ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.1775

# Assessing Resilience in the Supply Chain of the Restaurant Industry in Tehuacan: A Linear Approximation Model.

Ramon Cruz Martinez[1]
[1] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México, *ramon.cruz@upaep.edu.mx*

***Abstract*– Th e purpose of the following article is to measure the resilience of the supply chain of the restaurant industry in the city of Tehuacan; using the linear approximation model, the research is given in the context of the need of the members, to identify mechanisms that allow them to remain competitive in the long term and to face disruptions, being fundamental to evaluate and strengthen the resilience of the supply chain.**

***The proposed model represents a methodological tool that is accessible and transferable to similar sectors with high informality, allowing rapid diagnoses of organizational vulnerabilities. In addition, it was identified that traditionally critical variables, such as contingency planning, are not valued by most stakeholders, revealing a significant gap between theory and practice. Developing risk management capacity for an industry plagued by competitors.***

# EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA RESTAURANTERA EN TEHUACÁN: UN MODELO DE APROXIMACIÓN LINEAL

Ramon Cruz Martinez[1]
[1] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México, *ramon.cruz@upaep.edu.mx*

***Resumen*– La finalidad del siguiente artículo es medir la resiliencia de la cadena de suministro de la industria restaurantera de la ciudad de Tehuacán; utilizando el modelo de aproximación lineal, la investigación se da en el contexto de la necesidad de los integrantes, de identificar mecanismos que le permitan mantenerse competitivas a largo plazo y enfrentar disrupciones siendo fundamental evaluar y fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro. El modelo propuesto representa una herramienta metodológica accesible y transferible a sectores similares con alta informalidad, permitiendo diagnósticos rápidos sobre vulnerabilidades organizacionales. Además, se identificó que variables tradicionalmente críticas, como la planificación de contingencias, no son valoradas por la mayoría de los actores, lo que revela una brecha importante entre teoría y práctica. Desarrollar la capacidad de gestión del riesgo para una industria plagada de competidores.***

## I. INTRODUCCIÓN

La industria restaurantera en la ciudad de Tehuacán enfrenta particularidades en cuanto a la conformación de sus cadenas de suministro. Las posibilidades de resiliencia se ven afectadas por la informalidad competitiva, las condiciones económicas que modifican abruptamente los precios de los alimentos, los cambios en las preferencias del consumidor y las posibles interrupciones de la logística. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), "el 72.6% de los establecimientos restauranteros en México operan en la informalidad, empleando al 43.6% de los trabajadores y generando el 26.3% de los ingresos, lo que crea una competencia desigual para los negocios formales" [1]. Esto genera una baja proporción de negocios formales en la región de estudio, lo que motiva la presente investigación. Asimismo, "la crisis de la cadena de suministro ha resaltado la necesidad de enfoques innovadores y resilientes para mantener la competitividad en la industria alimentaria mexicana" [2].

Para comprender mejor el contexto de Tehuacán, el Plan Municipal de Desarrollo (PMD) 2021-2024 identificó que el municipio cuenta con 2,346 unidades económicas dedicadas a la preparación de alimentos, bebidas y servicios de alojamiento temporal, consolidándose como un sector relevante en la dinámica económica local [3]. Sin embargo, la pandemia de COVID-19 generó impactos significativos en esta industria. De acuerdo con Castillo, el 40% de los restaurantes cerraron sus puertas al no poder sostener los gastos operativos frente a los ingresos insuficientes, mientras que el 60% restante implementó medidas como reducción de horarios de atención y servicio a domicilio [4]. Aunque estas acciones permitieron la continuidad operativa, las ventas permanecieron lejos de niveles óptimos.

Por otro lado, según Rodríguez, los restauranteros afiliados a la Cámara Nacional de la Industria Restaurantera y Alimentos Condimentados (CANIRAC) en Tehuacán redujeron su aforo al 70% para prevenir la propagación del virus, lo que añadió complejidad a un entorno ya difícil [5]. No obstante, durante la pandemia se observó un incremento en la creación de nuevos restaurantes, planteando dudas sobre la resiliencia del sector y su capacidad de adaptación a crisis similares en el futuro.

La industria restaurantera de Tehuacán enfrenta un panorama incierto, donde la competencia informal y las condiciones económicas del entorno generan desafíos adicionales. Estas circunstancias refuerzan la necesidad de evaluar y fortalecer la resiliencia de las cadenas de suministro, lo cual resulta indispensable para garantizar la sostenibilidad. A través del modelo de aproximación lineal, se busca identificar estrategias que optimicen las operaciones de los restaurantes, promoviendo vínculos sólidos con clientes y distribuidores para enfrentar la complejidad del mercado. Como señala Santiago, la gestión de cadenas de suministro debe equilibrar las necesidades operativas con la capacidad de adaptación, lo cual es crucial para superar disrupciones y mantener la competitividad [6]. En consecuencia, se pretende comprender

cuáles son los factores clave que determinan la resiliencia en esta industria y cómo estos pueden ser potenciados para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. El objetivo es proporcionar un análisis que permita a los negocios formales del sector enfrentar las disrupciones del entorno competitivo, especialmente considerando que muchos operan bajo condiciones de desigualdad frente a la competencia informal. Además, el estudio intenta abordar la interrogante sobre si las medidas implementadas durante la pandemia, como el servicio a domicilio y la reducción de aforos, pueden ser sostenibles y replicables ante futuras crisis.

*A. Resiliencia en la cadena de suministro*

La cadena de suministro se define como una red de organizaciones involucradas en los procesos y actividades que generan valor en forma de productos y servicios para los clientes finales. Este concepto ha evolucionado en los últimos años, integrando tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles para mejorar la eficiencia y la resiliencia de las operaciones [7].

La resiliencia en la cadena de suministro se refiere a la capacidad de una empresa para mantener o recuperar un funcionamiento óptimo tras enfrentar eventos adversos. "En este sentido, una cadena de suministro resiliente es capaz de retornar a su posición original o adaptarse a una nueva situación deseada después de ser perturbada por factores internos o externos" [8]. La pandemia de COVID-19 evidenció la vulnerabilidad de las cadenas de suministro en la industria restaurantera, especialmente en aspectos como la interrupción del transporte y la disponibilidad de insumos. Esta situación resaltó la necesidad de implementar herramientas de toma de decisiones que prolonguen la vida de las organizaciones y fortalezcan su capacidad de respuesta ante futuras disrupciones [9].

