



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados e Investigación

Posgrados en Ingeniería y Negocios

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

El impacto de la confianza en las decisiones estratégicas de una cadena de suministro descentralizada.

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Presenta

Miguel Josué Heredia Roldán

Director

Dr. Damián Emilio Gibaja Romero

Puebla, México.

Junio de 2019



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados e Investigación

Posgrados en Ingeniería y Negocios

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Se aprueba la Tesis llamada:

El impacto de la confianza en las decisiones estratégicas
de una cadena de suministro descentralizada.

Comité de Revisión

Dr. Damián Emilio Gibaja Romero
Director de Tesis

Dr. José Luis Martínez Flores
Asesor

Dr. Santiago Omar Caballero Morales
Asesor

A mis Padres en especial a mi Madre Mary Roldán Trejo, que siempre me motiva a ser mejor en cada aspecto de mi vida, por su gran amor que me ha tenido a lo largo de mi vida, que me enseña la determinación e integridad bajo los preceptos de Dios y su palabra y me acompañó durante el trascurso de este proyecto; llamado Doctorado.

A mi Padre Miguel Heredia Vázquez, que ya no pudo acompañarme hasta este momento, pero que me brindo su total apoyo, consejos, sabiduría, que me esperaba con tanto amor cada vez que llegaba de viaje, su chispa, su capacidad para hacerme sonreír, papa Te Amo, y sé que un día nos volvemos a encontrar: Perri.

A mi familia tíos (gracias tía Gely por tu incondicional apoyo en momentos difíciles económicos y morales, tío Santos por tu apoyo y tío Javi por tu gran apoyo que me brindaste en su momento), primos, sobrinos, abuela.

A Esmeralda Sánchez Ornelas, Muchas gracias por todo amor, apoyo y paciencia en esta trabajo arduo, por las etapas que pasamos juntos y las que viene, y comparto contigo el siguiente versículo: ***El principio de la sabiduría es el temor de Jehová;*** Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza. Proverbios 1:7.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Espíritu Santo y al Señor Jesús por la capacidad e inteligencia que me dieron, así como la misericordia que aún tiene de mí y por permitir llegar a este grado de estudios.

Al Tecnológico Nacional de México, Campus: Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero por su apoyo con la beca que me brindó para mis estudios. Y en Especial M.C. Gerardo Marchant Ortiz por su incondicional apoyo y parte clave para realizar mis estudios. Muchas Gracias Ing. Marchant. A la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y a su programa de posgrado de Logística y Dirección de la Cadena de Suministro.

Al Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (Conacyt) por su apoyo con la beca que me brindó para mis estudios

A mi director de tesis, Dr. Damián Emilio Gibaja Romero, y a los asesores Dr. José Luis Martínez Flores y Dr. Santiago Omar Caballero Morales, quienes con sus consejos, recomendaciones y retroalimentación fortalecieron esta investigación.

RESUMEN

El establecimiento de contratos persigue el cumplimiento eficiente de las necesidades de los miembros de la cadena de suministro. Sin embargo, esto no siempre es posible debido a las características del mercado y, lo que es más interesante, las restricciones adicionales que imponen tales mecanismos.

Las relaciones de confianza, que definimos como la ausencia de contratos, aparecen como un medio para tratar situaciones en las que los contratos bloquean la toma de decisiones. Si bien la confianza mejora las actividades de producción / gestión, no está claro cómo la ausencia de contratos afecta los tiempos de entrega, que fue uno de los objetivos de nuestra investigación.

Analizamos una cadena de suministro descentralizada donde un fabricante necesita una entrada intermedia, pero los proveedores típicos que tienen un contrato con el fabricante que no lo proporcionan; así, establece una relación no contractual con un proveedor "externo".

Modelamos esta interacción como un juego de dos etapas y mostramos la condición necesaria y suficiente para garantizar la existencia y singularidad de los equilibrios de Nash perfecto en subjuegos.

Además, mostramos la relación entre los tiempos de entrega y la solicitud de insumos, en equilibrio, con variables exógenas como los costos de producción y el ingreso base. Encontramos que las relaciones intuitivas se mantienen cuando el costo de solicitud es superior a un tercio de los ingresos del fabricante.

Palabras Clave: Subjuego de equilibrio perfecto de Nash, confianza, cadena de suministro descentralizada.

ABSTRACT

The establishment of contracts pursues the efficient fulfillment of supply chain members' needs. However, this is not always possible due to market features and, more interestingly, the additional constraints that such mechanisms impose.

Trust relationships that we define as the absence of contracts appear as a mean to deal with situations where contracts block decision making. Although trust enhances production/management activities, it is not clear how the absence of contracts impact on delivery times, which we investigate in this paper.

We analyze a decentralized supply chain where a manufacturer needs an intermediate input, but typical suppliers that have a contract with the manufacturer do not provide it; so, he establishes a non-contractual relationship with an "external" provider.

We model this interaction as a two-stage game and show necessary and sufficient condition to guarantee the existence and uniqueness of the Sub-game Perfect Nash equilibria.

Also, we show the relationship between delivery times and input's requisition, at equilibrium, with exogenous variables like production costs and base revenue. We find that intuitive relationships hold when the requisition cost is higher than a third of the manufacturer's revenue.

Keywords: Sub-game perfect Nash equilibrium, Trust, Decentralized supply chain.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	3
Abstract.....	4
Índice general	5
Índice de tablas.....	8
Índice de figuras	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
Justificación	12
Objetivos general y específicos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Preguntas de investigación.....	14
Alcances y Limitaciones.....	15
Alcance:	15
Limitaciones:	15
CAPÍTULO II. ARTÍCULO DE REVISTA	16
Título.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. REVISIÓN DE LA TEORIA DE JUEGOS	19
2.1 Impacto de la confianza entre un mayorista y un minorista.....	24
Ejemplo numérico y/o caso práctico.....	27
Discusión de Resultados.....	30
3. CONCLUSIONES	311

CAPÍTULO III. ARTÍCULO DE REVISTA	332
Título.....	332
Abstract:.....	343
Keyword:	343
Resumen:.....	343
1.-INTRODUCTION.....	354
2.-MODEL.....	40
2.1 Basics of the model.....	40
2.2 Sequence of the game and payoffs.....	421
2.3 The solution concept	421
3.-EXISTENCE AND UNIQUENESS OF THE GAME'S SOLUTION	432
3.1 The Supplier's Maximization Problem	432
3.2 The Manufacturer's Maximization Problem	454
4 THE SUB-GAME PERFECT NASH EQUILIBRIUM ANALYSIS	50
4.1 Comparative Statics	49
4.2 Numerical Examples	543
5 CONCLUSIONS	620
CAPÍTULO IV. ARTÍCULO DE REVISTA.....	642
Título.....	642
ABSTRAC.....	642
RESUMEN.....	653
1. INTRODUCTION	653
2. LITERATY REVIEW.....	686
3. MODEL.....	708

4. RESULT.....	742
Example for Nash Equilibrium Analysis.	742
5. DISCUSSION	753
Nash Equilibrium.....	753
6. CONCLUSIONS	775
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	786
TRABAJO FUTURO	808
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	886
Evidencia de Participación Congresos Internacionales y Becas Obtenidas.....	886
Evidencia de Publicación del Artículo 1.....	919
Evidencia de Aceptación del Artículo 2	931
Evidencia de status enviado (bajo Revisión) del Artículo 3.....	952

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama del Prisionero.....	¡Error! Marcador no definido.3
Tabla 2. Resultados de p^* y comportamiento de la sensibilidad en el mercado.	¡Error! Marcador no definido.9
Tabla 3. Resultados de w^* y comportamiento de la sensibilidad en el mercado...	29
Tabla 4. Example 1.	¡Error! Marcador no definido.4
Tabla 5. Equilibrium strategies by considering the values in Table 4	¡Error! Marcador no definido.5
Tabla 6. Example 2.	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 7. Equilibrium strategies by considering the values in Table 6	¡Error! Marcador no definido.7
Tabla 8. Example 3	¡Error! Marcador no definido.8
Tabla 9. Equilibrium strategies by considering the values in Table 8	59
Tabla 10. Payments matrix of the supplier, producer, and distributor.....	69
Tabla 11. Example of intermediary payments matrix.¡Error!	Marcador no definido.2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico del comportamiento del precio p^* y la sensibilidad.	230
Figura 2. Gráfico del comportamiento del precio w^* y la sensibilidad.....	¡Error! Marcador no definido.0
Figura 3. Polynomial function and its real roots.....	¡Error! Marcador no definido.7
Figura 4. Changes in q^* as the input's price p_v changes.....	485
Figura 5. The relationship between the solution of equation (4) and I	¡Error! Marcador no definido.8

