también sirve como incentivo para que los proveedores mejoren continuamente los diseños de los componentes y sus métodos de producción. Sin embargo, a pesar de tales ventajas, la debilidad potencial está en su gestión de riesgos.

Dado que las MCU para automóviles son partes importantes, se debe analizar cómo se deben modificar los mecanismos de coordinación para administrar las MCU para automóviles. Hay dos puntos focales. Una es la gestión de riesgos contra la interrupción de la producción, y la otra es asegurar el suministro de chips de computadora duraderos y de alta calidad.

Christopher y Peck (2004) sugieren una serie de principios generales discernibles que sustentan la resiliencia en las cadenas de suministro. La mayoría de ellos se hacen eco y no contradicen los principios ampliamente aceptados de la buena gestión de la cadena de suministro.

- En primer lugar, parece que la resiliencia debería diseñarse. En otras palabras, hay ciertas características que, si se integran en una cadena de suministro, pueden mejorar su capacidad de recuperación.
- El segundo principio general es que debido a que, por definición, las cadenas de suministro normalmente se extenderán a través de diferentes entidades corporativas, será necesario que exista un alto nivel de trabajo colaborativo si se quiere identificar y administrar el riesgo.

- En tercer lugar, la resiliencia implica agilidad. Ser capaz de reaccionar rápidamente ante eventos impredecibles es una clara ventaja en un entorno incierto.
- Finalmente, la resiliencia en la cadena de suministro será posible mediante la creación de una cultura de gestión de riesgos en la organización. El mensaje que debe entenderse y actuar es que el mayor riesgo para las empresas puede provenir de una cadena de suministro más amplia que de una empresa.

Convencionalmente, las cadenas de suministro a menudo han sido diseñadas para optimizar el costo y/o el servicio al cliente, rara vez la resiliencia es la "función objetivo" para el proceso de optimización. Dados los riesgos a los que están expuestas las cadenas de suministro modernas, es posible que esto deba cambiar. Se sugieren varias recomendaciones para proporcionar la base para el diseño de cadenas de suministro teniendo en cuenta la reducción de riesgos:

a). Comprensión de la cadena de suministro

Un requisito previo fundamental para mejorar la resiliencia de la cadena de suministro es comprender la red que conecta el negocio con sus proveedores y sus clientes intermedios. Las herramientas de mapeo pueden ayudar a identificar los "puntos críticos" y las "rutas críticas".

b) Estrategia de base de suministro

Si bien ha habido un movimiento hacia la reducción de la base de proveedores en muchas empresas, puede haber límites a los que se debe seguir el proceso. Un solo proveedor, donde un proveedor es responsable del suministro de un artículo o servicio específico puede ser ventajoso desde el punto de vista de la gestión de costos y calidad, pero es peligroso en términos de resiliencia. Si bien puede ser deseable contar con un proveedor líder, siempre que sea posible deberían estar disponibles fuentes alternativas. Cuando una empresa tiene varios sitios, puede ser posible tener una sola fuente para un artículo o servicio en cada sitio, obteniendo así algunas de las ventajas de un solo abastecimiento sin el riesgo negativo. Del mismo modo, si una empresa fabrica una gama de productos, puede ser posible obtener una única fuente por producto manteniendo así una fuente de suministro alternativa disponible.

Será evidente que, dado que la vulnerabilidad de la cadena de suministro es, por definición, un concepto de toda la red, la gestión del riesgo también debe abarcar toda la red. Un alto nivel de trabajo colaborativo en las cadenas de suministro puede ayudar significativamente a mitigar el riesgo. El desafío es crear las condiciones en las cuales el trabajo colaborativo se hace posible. Tradicionalmente, las cadenas de suministro se han caracterizado por relaciones de distancia, incluso adversas, entre los diferentes actores. No ha habido un historial de intercambio de información con proveedores o clientes. Más recientemente, sin embargo, ha habido señales alentadoras de que está surgiendo una mayor disposición para trabajar en

asociación en muchas cadenas de suministro. En la industria de los bienes de consumo de rápido movimiento, ahora existe una colaboración significativa entre fabricantes y minoristas en forma de iniciativas de Planificación Colaborativa, Previsión y Reabastecimiento (CPFR).

Por otro lado, La agilidad de la cadena de suministro se puede definir como la capacidad de responder rápidamente a cambios impredecibles en la demanda o la oferta. Muchas organizaciones están en riesgo porque sus tiempos de respuesta para exigir cambios o interrupciones en el suministro son demasiado largos. La agilidad tiene muchas dimensiones y se relaciona tanto con las redes como con las compañías individuales. De hecho, una clave para una respuesta ágil es la presencia de socios ágiles en el sentido ascendente y descendente de la empresa focal.

4. Marco para iniciar una red resiliente

La resiliencia se basa en prácticas de gestión de riesgos y un enfoque de sistemas, construir resiliencia es un proceso iterativo y continuo.

Se requiere un entendimiento de la cadena de suministro y sus vulnerabilidades. El World Business Council for Sustainable Development propone un marco para que las empresas desarrollen resiliencia ante los riesgos climáticos en las cadenas de suministro globales.

La resiliencia requiere un enfoque de sistemas y se basa en el aprendizaje, la colaboración, la capacidad de reserva y la flexibilidad. Proporciona la capacidad de lidiar con los cambios y tensiones, y la capacidad de crear nuevas conexiones. La evaluación de riesgos y la construcción de resiliencia climática es un proceso iterativo en el que los resultados y los hallazgos en un solo paso se utilizan como retroalimentación y aportación a otros pasos. El marco, dividido en cinco etapas, se implementa mejor a través de la participación multifuncional (por ejemplo, de las funciones de riesgo corporativo, de cadena de suministro y corporativas en una gran empresa multinacional) y se basa en el conocimiento externo de temas como meteorología, ciencia del clima y gestión de riesgos empresariales.

Junto con una estrategia para integrar el conocimiento de las vulnerabilidades del cambio climático, el marco debería ayudar a las empresas a desarrollar e implementar un conjunto equilibrado de medidas de resiliencia en toda la cadena de suministro.

Medida 1. Mapear la cadena de suministro e identificar características críticas

El mapeo proporciona una base para delinear sus características críticas e identificar posibles peligros relacionados con el clima que podrían afectar el rendimiento (en el Paso 2).

Para comprender mejor las características críticas, las compañías deben considerar los problemas que son más importantes para un producto en particular. Por ejemplo, el problema más relevante podría ser el grado de personalización del producto, lograr un bajo costo o garantizar y mantener la calidad. La característica más crítica podría ser el tiempo de recuperación después de la interrupción para restaurar la funcionalidad al 100%.

Las empresas dependen de los servicios y la infraestructura (por ejemplo, servicios públicos, transporte, proveedores, clientes) y estos deben considerarse como parte de la evaluación de "características críticas". La legislación puede requerir que los principales proveedores de infraestructura informen sobre su resistencia al cambio climático.

Medida 2. Determinar los peligros relacionados con el clima.

Es probable que la cadena de suministro se vea afectada por los eventos climáticos actuales y por el cambio climático futuro. La relevancia de los peligros relacionados con el clima para diferentes componentes se puede determinar a través de referencias a interrupciones históricas y las consiguientes pérdidas comerciales.

Medida 3. Identificar vulnerabilidades y evaluar los riesgos.

Es probable que las grandes empresas tengan un mecanismo o marco existente para evaluar el riesgo de la cadena de suministro. El clima extremo y el cambio climático son elementos adicionales que deben considerarse dentro de dichos marcos.

La información sobre el impacto o el costo de eventos climáticos extremos anteriores en cadenas de suministro similares puede ser útil para ayudar a evaluar las posibles consecuencias de eventos futuros. El cambio climático potencialmente cambiará la probabilidad y la severidad de los eventos, por lo que una evaluación debe considerar el nivel existente de riesgos y cómo el cambio climático podría amplificar esos riesgos.

Medida 4. Definir y aplicar medidas de construcción de resiliencia.

Una vez que se han identificado los riesgos que enfrenta la empresa, se pueden definir medidas de creación de resiliencia. Idealmente, deberían concebirse y aplicarse con especial atención a los beneficios y las consecuencias en todo el sistema de la cadena de suministro. Este enfoque requiere una perspectiva de colaboración, un enfoque holístico para considerar los riesgos y la mitigación, y una buena disposición para considerar los cambios en las estructuras de la cadena de suministro, así como para aplicar medidas individuales.

Ejemplos de medidas de construcción de resiliencia podrían incluir:

- Definir y adoptar políticas y enfoques de "administración de la cadena de suministro" que fomenten la colaboración y el intercambio de información en toda la

cadena de suministro. Esto podría incluir la difusión de información informativa para fomentar una mejor comprensión mutua de los problemas;

- Evaluar los flujos de información y la adopción de estándares, para asegurar que sean compatibles y complementen las medidas de fortalecimiento de la resiliencia;
- Mantener un entendimiento de la capacidad general de la cadena de suministro y su utilización de la capacidad. Idealmente, debería haber un margen para que la capacidad de reserva pueda ponerse en juego en caso de una interrupción del clima para minimizar los impactos en el negocio;
- Monitoreo efectivo y documentación de cómo la cadena de suministro se ve afectada por el clima extremo y eventos relacionados con el clima y el enfoque de los procesos de recuperación asociados. Esto ayuda a comprender la naturaleza de los riesgos con más detalle y permite construir una mayor capacidad de recuperación aprendiendo de experiencias anteriores;
- Requerir una declaración de resiliencia climática como parte relevante de las condiciones contractuales para los proveedores, y exigir que los proveedores realicen evaluaciones de vulnerabilidad en relación con el cambio climático y los eventos relacionados con el clima. Esto permitirá a los proveedores crear conciencia y desarrollar planes de contingencia/recuperación que pueden utilizarse como material de marketing positivo para sus tratos con los clientes y con sus propios proveedores;
- Explorar formas en que se pueden minimizar los riesgos (por ejemplo, explorar alternativas a los arreglos logísticos, transferir procesos de producción dentro o entre sitios, asegurar que las instalaciones estén diseñadas para resistir eventos climáticos severos mientras se mantiene la operación).

Introducción

Actualmente, se ha dado una rápida expansión de las cadenas de suministro globales, lo que ha permitido a las empresas asignar los recursos de una manera más eficiente que en otras épocas. El avance de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), el desarrollo de sistemas logísticos internacionales y la reducción de las barreras comerciales han facilitado la integración de las economías a través de la red de cadenas de suministro mundiales. Sin embargo, eventos como los recientes desastres naturales en Japón y Tailandia o más cercano aun, en Guerrero y Baja California Sur, demuestran que los desarrollos de cadenas de suministro globales también son vulnerables ante potenciales riesgos de disrupción que pueden deberse a factores naturales o humanos.

Las empresas se han extendido a todo el mundo para aprovechar al máximo la ventaja comparativa de cada ubicación. Al mismo tiempo, las economías de escala han impulsado la consolidación y la aglomeración de empresas en las cadenas de suministro, que también han promovido la consolidación logística. Como resultado, las cadenas de suministro se vuelven más complejas con una cobertura geográfica más amplia, lo que ha aumentado la invisibilidad de las cadenas de suministro.

La motivación para las actividades extraterritoriales ha sido principalmente el costo, incluyendo costo de mano de obra, una mayor eficiencia de costos con una mayor escala de producción y posiblemente menores costos financieros, como los costos de endeudamiento y las tasas impositivas. Un ejemplo de actividades offshore es la red de producción extranjera de Toyota, quien lleva a cabo su actividad en 26 países y regiones, con 50 operaciones de fabricación en el extranjero. A partir de 2011, los vehículos de Toyota de estas bases de producción se suministraron a más de 170 países y regiones.

A diferencia de una cadena de suministro local (nacional), una cadena de suministro global implica el transporte de grandes cantidades de suministros a través de largas distancias, lo que aumenta la frecuencia de uso de instalaciones de distribución multimodal.

Una disrupción de la cadena de suministro se define como una interrupción importante en un nodo de producción o un enlace de distribución que forma parte de una cadena de suministro. Los desastres naturales son una de las causas de las interrupciones en las cadenas de suministro. Por lo general, provocan daños generalizados en varias empresas e instalaciones al mismo tiempo. Esto tiene un impacto severo en una industria y a menudo se requiere un tiempo significativo para la recuperación de desastres naturales. Con la globalización de las cadenas de suministro, la exposición de las empresas a los riesgos de desastres se ha

expandido a través de las fronteras nacionales, ya que un desastre natural en una ubicación geográfica también puede afectar a las empresas en otros lugares.

Además, con las actividades de offshore y outsourcing, el nivel de interdependencia entre las empresas ha aumentado, lo que ha aumentado la vulnerabilidad porque la interrupción de incluso una parte de la cadena de suministro global puede dar como resultado una falla operativa de las otras partes. Aunque la empresa focal puede reconocer algunos nodos propensos a desastres o enlaces dentro de la cadena de suministro, la producción fragmentada ha reducido el grado de control y monitoreo de la empresa focal sobre los nodos de producción y los enlaces de distribución.

Paradójicamente, con la globalización se presenta al mismo tiempo una especialización regional (modelo de clúster), la cual, con la consolidación de los proveedores y la aglomeración de la producción y la consecuente alta densidad de los activos de producción y las actividades económicas en ciertos lugares, los riesgos se han centralizado en esos lugares. Cuando los desastres afectan áreas donde las instalaciones de producción están concentradas, las cadenas de suministro se ven afectadas, lo que resulta en pérdidas estructurales significativas para toda la red de producción e incluso a industrias relacionadas. Durante el período de desastre y recuperación, otras empresas en la cadena de suministro pueden encontrar dificultades para encontrar proveedores o clientes sustitutos adecuados en otros lugares, lo que hace que el impacto del desastre dure más tiempo. Además, la dependencia de las instalaciones de distribución internacional ha aumentado la vulnerabilidad a los desastres ya que los daños a estas instalaciones pueden conducir fácilmente a la interrupción de la cadena de suministro.

El presente estudio pretende analizar las afectaciones que se han dado en casos emblemáticos tanto a nivel internacional (como el caso de la cadena de autopartes de Toyota después del Gran Terremoto en el Este de Japón en 2011) para entender las experiencias obtenidas en la gestión de cadenas de suministro y como esto ha permitido una revalorización de una cadena redundante. Asimismo, se pretende caracterizar estas experiencias dentro del marco conceptual propuesto por Ponomarov (2009) y que fue descrito en la Publicación Técnica 496 de este Instituto, como se observa en la figura 1.4. Cabe mencionar que, aunque se pueden presentar disrupciones por causas humanas, este trabajo se enfocaría en aquellos debidos a causas naturales.

El tema es importante, ya que los flujos de las distintas cadenas de suministro tienen gran relevancia en la economía de cualquier nación, debido a que están vinculados a sectores estratégicos, como puede ser el alimentario o el automotriz, entre otros. Por lo tanto, la producción, distribución y transportación de bienes intermedios y/o finales a su destino final es fundamental para la subsistencia humana en cualquier parte del mundo.

Se considera que la investigación que se propone es una contribución al logro del objetivo 6 “Desarrollar integralmente y a largo plazo al sector con la creación y

adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales”, del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, mismo que se encuentra alineado a los objetivos 3.5 “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y a la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible y, 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.

En el primer capítulo se retoma el marco conceptual de Ponomarov, en el que se presentan los conceptos básicos de la resiliencia en la cadena de suministro. En el segundo capítulo 2 se ven algunas características de las cadenas de suministro internacionales, la mayor complejidad respecto a cadenas locales y el resultante aumento en la vulnerabilidad en la misma. En el tercer capítulo se muestran estudios referentes a la experiencia de Toyota ante el gran terremoto de 2011, las plantas afectadas, el tiempo que le llevó regularizar su operación y las enseñanzas que de este evento tuvieron. Finalmente, en el capítulo 4 se presentan algunas estrategias generales para el desarrollo de resiliencia en cadenas de suministro, con el agregado de la adecuación del DMAIC de la filosofía seis-sigma, cuyas herramientas son de gran utilidad para la medición, mejora y control de la cadena.

1. Marco conceptual de Ponomarov

La palabra resiliencia tiene sus orígenes en el latín, donde “resiliō” que significa saltar hacia atrás, retroceder, o rebotar. Fue usada la primera vez por científicos del área de la física, para denotar la característica de un resorte, entendiéndose como la tendencia de un material para regresar a su forma original, después de remover la tensión que ha producido la deformación elástica.

La resiliencia en cadenas de suministros se define como la capacidad adaptativa que tienen las cadenas de suministros para prepararse frente a la ocurrencia de eventos inesperados, responder a interrupciones, y recuperarse de estos manteniendo continuidad en las operaciones a un nivel deseado. Es la capacidad de un sistema para volver a su originalidad, establecer o pasar a un nuevo estado más deseable después de ser perturbado.

La resiliencia está fuertemente relacionada con los conceptos de gestión de riesgo y de vulnerabilidad.

Gestión del riesgo de la cadena de suministro. La identificación de posibles fuentes de riesgo y la implementación de estrategias apropiadas a través de un enfoque coordinado entre los miembros de riesgo de la cadena de suministro, para reducir la vulnerabilidad de la cadena de suministro.

Vulnerabilidad de la cadena de suministro. Es la susceptibilidad de la cadena de suministro a la probabilidad y las consecuencias de las interrupciones.

La vulnerabilidad de la cadena de suministro es una condición latente que solo se manifiesta si ocurre un evento perturbador. Sin embargo, cuanto más alto es la vulnerabilidad de la cadena de suministro, más probable es que sea un evento perturbador y / o más graves sus consecuencias.

La resistencia a los disturbios y la velocidad en la cual el sistema regresa al equilibrio, es la medida de la resiliencia; entre más rápido regrese el sistema a su estado original, es más resiliente.