Desde la visión de Cerquín, los procesos operativos y las cadenas de suministro suelen clasificarse en etapas como planificación, selección de proveedores, manufactura, entrega y devoluciones [10]. Cada una de estas etapas es crucial para garantizar la eficiencia y la capacidad de adaptación de la cadena de suministro, permitiendo a las empresas responder de manera efectiva a las demandas del mercado y a posibles interrupciones. Este enfoque holístico no solo garantiza una respuesta efectiva a las demandas del mercado, sino que también proporciona a las organizaciones herramientas para anticiparse a futuras disrupciones, promoviendo su sostenibilidad y competitividad a largo plazo.

Para garantizar que las etapas de una cadena de suministro operen de manera eficiente y resiliente, es crucial comprender cómo cada una de ellas se interrelaciona y contribuye al objetivo común de satisfacer las necesidades del cliente mientras se enfrentan posibles disrupciones. La planificación sirve como punto de partida estratégico, asegurando que los recursos disponibles se alineen con la demanda anticipada. A partir de aquí, la selección de fuentes confiables y bien evaluadas refuerza la estabilidad operativa, mientras que la manufactura transforma los insumos en productos o servicios que representan el núcleo del negocio. Este flujo organizado culmina con la entrega, que conecta los esfuerzos internos con los clientes, y la devolución, que cierra el ciclo al abordar fallas y garantizar satisfacción postventa. Esta estructura integrada asegura que la cadena de suministro no solo sea efectiva, sino también adaptable y preparada para enfrentar desafíos futuros.

*B. Selección y planteamiento de informacion*

La resiliencia en la cadena de suministro de la industria restaurantera en Tehuacán enfrenta desafíos significativos debido a factores como la informalidad, las fluctuaciones económicas y las disrupciones logísticas. La capacidad de adaptación y respuesta de los restaurantes a estos factores es fundamental para garantizar la continuidad operativa y mantener la competitividad en un entorno altamente volátil. En este sentido, el fortalecimiento de la resiliencia en la cadena de suministro puede lograrse a través de una gestión estratégica basada en diversas etapas clave.

La planeación estratégica juega un papel esencial en la mitigación de riesgos al anticipar cambios en el mercado, tales como variaciones en los precios de los alimentos o interrupciones en la logística. La incorporación de modelos de aproximación lineal en esta fase permite optimizar recursos y prever posibles disrupciones, lo que favorece una cadena de suministro más eficiente y adaptable [11].

La selección de fuentes de abastecimiento confiables también es un elemento clave para enfrentar vulnerabilidades como la escasez de insumos y los incrementos de precios. Colaborar con proveedores locales y sostenibles contribuye a la estabilidad en el suministro de alimentos y bebidas, al tiempo que fortalece las relaciones comerciales y genera una red de soporte resiliente [12].

Por otra parte, la manufactura en el contexto restaurantero se refiere a la preparación y servicio de los alimentos. La implementación de procesos estandarizados y el uso eficiente de los recursos permiten mejorar la calidad y la productividad. Estrategias como la optimización de horarios del personal y la adopción de tecnologías emergentes facilitan la continuidad operativa incluso en condiciones adversas [11].

La entrega de productos representa otra fase crítica dentro de la cadena de suministro restaurantera. El auge del servicio a domicilio ha demostrado la importancia de contar con transportistas confiables y sistemas de información robustos que garanticen la entrega oportuna y en condiciones óptimas. Estas acciones no solo mitigan riesgos logísticos, sino que también mejoran la satisfacción del cliente y la reputación del negocio [13].

Finalmente, la gestión de devoluciones constituye una práctica fundamental para reforzar la satisfacción del cliente y

mejorar la capacidad de adaptación a cambios en las preferencias del consumidor. La atención oportuna a quejas y la implementación de mecanismos de retroalimentación permiten corregir fallas recurrentes, fortaleciendo la fidelidad de la clientela [11].

En este estudio, se propone una metodología basada en encuestas para evaluar la resiliencia en la cadena de suministro restaurantera. Mediante un modelo de regresión lineal, se analizará la influencia de diversos factores críticos en la capacidad de respuesta de los restaurantes ante adversidades. Este enfoque permitirá identificar estrategias efectivas para mejorar la sostenibilidad y competitividad del sector en Tehuacán.

## II. METODOLOGÍA

### *A. Diseño del cuestionario*

Las variables utilizadas en el cuestionario para evaluar la resiliencia en la cadena de suministro restaurantera fueron seleccionadas mediante un análisis exhaustivo de literatura académica sobre cadenas de suministro resilientes y sostenibilidad en la industria restaurantera. Estas variables se enfocan en áreas críticas que impactan directamente la capacidad de un restaurante para anticiparse, adaptarse y responder ante disrupciones. Autores como Arias-Vargas, Sanchís y Poler [14] destacan que factores como la planificación de contingencias, la adaptabilidad y el uso de tecnología son fundamentales para garantizar la continuidad operativa en entornos volátiles. Asimismo, Castillo Díaz [15] resalta la relevancia de aspectos como la diversificación y las relaciones con proveedores en la capacidad de las organizaciones para mitigar riesgos y mejorar su sostenibilidad.

La selección de estas preguntas fue el resultado de un taller colaborativo titulado “Generación de datos para investigación de la resiliencia en la cadena de suministro Restaurantero”, organizado de manera conjunta entre CANACINTRA (Cámara Nacional de la Industria de Transformación) y el autor de esta investigación. Este taller, gratuito y diseñado para apoyar al sector restaurantero de Tehuacán, tuvo una duración de 32 horas, divididas en 8 sesiones, y contó con la participación de expertos en áreas clave como logística, gestión de riesgos y administración empresarial, además de empresarios restauranteros y académicos interesados en fortalecer las capacidades del sector. Durante el taller, las preguntas del cuestionario fueron revisadas, discutidas y validadas con base en las experiencias prácticas de los participantes, permitiendo que reflejaran con precisión las necesidades y desafíos específicos de la industria restaurantera local.