Figura 6. The relationship between the solution of equation (4) and R ¡Error!
Marcador no definido.0

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las interacciones de la cadena de suministro son complejas y diversas, ya que los avances tecnológicos y el comercio internacional conectan a las empresas en diferentes contextos institucionales (Macduffie, 2011). En lo que respecta a este entorno globalizado, la variedad y cantidad de actividades operativas dificultan que los proveedores cumplan con las solicitudes de los compradores. Por lo tanto, los proveedores eligen estratégicamente las solicitudes que les proporcionan el beneficio más significativo, mientras que los compradores buscan nuevos proveedores comprometidos con sus necesidades (Handfield y Bechtel, 2002; Tejpal, Garg y Sachdeva, 2013); en otras palabras, es necesario que la Gestión de la Cadena de Suministro (GCS) mejore la coordinación entre todos los responsables de la toma de decisiones (Mentzer et al, 2001; Xiao y Qi, 2016). En este sentido, una rama de la literatura enfatiza la necesidad de crear nuevas relaciones basadas en la confianza para facilitar las interacciones dentro de cualquier cadena de suministro (CS) (Lambert, Stock y Ellram, 1998; Frohlich y Westbrook, 2001; Cannon et al, 2010).

En la construcción de relaciones de confianza dentro de un CS, cumplir con los tiempos de entrega juega un papel importante, ya que representa el compromiso de satisfacer las necesidades de sus miembros (Cachon y Netessine, 2004). Por lo tanto, las entregas tardías tienen un impacto negativo en la estabilidad y la sostenibilidad del CS, ya que generan desconfianza entre los miembros del CS (Martino y Fritz, 2010). Para garantizar la entrega de insumos / productos a tiempo, es común que los miembros de CS establezcan contratos donde se define un incentivo positivo (o negativo) para evitar demoras (Hossain, Ohaiba y Sarker, 2017).

Sin embargo, incluso si existen tales incentivos, las entregas tardías siguen siendo un problema cuando los plazos de entrega son demasiado ajustados (Xiao y Qi, 2016) o debido a riesgos exógenos (Hekimoğlu, Park y Kazaz, 2016). Aún más, la evidencia empírica sugiere que los contratos pueden tener un impacto negativo en la capacidad de respuesta de CS (la capacidad de los productores,

intermediarios y minoristas para hacer frente a los tiempos de entrega) ya que aumentan los costos de transacción (Pacheco y Newell, 2018) y establecen restricciones que limitan la capacidad de los miembros de la CS para resolver problemas (Deb y Mukherjee, 2016).

En la discusión anterior, la definición de relaciones de confianza depende de la estructura y las características de la cadena de suministro. En esta investigación, entendemos las relaciones de confianza como una interacción caracterizada por la ausencia de contratos. Tal escenario caracteriza las relaciones de CS en las que un fabricante no puede satisfacer sus necesidades exigiendo un aporte de proveedores típicos; Por lo tanto, el fabricante busca un proveedor externo de entrada.

Esto significa que el fabricante confía en obtener la información lo antes posible del proveedor, que puede cumplir con la solicitud pero elige el tiempo de entrega (decimos que el proveedor actúa como un "**proveedor de último recurso**") (Schipmann y Qaim, 2011; Handfiel y Bechtel, 2002 ; Ralston et al, 2015). En este contexto, no está claro el impacto de la confianza en las decisiones estratégicas de los miembros de CS, como la velocidad de las entregas (Nayaranan, Narasimhan y Scoenherr, 2015).

En este documento, investigamos cómo la ausencia de contratos afecta los tiempos de entrega cuando un fabricante solicita insumos intermedios de un "*proveedor de último recurso*". Consideramos una cadena de suministro descentralizada con solo dos miembros: el fabricante y el proveedor. El fabricante necesita una entrada intermedia proporcionada por el proveedor, pero su relación se basa en la confianza. Entonces, modelamos esta interacción como un juego de dos etapas. En la primera etapa, el fabricante exige una cantidad de la entrada intermedia, mientras que el proveedor determina cuánto tiempo puede entregar la entrada durante la segunda etapa. Basándonos en los hallazgos de Yu, Huang y Liang (2009), y Lu, Meng y Goh (2014), asumimos que el tiempo es una entrada "mala" para el fabricante, lo que significa que las entregas lentas tienen un impacto negativo en los ingresos del fabricante.

El primer supuesto refleja el hecho de que las entregas lentas implican menos tiempo para producir el producto final, lo que disminuye la producción del fabricante. El segundo supuesto resume el comportamiento de los clientes del fabricante, es decir, el fabricante pierde clientes cuando demora en producir su producto, como consecuencia de entregas "tardías" del proveedor. Además, consideramos que el proveedor enfrenta costos de almacenamiento y producción que aumentan a medida que el proveedor se demora en la entrega de la solicitud del fabricante (Hekimoğlu, Park y Kazaz, 2016).

Al analizar el conjunto de equilibrios de Nash perfecto de Subjuegos, establecemos condiciones suficientes y necesarias para garantizar la existencia y singularidad de la solución del juego. Tales condiciones nos permiten realizar estadísticas comparativas sobre las estrategias de equilibrio. Por el tiempo de entrega en equilibrio; encontramos que el proveedor hace entregas rápidas a medida que aumenta el costo de alquiler del almacén; y, observamos que el tiempo de entrega aumenta a medida que el fabricante exige más. Además, encontramos una relación positiva entre el tiempo de entrega y el costo de producción marginal; este resultado es opuesto a lo que se encuentra en la literatura de equilibrio competitivo (Lederer y Li, 1997; Saha et al, 2018).

Nuestra investigación se enfoca en las implicaciones de la confianza en lugar de su construcción, específicamente cuando no se necesitan mecanismos de incentivo para garantizar la interacción entre los miembros del CS. Smets y Detken (2004) observa que las empresas ubicadas en Europa y América se preocupan por la confianza general, como estrategia de máxima prioridad, para mejorar las actividades dentro de su cadena de suministro. La conclusión es que las empresas necesitan colaborar con sus socios de la cadena de suministro para mejorar la capacidad de respuesta de sus actividades. Vieira et al., (2012) investigan si las diferencias entre plantas son capaces de influir en la relación basada en la confianza con los proveedores a través del análisis de una base de datos de empresas asiáticas.

La interacción compleja entre las plantas y los proveedores tiene un impacto negativo en los procesos de producción dentro de las plantas, como las entregas tardías. Al considerar una relación de confianza, nuestra investigación presenta la condición necesaria y suficiente para garantizar la unicidad de la estrategia de equilibrio para el proveedor y el fabricante. Por lo tanto, es posible medir el impacto de la confianza en los tiempos de entrega y la cantidad de producto.

JUSTIFICACIÓN

En general los mercados de productos o servicios están caracterizados por presentar problemas relacionados con la asimetría de la información y la incertidumbre. Los consumidores y en general los productores no poseen la misma información sobre la calidad de los productos y los insumos, es decir, los intermediarios y proveedores tienen ventaja en el momento de negociar los precios de compra/venta. Así, muchas veces, los productores saben lo que venden mientras que los compradores a menudo desconocen los que están comprando (Anania y Nistico, 2004).

Esto significa que cuando dos individuos realizan un intercambio de algún tipo cuya finalidad es obtener beneficios, ambos agentes no disponen de la misma cantidad o calidad de información. Debido a la dificultad existente para examinar la calidad de los productos y transferirla a lo largo de los diversos eslabones de la cadena de suministro aparecen grandes niveles de asimetría de la información, riesgos, desconfianza e incertidumbre para las empresas (Fritz, 2006). Esta situación desigual puede ocasionar problemas entre las partes que pueden provocar una débil confianza en la red y desembocar en conflictos más graves. Es por ello la importancia de considerar a la confianza como un amortiguador para facilitar el acuerdo y ejecución de operaciones en el contexto de la organización y el escenario de la cadena de suministro (Kaplinsky, 2000).