Globalización en la cadena de suministro

Con la globalización de las cadenas de suministro, la exposición de las empresas a riesgos de desastres se ha expandido a través de las fronteras nacionales como un desastre natural en uno la ubicación geográfica también puede afectar a las empresas en otros lugares. Al mismo tiempo, con la consolidación de proveedores y la aglomeración de producción y la alta densidad consiguiente de activos de

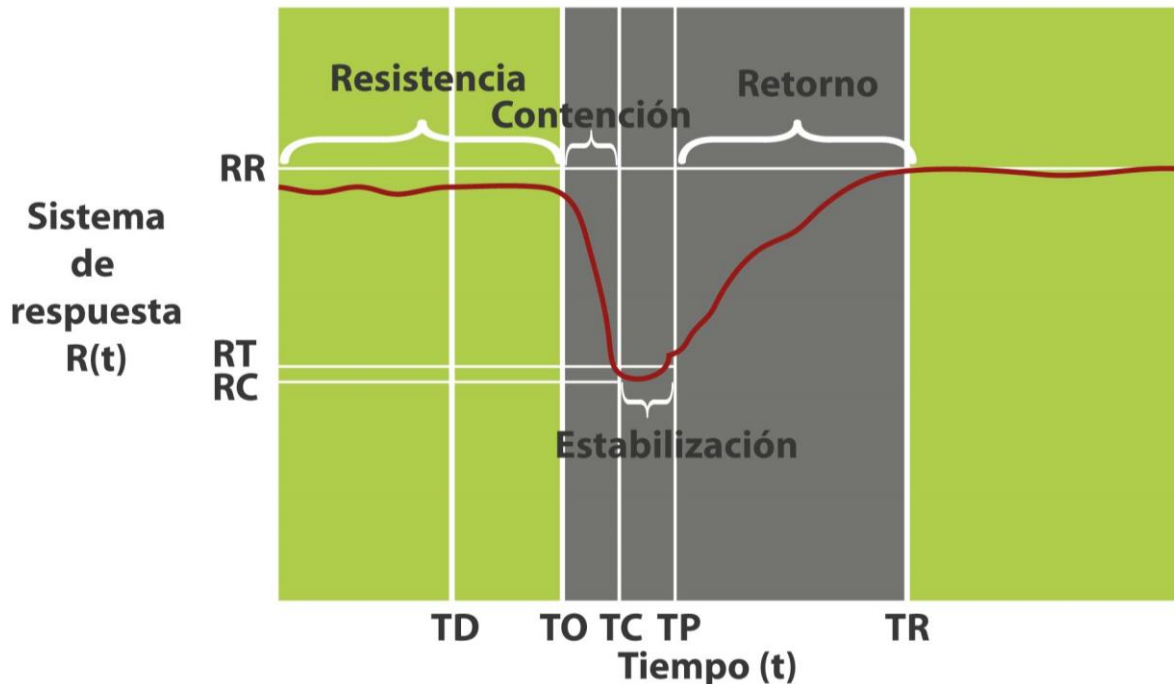
producción y actividades económicas en ciertos lugares, los riesgos se han centralizado en esos lugares.

1.1 Definición de la resiliencia de la cadena de suministro

El concepto de resiliencia tiene como raíz al trabajo de Holling (1973), ecologista que señaló las características de un sistema ecológico resiliente. Desde entonces, la noción de resiliencia se ha aplicado a campos tan diversos como la Psicología, el pensamiento sistémico, la gestión de desastres y, más recientemente, la gestión de la cadena de suministro. De acuerdo con Melnyk, la resiliencia de la cadena de suministro es "la capacidad de una cadena de suministro para resistir las interrupciones y recuperar la capacidad operacional después de que se produzcan las interrupciones".

En cuanto a la capacidad de recuperación, esta es la capacidad de un sistema para volver a la funcionalidad, una vez que se ha producido una interrupción. El proceso de recuperación del sistema se caracteriza por una fase de estabilización después de la cual se puede buscar un retorno a un estado estable de rendimiento. El rendimiento final alcanzado en estado estacionario puede o no volver a adquirir niveles de rendimiento originales, y depende de muchos factores de la disrupción.

La figura 1.1 muestra el impacto de una interrupción en el tiempo, desde el momento en que la interrupción se origina en algún lugar del sistema (en el tiempo TD), hasta que el sistema ha regresado a alguna forma de estado estacionario (TR).



Fuente: Melnyk et al. 2015

Figura 1.1 Factores de resiliencia de la cadena de suministro a través del tiempo.

En esta ilustración se identifican las cuatro etapas de la resiliencia: la resistencia o evitación, la contención, la estabilización y el retorno.

En la figura anterior se identifican dos variables fundamentales para entender el concepto de resiliencia, T y R. T denota el momento en el que ocurre un evento específico; mientras que R denota el impacto relativo del evento medido en términos monetarios, unidades perdidas, entre otros que muestren la afectación al desempeño de la cadena de suministro de una empresa. Tomados en conjunto, el tiempo (T) y la respuesta (R) son importantes porque definen puntos de inflexión en las series de tiempo en donde se puede observar un cambio de estado.

Los intervalos entre los distintos tiempos T identifican rasgos de resistencia y recuperación de la cadena, por ejemplo, TO-TD se refiere a la brecha entre el momento en que ocurrió la interrupción (TD) y el momento en que esa interrupción comenzó a afectar a la empresa (TO); indica cuánto tiempo tomará para que el desempeño de la empresa sea impactado. Este intervalo de tiempo también identifica la cantidad máxima de alerta temprana con que la empresa puede contar para comenzar a tomar medidas para minimizar los efectos negativos de la interrupción.

De la misma manera, el intervalo TO-TC permite identificar el tiempo transcurrido desde que el evento disruptor comienza a afectar el desempeño de la cadena, hasta que este es contenido para que no descienda más.

El tiempo TP indica el momento en que inicia la recuperación; y TR, el momento en que se muestra la recuperación y estabilización del sistema.

Una vez completada la recuperación, las empresas reflexionan a menudo sobre su experiencia para documentar lecciones apropiadas e identificar mejoras en el sistema para reducir riesgos futuros. Esto completa un ciclo de resiliencia de la cadena de suministro de: evitación → contención → estabilización → retorno → revisión → evitación.

1.1.1 Resistencia y recuperación

La cadena de suministro resiliente requiere dos capacidades críticas: la capacidad de resistencia y la capacidad de recuperación.

- La resistencia define la capacidad de la cadena de suministro para retrasar una interrupción y reducir el impacto una vez que se produce la interrupción.
- La recuperación define la capacidad de la cadena de suministro para recuperarse de una interrupción.

Aunque la evitación total de una interrupción de la cadena de suministro es una meta deseable, los accidentes y las interrupciones seguirán ocurriendo. Es por eso que las empresas necesitan desarrollar la capacidad de tratar directamente con eventos que son inevitables.

Si bien las empresas claramente preferirían tener una alta capacidad de resistencia y recuperación, es más probable que las empresas tengan una mezcla de estas cualidades. Teniendo en cuenta las limitaciones de recursos y los factores competitivos, es posible que las empresas necesiten elegir dónde es mejor invertir recursos limitados.

Con esto en mente, la matriz de resistencia y recuperación (figura 1.2) caracteriza posibles posiciones en las que una empresa podría encontrarse con respecto a niveles variados de estos atributos.

De acuerdo con la figura siguiente, las cadenas de suministro que exhiben bajas capacidades -tanto de resistencia como de recuperación- tendrían baja resistencia: Experimentarían casi todas las interrupciones, al tiempo que tendrían recuperaciones lentas y débiles como resultado de la falta de capacidad para recuperarse eficazmente. Estas cadenas de suministro son "frágiles".

En contraste con las cadenas de suministro con baja resistencia, aquellas que exhiben altos niveles de resistencia son capaces de evitar más fácilmente los riesgos potenciales. Cuando también poseen la capacidad para una recuperación efectiva, rápidamente se recuperan de aquellos eventos que son inevitables. Tales cadenas de suministro se clasifican como "resistentes".

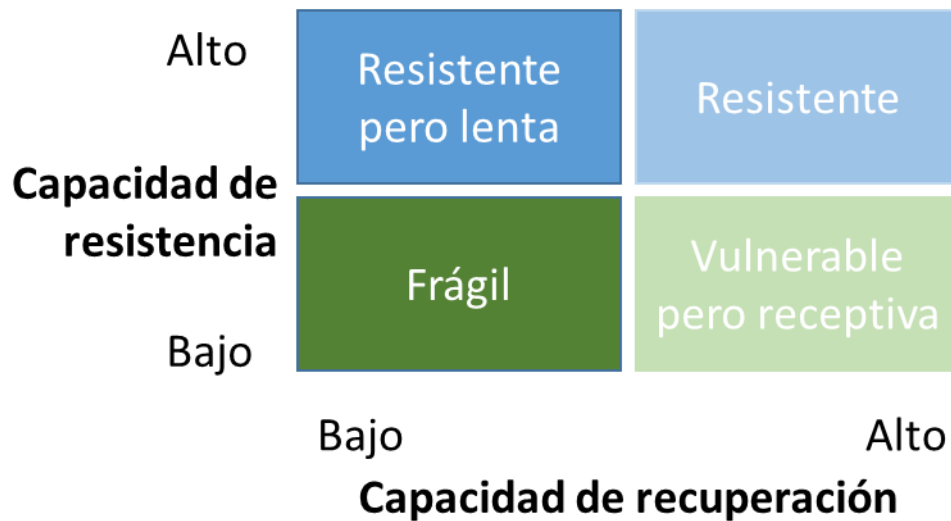


Figura 1.2. Matriz de resistencia contra recuperación

En algún lugar entre frágil y resistente hay dos posiciones intermedias. Las cadenas de suministro que se caracterizan por una capacidad para minimizar adecuadamente las interrupciones, pero una capacidad insuficiente para recuperarse rápidamente, son cadenas de suministro "resistentes pero lentas". Estas cadenas de suministro presentan altos niveles de resistencia, pero si el sistema se interrumpe en última instancia, los impactos de la cadena de suministro son negativos.

La otra posición media se caracteriza por cadenas de suministro que presentan baja resistencia a eventos perturbadores, pero rápidamente superan su impacto. Estas cadenas de suministro se denominan "vulnerables pero receptivas". Al igual que un fusible eléctrico en un edificio, éstas pueden ser desconectadas fácilmente, pero tienen la capacidad de recuperarse rápidamente.

1.1.2 Resiliencia, Riesgo e Incertidumbre de la Cadena de Suministro

Las diferencias entre la resistencia de la cadena de suministro, el riesgo y la incertidumbre son a menudo borrosas y poco claras. Lamentablemente, esta cuestión se ve exacerbada por el hecho de que algunos utilizan el riesgo y la incertidumbre de forma intercambiable; lo que implica que estos dos conceptos sean los mismos. Sin embargo, este no es el caso; si bien están vinculados, son conceptos separados y distintos.

Christopher y Peck (2004) ven el riesgo como la "variación en la distribución de resultados posibles y su probabilidad"; el cual puede ser puesto en función de su probabilidad de ocurrencia y de su severidad o impacto.

Existe el riesgo de que las empresas tengan que lidiar con las posibilidades de encontrar situaciones que puedan afectarles negativamente. Sin embargo, no todos los eventos futuros son igualmente desconocidos. La experiencia de sucesos pasados permite tener una idea de eventos posibles de ocurrir, su probabilidad e impacto.

Las empresas pueden predecir la probabilidad de estos eventos durante un período establecido para ayudarles a determinar cómo reaccionar potencialmente cuando se producen. Los eventos con mayor probabilidad y un impacto potencial significativo requieren una mayor preparación.

En contraste, la incertidumbre considera eventos impredecibles; puesto que no se han encontrado previamente. Lo anterior implica que el tipo de acontecimiento se encuentra fuera de la experiencia pasada.

Para entender las diferencias, se ejemplifica con lo que sucedió en la planta nuclear de Fukushima, después del terremoto de Tohoku y el tsunami; lo que

causó el desalojo de 100000 personas, de sus hogares. Cuando 11 de los 50 reactores nucleares de Japón cerraron inmediatamente después del terremoto, la capacidad de producir electricidad se redujo un 40 por ciento.

Melnik et al. (2015) establecen que cuando la planta fue construida por primera vez en la década de 1960, la altura máxima esperada de un tsunami era de 5 metros; por lo que el dique construido en la planta para resistir este evento de riesgo potencial fue de 5,7 metros. Sin embargo, la ola generada por el tsunami que azotó la planta fue de 13 a 15 metros de altura. Este evento refleja la incertidumbre que siempre está presente. Si bien se hicieron planes para resistir una ola de tsunami, los planificadores no previeron que un tsunami tan grande golpeará la planta.

Al diferenciar entre el riesgo y la incertidumbre, se identifica una importante regla para la resiliencia: Cuando se enfrenta principalmente por el riesgo, tiene sentido invertir en mejorar la resistencia; Cuando se trata de la incertidumbre, es más apropiado invertir en mejorar las capacidades de recuperación.

De acuerdo con Melnik, las interrupciones pueden ser clasificadas como eventos aleatorios, accidentales o intencionales. El método de estimar la probabilidad de cada clase difiere. Las probabilidades de fenómenos aleatorios como terremotos, huracanes, inundaciones o tormentas eléctricas pueden estimarse a partir de datos históricos. La probabilidad de accidentes también puede ser valorada desde datos de la industria respectiva, eventos previos o programas de seguridad de la empresa. En cuanto a interrupciones intencionales, la probabilidad es más difícil de estimar debido a que puede estar en función de acciones o decisiones específicas de una empresa en particular.

La vulnerabilidad hacia un riesgo específico varía considerablemente de compañía a compañía, ésta es más alta cuando tanto la probabilidad como el impacto de la

disrupción son altos. En el otro extremo, eventos que rara vez suceden y que tienen poca repercusión en el desempeño de la empresa representan los niveles más bajos de vulnerabilidad.

Disrupciones que combinan alta probabilidad y bajas consecuencias son parte de la operación diaria en el flujo normal de negocios, mientras que aquellas disrupciones con poca probabilidad, pero alto impacto hace necesaria una planeación tal que permita regresar a la actividad normal; ver figura 1.3.

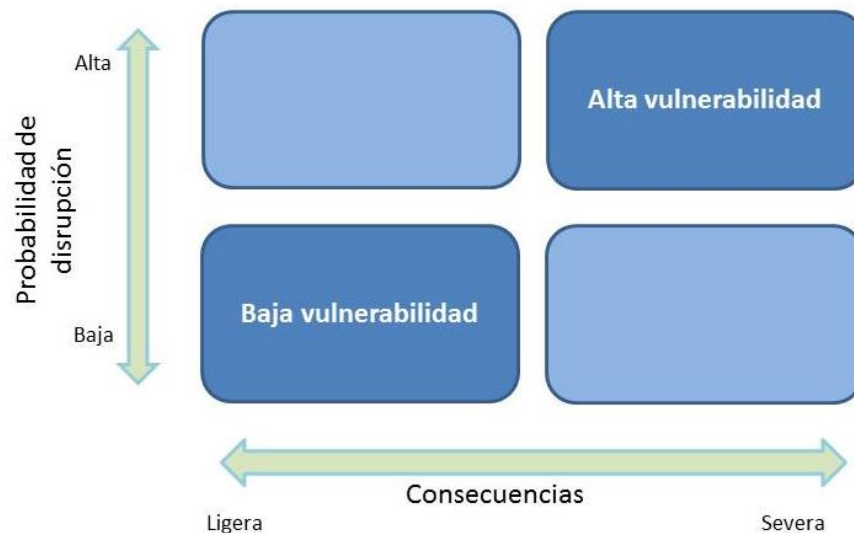


Figura 1.3. Vulnerabilidad de la operación en función de la probabilidad e impacto

1.2 Marco de Ponomarov y Holcomb

Ponomarov y Holcomb (2009) proponen un modelo con base en la importancia relativa de las capacidades logísticas, durante las fases de resiliencia en la cadena de suministro: preparación, respuesta y recuperación.

Dicho modelo parte de la siguiente proposición:

P1. Entre mejor sea la integración dinámica de las capacidades logísticas, mayor será la resiliencia en la cadena de suministro.

El modelo incorpora tres principios basados en el concepto de resiliencia psicológica (control, coherencia y conectividad) como parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro. Las relaciones hipotéticas entre las fases y elementos se presentan a continuación:

Control Calidad logística, eficiencia, minimización de costo, capacidad de cobertura en riesgo, respaldo de sistemas y procesos oportunidad, aplazamiento reducción del tiempo de ciclo

Coherencia Efectividad de procesos logísticos, planeación sistemática de contingencias Flexibilidad, agilidad Servicio al cliente, eficiencia de operaciones de almacén, gestión del conocimiento

Conectividad Actualizaciones de tecnologías de información, construcción de relaciones en cadenas de suministro Intercambio de información Sistemas y proceso altamente integrados

Las capacidades logísticas son colocadas estratégicamente dentro del modelo, de tal manera que se refleje su importancia relativa en cada fase de resiliencia. Estas capacidades son agrupadas en tres categorías mayores como coherencia, conectividad y control.

En el contexto de la cadena de suministro, el control se refiere a la dirección y regulación de acciones estratégicas y tácticas dentro de la cadena.

Ponomarov comenta que la planeación y el control de operaciones son componentes necesarios para una gestión exitosa de la cadena de suministro; ya que, ante escenarios inciertos, estos elementos permiten con precisión el impacto del entorno en el que se desenvuelve la cadena de suministro. Por otra parte, establece que el desempeño de la cadena de suministro es altamente sensible ante el desarrollo de mecanismos de control operacional; por lo que realiza la siguiente proposición:

P2. Entre más grande es la resiliencia de la cadena de suministro será mejor el control de las capacidades logísticas ante una disrupción en la cadena.