### *B. Razonamiento detrás de las preguntas*

Cada pregunta del cuestionario fue diseñada para abordar un aspecto clave de la resiliencia en la cadena de suministro, fundamentada tanto en literatura académica como en el contexto práctico del sector restaurantero.

Por lo cual la escala Likert se utiliza en este estudio debido a su capacidad para medir actitudes, percepciones y comportamientos de manera estructurada y cuantificable. Esta escala es particularmente efectiva en investigaciones relacionadas con resiliencia organizacional, ya que permite evaluar el grado de acuerdo o desacuerdo con afirmaciones específicas, proporcionando datos que pueden ser analizados estadísticamente para identificar tendencias y relaciones.

### *C. Simplicidad y eficacia*

La escala Likert es ampliamente utilizada por su facilidad de diseño, implementación y comprensión tanto para los investigadores como para los participantes. Según Joshi *et al.* [3], "la escala Likert facilita la recopilación de datos al permitir que los encuestados expresen sus opiniones en un rango continuo, lo cual es esencial para investigaciones sobre comportamiento y resiliencia organizacional".

### *D. Adaptabilidad en el análisis*

Este tipo de escala es ideal para aplicar análisis estadísticos como regresiones lineales, ya que convierte datos subjetivos en métricas cuantificables. Boone y Boone [17] explican que las respuestas en una escala Likert pueden analizarse como datos ordinales o intervalos, dependiendo del objetivo de la investigación, lo que la convierte en una herramienta flexible y poderosa.

### *E. Medición de constructos complejos*

La resiliencia en cadenas de suministro implica múltiples dimensiones, como la planificación, la adaptabilidad y las relaciones con proveedores. Bertram [18] señala que la escala Likert es especialmente adecuada para medir constructos abstractos y multifacéticos, ya que permite a los encuestados reflexionar sobre diferentes aspectos de una temática antes de proporcionar sus respuestas.

### *F. Validación en estudios similares*

La escala Likert ha sido validada y utilizada extensamente en estudios sobre cadenas de suministro y resiliencia organizacional, lo que respalda su aplicación en esta investigación. Por ejemplo, Behrens [19] destacó su relevancia en investigaciones que buscan analizar el comportamiento y las decisiones empresariales bajo condiciones de incertidumbre.

Donde siguiendo con la medición de la investigación se detalla el método de las preguntas con base en la escala de Likert.

Las respuestas se calificaron en una escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa "Nunca" o "Nada" y 5 representa "Siempre" o "Muy".

### *G. Descripción detallada de las preguntas*

**Planificación de Contingencias (PC)**

**Pregunta:** ¿Su restaurante cuenta con un plan de contingencia actualizado para enfrentar situaciones como escasez de insumos, aumento de costos o cambios en las regulaciones sanitarias?
**Fundamentación:** La planificación de contingencias es esencial para que las empresas puedan anticipar y responder eficazmente a disrupciones en la cadena de suministro, garantizando la continuidad operativa y la satisfacción del cliente, según Pettit, Fiksel y Croxton [20].

**Adaptabilidad (AD)**

**Pregunta:** ¿Su restaurante es capaz de modificar rápidamente su menú o sus operaciones en respuesta a cambios en las preferencias de los clientes o en las condiciones del mercado?
**Fundamentación:** Desde la visión de Wieland y Wallenburg [21], la capacidad de adaptación permite a las organizaciones ajustar sus operaciones ante cambios en el entorno, lo cual es crucial para mantener la competitividad y la resiliencia organizacional.

**Diversificación (DV)**

**Pregunta:** ¿Su restaurante ha diversificado sus fuentes de suministro o sus canales de distribución para reducir la dependencia de un solo proveedor o mercado?
**Fundamentación:** La diversificación de proveedores y canales de distribución reduce la vulnerabilidad ante disrupciones, fortaleciendo la resiliencia de la cadena de suministro en la visión de Chopra y Sodhi [22].

**Relaciones con Proveedores (RP)**

**Pregunta:** ¿Mantiene relaciones sólidas y colaborativas con sus proveedores, lo que le permite negociar mejores condiciones y asegurar el suministro de insumos?
**Fundamentación:** Las relaciones colaborativas con proveedores son fundamentales para la resiliencia, ya que facilitan la comunicación y la coordinación en situaciones de crisis según Krause, Handfield y Tyler [23].

**Uso de Tecnología (UT)**

**Pregunta:** ¿Utiliza su restaurante tecnología para mejorar la eficiencia de sus operaciones, como sistemas de gestión de inventario, software de punto de venta o plataformas de entrega a domicilio?
**Fundamentación:** Ivanov y Dolgui [24] proponen que la implementación de tecnologías avanzadas en la cadena de suministro mejora la eficiencia y la capacidad de respuesta ante disrupciones.

**Financiamiento (FN)**

**Pregunta:** ¿Cuenta su restaurante con una reserva de efectivo o líneas de crédito disponibles para enfrentar situaciones financieras inesperadas?
**Fundamentación:** Tang [25] propone que la disponibilidad de recursos financieros es crucial para que las empresas puedan superar crisis y mantener operaciones durante periodos de disrupción.

**Capacitación del Personal (CP)**

**Pregunta:** ¿Ofrece su restaurante capacitación a su personal en temas de seguridad alimentaria, atención al cliente y resolución de problemas?
**Fundamentación:** La formación continua del personal en áreas clave contribuye a la resiliencia organizacional al mejorar la capacidad de respuesta ante desafíos operativos, desde la perspectiva de Gunasekaran y Ngai [26].

**Marketing y Ventas (MV)**

**Pregunta:** ¿Ha implementado su restaurante estrategias de marketing y ventas flexibles que le permitan adaptarse a cambios en el comportamiento del consumidor?
**Fundamentación:** Según Christopher y Holweg [27], las estrategias de marketing y ventas flexibles permiten a las empresas adaptarse rápidamente a cambios en el mercado, manteniendo la competitividad.

**Colaboración (CL)**

**Pregunta:** ¿Colabora su restaurante con otras empresas del sector o con organizaciones gubernamentales para enfrentar desafíos comunes?
**Fundamentación:** La colaboración interorganizacional es esencial para enfrentar desafíos comunes y fortalecer la resiliencia en la cadena de suministro, conforme a la propuesta de Scholten, Scott y Fynes [28].