La confianza es clave para comunicar y compartir información reduciendo así el oportunismo en condiciones cambiantes del mercado y para adaptarse a los frecuentes cambios de escenario que se dan en la actividad diaria de la cadena de suministro. A este problema de información asimétrica se une otro elemento económico importante: asegurar el flujo financiero. El pago a tiempo y en los términos convenidos sea también un factor clave de estudio según la perspectiva de la confianza (Hobbs y Cooney, 2000). La confianza en la cadena de suministro se presenta como un factor clave y crítico para establecer conexiones colaborativas entre los diferentes agentes de los sectores y como requisito para el comienzo de nuevas actividades. Se trata de un activo clave en el momento de creación de una cadena de suministro (Hobbs, 2004).

Es importante señalar que la definición de relaciones de confianza depende de la estructura de la cadena de suministro. Por ejemplo, autores como Capaldo y Giannoccaro (2015) definen las relaciones de confianza como la ausencia de comportamiento oportunista, mientras que Hou et al., (2018) definen la confianza como la reputación que mantiene la estabilidad de una red de cadena de suministro. En general, la literatura apoya la creación y consolidación de relaciones de confianza dados sus beneficios (Dyer y Chu, 2011) y el hecho de que contribuye a generar relaciones estables a largo plazo (Fu et al, 2016); en otras palabras, aunque no hay un acuerdo general sobre lo que significa la interacción de un CS basada en la confianza, sus beneficios son claros. Tejpal et al., (2013) y Daudi, Hauge y Thoben (2016) proporcionan una revisión exhaustiva del significado de confianza y metodologías que se utilizan para analizar su impacto en la toma de decisiones dentro de las cadenas de suministro. Entre los beneficios de la consolidación de las relaciones de confianza, mitigan el efecto látigo (De Almeida et al, 2015) e impulsan la inversión para mejorar los procesos de producción (Laequddin et al, 2012). Además, la confianza minimiza los costos de transacción (Brinkhoff, Ozer y Sargut, 2015) y evita los costos de monitoreo (Handfield y Bechtel, 2002) porque mejora la coordinación y la comunicación entre los tomadores de decisiones.

OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

Establecer un modelo dinámico que analiza el impacto de la presencia de confianza en los tiempos de entrega y los insumos requeridos en equilibrio, que se establecen entre un proveedor y fabricante, a fin de entender las relaciones de confianza como una interacción caracterizada por la ausencia de contratos.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión literaria sobre la confianza en la cadena de suministro.
- Mostrar como la confianza, tiene interacciones caracterizadas por la ausencia de contratos.
- Establecer un modelo dinámico que permite la parametrización de la confianza en la Cadena de suministro.
- Objetivo de programación
- Objetivo de análisis de escenarios, (esto debido a que es muy complicado conseguir datos de empresas para comprobar el modelo.)

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a los objetivos mencionados se derivan las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es conveniente analizar un modelo que paramétrico la confianza en la cadena de suministro?

- ¿Se cuenta con algún programa o modelos que analicen las interrelaciones caracterizadas por la ausencia de contratos?
- ¿Qué variables se deberán de considerar para el estudio de relaciones de confianza como una interacción caracterizada por la ausencia de contratos entre un proveedor y fabricante?
- ¿Qué ventajas les ofrece un modelo dinámico de confianza para las empresas?
- ¿Es posible innovar con la confianza para establecer alianzas entre empresas dentro de la cadena de suministro?

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcance:

Tener un modelo matemático que permita entender que tan confiables son los agentes de la cadena de suministro. La parametrización de la confianza ayuda al diseño e interacción caracterizada por la ausencia de contratos entre un proveedor y fabricante, y de esa manera considerar a la confianza como un amortiguador para facilitar el acuerdo y ejecución de operaciones en el contexto de la organización y el escenario de la cadena de suministro.

Limitaciones:

- La validación empírica del modelo teórico y su desarrollo es complicada, pues carecemos de datos específicos por empresas.
- El modelo será dinámico; por lo que no podemos hacer un seguimiento temporal de las empresas.
- Debido al tiempo disponible para obtener el grado no se implementará la propuesta desarrollada.

CAPÍTULO II. ARTÍCULO DE REVISTA

Publicado en la Revista *de la Ingeniería Industrial*; Vol. 12, No. 1, Noviembre 2018

ISSN 1940-2163 online

Miguel Josué Heredia Roldan, Damián Emilio Gibaja Romero, José Luis Martínez Flores, Santiago Omar Caballero Morales y Constantino Moras Sánchez

TÍTULO

La confianza entre dos miembros y equilibrio de precios en la cadena de suministro desde la teoría de juegos.

Abstract

A game between retailer and wholesaler is analyzed in which the retailer trusts that the wholesaler delivers the order on time. Through a two-stage game, the game of trust between both is analyzed, and how they affect the equilibrium prices in each of the markets where they operate. In particular, it is observed that there is trust between both players, that is, the retailer fixes the sale prices thinking that the wholesaler can fulfill the orders so that their profit depends on the wholesale price.

Keywords: Trust; retailer-wholesaler; Nash equilibrium; supply chain

Resumen

Se analiza un juego entre minorista y mayorista, en el que el minorista confía en que el mayorista entregue el pedido a tiempo. Mediante un juego de dos etapas se analizan el juego de confianza entre ambos, y como afectan los precios de equilibrio en cada uno de los mercados donde se desenvuelven. De manera particular, se observa que existe confianza entre ambos jugadores, es decir, el minorista fija los precios de venta pensando

que el mayorista puede cumplir con los pedidos, por lo que su beneficio depende del precio de mayoreo.

Palabras Clave: Confianza, minorista mayorista, equilibrio de Nash, cadena de suministro.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la gestión de las cadenas de suministro representa una actividad estratégica para las empresas dada la complejidad de la economía global. La correcta integración de la cadena de suministro tiene un impacto positivo en los beneficios de las empresas, ya que permiten la colaboración con proveedores de materias primas y agentes de distribución (Lambert, Cooper, and Pagh, 1998; Frohlich, and Westbrook, 2001). Además, la incertidumbre de los mercados incentiva a las empresas a participar en la cadena de suministro para reducirla. Este último punto hace necesario que los miembros de la cadena de suministro confíen en ellos para alcanzar el mejor resultado para todos (Anania, and Nistico, 2006).

En general, la confianza es un factor que influye en cualquier entorno socioeconómico y contribuye al desarrollo de cualquier actividad empresarial. Esto significa que no existe una única definición del concepto de confianza dada su característica interdisciplinaria. La confianza promueve la adaptación a los cambios que ocurren en las organizaciones, fomenta la creación de redes relacionales (Miles, and Snow, 1992), reduce los conflictos (Rousseau, Sitkin, Burt and Camerer, 1998) y reduce los costos de transacción al facilitar la formación de grupos de trabajo (Meyerson, Weick and Kramer, 1996). En otras palabras, la confianza facilita la colaboración entre agentes con objetivos diferentes (Gambetta, 1988; Mayer, Davis and Schoorman, 1995), y promueve la adaptación a nuevas formas de organización (Miles and Snow, 1992).

Aunque la teoría concuerda con los efectos positivos de la confianza, la evidencia empírica demuestra la existencia de tensión entre las empresas, los proveedores, los productores, y los minoristas a lo largo de la cadena de suministro (Fairchild, and Alexander, 2014; Zhou, and Yun, 2015). Los miembros de la cadena de suministro confían

en otros miembros porque observan comportamientos previos en actividades que impactan en sus beneficios. Por ejemplo, no cumplir con los plazos establecidos genera pérdidas económicas, porque los consumidores pierden interés en el minorista y, posteriormente, pierde la confianza en el mayorista (Cachon, and Netessine, 2003). Cuando los agentes no confían en sus parejas puede surgir la imposición de castigos: en situaciones extremas, algunos agentes pueden romper las relaciones con otros miembros de la cadena de suministro (Tambe and Hitt, 2012; Kasper-Fuehrer, and Ashkanasy, 2001).

Este documento analiza los efectos de la confianza, en la interacción entre los miembros de la cadena de suministro, a través de un enfoque teórico de juego, ya que la confianza está involucrada en cómo toman la decisión (Gambetta, 1988). Específicamente, estudiamos un juego en el que un mayorista y un minorista interactúan.

Consideramos que el minorista trabaja como intermediario del mayorista en mercados donde el mayorista no tiene presencia. El conflicto surge entre ellos ya que el mayorista puede priorizar las requisiciones de otros clientes en detrimento de los beneficios del minorista. Dado que el minorista requiere entregas a tiempo para satisfacer a sus clientes, la confianza es necesaria para mantener la relación entre estos dos agentes.