En la literatura de gestión de emergencias, Coherencia es definida como el entendimiento mejorado que resulta de eventos disruptivos o amenazas potenciales. Se debe tener procesos para proveer orden y estructura que reduzcan la incertidumbre; un sistema sin este elemento de resiliencia sería incapaz de prevenir o contrarrestar los resultados de una disrupción.

La coherencia vista desde la perspectiva de la cadena de valor sugiere que su meta es construir una coherencia dentro de la cadena de suministro tal; que la red tenga la capacidad de actuar e innovar para tener un mejor valor, así como para lograr ventajas competitivas.

Con estas perspectivas de coherencia, Ponomarov formula la siguiente proposición.

P3. Entre mayor es la resiliencia de la cadena de suministro, se tiene una mejor coherencia de las capacidades logísticas cuando ocurre una disrupción.

La conectividad es el tercer principio psicológico de resiliencia que se refiere al comportamiento de la gente para actuar unidos en tiempos de desastre.

Desde el punto de vista de la cadena de suministro; la conectividad es comúnmente definida como el grado en que un grupo de proveedores, fabricantes, distribuidores, 3PL, minoristas y clientes desarrollan una red integrada para coordinarse de manera eficiente.

La red integrada provee una coordinación sistemática de esfuerzos para evitar el desperdicio de recursos y para garantizar la replicación de resultados. Una comunidad resiliente se caracteriza por esta interconectividad.

P4. Entre mayor es la resiliencia de la cadena de suministro, mayores serán los niveles de integración (conectividad) a través de las capacidades logísticas cuando se esté ante una disrupción.

El compartir tanto riesgos como recompensas entre los miembros de la cadena es uno de los componentes clave de una efectiva gestión. El compartir riesgos requiere de análisis y evaluación continuos de riesgos, lo cual solo es posible con el soporte de la alta dirección de las empresas involucradas.

Las cadenas de suministro usualmente operan en un ambiente de negocios dinámico, donde situaciones específicas de riesgo dependen de múltiples factores. Para evaluar la exposición de la cadena de suministro, los miembros de la cadena deben identificar los riesgos directos e indirectos, así como las causas potenciales y las fuentes de esos riesgos en cada arco significativo a lo largo de la cadena. De esta manera, la evaluación y repartición del riesgo entre los miembros es un elemento esencial para su mitigación.

El compartir riesgos habilita una toma de decisiones efectiva bajo condiciones de incertidumbre, y fortalece las relaciones entre las capacidades logísticas y la resiliencia de la cadena de suministro:

P5. Entre mayor es el nivel de reparto de riesgo de una cadena de suministro (basado en un análisis y evaluación continuos del riesgo, así como en el apoyo de la alta dirección), más fuerte será la relación entre las capacidades logísticas y la resiliencia de la cadena de suministro.

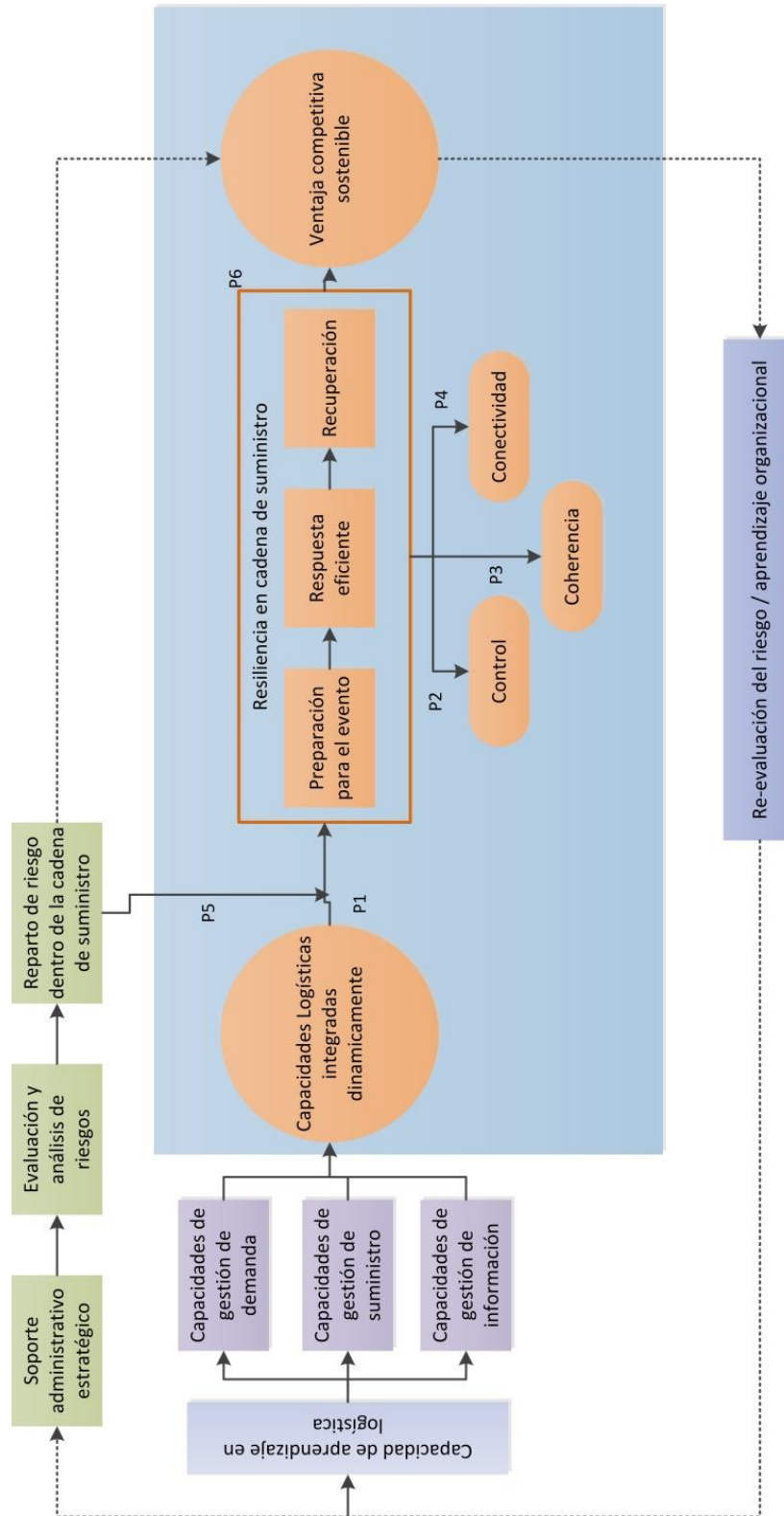
La ventaja competitiva es creada a través de las cualidades logísticas, las cuales comprenden las capacidades de demanda, abastecimiento y alta dirección. Se ha encontrado que las empresas que tienen los tres tipos de capacidades (de afuera hacia adentro, de adentro hacia afuera y a través de la cadena) son capaces de actuar y anticiparse ante cambios en el mercado. La naturaleza dinámica de los negocios globales necesita que una cadena de suministro sea capaz de adaptarse a los cambios. Más aun, deben ser capaces de manejar de manera eficiente eventos o disrupciones inesperados. Esta resiliencia distingue a una empresa de sus competidores; esto es, construye una ventaja competitiva que es sostenible. De ahí

que sea apropiado examinar el papel de las capacidades logísticas en producir ventajas competitivas sostenibles:

P6: Entre mayor es la resiliencia, mayor es la ventaja competitiva sostenible.

La figura 1.4 corresponde al marco conceptual propuesto por Ponomarov. Este marco incluye las seis proposiciones mostradas en el capítulo, además del elemento de aprendizaje organizacional.

Finalmente, el modelo toma en cuenta aspectos de aprendizaje en la resiliencia que en Ponomarov (2009) han sido discutidos desde la perspectiva de las ciencias sociales y ecológicas. La capacidad de aprender a partir de un evento inesperado para estar mejor preparado para futuras disrupciones es una propiedad primordial de la resiliencia.



Fuente: Ponomarov, 2009

Figura 1.4 Marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro

2. Cadenas de suministro internacionales

Las redes de suministro están compuestas por un gran número de empresas de múltiples industrias interrelacionadas. Dichas redes están sujetas a estrategias y objetivos cambiantes dentro de un entorno dinámico.

En la actualidad, la gestión de la cadena de suministro (CS) implica adaptarse a los cambios en una complicada red global de organizaciones. Una red de suministro típica consiste en relaciones entre empresas que pueden conectar múltiples industrias. Como resultado, las decisiones de la red de suministro a menudo requieren la consideración de una gran cantidad de factores desde múltiples dimensiones y perspectivas. Dos temas emergentes que los gerentes encuentran frecuentemente al tomar estas decisiones son (i) las complejidades estructurales de sus cadenas de suministro interconectadas y (ii) la necesidad de aprender y adaptar su organización en un entorno en constante cambio para asegurar su supervivencia a largo plazo.

2.1 Desarrollo de cadenas globales

Gracias a la liberalización del comercio y también debido a las continuas presiones de reducción de costos de los clientes, las empresas se han extendido en todo el mundo para aprovechar al máximo la ventaja comparativa de cada ubicación. Muchas industrias han adoptado cadenas de suministro globales altamente integradas en las que los productos se suministran, fabrican y distribuyen a través de actividades *offshore* y estrategias de subcontratación. Al mismo tiempo, las economías de escala han impulsado la consolidación y aglomeración de las empresas en las cadenas de suministro, que a su vez han promovido la consolidación logística. Como resultado, las cadenas de suministro se están volviendo más complejas con una cobertura geográfica más amplia, lo que ha aumentado la invisibilidad de las cadenas de suministro.

Las actividades *offshore* se refieren a actividades que utilizan instalaciones ubicadas en un país distinto al de la empresa matriz y pueden incluir producción, servicio y abastecimiento. La motivación para las actividades offshore ha sido principalmente el costo, incluida costo de mano de obra, una mayor eficiencia de costos con una escala de producción más grande y posiblemente costos financieros más bajos, como los costos de endeudamiento y las tasas impositivas. Un ejemplo de actividades offshore es la red de producción en el extranjero de Toyota, que realizaba en 2012 su negocio en 26 países y regiones, con 50 operaciones de fabricación en el extranjero. A partir de 2011, los vehículos de Toyota desde estas bases de producción se suministraron a más de 170 países y regiones (Toyota, 2012).

El outsourcing representa uno de los mayores cambios en las prácticas comerciales globales. En la actualidad, las empresas no solo adquieren materiales y piezas de proveedores en el extranjero, sino que también subcontratan diversas funciones, como el diseño de productos y los servicios logísticos (por ejemplo, productos llave en mano y almacenamiento de terceros) que se proporcionaban de manera convencional en la empresa. La lógica detrás de esta tendencia es que la subcontratación puede permitir que las empresas se centren en sus actividades de valor agregado principales, donde tienen una clara ventaja. La eficiencia general aumenta porque cada empresa en la cadena de suministro puede maximizar su ventaja competitiva a través de la asignación de recursos estratégicamente enfocada (Christopher y Holweg, 2011). En consecuencia, la cadena de suministro se convierte en una red que involucra proveedores de múltiples niveles y proveedores de servicios. Las empresas focales se encuentran en el centro de una red de producción internacional (cadena de suministro global), vinculada con varias entidades interrelacionadas pero independientes.

Como resultado de la subcontratación, para aprovechar los costos más bajos en cada ubicación y para penetrar en mercados extranjeros intactos, las cadenas de suministro se han extendido de un lado a otro del mundo (Christopher y Holweg, 2011). A diferencia de una cadena de suministro local (nacional), una cadena de suministro global implica transportar grandes cantidades de suministros a través de largas distancias, lo que aumenta la frecuencia de uso de instalaciones de distribución multimodal

Otra tendencia predominante es la consolidación de proveedores, que se refiere a la reducción por parte de las empresas de su número total de proveedores al tiempo que aumenta el negocio con proveedores individuales. En algunos casos, esta estrategia corporativa se ha extendido a un "abastecimiento único" en el que un proveedor podría proporcionar una entrada de negocios (por ejemplo, una parte, componente o módulo). Con esta estrategia, las firmas focales tienen como objetivo establecer asociaciones sólidas con sus proveedores y lograr ventajas de precio de las economías de escala y poder de negociación, al tiempo que utilizan la experiencia de los proveedores en investigación y desarrollo (I + D), diseño, producción y distribución. También reduce los costos de transacción, con menos pedidos que deben ser administrados por las firmas focales. Como ejemplo, en la figura 2.1 se puede observar el ejemplo de un vehículo de Toyota, para el cual se tienen diversos proveedores de para sus principales sistemas de componentes

Una tendencia similar es la aglomeración de la producción, que se refiere a la concentración geográfica de las instalaciones y actividades de producción. Las empresas de la misma industria tienden a ubicarse muy cerca unas de otras, lo que lleva a la concentración geográfica de la industria. Los productores de productos sustituibles se ubican muy cerca entre sí para reducir los costos de producción. La aglomeración de la producción también es impulsada por economías de escala. La aglomeración en una ubicación particular también está generalmente relacionada con la accesibilidad a los recursos naturales (como el petróleo o el clima soleado) u

otros recursos (como la mano de obra de bajo costo) o debido a las condiciones comerciales favorables en esa ubicación.

Otra tendencia es la consolidación logística, que se refiere a la combinación de dos o más envíos para lograr menores costos de transporte. Por ejemplo, los insumos y componentes de varios proveedores para un sitio de producción se pueden combinar en una sola entrega en lugar de que cada proveedor entregue pequeñas cantidades por separado. Esto permite a los proveedores compartir los costos de transporte, almacenamiento y administración.



Fuente: Automotive News, agosto 2015

Figura 2.1. Proveedores para la Toyota Tacoma 2016

Esta tendencia ha estado acompañada por el surgimiento de empresas de logística y distribución de terceros 3PL, incluidos varios proveedores de servicios llave en mano que se especializan en brindar un servicio de consolidación en ruta (Christopher y Holweg, 2011). La expansión de las cadenas de suministro globales combinada con la consolidación logística también ha aumentado la dependencia de los enlaces de distribución en las instalaciones de distribución internacionales seleccionadas, incluida la infraestructura de transporte, los sistemas logísticos y la infraestructura de comunicación.

Si bien la racionalización de las redes de producción, la consolidación de proveedores y la aglomeración de la producción han aumentado la importancia de ciertos proveedores y ubicaciones al concentrar los activos físicos y las instalaciones de producción, la estructura de las cadenas de suministro se está

volviendo más compleja, con más nodos de producción individuales y enlaces de distribución involucrados a través de las fronteras. En consecuencia, se ha vuelto más difícil para las empresas focales identificar los riesgos en la cadena de suministro.

2.2 Relación entre complejidad y resiliencia en una cadena de suministro

Una interrupción de la cadena de suministro se define como una descompostura importante en un nodo de producción o un enlace de distribución que forma parte de una cadena de suministro. Los desastres naturales son una de las causas de las interrupciones en las cadenas de suministro. Por lo general, causan daños generalizados a varias empresas e instalaciones al mismo tiempo. Esto tiene un impacto severo en una industria y, a menudo, se requiere un tiempo significativo para la recuperación de desastres naturales.

Con la globalización de las cadenas de suministro, la exposición de las empresas a los riesgos de desastres se ha expandido a través de las fronteras nacionales, ya que un desastre natural en una ubicación geográfica también puede afectar a las empresas en otras ubicaciones. Además, con las actividades offshore y de subcontratación, el nivel de interdependencia entre las empresas ha aumentado, lo que ha aumentado la vulnerabilidad debido a que la interrupción de incluso una parte de la cadena de suministro global puede dar como resultado el fracaso operacional de las otras partes. Si bien la empresa focal puede reconocer algunos nodos o enlaces propensos a desastres dentro de la cadena de suministro, la producción fragmentada ha reducido el grado de control y monitoreo de la empresa focal sobre los nodos de producción y los enlaces de distribución.

Al mismo tiempo, con la consolidación de los proveedores y la aglomeración de la producción y la consiguiente alta densidad de instalaciones y actividades económicas en ciertos lugares, los riesgos se han centralizado en dichos lugares. Cuando los desastres afectan las áreas donde se concentran las instalaciones de producción, las cadenas de suministro se interrumpen, lo que ocasiona importantes pérdidas estructurales en toda la red de producción e incluso a industrias relacionadas. Durante el período de desastre y recuperación, otras empresas en la cadena de suministro pueden encontrar dificultades para encontrar proveedores o clientes sustitutos adecuados en otros lugares, haciendo que el impacto del desastre dure más tiempo. Además, la dependencia de las instalaciones de distribución internacional ha aumentado la vulnerabilidad al desastre, ya que el daño a estas instalaciones puede fácilmente conducir a la interrupción de la cadena de suministro.

Algunas estrategias de gestión de la cadena de suministro ampliamente adoptadas también aumentan los riesgos de problemas en situaciones de desastres naturales. Particularmente la práctica "justo a tiempo" y la administración de la cadena de suministro lean, que requieren entregas de suministros más frecuentes,

minimizando el tiempo y el inventario sin valor agregado. Estos modelos de maximización de la eficiencia en los negocios aumentan el nivel de interdependencia entre las empresas y, en consecuencia, aumentan las posibilidades de una interrupción de la cadena de suministro. Además, la compresión del tiempo sin valor agregado en la transferencia y el almacenamiento del inventario puede eliminar el búfer de riesgo esencial entre los nodos de producción y profundizar el impacto negativo cuando ocurren peligros naturales en la cadena de suministro global. Por ejemplo, cuando un desastre golpea a un proveedor o un enlace de distribución e interrumpe la cadena de suministro, la empresa focal que adopta las prácticas "justo a tiempo" se encontrará repentinamente con la suspensión de la producción debido a la escasez de suministro y el efecto negativo se transmitirá rápidamente a la cadena de suministro aguas abajo.