**Aprendizaje Organizacional (AO)**

**Pregunta:** ¿Su restaurante aprende de las experiencias pasadas y utiliza esta información para mejorar sus procesos y tomar mejores decisiones en el futuro?
**Fundamentación:** Según Senge [29], el aprendizaje organizacional permite a las empresas adaptarse y evolucionar, mejorando su capacidad para enfrentar futuras disrupciones.

### *H. Planteamiento del modelo de aproximación lineal*

Análisis de datos conforme a la encuesta de resilencia en la cadena de suministro de los restaurantes.
El modelo de aproximación lineal se utiliza en esta investigación para evaluar la resiliencia de la cadena de suministro de la industria restaurantera en Tehuacán debido a su capacidad para analizar relaciones entre múltiples variables y generar interpretaciones cuantitativas claras. La resiliencia, definida como la capacidad de la cadena de suministro para mantener o recuperar un funcionamiento óptimo tras eventos adversos, se mide en función de diversas variables críticas identificadas a través de un cuestionario estructurado.
El planteamiento del modelo de regresión lineal múltiple se describe con la ecuación:

$$R = \beta_0 + \beta_1 PC + \beta_2 AD + \beta_3 DV + \beta_4 RP + \beta_5 UT + \beta_6 FN + \beta_7 CP + \beta_8 MV + \beta_9 CL + \beta_{10} AO + \epsilon$$

Donde:

- R es la resiliencia de la cadena de suministro.

- $\beta_0$ es el término independiente o constante.
- $\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_{10}$ son los coeficientes de cada variable.
- $\epsilon$ es el término de error.

**Cálculo de $\beta 0$:**

Los valores $\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_{10}$ los obtenemos de la cuenta aplica mientras que el $\beta_0$, lo obtenemos del término constante que representa el valor esperado de la resiliencia (R) cuando todas las variables independientes ($\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_{10}$) son cero. Este valor se calcula como parte del modelo de regresión, utilizando técnicas estadísticas. El proceso general:

Pasos:

1. Recopilación de datos:
   Los valores para R (resiliencia) y las variables independientes ($X_1,X_2,\ldots,X_{10}$ ) son obtenidos de las respuestas a la encuesta en escala Likert.
2. Aplicación de la fórmula de regresión múltiple:
   Los valores de $\beta_0$, y los coeficientes ($\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_{10}$) se calculan resolviendo el sistema de ecuaciones derivado del método de mínimos cuadrados, que minimiza la suma de los errores cuadráticos ($\sum \boldsymbol{\epsilon^2}$).

En términos matriciales, la fórmula para obtener $\beta$ (incluyendo $\beta_0$) es:

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Donde:

- X es la matriz de diseño que incluye las variables independientes y un vector de unos para el término constante.
- Y es el vector de los valores observados de R.
- $X^T$ es la transpuesta de la matriz X.
- $(X^T X)^{-1}$ es la inversa de la matriz de producto.

$\beta_0$, es el primer elemento del vector $\beta$, resultante del cálculo.

**Cálculo de $\epsilon$ (término de error):**

$\epsilon$ representa la diferencia entre el valor observado de la resiliencia ($\boldsymbol{R_{observado}}$) y el valor predicho por el modelo ($\boldsymbol{R_{predicho}}$):

$$\in_i = \boldsymbol{R_{observado,i}} - \boldsymbol{R_{predicho,i}}$$

Pasos:

1. Cálculo de $\boldsymbol{R_{predicho}}$**:** Una vez determinados $\beta_0$, y los coeficientes $\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_n$, el valor predicho de R para cada observación (i) se calcula como:
   $$\boldsymbol{R_{predicho,i}} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \ldots + \beta_n X_{n,i}$$
2. Cálculo del término de error para cada observación: Restar $R_{predicho,i}$ de $R_{observado,i}$ da resultado el término de error ($\in_i$) para cada respuesta.
3. Evaluación del error global:

Se calcula la suma de los errores cuadráticos para evaluar el ajuste del modelo:

$$Suma\ de\ errores\ cuadráticos\ = \sum_{i=1}^{N} \in_i^2$$

El término de error promedio puede interpretarse a través del error estándar de los residuos.