Nuestro trabajo está relacionado con la literatura que analiza la formación y consolidación de la confianza dentro de la cadena de suministro, a través de modelos teóricos de juegos. Dado el impacto en los pagos, tal enfoque indica que la expansión de las firmas y las nuevas relaciones dependen del nivel de confianza entre los agentes con objetivos diferentes (Hobbs and Cooney, 2000; Hobbs 2004).

En este sentido, Fairchild y Alexander (2014) presentan un juego de análisis teórico de confianza para una situación en la que una empresa local requiere el compromiso de su proveedor para alcanzar objetivos pro-sociales impuestos por los consumidores. Demuestran que elegir procesos de producción que satisfagan las requisiciones de los clientes contribuye a aumentar la confianza entre la empresa focal y sus proveedores. En otras palabras, este modelo ve la confianza como un resultado de la presión externa.

Dado que la estructura de una cadena de suministro incentiva a los agentes a hacer trampas en temas específicos como la provisión de calidad (Fritz, 2006), es usual que los contratos entre los miembros de la oferta establezcan acciones de castigo en beneficios

totales, cuando algunos de ellos no cumplen con una actividad. Esta situación desigual puede causar problemas entre las partes que pueden llevar al establecimiento de un castigo para evitar dicho comportamiento. En un marco dinámico, Fu et al. (2015) investigan el rendimiento de la cadena de suministro cuando la confianza no es constante, y su evolución depende de observaciones previas. Considerando la interacción entre un minorista y un agente, descubren que los castigos pueden surgir cuando algunos de los agentes siguen un comportamiento egoísta. Aún más, las características sociales del agente determinan el tiempo perdido y recuperan la confianza.

Nuestro trabajo analiza el impacto de la presencia de confianza en los precios de venta en equilibrio que establecen un minorista y mayorista en su mercado correspondiente. Siguiendo el enfoque de modelado (Esmaeili, Aryanezhad, y Zeepongsekul, 2008), consideramos que un juego de dos etapas bajo confianza significa el establecimiento de incentivo en un contrato entre el minorista y el mayorista.

El documento está organizado de la siguiente manera. Revisión de Teoría de Juegos: presenta los conceptos básicos de Teoría de Juegos como una introducción al concepto de confianza. Impacto de la Confianza entre mayorista y minorista: desarrollamos nuestro caso de estudio, donde los beneficios del minorista dependen del cumplimiento de las entregas del mayorista, situación en la que prevalece la confianza, es decir, no existe un contrato entre estos agentes que imponga castigos. Al igual mostramos el equilibrio de Nash y presentamos un ejemplo numérico de un caso, discusión de resultados y conclusiones.

2. REVISIÓN DE LA TEORIA DE JUEGOS

En esta sección, desarrollamos una breve introducción a los conceptos teóricos de los juegos. La teoría de juegos es una herramienta poderosa para analizar la teoría de decisión interactiva, que es diferente del análisis de decisión individual (Cerdeira E., Pérez, J., and Jimeno, J.L. 2004). El juego de palabras se refiere a una actividad en la que los participantes interactúan para ganar algo, pero sus decisiones determinan sus pagos. Neumann y Morgenstern (1944) establecieron la base de la teoría de juegos que proporciona un marco teórico para analizar aquellas situaciones en las que un

jugador gana es el otro jugador pierde, es decir, tenemos un conflicto absoluto o juego de suma cero.

Dentro de las relaciones de la cadena de suministro, los juegos de suma cero no son comunes. Aunque cada miembro persigue un objetivo específico, no hay ganadores o perdedores totales. En cambio, los miembros de la cadena de suministro maximizan la restricción de sus beneficios a las acciones de otros agentes, sin considerar un objetivo común. En tales escenarios, el equilibrio de Nash es una solución de concepto deseable para comprender cómo los agentes tomaron una decisión cuando siguen un comportamiento egoísta (Cachon, G. and Netessine, S. 2003). En un caso de colaboración, cuando los agentes persiguen un objetivo común, Lloyd Shapley indica que todos los jugadores deben analizar todas las posibilidades si quieren llegar a un acuerdo. Introduce el valor de Shapley como medio para calcular una distribución equitativa de costos entre un grupo de agentes con un objetivo común (Cachon, G. and Netessine, S. 2003; Cerda E., Pérez, J., and Jimeno, J.L. 2004). Por lo tanto, podemos distinguir entre juegos cooperativos y no cooperativos. El primero supone un acuerdo previo entre jugadores, mientras que el segundo considera que los agentes actúan en ausencia de él.

El análisis de confianza dentro de una cadena de suministro reconoce la presencia de situaciones de conflicto. Además, los agentes tienen incentivos para actuar egoístamente, y sus acciones dependen de las acciones elegidas por otros. Por lo tanto, seguimos un enfoque no cooperativo para estudiar las implicaciones de la confianza en el comportamiento de los miembros de la oferta.

Juegos No Cooperativos

A continuación, presentamos los elementos esenciales de los juegos no cooperativos:

- **Jugadores.** Son los participantes en el juego que toman decisiones con el fin de maximizar su utilidad.

Son dos o más.

- **Acciones de cada jugador.** Son las decisiones que puede tomar cada jugador en cada momento en que le toque jugar. El conjunto de acciones de un jugador en cada

momento del juego puede ser finito o infinito.

- **Resultados del juego.** Son los distintos modos en que puede concluir un juego. Cada resultado lleva a la par unas consecuencias para cada jugador.

- **Pagos de cada jugador.** Recibe un pago al acabar el juego, que depende de cual haya sido el resultado del juego. El significado de dicho pago es la utilidad que cada jugador atribuye a dicho resultado, es decir, la valoración que para el jugador tienen las consecuencias de alcanzar un determinado resultado en el juego.

- **Estrategias.** Una estrategia de un jugador es un plan completo de acciones con las que este podría proponerse participar en dicho juego. La estrategia de un jugador puede ser considerada como la instrucción completa para que acciones tomar (pasos a seguir) en un juego. Por ejemplo, un jugador puede dar su estrategia a una persona que no tiene absolutamente ningún conocimiento de los pagos/ganancias o preferencias del jugador y esa persona debe ser capaz de usar las instrucciones contenidas en la estrategia para elegir las acciones que el jugador desea. Como resultado, el conjunto de estrategias posibles de cada jugador debe ser independiente de las estrategias elegidas por los otros jugadores.

- **Resultados del juego.** Refleja cómo puede terminar un juego, y cada resultado conlleva consecuencias para los jugadores. Un resultado resume las estrategias jugadas por cada jugador.

- **Pagos de cada jugador.** Cada jugador recibe un pago al final del juego, y representa la forma en que el jugador valora el resultado de un juego. Recordamos que el desarrollo de juegos no cooperativos depende del tiempo y la información (Angulo, A., Nachtmann, H., and Waller, M. A. 2004). Teniendo en cuenta el tiempo, los jugadores pueden interactuar de una sola vez o en diferentes períodos. En el primer caso, los jugadores eligen simultáneamente sus acciones, y el juego se detiene. En el segundo caso, un jugador toma decisiones dinámicamente porque su momento decisivo depende del período en el que puede seleccionar una acción (Cerde E., Pérez, J., and Jimeno, J.L. 2004). Tenga en cuenta que los juegos estáticos se caracterizan porque los jugadores deciden qué hacer sin conocer las decisiones de los otros jugadores. En un juego dinámico, puede darse el caso de que un jugador ya

conozca las decisiones tomadas por otros jugadores antes de decidir (Cachon G.P., and Netessine S. 2001).

Para facilitar el análisis de los juegos, es posible representarlos en una forma estratégica o en una forma extensa.

La forma estratégica (o forma normal) presenta un juego como una matriz de pago, que muestra los pagos de los jugadores como resultado de sus estrategias. Esta matriz ilustra el juego como si todos los jugadores pudieran tomar todas sus decisiones a la vez. Por otro lado, **la forma extensa** representa un juego como un árbol, que destaca los momentos decisivos de cada jugador. Por lo tanto, un árbol muestra la forma en que las acciones de los jugadores se desarrollan o podrían desarrollarse para lograr los posibles resultados del juego. En esta representación, los pagos aparecen al final del árbol. Finalmente, la información de los jugadores sobre otros jugadores también modifica el desarrollo de un juego. Entonces, si hay información completa, todos los jugadores conocen todas las estrategias posibles y las consecuencias de las estrategias tomadas, para ellos y para otros. Por el contrario, en juegos con información incompleta, algunos jugadores no conocen ninguna de esas consecuencias. Dada esta incertidumbre, es necesario introducir conceptos como la utilidad esperada para comprender las implicaciones de la información oculta en el resultado del juego (Esmaeili, M., Aryanezhad, M.B., and Zeephongsekul, P. 2008).