Además de la pérdida debida al daño directo y el costo de recuperación, los desastres naturales pueden causar problemas de flujo de efectivo entre las empresas participantes si los socios en la cadena de suministro no pueden liquidar sus cuentas por pagar a tiempo, y por lo tanto representan una amenaza para la situación financiera de una empresa. Las perspectivas financieras negativas pueden aumentar la preocupación de las instituciones financieras y plantear obstáculos para que las empresas obtengan recursos financieros externos durante la fase de recuperación.

Las instituciones financieras también pueden verse afectadas por interrupciones en la cadena de suministro causadas por desastres naturales. Además de las pérdidas en la industria de seguros, las dificultades financieras de las empresas clientes causadas por desastres y las subsiguientes interrupciones de la cadena de suministro pueden crear problemas inesperados en el reembolso de los préstamos y, a su vez, socavar la estabilidad de las instituciones financieras.

Por otra parte, existe un número cada vez mayor de pequeñas y medianas empresas (PYME) que participan en las cadenas de suministro mundiales, suministrando piezas y componentes que requieren mucha mano de obra o proveedores de otros servicios básicos, generalmente a base de subcontratación. Los socios más grandes en la cadena de suministro global a menudo aprovechan la mayor flexibilidad de las PYME y su capacidad de adaptación a las condiciones económicas locales y la capacidad para atender pedidos de cantidades más pequeñas, pero se ha identificado a las PYME como un grupo altamente vulnerable a los desastres en la cadena de suministro.

Las cadenas de suministro globales se asocian con una lista interminable de riesgos potenciales, como defectos de calidad, altos niveles de inventario y demoras que son manejables desde una perspectiva operativa. Los riesgos ambientales externos, como el próximo desastre natural, la agitación política, los ataques terroristas, los disturbios laborales u otros eventos son imposibles de predecir y pueden causar estragos en las empresas y las cadenas de suministro. La ocurrencia

de eventos negativos no es ocasional, por ejemplo, la interrupción del suministro puede ser causada por un incendio o una huelga en la planta del proveedor.

Las volatilidades en el mercado también son causas importantes de complejidad que pueden tener efectos indeseables. Los desajustes en la demanda y la oferta surgen principalmente debido a la volatilidad del mercado. Y, hay costos de oportunidad que están asociados con estos desajustes.

Como ejemplos se incluyen una disminución en las ganancias trimestrales en 1996 por \$900 millones de dólares para General Motors debido a una huelga laboral de 18 días en una fábrica de proveedores de frenos que detuvo a los trabajadores en 26 plantas de ensamblaje. De manera similar, la pérdida de \$2.6 mil millones de dólares de Boeing en 1997 debido a la falla de dos proveedores clave en entregar partes críticas a tiempo.

Reducir los costos sin pensar en una estrategia a largo plazo no siempre ofrece los resultados deseados. Los costos laborales más baratos, por ejemplo, pueden hacer que los países en desarrollo se vean como opciones atractivas para los socios, pero la incertidumbre política o relacionada con la infraestructura puede hacerlas opciones más costosas a largo plazo. De hecho, los profesionales creen que los programas de reducción de costos pueden haber reducido la capacidad de recuperación de su cadena de suministro. Si los precios del petróleo aumentaran de \$100 a \$150 dólares por barril, los costos totales de la cadena de suministro podrían aumentar en un 3%. El impacto de tal aumento en los resultados de una empresa sería enorme. También hizo hincapié en los costos de transporte, que se vuelven más importantes, en relación con los costos de producción e instalaciones, a medida que aumentan los precios del petróleo. La interrupción de la cadena de suministro resultante de disputas laborales, tecnología de la información (TI) o falla de la utilidad, e infracciones a la propiedad intelectual (IP), disputas laborales, o falla de la utilidad fue una preocupación para las compañías en el pasado, han sido reemplazadas por factores tales como las fluctuaciones del precio de la moneda y la energía, las dudas sobre la confianza de los clientes, la insolvencia de los proveedores y el proteccionismo (Simchi-Levi y Fine 2010). La presión se está acumulando sobre las empresas y las cadenas de suministro para aumentar su capacidad de recuperación de la cadena de suministro.

Las complejidades típicas de abastecimiento surgen debido a las diferencias en las capacidades de comprador-proveedor, procesos y falta de comunicación, tasa de cambio, volatilidad y percepción gerencial de la incertidumbre. Del mismo modo, el tipo de relación basada en la especificidad de los activos también es un tema importante. Para suministros estandarizados de bajo valor, como tuercas y tornillos, donde una gran cantidad de proveedores compiten en precio, se prefiere una relación transaccional. Por otro lado, para suministros con alta especificidad de activos, una relación estratégica es el tipo preferido de relación si no se produce internamente.

2.2.1 Etapas para manejar la complejidad en la cadena de suministro

Para administrar cadenas globales evitar las complejidades, se muestran pasos básicos seguidos por empresas focales antes de que participen en dichas cadenas.

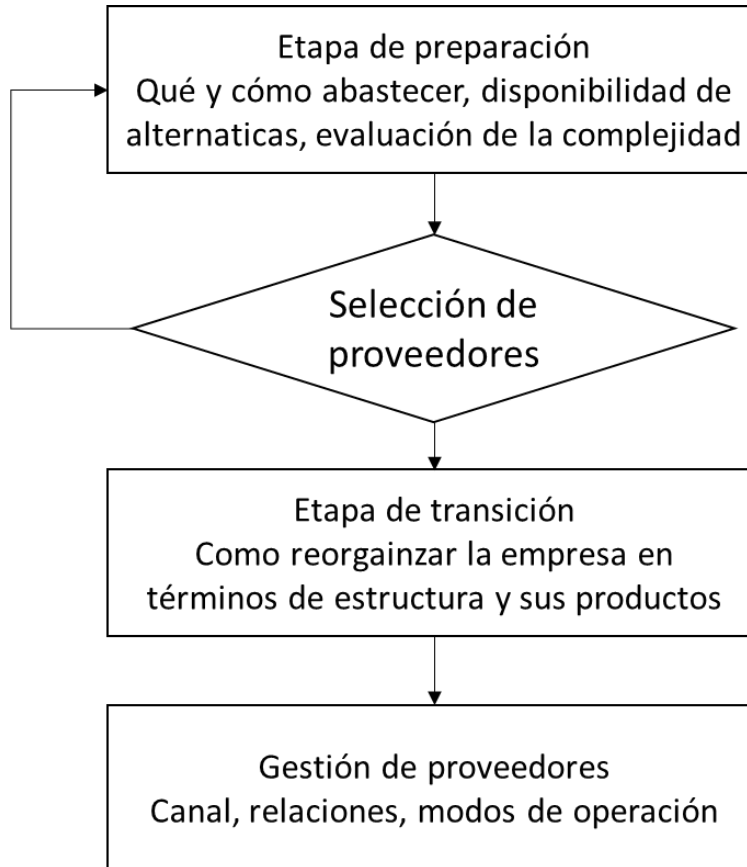


Figura 2.2. Etapas de gestión de la capacidad de cadenas de suministro internacionales

Etapas de preparación. Las firmas focales que planean comprometerse en cadenas globales deben prepararse marcando la lista de verificación de la siguiente manera: (i) determinan el costo total; (ii) evaluar internamente para aprovechar las oportunidades y neutralizar las amenazas y la planificación de la capacidad global para pronosticar las necesidades futuras del cliente interno; (iii) evaluar las opciones para el canal de compra; (iv) evaluar la iniciativa y el punto de referencia de la cadena con sus pares; (v) decidir la ubicación de abastecimiento en función de la importancia marcada para el costo de transporte e inventario; (vi) verificar si las firmas focales han implementado enfoques de administración de costos totales en el proceso de abastecimiento y (vii) hasta qué punto son flexibles para satisfacer las demandas fluctuantes.

Etapas de selección de proveedores. Los principales criterios para la selección de proveedores son (i) identificar proveedores calificados y (ii) negociar con los proveedores. Normalmente, las firmas focales necesitan evaluar tanto la capacidad

de producción del proveedor como la capacidad de desarrollo de nuevos productos al seleccionar proveedores. Estos criterios incluyen: calidad, flexibilidad, confiabilidad, capacidad de respuesta y costo. Además, deben incluir la capacidad de gestión de TI y conocimiento.

Etapas de transición. Una vez que las firmas focales tienen proveedores adecuados, entonces deben iniciar los rediseños de los procesos de negocios basados en la administración de proveedores in situ y la comunicación cara a cara. Si es posible, sea cual sea el producto que adquieran, necesitan evaluar los rediseños de productos para reducir la necesidad de equipos de automatización de capital intenso, así como aumentar el grado de contenido laboral y viceversa.

Gestión de proveedores. La gestión de los proveedores depende de tres aspectos, como el canal, la relación y el modo de operación. Al decidir el canal adecuado que podría tener un personal dedicado que se dirija específicamente a dicha cadena o que haya contratado servicios de terceros, entre otros esquemas

La relación es otro elemento que debe ser considerado por las empresas focales mediante la formulación de un contrato estratégico a largo plazo y la opción de compartir tecnologías. La relación cercana y la comunicación abierta entre la compañía focal y sus proveedores podrían aumentar la capacidad de respuesta de los proveedores.

2.2.2 Marco de resiliencia de cadenas globales que relaciona complejidades y estrategias

En el contexto de las cadenas globales, la complejidad tiene un mayor impacto en el rendimiento de la cadena de suministro. Es uno de los factores clave del costo excesivo junto con el inventario en el sistema. Además, tiene un gran impacto en la flexibilidad, resistencia y capacidad de respuesta de las cadenas de suministro. La complejidad hace que una cadena de suministro sea inflexible e ineficiente ya que dificulta la entrega a tiempo y crea problemas para la calidad del producto. Cuanto más compleja sea la cadena de suministro, mayor será la posibilidad de que falle en una o más de sus funciones, y las fallas ponen en peligro las relaciones de una empresa con los clientes. A pesar de esto, la mayoría de las cadenas de suministro no están dirigidas estratégicamente para reducir la complejidad de la cadena de suministro.

La naturaleza de la relación (ver Figura 2.3) entre las complejidades y las estrategias de gestión proactivas sobre la capacidad de recuperación de la cadena de suministro tiene diferentes resultados, como riesgo e innovación, beneficios y desafíos y capacidad de respuesta. Si la asociación entre complejidad y resiliencia es más fuerte que las estrategias de gestión proactivas, el posible resultado neto sería un riesgo para las compañías. Las compañías proactivas intentarán igualar la solidez de la asociación entre complejidad y las estrategias proactivas con la resiliencia para obtener beneficios. Las compañías orientadas a largo plazo tratarán

de construir estrategias proactivas adecuadas para superar la complejidad a fin de responder y aprovechar las oportunidades que los clientes pagarán.



Figura 2.3. Marco de resiliencia en cadenas de suministro globales

2.3 La estructura de la red de suministro de Toyota: un análisis empírico

De acuerdo con Kito et al. 2014, se han estudiado desde distintas perspectivas disciplinarias el cómo las empresas se relacionan con su red ampliada de compradores y proveedores. El tema es de interés para la economía, la geografía económica y todas las subdisciplinas de administración y ciencias de la organización.

Hay muchos temas en juego: la división del trabajo entre empresas, los patrones de dependencia y poder relativos, y la configuración geográfica de la red tienen implicaciones políticas, sociales y económicas. Las capacidades de las empresas para desarrollar nuevas tecnologías, extraer valor, defenderse de la competencia y administrar los costos pueden estar relacionadas con la estructura y el modo de interacción con la base de suministro. Es probable que las redes de suministro incluyan miles de empresas distintas, y la limitación con respecto al tamaño y la información contextual disponible dan como resultado una visión un tanto distorsionada de las redes de suministro de interés. El autor usó análisis de redes sociales (SNA) a un conjunto de datos completo además de aumentar el análisis con medidas cuantitativas adicionales y una interpretación descriptiva. El alto rendimiento de Toyota ha atraído una atención constante, ya que la literatura anterior sugiere que los aspectos morfológicos y funcionales de su estructura de red de suministro (el "keiretsu") contribuyen a su ventaja competitiva.

La estructura es un llamado 'keiretsu vertical', la formación distintiva de relaciones entre un ensamblador automotriz japonés y sus proveedores, se ha representado en forma estilizada como una pirámide escalonada, en la cual una compañía determinada interactúa con, y solo con, sus proveedores en el nivel directamente debajo. A su vez, estos proveedores tienen sus propios proveedores directos en el nivel por debajo de ellos, y la cadena de suministro se forma naturalmente con una

jerarquía clara, lo que garantiza que el alcance del control para cada empresa sea manejable.

La dependencia de las empresas periféricas de sus clientes directos crea una cadena que, en última instancia, hace que todos los proveedores dependan del ensamblador principal (en este caso, Toyota), lo que, como resultado, galvaniza a los proveedores con incentivos para trabajar juntos por el bien común y, de hecho, para asegurar su propia supervivencia.

El diagrama de red de la red de suministro de Toyota se forma por 580 empresas en el Nivel 1, 1476 en el Nivel 2 y 136 en el Nivel 3. En esta red de suministro de Toyota, se encuentran 3993 vínculos inter-niveles (aquellos que conectan empresas en diferentes niveles) y 1541 vínculos intra-nivel (realizados dentro de un nivel), lo que significa que un notable 29% de los lazos dentro de la red de Toyota son los lazos laterales. Especialmente, 1069 conexiones entre niveles de 1541 conectan un par de proveedores de Nivel 1, lo que indica el grado particularmente alto de conectividad lateral en el Nivel 1. Esto demuestra la borrosidad de los límites de nivel y la complejidad resultante de la red en su conjunto, y contrasta con estudios anteriores que han enfatizado la naturaleza jerárquica de la red.

De acuerdo con Kito et al. 2014, además de Toyota, hay 12 ensambladores japoneses que se identifican como clientes de los proveedores de Toyota, verificando un alto grado de conectividad en la red de la industria automotriz japonesa, y también la presencia de la estructura “de barril” mencionada anteriormente para el caso de Toyota. Sin embargo, la situación es un poco más complicada, ya que las empresas en los Niveles 2 y 3 de la red de suministro de Toyota pueden ser proveedores de Nivel 1 para otros ensambladores. Del mismo modo, cabe esperar que los proveedores de nivel 1 en la red de suministro de Toyota puedan ser proveedores de nivel inferior para otros ensambladores.

Además, existen 155 ensambladores en el extranjero con vínculos con los proveedores de Toyota, lo que implica que la propia industria mundial del automóvil es una red compleja. El hecho de que la red de suministro de Toyota esté integrada dentro de esta red global de la industria automotriz impulsa a investigar y analizar más a fondo la distribución geográfica de la red de suministro de Toyota dentro de este panorama global.

2.3.1 Distribución geográfica de los proveedores

La distribución de las empresas en la red se divide en niveles. Los datos muestran que el 78% del nivel 1, el 65% del nivel 2 y el 69% de los proveedores del nivel 3 se encuentran en Japón, lo que indica la alta dependencia de Toyota de las empresas japonesas. También se encuentra un alto grado de participación cruzada en Japón, evidente por el número relativamente grande de relaciones financieras entre estas empresas japonesas. Los proveedores restantes se encuentran principalmente en América del Norte, Asia oriental, Asia sudoriental y Europa occidental. Estas cuatro regiones contienen alrededor de 100 a 150 proveedores cada una, pero exhiben

diferentes poblaciones de nivel local. América del Norte y Asia sudoriental son similares a Japón (y de hecho a toda la red mundial) en términos de sus proporciones de estas poblaciones de nivel local, pero son diferentes en términos de la proporción de empresas afiliadas financieramente: un número considerable de esas empresas en estas regiones que están afiliadas financieramente con proveedores japoneses se encuentran en los Niveles 2 y 3. En contraste con todas las demás regiones, el Nivel 3 en Asia Oriental está compuesto por firmas de mayor escala que los Niveles 1 y 2. Europa Occidental (y de hecho Europa) como un todo, tiene un Nivel-2 más grande (una forma de barril más pronunciada), y contiene muy pocos proveedores que están afiliados financieramente a Toyota.

3. Desempeño resiliente de la cadena de suministro

En marzo de 2011, un terremoto sacudió toda la isla de Japón provocando un devastador tsunami, que condujo a la fusión de reactores nucleares en Fukushima. El desastre causó registrar 210 billones de dólares en daños económicos, representando 3.8 por ciento del producto interno bruto (PIB) de Japón.

Este terremoto causó daños severos en áreas costeras e interiores de gran escala, que cubren la mitad de la región de Tohoku y la región de Kanto al norte y este. Las redes de transporte de carreteras, estaciones de servicio, ferrocarriles y puertos fueron cortadas.

La mayoría de las plantas de ensamblaje de Toyota en Japón se encuentran en las regiones de Nagoya y Kyushu, y no fueron dañadas por el terremoto. Los problemas fueron la falta de partes, o incluso no saber qué partes faltarían cuando reanudó la producción.

Algunas empresas, aunque no fueron afectadas directamente por el terremoto y el tsunami, experimentaron el impacto del desastre indirectamente debido a la infraestructura dañada en el país. La energía eléctrica en la parte norte de Japón se vio gravemente interrumpida debido a la falla de la central nuclear de Fukushima. Como resultado, la producción de muchas plantas industriales se estancó. Además, muchas carreteras y ferrocarriles fueron destruidos y casi todos los puertos marítimos importantes en las áreas afectadas fueron cerrados. Esto hizo que la movilidad de los productos finales, componentes y materias primas fuera muy difícil, causando así varias interrupciones en la cadena de suministro.

La catástrofe también generó varios impactos en el capital humano y el mercado laboral. En la región directamente afectada, el número de solicitudes de seguro de desempleo aumentó considerablemente en los primeros meses. El desastre también tuvo un impacto a nivel nacional en el mercado laboral debido al aumento de las quiebras y la pérdida de empleo. Además, el desastre obligó a reasignar el capital humano a diferentes ubicaciones geográficas y sectores industriales. Como consecuencia, las brechas entre la demanda y la oferta de trabajo en términos de cantidad y habilidades aumentaron aún más el desempleo.