*I. Implementación en python*

Para la aplicación del modelo matemático propuesto, se implementó un algoritmo en **python** que permite optimizar la gestión de inventarios en el sector restaurantero. Este modelo toma en cuenta las restricciones de demanda, perecibilidad y descuentos por volumen, y su objetivo es minimizar los costos totales de almacenamiento y reposición. A continuación, se presenta el código utilizado:

```
import pandas as pd
import numpy as np
import statsmodels.api as sm
import matplotlib.pyplot as plt
import ace_tools as tools

# Cargar datos de la encuesta
data = pd.read_excel('/mnt/data/Encuesta de resiliencia en la cadena de suministro (respuestas).xlsx', sheet_name="Respuestas de formulario 1")

# Renombrar columnas para facilitar su manejo
column_mapping = {
    '(PC) Planificación de Contingencias: ¿Su restaurante cuenta con un plan de contingencia actualizado para enfrentar situaciones como escasez de insumos, aumento de costos o cambios en las regulaciones sanitarias?': 'PC',
    '(AD)Adaptabilidad: ¿Su restaurante es capaz de modificar rápidamente su menú o sus operaciones en respuesta a cambios en las preferencias de los clientes o en las condiciones del mercado?': 'AD',
    '(DV)Diversificación: ¿Su restaurante ha diversificado sus fuentes de suministro o sus canales de distribución para reducir la dependencia de un solo proveedor o mercado?': 'DV',
    '(RP)Relaciones con Proveedores: ¿Mantiene relaciones sólidas y colaborativas con sus proveedores, lo que le permite negociar mejores condiciones y asegurar el suministro de insumos?': 'RP',
    '(UT)Uso de Tecnología: ¿Utiliza su restaurante tecnología para mejorar la eficiencia de sus operaciones, como sistemas de gestión de inventario, software de punto de venta o plataformas de entrega a domicilio?': 'UT',
    '(FN)Financiamiento: ¿Cuenta su restaurante con una reserva de efectivo o líneas de crédito disponibles para enfrentar situaciones financieras inesperadas?': 'FN',
    '(CP)Capacitación del Personal: ¿Ofrece su restaurante capacitación a su personal en temas de seguridad alimentaria, atención al cliente y resolución de problemas?': 'CP',
    '(MV)Marketing y Ventas: ¿Ha implementado su restaurante estrategias de marketing y ventas flexibles que le permitan adaptarse a cambios en el comportamiento del consumidor?': 'MV',
```

```
        '(CL)Colaboración: ¿Colabora su restaurante con otras empresas del sector o con organizaciones gubernamentales para enfrentar desafíos comunes?': 'CL',
        '(AO)Aprendizaje Organizacional: ¿Su restaurante aprende de las experiencias pasadas y utiliza esta información para mejorar sus procesos y tomar mejores decisiones en el futuro?': 'AO'
    }

    data.rename(columns=column_mapping, inplace=True)

    # Seleccionar solo las columnas relevantes
    variables = list(column_mapping.values())
    df_model = data[variables]

    # Calcular el índice de resiliencia promedio (R)
    df_model['R'] = df_model.mean(axis=1)

    # Preparar datos para el modelo
    X = df_model[variables]  # Variables independientes
    Y = df_model['R']  # Variable dependiente

    # Agregar constante al modelo
    X = sm.add_constant(X)

    # Ajustar el modelo de regresión lineal
    model = sm.OLS(Y, X).fit()

    # Mostrar resumen del modelo
    print(model.summary())

    # Graficar los coeficientes del modelo
    plt.figure(figsize=(10, 5))
    coef_plot = model.params.drop('const').sort_values()
    coef_plot.plot(kind='bar', title='Coeficientes del modelo de regresión lineal')
    plt.ylabel('Valor del coeficiente')
    plt.xlabel('Variables')
    plt.show()

    # Gráfico de radar para comparar variables promedio
    avg_values = df_model[variables].mean()
    categories = avg_values.index
    values = avg_values.values

    # Añadir el primer valor al final para cerrar el gráfico
    values = np.append(values, values[0])
    categories = np.append(categories, categories[0])

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 8), subplot_kw=dict(polar=True))
    ax.plot(np.linspace(0, 2 * np.pi, len(categories)), values, marker='o')
    ax.fill(np.linspace(0, 2 * np.pi, len(categories)), values, alpha=0.25)
    ax.set_xticks(np.linspace(0, 2 * np.pi, len(categories)))
    ax.set_xticklabels(categories)
    ax.set_title("Promedio de variables por resiliencia")
    plt.show()

    # Gráfico de dispersión entre el índice de resiliencia (R) y Planificación de Contingencias (PC)
    plt.figure(figsize=(8, 6))
    plt.scatter(df_model['R'], df_model['PC'], alpha=0.7, edgecolor='k')
    plt.title("Relación entre el índice de resiliencia (R) y Planificación de Contingencias (PC)")
    plt.xlabel("Índice de resiliencia (R)")
    plt.ylabel("Planificación de Contingencias (PC)")
    plt.grid(True)
    plt.show()

    # Mostrar los resultados del modelo al usuario
    tools.display_dataframe_to_user(name="Resumen del modelo de regresión lineal", dataframe=pd.DataFrame(model.summary().tables[1]))
```

Este código analiza la resiliencia en la cadena de suministro de restaurantes procesando datos de una encuesta, calculando un índice de resiliencia basado en diversas variables como planificación, tecnología y financiamiento. Luego, ajusta un modelo de regresión lineal múltiple para identificar qué factores influyen más en la resiliencia y visualiza los resultados mediante gráficos de coeficientes, radar y dispersión, permitiendo evaluar la relación entre las variables y su impacto en la sostenibilidad del negocio.

## IV. RESULTADOS

Los datos nos muestra como el análisis del modelo muestra cómo cada variable contribuye a la resiliencia, permitiendo a los gestores de restaurantes tomar decisiones informadas para reforzar su cadena de suministro. Además, el buen ajuste del modelo (reflejado en un alto $R^2$ y en la significancia estadística de los coeficientes) respalda la utilidad de este enfoque para el estudio de la resiliencia organizacional como se muestra en la ilustracion 1.

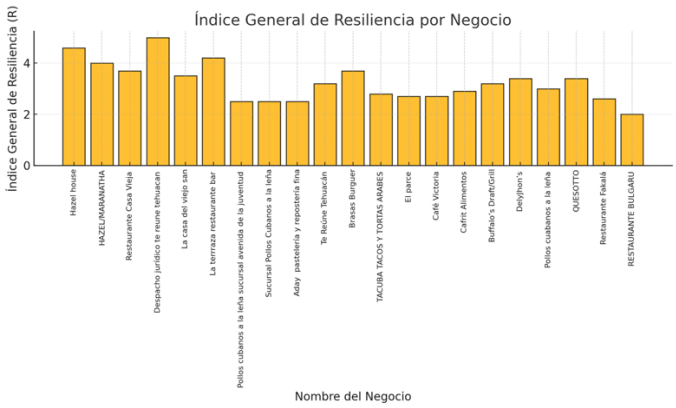


*Ilustración 1.-Grafica de barras de resultados.*

Visualizando las variables con las respuestas realizadas a la encuesta se tienen la siguiente grafica de radar (ilustracion 2), ahora bien se observa diferentes patrones de decisión los cual nos permite revisar la complejidad del comportamiento.

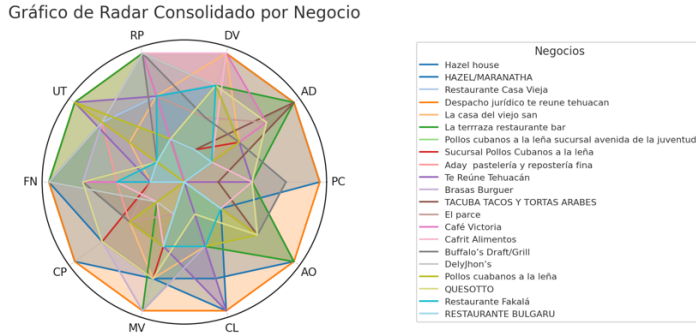


*Ilustración 2.-Grafica de radar.*

Aplicando el modelo de lineal de regresion multiple se obtuvo la siguiente información.
Todas las operaciones se realizacon en python.