Ejemplos de conceptos de solución

La solución de un juego es un perfil de estrategias que resultan en un resultado. Entonces, su definición requiere el establecimiento de lo que es razonable dentro de un conjunto de estrategias para todos los jugadores (Cachon G.P., and Netessine S. 2001). A continuación, presentamos dos soluciones conceptuales esenciales para juegos no cooperativos:

Estrategias Dominantes. La solución dominante busca la mejor estrategia, es decir, eliminamos del análisis aquellas estrategias que creemos que otros jugadores nunca elegirán. Bajo este marco, es razonable suponer que los jugadores elijan las

estrategias que les proporcionen el mejor pago posible, a pesar de las estrategias de otros jugadores.

Equilibrio de Nash (EN). Este es quizá el más importante concepto de solución. Lo que se propone a continuación es un enfoque completamente diferente al de la dominación de estrategias, una línea de análisis en la cual, la clave es: ¿Qué propiedades debería tener un perfil de estrategias para constituirse una solución de un juego? Dicho análisis nos proporciona el concepto: Es aquel perfil de estrategias en donde cada agente no tiene incentivos a elegir otra estrategia, o también es aquel perfil de estrategias que es la mejor respuesta a lo que hagan otros agentes.

A continuación, se muestra un ejemplo de un juego no cooperativo entre dos personas con suma no constante. Es la situación más frecuente en los negocios. En la práctica es muy difícil que dos empresas estén en conflicto total entre sí. Dilema del prisionero: Un juez no tiene pruebas claras para condenar a dos personas por un robo llevado a cabo conjuntamente. Les hace la siguiente propuesta: Si no confiesa ninguno de los dos, les condenará a un año de prisión por mal comportamiento. Si confiesa solamente uno de los dos será liberado y el otro pasara 20 años en la cárcel. Si confiesan los dos, serán condenados a 5 años de cárcel. ¿Qué decisión tomará cada uno? Suponiendo que ambos están incomunicados podríamos representar las ganancias de ambos prisioneros mediante el Cuadro 1 de pares donde el primer elemento representa la ganancia del primer prisionero y el segundo la ganancia del prisionero dos:

Tabla 1. Diagrama de Prisionero.

		Prisionero 2	
		Confiesa	No Confiesa
Prisionero 1	Confiesa	-5, -5	0, -20
	No Confiesa	-20, 0	-1, -1

Fuente: Elaboración Propia.

Elementos básicos del juego del prisionero: Jugadores: Prisioneros 1 y 2

Acciones: Cada prisionero decide confesar o no confesar. Donde confesar significa decir quién cometió el crimen, mientras que no confesar significa lo contrario.

Como tenemos un juego simultáneo, el conjunto de estrategias es el mismo que el conjunto de acciones porque la decisión se toma de una vez.

Pagos. Resumirán los años que pasan en prisión según las cuatro posibles combinaciones de estrategias. Si ambos decidieran no confesar, el resultado sería mucho mejor (1 año) que si ambos deciden confesar (5 años).

En este juego, la única preocupación de los jugadores (presos) es maximizar su beneficio, sin preocuparse por el beneficio del otro. Teniendo esto en cuenta, la cooperación con el socio está dominada por la posibilidad de traicionarlo. Por lo tanto, el único equilibrio posible para este juego es que ambos jugadores no confiesen, el escenario de traición.

2.1 Impacto de la confianza entre un mayorista y un minorista.

Se sabe que los beneficios de un minorista dependen en gran medida del mayorista que entregue el producto a tiempo. Sin embargo, los mayoristas generalmente tienen más de un minorista como cliente, por lo que las demoras en la entrega del producto pueden ocurrir. Dada esta circunstancia, el minorista puede imponer o no castigar al mayorista en caso de incumplimiento. Estas sanciones se relacionan con la confianza del minorista en la capacidad de entrega del mayorista. Aunque el beneficio del minorista depende del mayorista, el contrato que establecen no considera los castigos, es decir, asumimos un escenario de plena confianza.

En esta sección, analizamos la interacción entre un mayorista y un minorista, donde el mayorista puede tener más de un minorista como cliente, pero el minorista solo recurre a este mayorista.

Modelo de Confianza

Consideramos solo dos jugadores, el minorista (ρ) y el mayorista (μ). Es decir, el conjunto de jugadores es $J = \{\rho, \mu\}$. Se sabe que, en este tipo de relación, el mayorista puede fijar el precio mayorista, mientras que el minorista establece el precio de venta a sus consumidores. Entonces, $A_\mu = \{w \in R | w \geq 0\}$ es el conjunto de todos los precios al por

mayor, mientras que $A_p = \{p \in R | p \geq 0\}$ es el conjunto de precios minoristas del consumidor del minorista.

Para presentar los beneficios de cada mercado, asumiremos por simplicidad que los consumidores del mayorista son minoristas, mientras que los consumidores del minorista no están interesados en comprar el producto mayorista. Además, por simplicidad, asumiremos que ambas demandas son lineales. Por lo tanto, la demanda del minorista es $D_p(p) = a - bp$, donde a es la cantidad máxima que se puede vender en el mercado minorista, mientras que b es la sensibilidad que enfrenta el minorista. Además, la demanda del mercado mayorista se asume como $D_\mu(w) = m - nw$, donde m es la cantidad máxima que se venderá en el mercado mayorista y n es la sensibilidad que enfrenta dicho agente. Por lo tanto, el beneficio del minorista es:

$$\pi_p(p, w) = (p - w)(a - bp) \quad (1)$$

Por otro lado, suponemos que el mayorista enfrenta un costo constante igual a c . Es decir, el beneficio del mayorista es el siguiente:

$$\pi_\mu(r, w) = (w - c)(m - nw) \quad (2)$$

Finalmente, suponemos que r y m interactúan en un juego de dos etapas. En la primera etapa, el minorista determina el precio p de la venta al público no mayorista. En este primer escenario, hay confianza entre los dos jugadores, por lo que no hay castigo para el mayorista. Es decir, el minorista fija los precios de venta pensando que el mayorista puede cumplir los pedidos de modo que su beneficio dependa del precio mayorista. Por lo tanto, el mayorista establece el precio mayorista en la segunda etapa del juego.

El equilibrio de Nash

El juego descrito en la sección anterior es un juego de dos etapas, que recuerda la interacción entre comprador y vendedor (Balza-Franco et al, 2017). Por lo tanto, nuestra

solución conceptual es el Equilibrio del Nash Perfecto en Subjuegos (ENPS), que es un perfil de estrategias tales que son el equilibrio de Nash en cada momento donde el jugador toma decisiones. En nuestro caso, seamos un perfil de estrategias. Decimos que s es un ENPS de G si la estrategia de mayorista es un equilibrio de Nash cuando el mayorista establece su precio de venta en la segunda etapa, y el minorista establece un precio de equilibrio en la primera etapa. Para calcular un SPNE, seguimos el Algoritmo de inducción hacia atrás.

Dado un juego finito G en forma extensa con información completa y perfecta, el algoritmo de inducción hacia atrás procede de la siguiente manera:

1. Todos los sub-juegos que se producen en el último lugar están identificados. En nuestro caso, en el último sub-juego, el mayorista establece su precio de venta. Calculamos el precio de equilibrio de este juego.
2. Sustituimos el precio de venta de la etapa dos en la función de beneficios del minorista. Por lo tanto, calcular el precio de equilibrio en el mercado minorista.