En respuesta al desastre, el Gobierno de Japón implementó una serie de programas de promoción del empleo, como "Hello-works" y el proyecto de trabajo "Japan as One", para facilitar la creación de empleo y la asignación de empleos. Por lo tanto, las empresas afectadas, especialmente las del sector manufacturero, recuperaron rápidamente sus niveles de empleo, ya que estaban trabajando para recuperar su

producción al nivel anterior al terremoto y el tsunami. En marzo de 2012, el empleo en los sectores de finanzas, seguros, bienes raíces, minería, construcción y servicios superó el nivel de marzo de 2011.

Como la economía de Japón está altamente integrada en la economía mundial, las interrupciones directas e indirectas del suministro causadas por el desastre se experimentaron a nivel mundial. Tras el terremoto del Gran Este de Japón, la producción de automóviles y componentes eléctricos japoneses disminuyó en un 47,7% y un 8,25%, respectivamente. Los efectos negativos de la catástrofe japonesa se extendieron a otros países de la región. Esto fue más evidente en los casos de Tailandia (-19.7 por ciento), Filipinas (-24 por ciento), Indonesia (-6.1 por ciento) para la producción de automóviles y Filipinas (-17.5 por ciento) y Malasia (-8,4 por ciento) para la producción de componentes eléctricos. Los impactos perturbadores del terremoto del Gran Este de Japón tuvieron un impacto más prolongado en el sector automotriz (aproximadamente tres meses) que en el sector eléctrico (aproximadamente dos meses).

Las interrupciones causadas por el desastre en Japón impactaron fuertemente algunas cadenas de suministro, particularmente aquellas que dependen de pocas fuentes o una fuente única para ciertos insumos. Por ejemplo, Ethox Chemicals, una multinacional química estadounidense, se basa en un material clave suministrado por solo tres compañías en el mundo, una de las cuales se encuentra en Japón.

Después del desastre en Japón, Ethox sufrió una escasez de suministros, ya que los otros dos proveedores (en Europa y Malasia) no pudieron compensar la interrupción del suministro en Japón.

Otro ejemplo es en la industria del automóvil. Con el daño a Renesas Electronic Corp, el mayor fabricante de microchips (MCU) hechos a medida en el mundo, toda la industria automotriz en Japón y otras partes del mundo experimentaron una severa suspensión de producción, debido a que los chips específicos del usuario eran difíciles de volver a adquirir. y la estricta gestión "justo a tiempo" en la industria resultó en un inventario extremadamente bajo, generalmente por hasta seis horas. Las interrupciones en la cadena de suministro y el correspondiente estancamiento de la producción en varias industrias, en particular las industrias orientadas a la exportación, destacaron Los riesgos de perder cuota de mercado global. Por ejemplo, en la industria del acero, Posco, la tercera mayor siderúrgica del mundo por producción, con sede en la República de Corea, ganó una participación en el mercado de materiales para los constructores navales en la región, reemplazando a las siderúrgicas japonesas. Las interrupciones de la cadena en la industria automotriz en Japón causadas por el terremoto provocaron una grave escasez de automóviles pequeños y medianos en el mercado mundial, así como una menor producción de automóviles en los Estados Unidos de América y Europa, que dependen de los proveedores japoneses de piezas. Como resultado, los fabricantes de automóviles menos afectados ganaron acciones en el mercado global, al menos temporalmente. Los datos indican que General Motors fue el mayor fabricante de autos del mundo en volumen en 2011.

La Tabla 3.1 enumera cronológicamente los eventos relacionados con Toyota después del terremoto. Durante dos semanas después del terremoto, todas las plantas de Toyota en Japón se detuvieron por completo. A partir de entonces, Toyota reanudó su producción de automóviles híbridos populares. La mayoría de las plantas de ensamblaje de Toyota en Japón se ubican en las regiones de Nagoya y Kyushu, y no fueron dañadas por el terremoto.

Los problemas fueron la falta de partes o el hecho de no saber qué partes faltarían cuando se reanudara la producción. Se informa que a Toyota le tomó una semana enumerar 500 partes de 200 lugares que serían difíciles de asegurar y recuperar al nivel de producción normal. Aunque comprendió la disponibilidad de piezas hasta los proveedores del segundo nivel, Toyota no realizó un seguimiento de los proveedores de terceros niveles o más abajo en general. No solo Toyota, sino también la mayoría de las principales compañías de ensamblaje japonesas durante la primera semana o dos después del terremoto, trabajaron frenéticamente para enumerar las partes faltantes en todas sus cadenas de suministro. Este es un período en el que compañías de productos únicos como Fujikura Rubber, Ltd., que tenían 1333 empleados en 2010 y producían piezas de goma que se usaban en algunos de los autos de Toyota, se hicieron bien conocidas por el público.

Después de obtener áreas en la posibilidad de obtener un suministro suficiente de piezas, Toyota anunció el 11 de mayo de 2011 que recuperaría el nivel de producción anterior al terremoto en junio, tanto a nivel nacional como en el extranjero, y anunció el 11 de junio de 2011 que sus ventas anuales mundiales para marzo de 2012 serían de 7,39 millones (lo que representa un aumento del 1% en las ventas anuales). La Tabla 3.2 muestra los cambios porcentuales de automóviles producidos en el país en Japón respecto al año anterior para productores de automóviles representativos en Japón. Muestra claramente que Toyota tardó al menos tres meses en recuperarse de las interrupciones del terremoto y Nissan dos meses. Honda tardó cuatro meses en recuperar razonablemente el nivel de producción, pero nuevamente fue interrumpido por la gran inundación ocurrida en Tailandia de octubre a noviembre de 2011.

Fujimoto (2013) señaló tres eslabones débiles en la cadena de suministro de Toyota, que se hicieron evidentes inmediatamente después de este terremoto. Estos son: circuitos integrados semiconductores como unidades de microcontroladores y ASIC, químicos funcionales como goma para neumáticos y frenos y electrolitos del condensador, y piezas y consumibles microscópicos como tornillos, resortes y fungibles para el procesamiento.

Tabla 3.1. Serie temporal de eventos relacionados con Toyota después del terremoto

11/3	Terremoto
14-26/3	Cierre de todas las plantas domésticas
15/3	Reducción de la producción en plantas extranjeras
28/3	Se reanudó la producción de 3 híbridos en la planta de Tsutsumi y la planta de Fukuoka
11/4	Se reanudó la producción en la planta de Sagamihara
18/4	Se reanudó la producción en todas las 17 plantas domésticas con una tasa de utilización del 50% y aumentaría la producción en julio. Mantendría una tasa de utilización del 40% en el extranjero y la aumentaría en agosto.
22/4	Anunció que normalizaría la producción en noviembre-diciembre.
11/5	Anunció que se recuperaría al nivel de producción anterior al terremoto en junio tanto a nivel nacional como en el extranjero.
6/6	Se reanudaron las operaciones de dos turnos en las plantas domésticas
11/6	Anunció que las ventas anuales mundiales para el 3/2012 serían de 7.39 millones.

Fuente: Matsuo, 2014

En el caso de los MCU, Toyota compra los sistemas de control electrónico automotriz de sus proveedores de primer nivel (1st tier). Por ejemplo, Toyota adquiere sistemas de control de inyección de combustible de Denso y otros proveedores de Toyota Keiretsu. Estas compañías desarrollan software de codificación integrado para las MCU compradas a las compañías semiconductoras. Pueden existir varios niveles de proveedores entre los primeros proveedores de emparejamiento y las compañías de semiconductores en Japón. En 1992, Toyota dependía de Denso en esta categoría en un 74.0%, pero redujo su capacidad de dependencia al 43,6% en 2007.

Sin embargo, después del terremoto, resultó que los proveedores de primer nivel compraron los mismos MCU de una sola compañía de semiconductores, Renesas Electronics, y para empeorar las cosas, de una sola fábrica de la planta de Naka, que fue severamente dañada por el terremoto.

Honda también estaba en la misma situación. Honda compró sistemas electrónicos de sus proveedores de primer nivel de Denso, Kehin e Hitachi Automotive Systems,

y estos tres proveedores adquirieron los mismos MCU de la planta de Naka. Es decir, aunque un ensamblador compra de múltiples fuentes para aliviar el riesgo de interrupción, estas fuentes de primer nivel terminan compartiendo una única fuente en sus cadenas de suministro ascendentes. Esta naturaleza de la cadena de suministro puede explicar la diferencia del tiempo de recuperación de 2 meses para Nissan frente a 3 meses para Toyota y 4 meses para Honda, como se muestra en la Tabla 3.2.

Renesas Electronics tenía 12 sitios de back-end y 10 sitios de front-end en Japón. De los sitios front-end, cinco sitios fueron dañados por el terremoto. Los sitios de Kofu, Takasaki, Naka y Tsugaru son antiguas plantas de Hitachi. Los sitios de Saijo y Kochi son antiguas plantas de Mitsubishi Electric. Los sitios de Kumamoto, Shiga, Tsuruoka y Ube son antiguas plantas de NEC Electronics. Todas las fábricas se han configurado de manera diferente en términos de tamaño de tarjeta (125, 150, 200 y 300 mm), proceso básico (CMOS, BiCMOS, Bipolar y GaAs), geometría mínima (800–40 nm) y producto. En particular, las fábricas con diferentes orígenes de la compañía han desarrollado y acumulado a lo largo del tiempo diferentes conocimientos de producción y tecnología de proceso, por lo que no es trivial producir un producto incluso con el mismo tamaño de oblea, tecnología básica y ancho de línea, que se produce en una fábrica diferente con la compañía original diferente.

Las plantas de Tsuruoka y Tsugaru representaron el 20% de la capacidad total de Renesas Electronics en el momento del terremoto, y reanudaron su producción a fines de marzo de 2011. Las plantas de Kofu y Takasaki representaron el 15% de la capacidad y reanudaron su producción a principios de abril de 2011. La planta de Naka, que representó el 15% de la capacidad total, fue la más dañada. La planta Naka consta de dos componentes: N2 Building para una tarjeta de 200 mm y una geometría de 90–130 nm, y N3 Building para una geometría de 300 mm y tarjeta de 40 nm. El edificio N2 produce MCU automotrices, y su participación mundial fue del 20% en el momento del terremoto. N3 Building produce chips SOC para teléfonos móviles.

Los edificios N2 y N3 de la planta Naka fueron severamente dañados por el terremoto: la infraestructura de la fábrica fue destruida en la medida en que la pared y el techo se derrumbaron y cientos de máquinas de precisión fueron total o parcialmente destruidas. A partir de marzo de 2011, Renesas Electronics tardaría seis meses en comenzar la producción en masa (es decir, el 1 de septiembre de 2011), lo que significa ocho meses para reanudar el envío de los productos, considerando una ventaja de producción de dos meses.

Tabla 3.2. Disminución en la capacidad de producción, por empresa

Año 2011	Toyota	Nissan	Mazda	Honda	Daihatsu	Mitsubishi	Hino	Japon Total
Marzo	-62.7%	-52.4%	-53.6%	-62.9%	-57.3%	-25.7%	-47.3%	-57.3%
Abril	-78.4%	-48.7%	-49.7%	-81.0%	-62.6%	-31.7%	-34.7%	-60.1%
Mayo	-54.4%	0.8%	-11.8%	-53.4%	-14.8%	7.7%	-6.9%	-30.9%
Junio	-15.9%	1.9%	-2.3%	-50.6%	-2.2%	8.1%	24.9%	-13.9%
Julio	-12.5%	15.3%	-5.0%	-18.5%	-4.9%	-20.1%	22.1%	-8.9%
Agosto	11.9%	-2.5%	5.6%	-17.2%	9.1%	-19.2%	37.1%	1.8%
Sept	1.2%	-6.7%	-3.0%	-21.2%	-10.2%	-18.7%	21.4%	-4.5%
Oct	33.5%	32.9%	-0.8%	18.3%	18.8%	-17.9%	47.3%	20.3%
Nov	5.1%	25.1%	1.6%	-37.8%	22.2%	-11.9%	37.7%	4.5%
Dic	16.7%	24.6%	-8.1%	10.8%	35.9%	-2.4%	27.7%	13.4%

Fuente: Matsuo, 2014

Se enviaron un máximo de más de 2500 personas por día para apoyar la recuperación de la planta por parte de otras organizaciones en la industria automotriz, electrónica, equipos de semiconductores y construcción, entre otras. Los esfuerzos continuaron las 24 horas del día, los 7 días de la semana con una gestión eficaz del proyecto, en paralelo a múltiples flujos de tareas y agilizando cada tarea. Con un trabajo tan unido de muchas partes interesadas involucradas, el tiempo de recuperación para comenzar la producción en masa se redujo de seis meses a tres meses, lo que significa que las fábricas podrían reanudar la producción parcial el 1 de junio de 2011 y comenzaron a enviarse cierta cantidad a partir del 1 de agosto.

En junio de 2011, Renesas Electronics adquirió el 10% de la capacidad anterior al terremoto de la planta Naka de otras fábricas y fundiciones externas de Renesas y se esperaba recuperar la capacidad previa al terremoto a finales de septiembre de 2011 mediante la combinación de los resultados de la planta Naka y del exterior. Renesas esperaba que, para octubre de 2011, el 50% de la capacidad previa al terremoto proviniera de las segundas fuentes. Los productos producidos en el edificio N2 se obtendrían de la fábrica de Saijo y la fábrica de Tsugaru internamente

y de Global Foundries externamente. Los productos de la planta N3 serían de origen interno de la fábrica de Saijo y la fábrica de Tsugaru, y de forma externa de TSMC.

El no buscar otros proveedores por parte de Toyota se debe principalmente a dos razones: la primera razón es que Toyota y Denso exigen un nivel de calidad muy alto y potencialmente el precio mínimo de sus proveedores. Para muchos proveedores de componentes y partes automotrices, al menos en Japón, Toyota y Denso son los principales clientes.

La segunda razón para el abastecimiento único es una naturaleza no transferible del software integrado codificado en las MCU para automóviles. Se han realizado esfuerzos para estandarizar el software integrado y la codificación en las industrias utilizando MCU. Sin embargo, la codificación específica de la empresa es necesaria en la medida en que un comprador de MCU no puede cubrir el costo y los esfuerzos para desarrollar dos programas de software diferentes para replicar las mismas funciones.

Además del costo de restaurar las propiedades dañadas, Renesas tuvo que deshacerse de las existencias dañadas y otros activos fijos, así como compensar la pérdida de contratos de leasing. Renesas también necesitó cubrir los gastos fijos a pesar del paro de producción. Aunque la empresa tiene seguro de transporte, recuperó menos de una cuarta parte de la pérdida total en el desastre como el seguro solo cubre parte de los riesgos de desastre.

Se informa que Renesas estableció el objetivo del tiempo de recuperación de la producción en un mes, en lugar de los tres meses reales, para el siguiente terremoto posible con la misma magnitud de intensidad. Renesas planeaba aumentar la resistencia de la infraestructura y equipos del edificio a los terremotos. Mientras tanto, Renesas instó a los clientes a tener entre 3.5 y 4.5 meses de inventario de chips semiconductores. Si el tiempo de recuperación se convierte en un mes, Renesas considera que la cantidad ordinaria de inventario posterior debe garantizar operaciones sin interrupciones.

Para lograr implementar estos planes, Renesas necesita reducir el número de SKU, que ahora es de 100,000. Este número es alto en comparación con 40,000 para los IDM no japoneses con un tamaño similar al de Texas Instruments. La variedad de productos prolifera inusualmente porque Renesas aún mantiene las líneas de productos y sus clientes de productos automotrices o de consumo demandan a menudo nuevas piezas semiconductoras que están bien ajustadas para sus nuevos productos. Para justificar los costos asociados con la creciente cantidad de inventario descendente y la producción de respaldo para garantizar la continuidad de la producción, son necesarios la estandarización y racionalización de las líneas de productos.

Después de que todo se normalizó, Toyota decidió quedarse con un solo proveedor para este tipo de componentes, puesto que Toyota confirmó que las tácticas de contingencia son superiores a las tácticas de mitigación en este tipo de casos

porque la red de proveedores colaborativos de Toyota tiene la capacidad de recuperarse rápidamente de las interrupciones.

3.1 Estrategias de prevención de fallas

Como se mencionó anteriormente, la electrónica automotriz representa el 15% del costo total para un automóvil regular y el 47% para un automóvil híbrido. Por lo tanto, los componentes con dispositivos semiconductores son cada vez más importantes para los fabricantes de automóviles, y el mecanismo de coordinación de Toyota Los sistemas de producción deben cubrir las piezas, como las MCU de los automóviles, así como otras piezas electrónicas de los automóviles.

El mecanismo de coordinación de la cadena de suministro de Toyota se basa en la arquitectura integral. El uso de componentes personalizados es fundamental para optimizar el diseño general del producto y también sirve como incentivo para que los proveedores mejoren continuamente los diseños de los componentes y sus métodos de producción. Sin embargo, a pesar de tales ventajas, la debilidad potencial está en su gestión de riesgos.