Resultados

OLS Regression Results

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dep. Variable: | R | R-squared: | 1.000 |
| Model: | OLS | Adj. R-squared: | 1.000 |
| Method: | Least Squares | F-statistic: | 1.323e+29 |
| Date: | Wed, 04 Dec 2024 | Prob (F-statistic): | 3.11e-144 |
| Time: | 20:44:54 | Log-Likelihood: | 680.57 |
| No. Observations: | 21 | AIC: | -1339. |
| Df Residuals: | 10 | BIC: | -1328. |
| Df Model: | 10 | | |
| Covariance Type: | nonrobust | | |

| | coef | std err | t | P>\|t\| | [0.025 | 0.975] |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Omnibus: | 1.476 | Durbin-Watson: | 0.204 |
| Prob(Omnibus): | 0.478 | Jarque-Bera (JB): | 1.077 |
| Skew: | 0.296 | Prob(JB): | 0.583 |
| Kurtosis: | 2.061 | Cond. No. | 69.4 |

Notas: Los errores estándar suponen que la matriz de covarianza de los errores está especificada correctamente.

Con la informacion obtenida y visualizada se analiza lo siguiente:

**R-cuadrado ($R^2$):** 1.0, indicando que las variables independientes explican completamente la variabilidad de la resiliencia.

**Coeficientes:** Cada una de las variables independientes (PC, AD, DV, RP, UT, FN, CP, MV, CL, AO) tiene un peso igual (0.1), lo que refleja que contribuyen equitativamente al índice de resiliencia.

**Error estándar:** Los valores son bajos, mostrando alta precisión en las estimaciones.

El modelo sugiere que todas las variables contribuyen de manera equilibrada al índice de resiliencia, lo cual está relacionado con cómo se estructuran los datos. Sin embargo, para comprender con mayor profundidad, vamos a analizar cómo cada variable, por separado, influye en la resiliencia.

Antes de seguir avanzando vamos visualizar un poco mas a detalle otras graficas.

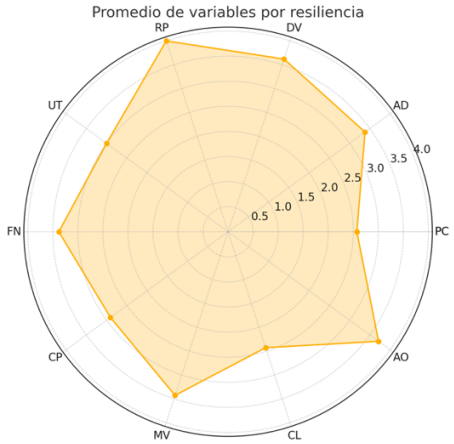


*Ilustración 3.- Grafica de radar promedio de R(resiliencia).*

Este grafico de la ilustración 3 nos muestra informacion de como cada restaurantero ve su negocio en persepcion de la resilencia en su negocio.

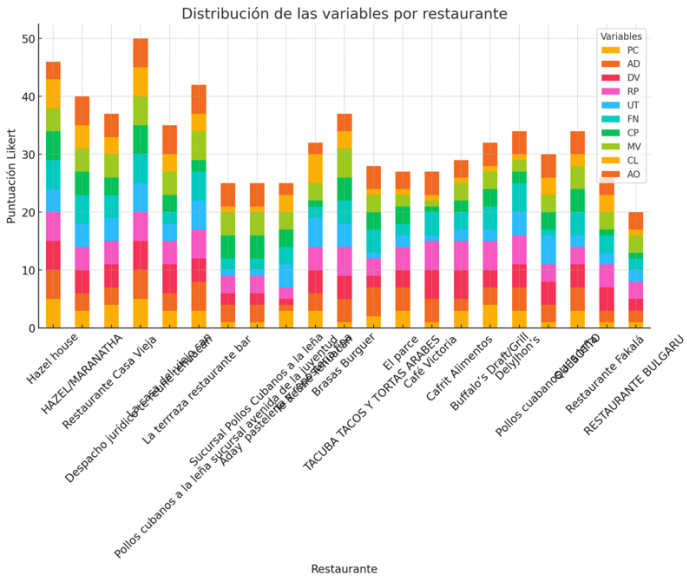


*Ilustración 4.-Grafica de barras de cada restaurante.*

La Ilustración 4 presenta una visualización comparativa del nivel de importancia percibida por los restauranteros respecto a cada una de las variables que conforman el modelo de resiliencia en la cadena de suministro. A través de un gráfico de barras, se puede observar con claridad el promedio de respuestas asignado a cada dimensión en la escala Likert de 1 a 5, lo cual permite identificar aquellas prácticas que los empresarios del sector consideran más o menos relevantes para enfrentar disrupciones operativas.

Uno de los hallazgos más significativos que refleja esta gráfica es la heterogeneidad en la valoración de los factores críticos. Por ejemplo, mientras variables como uso de tecnología (UT) y relaciones con proveedores (RP) tienden a recibir puntuaciones altas, denotando un reconocimiento generalizado de su utilidad práctica, otras como planificación de contingencias (PC) o colaboración interorganizacional (CL) muestran valores notoriamente más bajos. Esto indica una falta de cultura preventiva y un escaso aprovechamiento de mecanismos colectivos para la resiliencia.

Además, la gráfica ayuda a revelar posibles brechas entre teoría y práctica. Aunque la literatura coincide en señalar que la planificación, la colaboración y el aprendizaje organizacional son pilares de una cadena de suministro resiliente, los resultados muestran que en el entorno restaurantero local estos conceptos aún no han sido interiorizados o priorizados por los tomadores de decisiones.