Para conocer los precios de equilibrio en cada etapa, calculamos la mejor respuesta de cada jugador. Por inducción hacia atrás, asumimos que la demanda del minorista a un precio w ha sido establecida. Entonces, el mayorista resuelve el siguiente problema de maximización:

$$\max_w (w - c) (m - nw) \quad (3)$$

La primera condición de orden es

$$\frac{\partial \pi_\mu}{\partial w} = 0 \quad (4)$$

Entonces, tenemos la siguiente ecuación:

$$m - 2nw + cn = 0 \quad (5)$$

Por lo tanto, la mejor respuesta del mayorista es:

$$w^* = \frac{m + cn}{2n} \quad (6)$$

Ahora, tenemos que maximizar el beneficio que ρ , obtiene cuando m establece el precio w^* . Primero, al sustituir w^* en π_ρ , tenemos que:

$$\pi_\rho = \left(p - \frac{m + cn}{2n}\right) (a - bp) \quad (7)$$

Entonces, la mejor respuesta del minorista se obtiene maximizando la función anterior. La condición de primer orden da la siguiente ecuación:

$$a - 2bp - \frac{m + cn}{2n} a + \frac{m + cn}{2n} bp = 0 \quad (8)$$

Despejando p^* de esta expresión, tenemos:

$$p^* = \frac{(2a + c)n + m}{4bn} \quad (9)$$

La siguiente proposición resume la discusión previa.

Proposición 1. En un juego de dos etapas donde el minorista y el mayorista establecen los precios de venta en sus respectivos mercados, el resultado es la siguiente expresión:

$$(p^*, w^*) = \left(\frac{(2a + c)n + m}{4bn}, \frac{m + cn}{2n}\right) \quad (10)$$

Ejemplo numérico y/o caso práctico

En la sección anterior, demostramos la existencia de un equilibrio único del sub-juego Perfecto de Nash, cuando las variables exógenas (a, c, m, n, b) satisfacen la condición (10). En esta sección proporcionamos algunos ejemplos numéricos para mostrar el comportamiento de los precios p^* y w^* con respecto a las variables exógenas.

Ejemplo de determinación de los precios p^* y w^* . Dentro de un mercado global fluctuante existen dos miembros (minorista y mayorista) de la cadena de suministro donde se desea calcular la cantidad demandada para un lote de 1,000 piezas catalogadas en 100 en el mercado mayorista, y donde nosotros consideramos valores específicos para las siguientes variables: costo permanente del artículo \$15.00 pesos, cuando existe una sensibilidad de 20 en el mercado del mayorista y una de 5 en el mercado del minorista. Sin embargo, la cantidad máxima en existencia de venta es de 500 piezas en el mercado minorista.

Paso 1: obtenemos los datos.

Datos

$a=500$ piezas

$c= \$15.00$

$n=20$

$b=5$

Paso 2: Identificamos y Aplicamos las fórmulas.

$$p^* = \frac{(2a + c)n + m}{4bn} \quad (9)$$

$$w^* = \frac{m + cn}{2n} \quad (6)$$

Paso 3: Resolvemos la formula y obtenemos resultados de p^* en el Cuadro 2 y en el Cuadro 3 los resultados de w^*

Tabla 2. Resultados de p^* y comportamiento de la sensibilidad en el mercado.

bilida d	3.1	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6
p^*	309	566.5	824	1081.5	1339	1596.5	1854	2111.5	2369	2626.5
máxi ma	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resultados de w^* y comportamiento de la sensibilidad en el mercado.

sibil idad	0.10	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
w^*	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5
máx ima	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

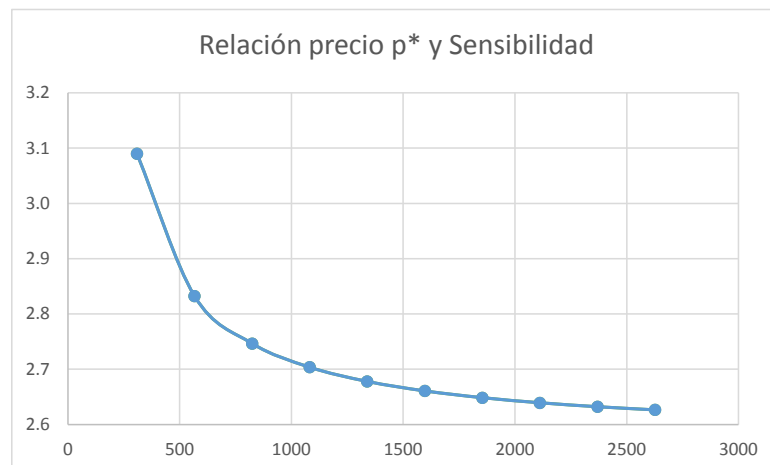
Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: En las Figuras 1 y 2 se grafica del comportamiento del precio p^* , w^* y la sensibilidad

Discusión de Resultados

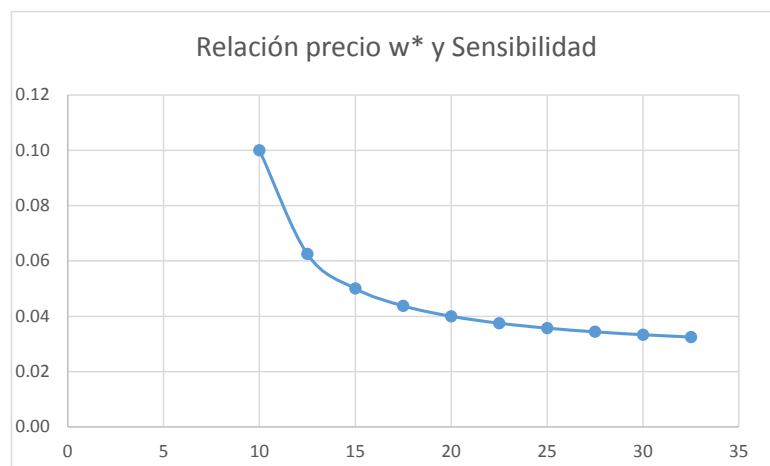
Es importante notar que existe una relación positiva entre m , la cantidad máxima a comprar en el mercado de mayoreo, y los precios p^* y w^* . Este resultado es interesante pues indica que el tamaño del mercado mayorista impacta de manera directa en el mercado que atiende el minorista. También se observa una relación negativa entre b y p^* , así como entre n y w^* . Es decir, mientras mayor sea la sensibilidad, los precios deben disminuir pues la cantidad demandada disminuye.

Figura 1. Gráfico del comportamiento del precio p^* y la sensibilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Gráfico del comportamiento del precio w^* y la sensibilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Con base a la sección anterior determinamos los precios p^* y w^* , se realiza un análisis entre los dos miembros (minorista y mayorista) de la cadena de suministro, donde los resultados demuestran que la sensibilidad es más palpable y mayor para el mercado del minorista.

La sensibilidad en el mercado del mayorista en términos de pérdida es mínima con respecto al mercado del minorista como se observa en los gráficos de comportamiento de las Figuras 1 y 2, así como en los Cuadros 1 y 2.

Ambos miembros de la cadena de suministro tienen una sensación de pérdida inversamente proporcional al precio p^* y w^* del artículo.

3. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó una cadena de suministros de dos niveles, un mayorista (m) y un minorista (r), quienes están involucrados en la producción y distribución de un solo tipo de producto terminado. Se examinaron dos formas de interacciones en lo que respecta al Equilibrio de Nash de los agentes interactuando en dos etapas, el Juego se resolvió en inducción hacia atrás y con un escenario de Confianza y con un ejemplo numérico para mayor comprensión.

Finalmente, asumimos que r y m , interactúan en la primera etapa, el minorista determina el precio (p) de venta al público no mayorista. En este primer escenario, existe confianza entre ambos jugadores, es decir, el minorista fija los precios de venta pensando que el mayorista puede cumplir con los pedidos, por lo que su beneficio depende del precio de mayoreo. Es importante notar que existe una relación positiva entre el mayorista, y la cantidad máxima a comprar en el mercado de mayoreo, y los precios de venta del minorista (p^*) y mayorista (w^*). Este resultado es interesante pues indica que el tamaño del mercado mayorista impacta de manera directa en el mercado que atiende el minorista. También se observa que mientras mayor sea la sensibilidad, los precios deben disminuir

pues la cantidad demandada disminuye, por lo que, como trabajos futuros, se deberá incluir un escenario sin confianza de esta cadena de suministro.

CAPÍTULO III. ARTÍCULO DE REVISTA

Enviado a la Revista *OPSEARCH*, Aceptado 30 de abril 2019.

Miguel Josué Heredia Roldán, Damián Emilio Gibaja Romero, José Luis Martínez Flores y Santiago Omar Caballero Morales.