En los casos de interrupción, como la planta Kariya First de Aisin Seiki en 1997 y la planta Kashiwasaki de Riken en 2007, la sustitución de la producción fue completada por otros proveedores miembros de la red de proveedores de Toyota en el plazo de una semana. En ese sentido, el mecanismo de coordinación en la funcionó bien para el propósito de la gestión de riesgos de interrupción. En el caso discutido de la devastada planta Naka fue restaurada por un gran grupo de actores interesados ampliamente definidos. Dichos esfuerzos concertados redujeron el tiempo de recuperación de la planta de seis meses a tres meses. Se dijo que este era un logro milagroso en las peores circunstancias y que la red de proveedores de múltiples capas cercana / cerrada lo hizo posible. Sin embargo, Renesas no logró asegurar fuentes de producción alternativas de manera oportuna. Si las MCU para automóviles hubieran tenido más características de productos estándar, entonces la sustitución de producción podría haber sido más fácil y más rápida. El caso indica claramente que el mecanismo de coordinación

Dado que las MCU para automóviles son partes importantes, se debe analizar cómo se deben modificar los mecanismos de coordinación para administrar las MCU para automóviles. Hay dos puntos focales. Una es la gestión de riesgos contra la interrupción de la producción, y la otra es asegurar el suministro de chips de computadora duraderos y de alta calidad. Ya existe una propuesta para Toyota definida en el mecanismo de coordinación descrito en la Figura 3.1. El mecanismo de coordinación revisado de Toyota Production System es simplemente agregando una caja de control directo de partes/materiales clave. La intención es indicar la necesidad de un mecanismo de control directo de partes/materiales clave además del mecanismo de coordinación en cascada de Toyota a través de las capas de la red de suministro. El mecanismo de coordinación directa de piezas/materiales clave es el control de gestión ejercido por el ensamblador final a toda la cadena de suministro y debe abordar lo siguiente:

- a) Supervisar la información de todos los proveedores de piezas/materiales clave en toda la cadena de suministro.
- b) Gestionar el inventario de piezas/materiales clave en toda la cadena de suministro.
- c) Asegurar el suministro continuo de piezas/materiales clave.
- d) Aumentar la estandarización de piezas/materiales clave y sus métodos de producción.

Es necesario monitorear la información de todos los proveedores en toda la cadena de suministro en sentido ascendente y descendente para reaccionar ante la separación de la cadena de suministro ascendente. Se informa que Toyota había desarrollado para el verano de 2011 la base de datos para realizar un seguimiento de las piezas y materiales para sus componentes de compra y tener la capacidad de estimar el efecto de la interrupción de la producción en cualquier fábrica nacional. Sin embargo, la base de datos no cubrió a proveedores en Tailandia cuando la inundación mayor y extensa ocurrió en Tailandia de octubre a noviembre de 2011. Como resultado, Toyota nuevamente sufrió la escasez potencial de alrededor de 100 partes, y no pudo producir en todo el mundo como originalmente lo había planeado.

La función de administrar el inventario de piezas/materiales clave en toda la cadena de suministro se puede realizar con un control central y directo, en lugar de aplicar la coordinación en cascada existente. Si Renesas pudiera formar una alianza horizontal de capacidad con sus proveedores, entonces el suministro continuo de las piezas clave podría asegurarse sin la modificación propuesta del mecanismo de coordinación.

Sin embargo, los requisitos idiosincrásicos para producir dispositivos de alta calidad y mantener repuestos en un período prolongado hacen que las alianzas ad hoc con fusiones empresariales no sea sostenible. Si una fundición puede especializarse en la fabricación de MCU para automóviles como la segunda fuente de otros IDM se puede lograr la economía de escala.

Si la Alianza horizontal no puede ser formada efectivamente por Renesas, la cantidad óptima de inventario de MCU automotrices debe mantenerse en las entidades en la cadena de suministro entre Renesas y Toyota. El control descentralizado de dicho inventario de la cadena de suministro es difícil de realizar. Por ejemplo, es difícil desarrollar un esquema de incentivos para mantener el inventario total óptimo de canales en Renesas, Denso y Toyota. Por lo tanto, este debería ser un tipo de problema que Toyota debería manejar directamente en toda la cadena de suministro.

Los esfuerzos, delegados a los proveedores de componentes, para mejorar los diseños de los componentes y los métodos de producción se consideran vitales para

el alto rendimiento. Sin embargo, a lo que conduce este análisis de casos es que es necesaria cierta estandarización relacionada con las partes electrónicas y otras partes/materiales clave. Es decir, Toyota necesita coordinar directamente toda la cadena de suministro para aumentar el carácter común de las partes y materiales clave, así como la estandarización de los métodos de producción de piezas.

El control directo se debe hacer de manera tal que no esté en conflicto con el mecanismo de coordinación en cascada convencional. Por ejemplo, solo aplicar el control central a las MCU de automóviles puede no estar en conflicto con el mecanismo de coordinación actual. El problema de la implementación es cómo y hasta qué punto se debe ejercer el control directo de las piezas / materiales para que los méritos del mecanismo de coordinación se mantengan intactos.

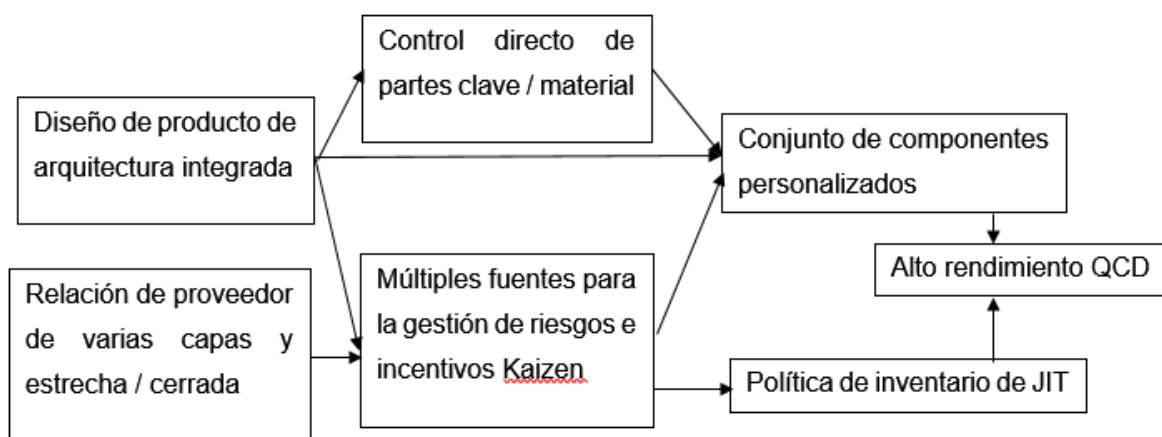


Figura 3.1. Mecanismo de coordinación del sistema de producción de Toyota

4. Creando la cadena de suministro resiliente

4.1 El camino a seguir para una cadena de suministro resiliente

Christopher y Peck (2004) sugieren una serie de principios generales discernibles que sustentan la resiliencia en las cadenas de suministro. La mayoría de ellos se hacen eco y no contradicen los principios ampliamente aceptados de la buena gestión de la cadena de suministro.

- En primer lugar, parece que la resiliencia debería diseñarse. En otras palabras, hay ciertas características que, si se integran en una cadena de suministro, pueden mejorar su capacidad de recuperación.
- El segundo principio general es que debido a que, por definición, las cadenas de suministro normalmente se extenderán a través de diferentes entidades corporativas, será necesario que exista un alto nivel de trabajo colaborativo si se quiere identificar y administrar el riesgo.
- En tercer lugar, la resiliencia implica agilidad. Ser capaz de reaccionar rápidamente ante eventos impredecibles es una clara ventaja en un entorno incierto.
- Finalmente, la resiliencia en la cadena de suministro será posible mediante la creación de una cultura de gestión de riesgos en la organización. El mensaje que debe entenderse y actuar es que el mayor riesgo para las empresas puede provenir de una cadena de suministro más amplia que de una empresa.

4.1.1 Reingeniería de la Cadena de suministro

Convencionalmente, las cadenas de suministro a menudo han sido diseñadas para optimizar el costo y/o el servicio al cliente, rara vez la resiliencia es la "función objetivo" para el proceso de optimización. Dados los riesgos a los que están expuestas las cadenas de suministro modernas, es posible que esto deba cambiar. Se sugieren varias recomendaciones para proporcionar la base para el diseño de cadenas de suministro teniendo en cuenta la reducción de riesgos.

a). Comprensión de la cadena de suministro

Un requisito previo fundamental para mejorar la resiliencia de la cadena de suministro es comprender la red que conecta el negocio con sus proveedores y sus

proveedores y con sus clientes intermedios. Las herramientas de mapeo pueden ayudar a identificar los "puntos críticos" y las "rutas críticas".

Los puntos críticos a menudo se caracterizan como cuellos de botella donde hay un límite de capacidad y donde las opciones alternativas pueden no estar disponibles, por ejemplo. Puertos capaces de transportar contenedores grandes o instalaciones de distribución central que, de ser inoperables, supondrían una gran presión para el resto del sistema.

Una ruta crítica en la cadena de suministro puede tener una o más de las siguientes características:

- Largos plazos de entrega, por ejemplo. el tiempo necesario para reponer los componentes desde el pedido hasta la entrega.
- Una única fuente de suministro sin alternativa a corto plazo.
- Enlaces donde la "visibilidad" es deficiente, es decir, poca o ninguna información compartida entre nodos.
- Altos niveles de riesgo identificable (es decir, oferta, demanda, proceso, control y riesgo ambiental).

Los resultados de este ejercicio de evaluación de riesgos también se deben utilizar para crear un registro de riesgos de la cadena de suministro donde se anoten las vulnerabilidades de los nodos y enlaces críticos en la red y se definan los procedimientos para su monitoreo y su posterior mitigación y gestión.

b) Estrategia de base de suministro

Si bien ha habido un movimiento hacia la reducción de la base de proveedores en muchas empresas, puede haber límites a los que se debe seguir el proceso. Un solo proveedor, donde un proveedor es responsable del suministro de un artículo o servicio específico puede ser ventajoso desde el punto de vista de la gestión de costos y calidad, pero es peligroso en términos de resiliencia. Si bien puede ser deseable contar con un proveedor líder, siempre que sea posible deberían estar disponibles fuentes alternativas. Cuando una empresa tiene varios sitios, puede ser posible tener una sola fuente para un artículo o servicio en cada sitio, obteniendo así algunas de las ventajas de un solo abastecimiento sin el riesgo negativo. Del mismo modo, si una empresa fabrica una gama de productos, puede ser posible obtener una única fuente por producto manteniendo así una fuente de suministro alternativa disponible.

Uno de los criterios clave para la selección de proveedores sea el conocimiento del riesgo del proveedor. Por ejemplo, ¿han auditado su propio perfil de riesgo de la cadena de suministro? ¿Cuentan con procedimientos para el monitoreo y mitigación de riesgos?

Puede ser apropiado que la empresa adopte una estrategia proactiva de desarrollo de proveedores para trabajar estrechamente con proveedores clave para ayudarlos a mejorar sus prácticas de administración de riesgos de la cadena de suministro.

c) Principios de diseño para la resiliencia de la cadena de suministro.

Han surgido varios principios que se deben considerar cuando se rediseñan las cadenas de suministro para mejorar la capacidad de recuperación:

- Elegir estrategias de cadena de suministro que mantengan abiertas varias opciones. Es posible que este no sea el curso de acción de menor costo en el corto plazo, pero puede brindar la oportunidad de reducir el impacto de una interrupción cuando ocurra. Aquí hay una analogía con la "Teoría de Opciones Reales" en la planificación de inversiones. Por lo tanto, una estrategia que se basa en la centralización de las instalaciones de distribución puede ser la opción de menor costo, pero también podría cerrar otras opciones y, por lo tanto, aumentar las vulnerabilidades.
- Reexaminar el intercambio de "eficiencia vs. redundancia". Convencionalmente, la capacidad excedentaria y el inventario se han considerado solo como "residuos" y, por lo tanto, son indeseables. Sin embargo, la disposición estratégica de capacidad adicional y / o inventario en los posibles "puntos críticos" puede ser extremadamente beneficioso en la creación de resiliencia dentro de la cadena de suministro. Las concesiones implican inevitablemente el equilibrio crítico de la desventaja del costo involucrada en el mantenimiento de la holgura "just-in-case", en contra de la probabilidad y el impacto probable de un evento negativo. No es un mensaje que los ejecutivos corporativos presionados estén necesariamente dispuestos a escuchar. Sin embargo, si se debe tomar en serio la resiliencia, el exceso de capacidad puede ser el mal menor, siendo más flexible que el inventario, que ya puede estar comprometido con su forma o destino final.

Tanto la capacidad como el inventario pueden proporcionar "holgura" en una cadena de suministro para poder hacer frente a los efectos de la oleada. El inventario, realizado en forma genérica o semiconfigurada, puede permitir la creación de un "punto de desacoplamiento" que, junto con la capacidad adicional (por ejemplo, producción, transporte, personas), puede permitir que la incertidumbre de la demanda se maneje de manera más efectiva. Si bien se sugiere un retorno a los días de amortiguar cada etapa de la cadena de suministro con stock de seguridad o exceso de capacidad, se recomienda que el uso estratégico y selectivo de "holgura" puede ser fundamental para la resiliencia de la cadena de suministro.

4.1.2 Colaboración en la cadena de suministro

Será evidente que, dado que la vulnerabilidad de la cadena de suministro es, por definición, un concepto de toda la red, la gestión del riesgo también debe abarcar toda la red. Un alto nivel de trabajo colaborativo en las cadenas de suministro puede ayudar significativamente a mitigar el riesgo. El desafío es crear las condiciones en las cuales el trabajo colaborativo se hace posible. Tradicionalmente, las cadenas de suministro se han caracterizado por relaciones de distancia, incluso adversas, entre los diferentes actores. No ha habido un historial de intercambio de información con proveedores o clientes. Más recientemente, sin embargo, ha habido señales alentadoras de que está surgiendo una mayor disposición para trabajar en

asociación en muchas cadenas de suministro. En la industria de los bienes de consumo de rápido movimiento, ahora existe una colaboración significativa entre fabricantes y minoristas en forma de iniciativas de Planificación Colaborativa, Previsión y Reabastecimiento (CPFR).

El principio subyacente del trabajo colaborativo en la cadena de suministro es que el intercambio de información puede reducir la incertidumbre. Por lo tanto, una prioridad clave para la reducción del riesgo de la cadena de suministro debe ser la creación de una comunidad de la cadena de suministro que permita el intercambio de información entre los miembros de esa comunidad. El objetivo es crear un alto nivel de "inteligencia de la cadena de suministro", por lo que hay una mayor visibilidad de los perfiles de riesgo ascendentes y descendentes (y los cambios en esos perfiles).

La inteligencia de la cadena de suministro es la frase que se ha acuñado para describir el proceso de uso del conocimiento generado y compartido por los socios en la cadena de suministro. El tipo de conocimiento que puede ayudar a la creación de resiliencia de la cadena de suministro se refiere a la identificación de fuentes de riesgo e incertidumbre en cada nodo y enlace en la cadena de suministro. El conocimiento de la cadena de suministro también puede clasificarse como Estratégico, Táctico y Operacional (ver Figura 4.1).

El conocimiento estratégico es una conciencia de las tendencias y los problemas emergentes que pueden tener un impacto en la continuidad de la cadena de suministro en algún momento en el futuro. Este tipo de conocimiento se puede generar a través del análisis formal de tipo "P.E.S.T." (político, económico, social y tecnológico). Dichos análisis pretenden permitir una evaluación formal del contexto en el que operan las redes y las cadenas de suministro.

En el nivel táctico, el conocimiento requerido es específico para la evaluación del riesgo para las operaciones actuales; Principalmente riesgos de demanda, suministro, proceso y control.

El tercer nivel de conocimiento es operativo y se refiere a la administración diaria de la empresa.



Figura 4.1 Conocimiento en la cadena de suministro

4.1.3 Agilidad de la cadena de suministro

La agilidad de la cadena de suministro se puede definir como la capacidad de responder rápidamente a cambios impredecibles en la demanda o la oferta. Muchas organizaciones están en riesgo porque sus tiempos de respuesta para exigir cambios o interrupciones en el suministro son demasiado largos. La agilidad tiene muchas dimensiones y se relaciona tanto con las redes como con las compañías individuales. De hecho, una clave para una respuesta ágil es la presencia de socios ágiles en el sentido ascendente y descendente de la empresa focal.

Dos ingredientes clave de la agilidad son la "visibilidad" y la "velocidad".

a) Visibilidad de la cadena de suministro

En pocas palabras, la visibilidad de la cadena de suministro es la capacidad de ver desde un extremo de la tubería hasta el otro. La visibilidad implica una visión clara de los inventarios ascendentes y descendentes, las condiciones de la oferta y la demanda y los programas de producción y compras, por ejemplo. También implica visibilidad interna con líneas claras de comunicación y acuerdo sobre "un conjunto de números".

La visibilidad en una cadena de suministro se puede ver oscurecida por la presencia de inventarios intermedios aguas arriba y aguas abajo de la empresa focal. Estos inventarios intermedios generalmente se crean independientemente unos de otros como resultado de las reglas de decisión, cuya base puede no ser fácilmente evidente. La visibilidad se verá distorsionada aún más por la presencia del efecto látigo que puede magnificar pequeños cambios en la demanda del mercado a medida que avanza en la cadena de suministro.

El logro de la visibilidad de la cadena de suministro se basa en una estrecha colaboración con los clientes y proveedores, así como en la integración interna dentro del negocio.

La planificación colaborativa con los clientes es importante en primer lugar para permitir la visibilidad de la demanda, pero también para compartir información sobre las tendencias del mercado y las percepciones de riesgo. Igualmente, la visibilidad en sentido ascendente también requiere altos niveles de planificación colaborativa con los proveedores y el uso de la lógica de "gestión de eventos" para permitir que se señalen las alertas de posibles interrupciones en el suministro.