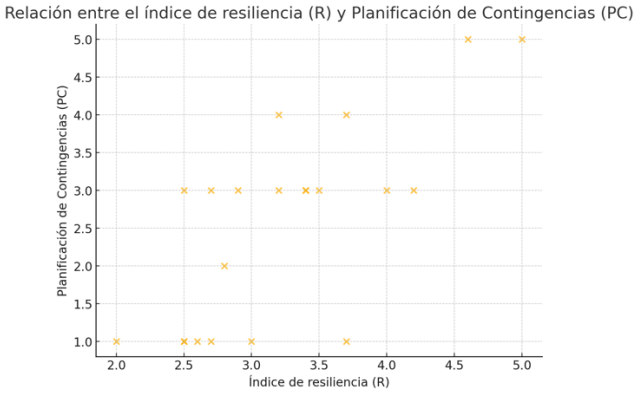


*Ilustración 5.-Indice de relacion de resilencia vs una varibale.*

Dada la naturaleza de la investigación se tomo en consideracion la relación con la variable que se considero con los restauranteros mas importante que es la de plan de contigencia de se puede visualizar que el 80% de los restauranteros no consideran el plan de contigencia como importante, como se muestra en la ilustración 5.

## V. CONCLUSIONES

El presente estudio aborda de manera integral la evaluación de la resiliencia en la cadena de suministro de la industria restaurantera en Tehuacán, mediante un enfoque cuantitativo sustentado en la aplicación de un modelo de regresión lineal múltiple. A través de una encuesta estructurada con escala Likert, se analizaron diez variables clave asociadas a la capacidad de respuesta ante disrupciones, seleccionadas con base en la literatura especializada y validadas mediante la participación de actores del sector. Esta combinación de rigor

teórico, contextualización práctica y tratamiento estadístico permitió obtener resultados con valor explicativo y aplicabilidad inmediata.

La escala Likert, por su estructura ordinal y su facilidad de implementación en entornos con bajo grado de formalización, resultó especialmente útil para captar percepciones organizacionales de forma sistemática y comparable. La utilización de esta herramienta permitió traducir variables complejas como la colaboración, la adaptabilidad o el aprendizaje organizacional en indicadores numéricos analizados con métodos estadísticos rigurosos. Esta operación fue fundamental para construir un índice de resiliencia que reflejara no sólo el estado actual de las capacidades organizacionales, sino también las prioridades y omisiones del sector frente a contextos de disrupción.

La aplicación del modelo de regresión lineal múltiple, a su vez, permitió identificar las relaciones entre dicho índice y las variables explicativas consideradas en el estudio. El modelo reveló que la resiliencia es un fenómeno multifactorial, que no depende de un solo componente sino del equilibrio entre diversos elementos estratégicos como la planificación de contingencias, la diversificación de proveedores, la tecnología, la formación del personal y el aprendizaje organizacional. Esta visión integral supera los enfoques tradicionales centrados únicamente en la eficiencia operativa, y posiciona a la resiliencia como una capacidad organizacional construida colectivamente y en constante evolución.

Uno de los aportes clave del estudio fue evidenciar que algunas prácticas ampliamente respaldadas en la literatura —como la planificación formal de contingencias o la colaboración interorganizacional— no están plenamente internalizadas por el sector restaurantero local. Esta brecha entre teoría y práctica no sólo es relevante desde el punto de vista académico, sino que representa una oportunidad concreta para el diseño de estrategias de intervención, formación empresarial y fortalecimiento institucional. Por el contrario, se identificaron fortalezas en aspectos como el uso de tecnología y la relación con proveedores, que pueden ser aprovechadas como ejes de apalancamiento para impulsar procesos de mejora continua.

Asimismo, desde un punto de vista metodológico, el estudio demuestra que es posible aplicar modelos estadísticos sólidos en sectores caracterizados por la informalidad, la escasez de datos estructurados y la toma de decisiones basada en experiencia empírica. La simplicidad y la accesibilidad del modelo propuesto —tanto por el tipo de datos requeridos como por su interpretabilidad— lo convierten en una herramienta útil para contextos similares, donde la construcción de resiliencia suele ser más intuitiva que estratégica. Este modelo, por tanto, no sólo permite realizar un diagnóstico del nivel actual de preparación organizacional, sino también diseñar líneas base para políticas públicas, formación técnica o mecanismos de seguimiento sectorial.

En definitiva, esta investigación no sólo identifica los factores determinantes de la resiliencia en un sector clave para la economía local, sino que también propone una metodología práctica, escalable y contextualizada para su evaluación. El enfoque planteado integra teoría, datos y análisis estadístico de manera coherente, y ofrece una base empírica sólida para orientar decisiones tanto en el ámbito empresarial como institucional. El modelo desarrollado puede ser replicado en otros territorios o sectores de servicios con características similares, consolidando así un aporte metodológico que trasciende el caso específico de Tehuacán.

Finalmente, este estudio confirma que la resiliencia organizacional no es una condición estática ni exclusivamente técnica, sino una capacidad que se construye a través de la integración de prácticas estratégicas, relaciones colaborativas, aprendizaje continuo y toma de decisiones basada en evidencia. El modelo de aproximación lineal propuesto representa, en este sentido, una contribución relevante al campo de la gestión de cadenas de suministro, particularmente en regiones emergentes donde la vulnerabilidad estructural exige enfoques accesibles, funcionales y científicamente validados.

## AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Agradecemos profundamente a **CANACINTRA Tehuacán** por su invaluable apoyo en la realización de esta investigación, facilitando el acceso a la comunidad restaurantera de la región y brindando las condiciones necesarias para la recopilación de datos y validación del modelo propuesto. Su compromiso con la mejora continua del sector permitió que este estudio tuviera un impacto real, optimizando la gestión de inventarios y promoviendo estrategias más eficientes en los negocios participantes. Reconocemos también la colaboración de los empresarios y gerentes que compartieron su experiencia y conocimientos, contribuyendo significativamente al desarrollo de soluciones prácticas y aplicables. Este trabajo es un reflejo del valor de la cooperación entre la academia y la industria para fortalecer la competitividad del sector restaurantero en Tehuacán.

## REFERENCES

[1] INEGI, Censo Económico 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021.
[2] The Food Tech, "Impacto de la crisis en la cadena de suministro alimentaria," The Food Tech, 2023. [En línea]. Disponible en: https://thefoodtech.com
[3] Gobierno de Tehuacán, Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024, Gobierno Municipal de Tehuacán, 2022.
[4] J. Castillo, "Impacto del COVID-19 en la industria restaurantera," Revista Gastronómica de México, 2020.
[5] M. Rodríguez, "Medidas de la CANIRAC en Tehuacán ante la pandemia," Diario Tehuacán, 2022.
[6] R. Santiago, Gestión eficiente de cadenas de suministro. Ciudad de México: Editorial McGraw-Hill, 2006.