TÍTULO

The impact of trust in the strategic decisions of a decentralized supply chain

Miguel Josué Heredia Roldán^{1*}, Damián Emilio Gibaja Romero², José Luis Martínez Flores² y Santiago Omar Caballero Morales²

^{1*}Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México: Campus: Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero. Cdmx, México. Y doctorante Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) de la Correo electrónico: josue_07@yahoo.com

²Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. 17 Sur 901, Barrio de Santiago, Puebla, Puebla, México CP 72410. Tel: (+52) 222.229.9400 Correos electrónicos: damianemilio.gibaja@upaep.mx;joseluis.martinez01@upaep.mx; santiagoomar.caballero@upaep.mx

*Autor de correspondencia

Abstract:

The establishment of contracts pursues the efficient fulfillment of supply chain members' needs. However, this is not always possible due to market features and, more interestingly, the additional constraints that such mechanisms impose. Trust relationships, that we define as the absence of contracts, appear as a mean to deal with situations where contracts block decision making. Although trust enhances production/management activities, it is not clear how the absence of contracts impact on delivery times, which we investigate in this paper. We analyze a decentralized supply chain where a manufacturer needs an intermediate input, but typical suppliers that have a contract with the manufacturer do not provide it; so, he establishes a non-contractual relationship with an "external" provider. We model this interaction as a two-stage game and show necessary and sufficient condition to guarantee the existence and uniqueness of the Sub-game Perfect Nash equilibria. Also, we show the relationship between delivery times and input's requisition, at equilibrium, with exogenous variables like production costs and base revenue. We find that intuitive relationships hold when the requisition cost is higher than a third of the manufacturer's revenue.

Keyword: Sub-game perfect Nash equilibrium, Trust, Decentralized supply chain

Resumen:

El establecimiento de contratos persigue el cumplimiento eficiente de las necesidades de los miembros de la cadena de suministro. Sin embargo, esto no siempre es posible debido a las características del mercado y, lo que es más interesante, las restricciones adicionales que imponen tales mecanismos. Las relaciones de confianza, que definimos como la ausencia de contratos, aparecen como un medio para tratar situaciones en las que los contratos bloquean la toma de decisiones. Aunque la confianza mejora las actividades de producción / gestión, no está claro cómo la ausencia de contratos afecta los tiempos de entrega, lo que investigamos en este documento. Analizamos una cadena de suministro

descentralizada donde un fabricante necesita una entrada intermedia, pero los proveedores típicos que tienen un contrato con el fabricante no lo proporcionan; así, establece una relación no contractual con un proveedor "externo". Modelamos esta interacción como un juego de dos etapas y mostramos la condición necesaria y suficiente para garantizar la existencia y singularidad de los equilibrios de Nash perfecto en subjuegos. Además, mostramos la relación entre los tiempos de entrega y la solicitud de insumos, en equilibrio, con variables exógenas como los costos de producción y el ingreso base. Encontramos que las relaciones intuitivas se mantienen cuando el costo de solicitud es superior a un tercio de los ingresos del fabricante.

Palabras clave: Equilibrio perfecto de Nash en subjuegos, Confianza, Cadena de suministro descentralizada.

1.-INTRODUCTION

Nowadays, supply chain interactions are complex and diverse since technological advances and international trade connect businesses in different institutional contexts (MacDuffie, 2011). Concerning this globalized environment, the variety and quantity of operational activities make it difficult that suppliers fulfill with buyers' requests. So, suppliers strategically choose requisitions that provide them with the most significant benefit, while buyers search for new suppliers compromised with their needs (Handfield, Bechte, 2002; Tejpal, Garg and Sachdeva, 2013); in other words, it is necessary that Supply Chain Management (SCM) enhances coordination among all decision makers (Mentzer et al, 2001; Xiao, Qui, 2016). In this sense, a branch of the literature emphasizes the necessity of creating new relationships based on trust to facilitate interactions within any supply chain (SC) (Lambert, Stock and Ellram, 1998; Frohlich and Westbrook, 2001; Mentzer et al, 2010).

In the building of trust relationships within a SC, complying with delivery times plays a significant role since it represents the commitment to fulfill its members' needs (Cachon and Netessine, 2004). So, late deliveries have a negative impact on the stability and sustainability of the SC since they generate mistrust among SC's members (Martino and Fritz, 2010). To guarantee on-time inputs/products deliveries, it is common that SC's members establish contracts where a positive (or negative) incentive is defined to avoid delays (Hossain, Ohaiba and Sarker, 2017). However, even if such incentives exist, late deliveries are still a problem when delivery times are too tight (Xio and Qi; 2016) or due to exogenous risks (Hekimoğlu, Park and Kazaz; 2016). Even more, the empirical evidence suggests that contracts can have a negative impact on SC's responsiveness (the capacity of producers, intermediaries, and retailers to cope with delivery times) since they increase transaction costs (Pacheco and Newell; 2018) and establish restrictions that limit the capacity of SC's members to solve problems (Deb and Mukherjee; 2016).

By the previous discussion, the definition of trust relationships depends on the supply chain structure and features. In this paper, we understand trust relationships as an interaction characterized by the absence of contracts. Such a scenario characterizes SC's relationships where a manufacturer cannot satisfy his needs by demanding an input from typical providers; hence, the manufacturer searches for an outside input's supplier. This means that the manufacturer trust on getting the input as soon as possible from the supplier, who can fulfill with the requisition but chooses the delivery time (we say that the provider acts as a "last resort provider") (Schippmann and Qaim; 2011; Handfield and Bechtel, 2002; Mentzer et al, 2015). In this context, it is not clear the impact of trust on the strategic decisions of SC's members, as the speed of deliveries (Narayanan, Narasimhan and Schoenherr, 2014).

In this paper, we investigate how the absence of contracts impact delivery times when a manufacturer requests intermediate inputs from a "last resort provider." We

consider a decentralized supply chain with only two members: the manufacturer and the supplier. The manufacturer needs an intermediate input that is provided by the supplier, but their relationship is based on trust. So, we model this interaction as a two-stage game. In the first stage, the manufacturer demands a quantity of the intermediate input, while the supplier determines how much time he can deliver the input during the second stage. Based on the findings of Yu, Huang, and Liang (2009), and Lu, Meng, and Goh (Lu, Meng and Goh; 2014), we assume that time is a “bad” input for the manufacturer which means that slow deliveries have a negative impact on the manufacturer’s revenue. The first assumption reflects the fact that slow deliveries imply less time to produce the final good, diminishing the manufacturer’s output. The second assumption summarize the manufacturer’s customers behavior, i.e., the manufacturer loses customers when he delays in producing his good, as a consequence of “late” deliveries from the supplier. Also, we consider that the supplier faces storing and production costs that increase as the supplier delays in delivering the manufacturer’s requisition (Hekimoğlu, Park and Kazaz; 2016).

By analyzing the Sub-game Perfect Nash equilibria set, we establish sufficient and necessary conditions to guarantee the existence and uniqueness of the game’s solution. Such conditions allow us to perform comparative statics on the equilibrium strategies. For the delivery time at equilibrium; we find that the supplier makes fast deliveries as the warehouse’s rent cost increases; and, we observe that delivery time increases as the manufacturer demands more. Moreover, we find a positive relationship between delivery time and marginal production cost; this result is opposite to what is found in the competitive equilibrium literature (Lederer and Li, 1997; Mentzer et al, 2018). In such a framework, the authors argue a negative relationship between delivery times and marginal production costs since large marginal costs imply a higher production capacity; thus, the supplier can deliver the input in less time. Our result relates to empirical observations in which large costs represent complex production processes that imply longer production times, and consequently late deliveries (Fratocchi; 2016).

Our paper is closely related to the literature that analyzes the absence of contracts. This type of relationship refers to situations where SC's prefer flexible relationships such as face-to-face contact in the case of farmers (Schipmann and Qaim; 2011). Also, SC's members prefer no contract relationships in SCs where responsiveness has top priority (Handfield and Bechtel, 2002; Ralston, 2015). Our paper contributes to this literature by establishing a game-theoretical framework to analyze the strategic decisions, on delivery times, in a supply chain where contracts are not necessary/required, that we define as trust interactions. We analyze equilibrium strategies by considering that the manufacturer has a Cobb-Douglas production function that depends on time and the intermediate input; such technology summarizes the fact that time is a bad input, i.e., the manufacturer reduces his production as the provider delays on delivering the input (Yu, Huang and Liang; 2009) and (Mentzer et al, 2018).