Una barrera importante para la visibilidad de la cadena de suministro a menudo se encuentra dentro de la estructura interna de la organización focal. La presencia de "silos funcionales" inhibe el libre flujo de información que conduce a la "segunda adivinación" y una falta general de comunicación. Esta situación suele exacerbarse cuando la empresa tiene proveedores internos o clientes con una integración limitada entre ellos. El reto aquí es romper estos silos para crear equipos de procesos multidisciplinarios y multifuncionales.

b) Velocidad de la cadena de suministro

El segundo ingrediente de la agilidad de la cadena de suministro es la velocidad. La velocidad se define como la distancia en el tiempo. Por lo tanto, para aumentar la velocidad, el tiempo debe reducirse. Aquí nos referimos al tiempo de la tubería de "extremo a extremo", es decir, el tiempo total que se tarda en mover el producto y los materiales de un extremo de la cadena de suministro al otro. El tiempo de canalización de extremo a extremo, en relación con la agilidad, se puede medir como el tiempo transcurrido desde que la empresa focal realiza los pedidos a los proveedores de primer nivel hasta cuando entrega a sus clientes.

No es solo la velocidad lo que importa en la creación de cadenas de suministro ágiles, es la aceleración. En otras palabras, ¿con qué rapidez puede reaccionar la cadena de suministro a los cambios en la demanda, hacia arriba o hacia abajo?

Existen tres bases básicas para mejorar la velocidad y la aceleración de la cadena de suministro: procesos optimizados, reducción de los plazos de entrega y reducción del tiempo sin valor agregado.

Los procesos optimizados son procesos simplificados en el sentido de que se han diseñado para reducir el número de etapas o actividades involucradas, están diseñados para realizar estas actividades en paralelo en lugar de en serie y se basan en el correo electrónico y no en el papel. Al mismo tiempo, estos procesos simplificados están diseñados para tamaños de lote mínimos, ya sean cantidades de pedido, tamaños de lote de producción o cantidades de envío. El énfasis está en la flexibilidad en lugar de las economías de escala.

El segundo ingrediente clave para aumentar la velocidad en las cadenas de suministro es una reducción en los plazos de entrega. Uno de los criterios para la elección del proveedor y la fuente de suministro debe ser su capacidad para responder rápidamente en términos de entrega y poder hacer frente a los cambios a corto plazo en los requisitos de volumen y mezcla.

La sincronización de horarios basados en información compartida permite a los proveedores ser más ágiles sin tener que depender necesariamente del inventario como un búfer con todos sus problemas consecuentes.

El tercer elemento fundamental para lograr mejoras en la velocidad proviene de la reducción del tiempo de adición sin valor en la tubería. La mayor parte del tiempo invertido en una cadena de suministro no agrega valor desde la perspectiva del cliente. La mayoría de las veces es tiempo de inactividad, es decir, inventario. Ese inventario se genera como resultado de procesos engorrosos: cada día de tiempo de proceso requiere al menos un día de inventario para cubrir durante ese tiempo de entrega.

4.1.4 Crear una cultura de gestión de riesgos de la cadena de suministro

De la misma manera que muchas organizaciones reconocieron que la única forma de hacer realidad la Gestión de la Calidad Total (TQM) era generar una cultura que hiciera de la calidad una preocupación de todos, también hoy existe el requisito de crear una cultura de gestión de riesgos dentro del negocio. Esta cultura de administración de riesgos debe extenderse más allá de los límites de riesgo corporativo y la administración de continuidad del negocio para convertirse en "administración de continuidad de la cadena de suministro".

Como en todos los casos de cambio cultural a nivel organizativo, nada es posible sin el liderazgo desde la cima de la organización.

También se puede argumentar que la evaluación del riesgo de la cadena de suministro debe ser una parte formal del proceso de toma de decisiones en todos los niveles. Así, por ejemplo, cuando los nuevos productos se encuentran en la etapa de diseño, deben considerarse los problemas de vulnerabilidad de la cadena de suministro, como la disponibilidad de los componentes y los plazos de entrega. De manera similar, cuando se contemplan cambios en la estrategia comercial, como un movimiento hacia el abastecimiento en el extranjero desde el abastecimiento doméstico, entonces se debe evaluar el perfil de riesgo de la cadena de suministro resultante.

Debería crearse un equipo de gestión de riesgos de la cadena de suministro dentro del negocio y encargarse de actualizar periódicamente el registro de riesgos de la cadena de suministro e informar a la Junta principal a través del director de la cadena de suministro por lo menos trimestralmente. El equipo tendrá que ser

multifuncional y ser capaz de auditar los riesgos utilizando los marcos y herramientas que hemos presentado en este informe.

4.2 Marco para iniciar una red resiliente

La resiliencia se basa en prácticas de gestión de riesgos y un enfoque de sistemas, construir resiliencia es un proceso iterativo y continuo.

Se requiere un entendimiento de la cadena de suministro y sus vulnerabilidades. El World Business Council for Sustainable Development propone un marco para que las empresas desarrollen resiliencia ante los riesgos climáticos en las cadenas de suministro globales. El marco se ilustra en la figura 4.2. Ayudará a los tomadores de decisiones a comprender su cadena de suministro y sus vulnerabilidades climáticas y a desarrollar la capacidad de recuperación.

La resiliencia requiere un enfoque de sistemas y se basa en el aprendizaje, la colaboración, la capacidad de reserva y la flexibilidad. Proporciona la capacidad de lidiar con los cambios y tensiones, y la capacidad de crear nuevas conexiones. La evaluación de riesgos y la construcción de resiliencia climática es un proceso iterativo en el que los resultados y los hallazgos en un solo paso se utilizan como retroalimentación y aportación a otros pasos. El marco, dividido en cinco etapas, se implementa mejor a través de la participación multifuncional (por ejemplo, de las funciones de riesgo corporativo, de cadena de suministro y corporativas en una gran empresa multinacional) y se basa en el conocimiento externo de temas como meteorología, ciencia del clima y gestión de riesgos empresariales.

Junto con una estrategia para integrar el conocimiento de las vulnerabilidades del cambio climático, el marco debería ayudar a las empresas a desarrollar e implementar un conjunto equilibrado de medidas de resiliencia en toda la cadena de suministro.

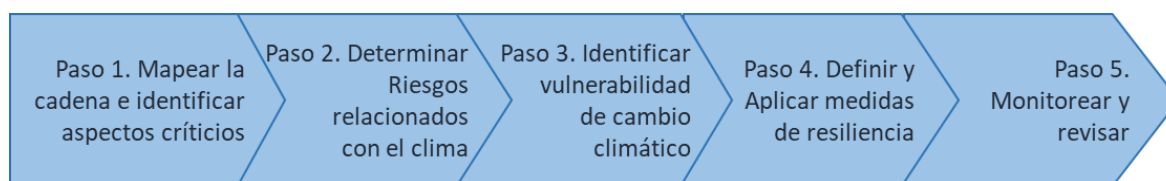


Figura 4.2. Marco para alcanzar la resiliencia ante eventos climáticos

Paso 1. Mapear la cadena de suministro e identificar características críticas

Este análisis puede ser complejo para una cadena de suministro completa y la etapa inicial debe centrarse en una comprensión general de las ubicaciones clave de producción, las existencias de materiales y las principales vías de movimiento de materiales. El mapeo proporciona una base para delinear sus características críticas e identificar posibles peligros relacionados con el clima que podrían afectar el rendimiento (en el Paso 2).

Para comprender mejor las características críticas, las compañías deben considerar los problemas que son más importantes para un producto en particular. Por ejemplo, el problema más relevante podría ser el grado de personalización del producto, lograr un bajo costo o garantizar y mantener la calidad. La característica más crítica podría ser el tiempo de recuperación después de la interrupción para restaurar la funcionalidad al 100%.

Las empresas dependen de los servicios y la infraestructura (por ejemplo, servicios públicos, transporte, proveedores, clientes) y estos deben considerarse como parte de la evaluación de "características críticas". La legislación puede requerir que los principales proveedores de infraestructura informen sobre su resistencia al cambio climático.

Paso 2. Determinar los peligros relacionados con el clima.

Es probable que la cadena de suministro se vea afectada por los eventos climáticos actuales y por el cambio climático futuro. La relevancia de los peligros relacionados con el clima para diferentes componentes se puede determinar a través de referencias a interrupciones históricas y las consiguientes pérdidas comerciales, por ejemplo:

- ¿Qué peligros relacionados con el clima han afectado a la cadena de suministro en los últimos cinco a 10 años?
- ¿Qué peligros relacionados con el clima se sabe que ocurren en las áreas geográficas donde se encuentran los elementos de la cadena de suministro?

Las futuras proyecciones de cambio climático también sirven como insumos para las evaluaciones de resiliencia climática, con cambios potenciales en la frecuencia, duración o intensidad de los peligros relacionados con el clima o ante nuevos peligros. Las preguntas incluyen:

- ¿Cuáles son los cambios proyectados en la frecuencia / duración / intensidad de los peligros relacionados con el clima que son relevantes para elementos específicos?
- ¿Aparecen nuevos peligros relacionados con el clima como resultado del cambio climático?

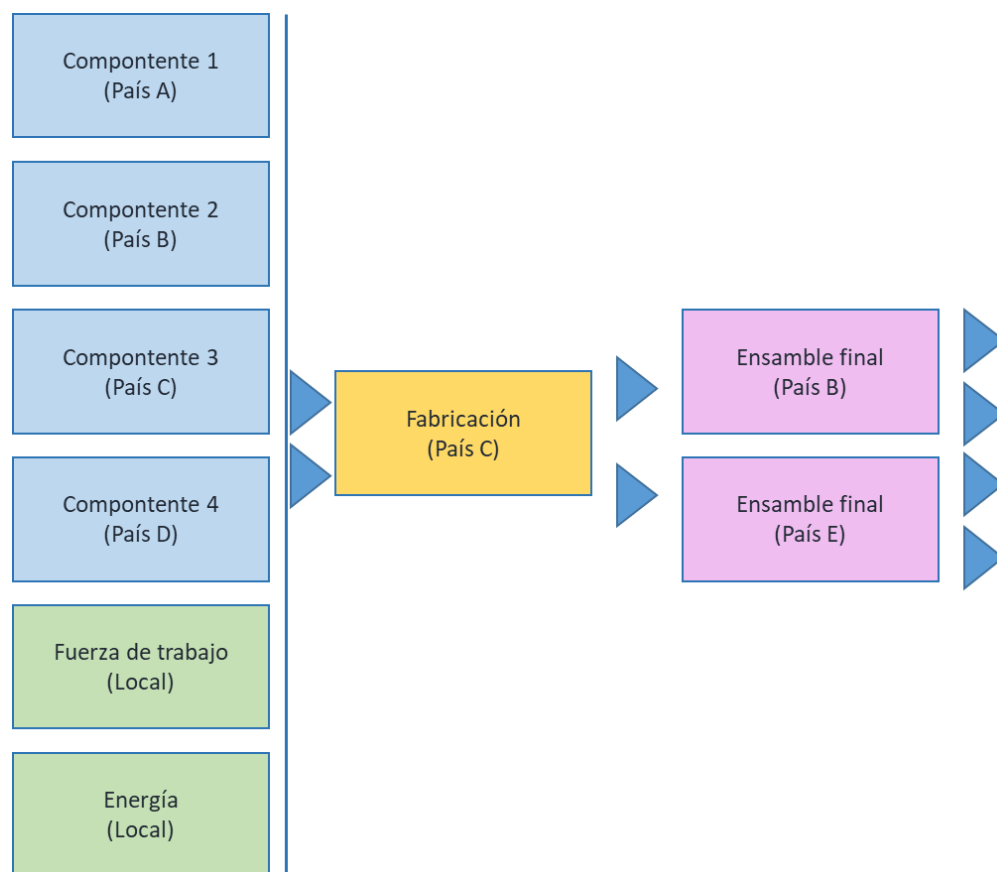


Figura 4.3. Evaluación de la resiliencia de la estructura de la cadena de suministro

Paso 3. Identificar vulnerabilidades y evaluar los riesgos.

Es probable que las grandes empresas tengan un mecanismo o marco existente para evaluar el riesgo de la cadena de suministro. El clima extremo y el cambio climático son elementos adicionales que deben considerarse dentro de dichos marcos.

La información sobre el impacto o el costo de eventos climáticos extremos anteriores en cadenas de suministro similares puede ser útil para ayudar a evaluar las posibles consecuencias de eventos futuros. El cambio climático potencialmente cambiará la probabilidad y la severidad de los eventos, por lo que una evaluación debe considerar el nivel existente de riesgos y cómo el cambio climático podría amplificar esos riesgos.

Paso 4. Definir y aplicar medidas de construcción de resiliencia.

Una vez que se han identificado los riesgos que enfrenta la empresa, se pueden definir medidas de creación de resiliencia. Idealmente, deberían concebirse y aplicarse con especial atención a los beneficios y las consecuencias en todo el sistema de la cadena de suministro. Este enfoque requiere una perspectiva de colaboración, un enfoque holístico para considerar los riesgos y la mitigación, y una

buena disposición para considerar los cambios en las estructuras de la cadena de suministro, así como para aplicar medidas individuales.

Ejemplos de medidas de construcción de resiliencia podrían incluir:

- Definir y adoptar políticas y enfoques de "administración de la cadena de suministro" que fomenten la colaboración y el intercambio de información en toda la cadena de suministro. Esto podría incluir la difusión de información informativa para fomentar una mejor comprensión mutua de los problemas;
- Evaluar los flujos de información y la adopción de estándares, para asegurar que sean compatibles y complementen las medidas de fortalecimiento de la resiliencia;
- Mantener un entendimiento de la capacidad general de la cadena de suministro y su utilización de la capacidad. Idealmente, debería haber un margen para que la capacidad de reserva pueda ponerse en juego en caso de una interrupción del clima para minimizar los impactos en el negocio;
- Monitoreo efectivo y documentación de cómo la cadena de suministro se ve afectada por el clima extremo y eventos relacionados con el clima y el enfoque de los procesos de recuperación asociados. Esto ayuda a comprender la naturaleza de los riesgos con más detalle y permite construir una mayor capacidad de recuperación aprendiendo de experiencias anteriores;
- Requerir una declaración de resiliencia climática como parte relevante de las condiciones contractuales para los proveedores, y exigir que los proveedores realicen evaluaciones de vulnerabilidad en relación con el cambio climático y los eventos relacionados con el clima. Esto permitirá a los proveedores crear conciencia y desarrollar planes de contingencia/recuperación que pueden utilizarse como material de marketing positivo para sus tratos con los clientes y con sus propios proveedores;
- Explorar formas en que se pueden minimizar los riesgos (por ejemplo, explorar alternativas a los arreglos logísticos, transferir procesos de producción dentro o entre sitios, asegurar que las instalaciones estén diseñadas para resistir eventos climáticos severos mientras se mantiene la operación).
- Colaboración con las administraciones para identificar la infraestructura crítica y promover redes de transporte sólidas y resistentes;

La tabla 4.1 resume el análisis en los pasos 1 a 4 del marco. En la práctica, los elementos de la cadena de suministro pueden enfrentar más de una vulnerabilidad, o más de un riesgo derivado de cada vulnerabilidad. También puede haber una variedad de posibles medidas de resiliencia que podrían ser aplicado para mitigar los riesgos consiguientes.

Tabla 4.1 evaluación de resiliencia

Elemento de la cadena de suministro	Aspectos críticos	Riesgos relacionados con el clima	Vulnerabilidad y riesgo	Medidas de resiliencia
Proveedor de componentes	Proveedores están agrupados geográficamente	Tormentas llevan a inundaciones de instalaciones. Tormentas incrementan su frecuencia	Pérdida de inventario por instalaciones inundadas	Disponibilidad de proveedores alternos para mantener la cadena después de la disrupción
Fabricante	Una sola instalación de manufactura	Tormentas golpean las instalaciones portuarias	Inventario insuficiente por retrasos en transporte	Incrementar niveles de inventario para enfrentar disrupciones en la cadena
Generación de energía local	Vulnerable a vientos fuertes	Tormentas dañan infraestructura	Pérdida de energía por daños a infraestructura	Respalda la generación de energía
Fuerza de trabajo local	Una sola ruta para fuerza de trabajo	Rutas de transporte bloqueadas por inundaciones	Inundaciones bloquean rutas de transporte por lo que se usa trabajo remoto	Desarrollar planes de contingencia de trabajo remoto

4.3 Herramientas para la gestión de riesgos en las cadenas de suministro. Uso de seis sigma

La gestión de gestionar los procesos que comprenden las cadenas de suministro es fundamental para la reducción del riesgo. Si el proceso está bajo control, el riesgo de incumplimiento se reduce significativamente. Aunque esta idea ha sido reconocida durante mucho tiempo en la fabricación, donde el control de procesos se considera la clave para mantener la calidad del producto de manera constante, los conceptos y técnicas de control de procesos y gestión de la calidad se pueden aplicar a cualquier proceso, incluyendo aquellos dentro de una cadena de suministro.

La idea subyacente detrás de la gestión de procesos es la reducción de la variabilidad. También se debe reconocer que, en una cadena de suministro, la variación aumenta como resultado del impacto combinado de la variabilidad en cada etapa en la cadena, por ejemplo, si hay 20 etapas en una cadena de suministro y cada una alcanza el 99% de éxito en comparación con el rendimiento planificado, la probabilidad de que el resultado final sea como se planificó es realmente $(0.99)^{20}$ es decir, 81.8%.

Por lo tanto, es importante entender cómo la variabilidad del rendimiento de un proceso en la cadena de suministro puede impactar en el rendimiento de procesos consecutivos. En efecto, la variabilidad del proceso se acumula a medida que avanzamos a lo largo de una cadena de suministro.

4.3.1 Metodología para la gestión de riesgos de procesos.

A lo largo de los años, han surgido varias herramientas y técnicas para ayudar a identificar y reducir la variabilidad en los procesos de negocios. Recientemente, muchas de estas ideas se han reunido bajo el paraguas de "Six Sigma", una filosofía y una metodología para la mejora de procesos que se basa en datos y depende de herramientas y técnicas estadísticas.