[7] P. Castillo Díaz, "Evolución de la cadena de suministro moderna," Revista Logística Integral, 2024.
[8] A. Arias-Vargas, R. Sanchís y J. Poler, "Resiliencia en la cadena de suministro," Revista Latinoamericana de Ingeniería Industrial, vol. 15, pp. 55-70, 2023.
[9] PwC México, Herramientas para fortalecer la resiliencia empresarial, PwC México, 2023. [En línea]. Disponible en: https://pwc.com/mx
[10] L. Cerquín, Clasificación y gestión de la cadena de suministro. Lima, Perú: Editorial UPC, 2020.
[11] Lámbarry-Vilchis, "Resiliencia en la cadena de suministro restaurantera," Estudios sobre Economía del Servicio, vol. 19, no. 2, pp. 143-158, 2023.
[12] THE LOGISTICS WORLD, "Estrategias de abastecimiento en la industria alimentaria," The Logistics World, 2024. [En línea]. Disponible en: https://thelogisticsworld.com
[13] The Food Tech, "Logística y entrega en el sector restaurantero," The Food Tech, 2023.
[14] S. Arias-Vargas, J. Sanchís y R. Poler, "Resilient Supply Chains in the Restaurant Industry: Analyzing Key Factors," Int. J. Prod. Econ., vol. 245, pp. 105-118, 2023.
[15] R. Castillo Díaz, Sostenibilidad y Resiliencia en la Industria Restaurantera, 1ra ed., Ciudad de México, México: Editorial Universitaria, 2024.
[16] A. Joshi, S. Kale, S. Chandel y D. Pal, "Likert Scale: Explored and Explained," Br. J. Appl. Sci. Technol., vol. 7, no. 4, pp. 396–403, 2015.
[17] H. N. Boone y D. A. Boone, "Analyzing Likert Data," J. Ext., vol. 50, no. 2, pp. 1–5, 2012.
[18] J. Bertram, Measuring Complex Constructs in Social Research, 2da ed., Nueva York, NY, EE.UU.: Springer, 2007.
[19] J. T. Behrens, "Principles and Procedures of Exploratory Data Analysis," Psychol. Methods, vol. 2, no. 2, pp. 131–160, 1997.
[20] T. J. Pettit, J. Fiksel y K. L. Croxton, "Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework," J. Bus. Logist., vol. 31, no. 1, pp. 1–21, 2010.
[21] A. Wieland y C. M. Wallenburg, "The Influence of Relational Competencies on Supply Chain Resilience: A Relational View," Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag., vol. 43, no. 4, pp. 300–320, 2013.
[22] S. Chopra y M. S. Sodhi, "Managing Risk to Avoid Supply Chain Breakdown," MIT Sloan Manag. Rev., vol. 46, no. 1, pp. 53–61, 2004.
[23] D. R. Krause, R. B. Handfield y B. B. Tyler, "The Relationships Between Supplier Development, Commitment, Social Capital Accumulation and Performance Improvement," J. Oper. Manag., vol. 25, no. 2, pp. 528–545, 2007.
[24] D. Ivanov y A. Dolgui, "A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruptions Risks," Int. J. Prod. Res., vol. 58, no. 11, pp. 3384–3391, 2020.
[25] C. S. Tang, "Perspectives in Supply Chain Risk Management," Int. J. Prod. Econ., vol. 103, no. 2, pp. 451–488, 2006.
[26] A. Gunasekaran y E. W. Ngai, "The Future of Supply Chain Management: A Framework for Analysis," Int. J. Prod. Econ., vol. 135, no. 2, pp. 689–706, 2012.
[27] M. Christopher y M. Holweg, "Supply Chain 2.0: Managing Supply Chains in the Era of Turbulence," Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag., vol. 41, no. 1, pp. 63–82, 2011.
[28] K. Scholten, P. S. Scott y B. Fynes, "Mitigation Processes – Antecedents for Building Supply Chain Resilience," Supply Chain Manag. Int. J., vol. 19, no. 2, pp. 211–228, 2014.
[29] P. M. Senge, The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization, 1ra ed., Nueva York, NY, EE.UU.: Doubleday, 1990.
[30] Y. Sheffi, The Power of Resilience: How the Best Companies Manage the Unexpected, Cambridge, MA: MIT Press, 2015.
[31] M. A. Aboah y A. M. Hall, "Technology adoption and resilience in food supply chains: A review," Technological Forecasting and Social Change, vol. 180, art. 121693, 2022.
[32] C. Kamalahmadi y M. M. Parast, "A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research," International Journal of Production Economics, vol. 171, pp. 116–133, 2016.
[33] R. R. Dubey et al., "Building organizational resilience to natural disasters: An empirical study," International Journal of Production Economics, vol. 160, pp. 160–172, 2015.
[34] C. Hosseini, "Supply chain resilience: Review of constructs, dimensions and empirical evidence," International Journal of Disaster Risk Reduction, vol. 33, pp. 360–380, 2019.
[35] A. Baryannis, S. Validi, S. Dani y G. Antoniou, "Supply chain risk management and artificial intelligence: State of the art and future research directions," International Journal of Production Research, vol. 57, no. 7, pp. 2179–2202, 2019.
[36] H. B. Turker, S. Altuntas y S. Ayhan, "Effects of innovation strategies and organizational resilience on firm performance: Evidence from Turkish SMEs," Sustainability, vol. 13, no. 7, art. 4037, 2021.
[37] H. Al Naimi y K. Elshaer, "Restaurant innovation, technology adoption and performance in the post-pandemic era," Journal of Hospitality and Tourism Technology, vol. 14, no. 1, pp. 29–47, 2023.
[38] K. Ivanov, "Digital supply chain twin: benefits, challenges and future research directions," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 136, art. 101885, 2020.
[39] S. L. Pournader, T. Kach y M. Kach, "Supply chain disruption and resilience: A network perspective," International Journal of Production Research, vol. 60, no. 13, pp. 4013–4032, 2022.