El término Six Sigma es en gran parte simbólico y se refiere a la posibilidad de defecto o falla; sigma (o la desviación estándar) es la medida estadística de la variación en una distribución. Six Sigma implica que la posibilidad de fracaso es solo de 3.4 en un millón de oportunidades.

Si bien el rendimiento de Six Sigma puede ser inalcanzable en muchos casos, se utiliza como un objetivo: a veces, a Six Sigma se le conoce como "un viaje, no un destino". Muchas de las herramientas de Six Sigma provienen de la caja de herramientas de gestión de calidad total (TQM).

Six Sigma es una metodología de mejora continua, que busca hacer que los procesos existentes sean más robustos. Esto puede ser un objetivo demasiado limitante para la gestión de riesgos de la cadena de suministro, simplemente haciendo que un proceso sea robusto en lugar de cambiarlo para hacerlo más resiliente. Sin embargo, reducir la variabilidad del proceso crea capacidad; capacidad que puede eliminarse si el objetivo es ser más ágil o mantenerse si el objetivo es una cadena de suministro más resiliente (o quizás ágil). Ya sea que el objetivo sea la solidez o la resiliencia, la metodología Six Sigma puede traer resultados dramáticos.

La metodología Six Sigma sigue una secuencia de cinco etapas:

- Definir: ¿Qué es lo que estamos buscando para mejorar? ¿Qué indicador clave de rendimiento (KPI) queremos mejorar?
- Medir: ¿Cuál es la capacidad actual del proceso? ¿Qué promedios, qué variabilidad es evidente?
- Analizar: mapee el proceso, use el análisis de causa y efecto (por ejemplo, Análisis de Pareto y Diagramas de espina de pescado)
- Mejorar: volver a diseñar el proceso, simplificar
- Control: Mejorar la visibilidad y transparencia del proceso. Utilizar control estadístico de procesos.

Un modelo modificado de Six Sigma para la gestión de riesgos del proceso de la cadena de suministro El modelo modificado de Six Sigma para la gestión de riesgos de la cadena de suministro proporciona una metodología robusta y sistemática que

puede aplicarse a los procesos de la cadena de suministro. La metodología se basa en el modelo Six Sigma de Define-Measure-Analyze-Analyze-Control, más conocido como el Proceso de mejora DMAIC que es ampliamente utilizado por los fabricantes para mejorar la calidad del proceso y del producto. El Modelo de Riesgo de Procesos propuesto, Figura 4.4, adaptado para la gestión de riesgos de la cadena de suministro comprende dos ciclos:

- Ciclo táctico
- Ciclo operacional.

En particular, el ciclo táctico incluye un paso de priorización de riesgos, "Priorizar", y reemplazamos "Definir" con "Identificar". El paso "Mejorar" recibe el título más apropiado de "Reducir", transformando así el Proceso de Mejora DMAIC en los Procesos IMP y ARC para la Reducción de Riesgos.

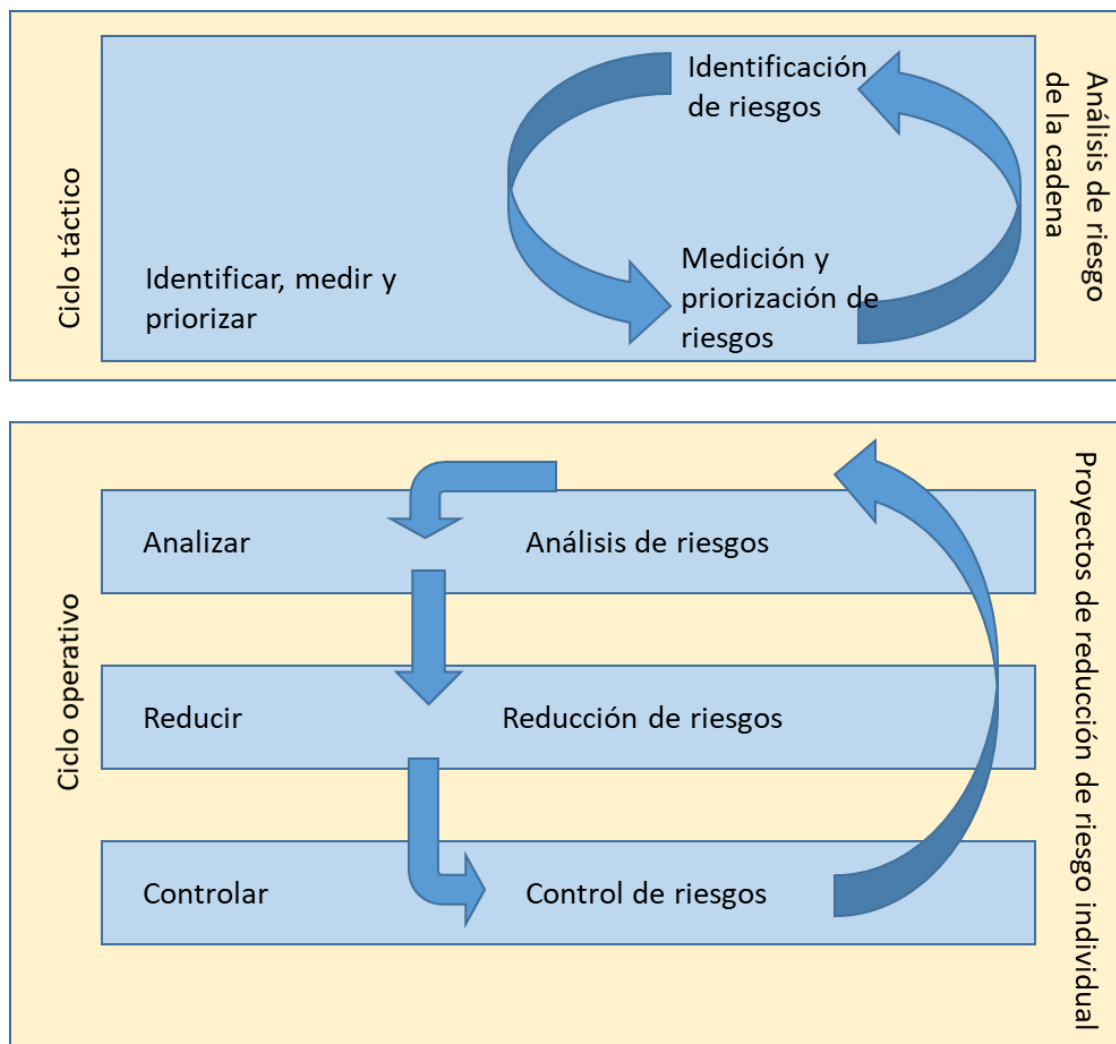


Figura 4.4 Modelo de riesgo de procesos para la gestión de riesgos de una cadena de suministro

Ciclo táctico

Los principales objetivos del ciclo táctico son identificar, medir y priorizar (IMP) los riesgos inherentes a los procesos de la cadena de suministro de la organización. En conjunto, esto se conoce como Análisis de la Cadena de Riesgo (RCA) porque el objetivo es identificar los riesgos del proceso inherentes a la cadena de suministro que son críticos para el negocio y priorizarlos para que, en última instancia, la organización pueda maximizar la reducción en el suministro acumulado total. Proceso de cadena de riesgo. Se recomienda que los administradores de riesgos adopten el FMEA (Modo de falla y análisis de efectos) como marco para la ejecución del ciclo IMP. Los principales objetivos de RCA se definen a continuación:

- Identificación de riesgos: consiste en identificar los procesos de ruta crítica que representan fuentes significativas de riesgo para la salida de la cadena de suministro de la organización.
- Medición del riesgo: medir el impacto de cada riesgo en el negocio y en la empresa extendida. Durante este paso del proceso, todos los riesgos identificados se miden en términos de su efecto en la cadena de suministro y el impacto en el negocio.

Utilizando el enfoque FMEA y un conjunto de herramientas y técnicas apropiadas, los riesgos se pueden medir utilizando tres criterios:

- La probabilidad o frecuencia esperada de ocurrencia del riesgo.
 - La gravedad del impacto del riesgo en la empresa, tanto en términos de costo como de servicio al cliente.
 - La probabilidad de detección temprana y evitación del impacto.
- Priorización de riesgos: priorizar los riesgos para que la atención pueda centrarse en aquellos con el mayor potencial para causar daños y aquellos que representan la mayor oportunidad para la reducción de riesgos.

El proceso de priorización debe considerar el costo de la reducción del riesgo en términos de costo-beneficio, es decir, la organización debe centrarse en aquellos riesgos en los que el grado esperado de reducción del riesgo alcanzable por unidad de costo invertido es el mayor.

Ciclo operacional

Los principales objetivos del ciclo operativo son analizar, reducir y controlar los riesgos de alta prioridad a través de proyectos individuales de gestión de riesgos; Estos se definen como sigue:

- Análisis de riesgos: analizar en detalle las causas de cada riesgo y traducir los resultados en proyectos de reducción de riesgos.

Es el efecto del riesgo y el daño potencial que puede causar en el negocio principal cuando se consideran estrategias y tácticas de reducción de riesgo.

Aunque se requiere algún análisis para llevar a cabo la "Medición del riesgo" y la "Priorización del riesgo" durante el ciclo táctico, este paso del análisis implica una investigación más profunda para cuantificar los efectos de cada riesgo.

- Reducción de riesgos: implementar estrategias de reducción de riesgos para reducir o mitigar aquellos riesgos de alta prioridad para los cuales se pueden encontrar soluciones rentables. El objetivo final debería ser seguir un programa de gestión de riesgos que maximice la reducción del riesgo total acumulado de la cadena de suministro.

El objetivo de la reducción de riesgos es encontrar e implementar una solución que proporcione la mayor reducción en el efecto combinado de los tres criterios de riesgo clave:

- probabilidad de ocurrencia
 - severidad del impacto
 - capacidad de detectar.
- Control de riesgo: para monitorear continuamente la magnitud del riesgo reducido a lo largo del tiempo, mantener el control del proceso y la retroalimentación en el ciclo táctico.

5. Conclusiones

En el presente estudio se parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro propuesto por Ponomarov para hacer frente a eventos disruptivos.

Se muestra la naturaleza de algunas cadenas logísticas internacionales, particularmente de la industria automotriz, en donde se puede observar que suelen ser más complejas que las cadenas domésticas. Por otro lado, se establece una relación inversa entre la resiliencia y la complejidad de la cadena.

Se presenta un ejemplo de cadena de suministro internacional del ramo automotriz, así como algunos estudios internacionales que muestran su complejidad y como es que se dio la resiliencia ante eventos disruptivos como los desastres naturales que afectaron dichas cadenas de suministro.

El caso del terremoto e inundación en las plantas de empresas proveedoras dentro de la cadena de suministro de Toyota es paradigmático. Como la economía de Japón está altamente integrada en la economía mundial, las interrupciones directas e indirectas del suministro causadas por el desastre se experimentaron a nivel mundial. Tras el terremoto del Gran Este de Japón, la producción de automóviles y componentes eléctricos japoneses disminuyó en un 47,7% y un 8,25%, respectivamente. Los efectos negativos de la catástrofe japonesa se extendieron a otros países de la región. Los impactos perturbadores del terremoto del Gran Este de Japón tuvieron un impacto más prolongado en el sector automotriz.

Las interrupciones causadas por el desastre en Japón impactaron fuertemente algunas cadenas de suministro, particularmente aquellas que dependen de pocas fuentes o una fuente única para ciertos insumos. Un ejemplo es en la industria del automóvil. Con el daño a Renesas Electronic Corp, el mayor fabricante de microchips hechos a medida en el mundo, toda la industria automotriz en Japón y otras partes del mundo experimentaron una severa suspensión de producción, debido a que los chips específicos del usuario eran difíciles de volver a adquirir. y la estricta gestión "justo a tiempo" en la industria resultó en un inventario extremadamente bajo, generalmente por hasta seis horas. Las interrupciones en la cadena de suministro y el correspondiente estancamiento de la producción en varias industrias, en particular las industrias orientadas a la exportación, destacaron Los riesgos de perder cuota de mercado global. Por ejemplo, en la industria del acero, Posco, la tercera mayor siderúrgica del mundo por producción, con sede en la República de Corea, ganó una participación en el mercado de materiales para los constructores navales en la región, reemplazando a las siderúrgicas japonesas. Las interrupciones de la cadena en la industria automotriz en Japón causadas por el terremoto provocaron una grave escasez de automóviles pequeños y medianos en

el mercado mundial, así como una menor producción de automóviles en los Estados Unidos de América y Europa, que dependen de los proveedores japoneses de piezas. Como resultado, los fabricantes de automóviles menos afectados ganaron acciones en el mercado global, al menos temporalmente (Toyota, 2012; General Motors, 2012) Los datos indican que General Motors fue el mayor fabricante de autos del mundo en volumen en 2011.

Se muestra como al tener una red que confluía en algún momento en un mismo proveedor, la producción se vio más afectada que en algunos de sus competidores como Toyota, Mazda o Mitsubishi.

Del mismo modo, se puede apreciar como al tener una filosofía de mejora continua y de disminución de fallas, Toyota pudo reponer su capacidad de producción en menor tiempo que otras empresas, como fue el caso de Honda.

Con esta experiencia queda de manifiesto la importancia de la visibilidad de la cadena de suministro basada en una estrecha colaboración con los clientes y proveedores, así como en la integración interna dentro del negocio.

La planificación colaborativa con los clientes es importante en primer lugar para permitir la visibilidad de la demanda, pero también para compartir información sobre las tendencias del mercado y las percepciones de riesgo. Igualmente, la visibilidad en sentido ascendente también requiere altos niveles de planificación colaborativa con los proveedores y el uso de la lógica de "gestión de eventos" para permitir que se señalen las alertas de posibles interrupciones en el suministro.

En cuanto a cadenas de suministro nacionales, desgraciadamente no se cuenta con casos públicamente documentados que permitieran conocer acerca de experiencias de resiliencia en México.

De la misma manera que muchas organizaciones reconocieron que la única forma de hacer realidad la Gestión de la Calidad Total (TQM) era generar una cultura que hiciera de la calidad una preocupación de todos, también hoy existe el requisito de crear una cultura de gestión de riesgos dentro del negocio. Esta cultura de administración de riesgos debe extenderse más allá de los límites de riesgo corporativo y la administración de continuidad del negocio para convertirse en "administración de continuidad de la cadena de suministro".

Finalmente, se presenta un marco de acción que se ha desarrollado en la literatura reciente para crear cadenas de suministro resiliente, en donde se identifican las fuentes de vulnerabilidad, mediciones de efectos y desarrollo de estrategias para aumentar la resiliencia. Por otra parte, se sugiere la adecuación de herramientas de seis-sigma (DMAIC) para la medición, mejora y control del desempeño de la cadena de suministro y su aplicación ante eventos disruptivos.

Bibliografía

CANIS, B. *The Motor Vehicle Supply Chain: Effects of the Japanese Earthquake and Tsunami*. Congressional Research Service. 2011.

Centre for Logistics and Supply Chain Management, Cranfield School of Management. *Creating Resilient Supply Chains: A Practical Guide*. 2003.

CHRISTOPHER, M., PECK, H. *Building the resilient supply chain*. International Journal of Logistics Management, Vol. 15, No. 2, pp1-13, 2004.

CHRISTOPHER, M. and HOLWEG, M. (2011), “Supply Chain 2.0’: Managing supply chains in the era of turbulence”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 41 No. 1, pp. 63–82

FUJIMOTO, T., PARK, Y. Balancing supply chain competitiveness and robustness through “virtual dual sourcing: Lessons from the Great East Japan Earthquake. Int. J. Production Economics 147(2014)429–436. 2013

GRADILLA, L. *Transporte federal de personas en México: transición hacia la sustentabilidad y la resiliencia*. Instituto Mexicano del Transporte (2014)

GUNASEKARAN, A., SUBRAMANIAN N., RAHMAN. S. *Supply chain resilience: role of complexities and strategies*. International Journal of Production Research. Vol. 53, No. 22, 6809–6819. 2015.

HOLLING. C.S. *Resilience and Stability of Ecological Systems*. Annual Review of Ecology and Systematics Vol. 4:1-23 (Volume publication date November 1973).

JÜTNER, U. MAKLAN, S. *Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study*. Cranfield School of Management. Supply Chain Management: An International Journal 16/4 (2011) 246–259. 2011.

KITO, T., BRINTUP, A., NEW, S., REED-TSOCHAS, F. The Structure of the Toyota Supply Network: An Empirical Analysis. Saïd Business School. University of Oxford. Research Paper. 2014.

LINGHE, Y., MASATO, A. *The impacts of natural disasters on global supply chains*. ARTNeT Working Paper Series No. 115/June 2012

MATSUO, H. *Implications of the Tohoku earthquake for Toyota's coordination mechanism: Supply chain disruption of automotive semiconductors*. Int. J. Production Economics 161 (2015) 217–227. 2015

MELNYK, S., CLOSS, D., GRIFFIS, S., ZOBEL, C., MACDONALD, J. Understanding Supply Chain Resilience. En

http://www.supplychain247.com/article/understanding_supply_chain_resilience

NIKKEI. Japanese Chamber of Commerce Bangkok (2012). Thai Koku Nikkei Kigyou Keiki Doukou Chousa: 2011 Shimoki, JCCB, 29 February 2012.

NISSAN. "Report on the Impact of Flooding in Thailand on Nissan Operations (Report #3)", en <http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2011/STORY/111104-01-e.html>. 2011.

PONOMAROV, S., HOLCOMB M. *Understanding the concept of supply chain resilience*. International Journal of Logistics Management, 20(1), pp. 124–143 2009.

SIMCHI-LEVI, D., and C. H. FINE. *Your Next Supply Chain*. MIT Sloan Management Review 51 (2): 17–24. 2010

TOYOTA. "Toyota Vehicle Production Adjustments Due to Floods in Thailand". En <http://www2.toyota.co.jp/en/news/11/11/1104.html>. 2012



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>