The use of game theory in the understanding of trust has a long tradition, specifically in determining the mechanisms that build. It is important to remark that the definition of trust relationships depends on the supply chain's structure. For example, authors like Capaldo, and Giannoccaro (Capaldo and Giannoccaro; 2015) define trust relationships as the absence of opportunistic behavior, while Hou et al., (Mentzer et al; 2018) define trust as the reputation that maintains the stability of a supply chain network. In general, the literature supports the creation and consolidation of trust relationships given their benefits (Dyer and Chu; 2011) and the fact that it contributes to generating stable relationships in the long-run (Mentzer et al; 2016); in other words, although there is no general agreement on what a SC's interaction based on trust means, its benefits are clear. Tejpal et al., (Tejpal, Garg, Sachdeva; 2013) and Daudi, Hauge, and Thoben (Daudi, Hauge and Thoben; 2016) provide an exhaustive review of the meaning of trust and methodologies that are used to analyze its impact on the decision making within supply chains.

Among the benefits of consolidating trust relationships, they mitigate the bullwhip effect (Almeida, Marins and Salgado; 2015) and drive investment to improve production processes (Mentzer et al; 2012). Also, trust minimizes transaction costs (Brinkhoff, Ozer and Sargut; 2015) and avoids monitoring costs (Handfiel and Bechtel; 2002) because it enhances coordination and communication among decision makers. Concerning to trust construction mechanisms, Reuter Goebel and Foerstl (Reuter, Goebel, Foerstl, 2012) develop a series of experiments to show that firms' ethical responsiveness contributes to the consolidation of confidence among clients and workers. Charvet, Cooper, and Gardner (Charvet, Cooper and Gardner; 2008) consider that information is a driver in the creation of causal links between supply chains members. Even more, agents with less information tend to be fewer confident about the behavior of other actors. Specifically, collaboration serves as a mechanism to generate confidence given the sharing of information that such mechanisms induce (Raweewan and Ferrell; 2018). Dyer and Chu (Dyer and Chu; 2000) analyze the supply chain as a Bayesian game where cooperation depends on the information that each agent owns, and trust relationships are the result of how SC's members are involved in the decision-making process.

Our paper focuses on the implications of trust instead of its construction, specifically when no incentive mechanisms are necessary to guarantee the interaction between SC's members. Smets (Smets and Detken; 2004) observes that companies located in Europe and America care to general trust, as top priority strategy, to enhance the activities within their supply chain. The bottom line is that companies need to collaborate with their supply chain partners to improve the responsiveness of their activities. Vieira et al., (Mentzer et al; 2012) investigate whether differences between plants are capable of influencing the relationship based on trust with suppliers through the analysis of an Asian firms database. Complex interaction among plants and providers negatively impact production processes within plants, such as late deliveries. By considering a trust relationship, our paper presents necessary and sufficient condition to guarantee the uniqueness

of the equilibrium's strategy for the supplier and the manufacturer. So, it is possible to measure the impact of trust on delivery times and product quantity.

The article is organized as follows. Section 2 describes the game theoretical model that we consider to analyze the absence of contracts in the scenario of a "last resort provider." Section 3 discusses the problem that each SC's member faces during this strategic interaction. Also, we provide necessary and sufficient condition to guarantee the existence and uniqueness of the solution. So, in Section 4 we perform comparative statics to understand the impact of trust in time deliveries and requisitions and equilibrium; we develop some numerical examples to exemplified our results. Section 5 presents the conclusions.

2.-MODEL

We consider a decentralized supply chain where a manufacturer m requests an intermediate input from a supplier s since usual providers cannot fulfill m 's requisition. So, we say that s is a "last resort provider," which means that i. he can cope with any requisition from m , and ii. he chooses in how much time he delivers the input.

2.1 Basics of the model

The manufacturer m requests a quantity q of the intermediate good provided by s . Let $A_m = \{q \in \mathbb{R}: q \geq 0\}$ be the set of all possible requisitions that m can ask to s . The supplier s chooses a time t to deliver the quantity q requested by m . Let $A_s = \{t \in \mathbb{R}: t \geq 0\}$ be the set of all possible delivery times that s can choose to fulfill with the manufacturer's requisition.

Note that sets A_m and A_s are the set of all actions of players in P . So, a **profile of actions** is a vector $(q, t) \in A_m \times A_t$. Hence, $\mathcal{P} = A_m \times A_s$ is the set of all possible actions profile. We use a to represent a generic actions profile.

The manufacturer m has a production function $F(\cdot)$ that depends on (q, t) , i.e. $F: \mathcal{P} \rightarrow \mathbb{R}_+$. As it is common in the Producer Theory, the relationship between F and q is positive ($\partial F/\partial q > 0$). Given that on-time deliveries contribute to increasing SC's and firms competitiveness (Narayanan, Narasimhan and Schoenher, 2015), we assume that late delays negatively impact the manufacturer's production, i.e., $\partial F/\partial t < 0$. In other words, time represents a "bad" input for m in this interaction. Following Yu, Huang, and Liang (Yeung A.C. I.;2008) and Saha, et al. (Mentzer et al; 2018), we assume that the manufacturer's production function is the following Cobb-Douglas function

$$F(q, t) = q^\alpha t^{-\beta},$$

where α is the manufacturer's sensitiveness for changes in the input's price, and β is manufacturer's sensitiveness to supplier's delays. Also, m has a budget function $B(t)$ that he uses to buy the input from s . We assume that $B(t)$ negatively depends on t since the manufacturer delays to produce his good due to slow deliveries from the supplier, and consequently, m loses customers (Mentzer et al; 2018). We consider $B(t) = I + R/t$, where I is the sure revenue that m can earn, and R is a revenue that m loses by late deliveries. In other words, R is the variable revenue, while I is the fixed revenue.

The supplier s has a total cost function $C(q, t) = c_1(q, t) + c_2(t)$, where $c_1(q, t)$ is the cost of producing a quantity q in a time t , and $c_2(t)$ is the cost of storing the intermediate good for a period t . We assume that $c_1(q, t) = cq/t$ and $c_2(t) = rt$, where c and r are positive constants. Note that total cost function

$$C(q, t) = \frac{cq}{t} + rt \tag{1}$$

summarizes appealing features. The marginal cost of producing an extra unit of the intermediate input decreases as the supplier has more time to deliver the product ($\partial c_1/\partial q = c/t$); for example for example, by avoiding extra fees for fast delivery

and unanticipated risks costs (Hekimoğlu, Park y Kazaz, 2016). Also, the supplier faces increasing storing costs ($\partial c_2/\partial t = r > 0$).

2.2 Sequence of the game and payoffs

Given that s is the “last resort provider” for an intermediate input that m needs, their relationship is based on trust, which we model as the absence of penalization by late deliveries from s . In other words, we consider that there is no contract among m and s , which imply a strategic interaction among them. We model their interaction as the following two-stage game:

First Stage. The manufacturer m requests a quantity q of the intermediate input that s provides because m needs to produce his good. When this stage finishes, the supplier observes q .

Second Stage. The supplier s chooses the time t to deliver the m 's requisition of the intermediate good.

The game finishes when the supplier delivers the input to m . At the end of the game, m and s get a benefit of π_m and π_s , respectively.

2.3 The solution concept

In the previous section, we described the interaction between m and s as a two-stage game. To define the concept solution of this game, s follows a rational behavior when it chooses t^* that maximizes π_s . On the other hand, m interacts with s to fulfill with some customer's requisitions. Then, m chooses q^* that maximizes

his production since he knows his maximum possible revenue and late deliveries have a negative impact on production. Below, we define the Sub-game perfect Nash equilibrium of the game.

Definition 1 A profile $(q^*, t^*) \in \mathcal{P}$ is a Sub-game perfect Nash equilibrium if

1. $F(q^*, t^*) \geq F(q, t^*)$ for all $q \in A_m$, and
2. $\pi_s(q, t^*) \geq \pi_m(q, t)$ for all $q \in A_m$ and $t \in A_s$.

3.-EXISTENCE AND UNIQUENESS OF THE GAME'S SOLUTION

We proceed by backward induction to find the subgame perfect Nash equilibria of the game described in the previous section. Thus, we first compute the Nash equilibrium of the second stage, later we substitute previous strategies in the payoffs of stage one for finding the Nash equilibria of this stage.

3.1 The Supplier's Maximization Problem

During the second stage, we know that supplier s observes the manufacturer's requisition q and chooses the time to deliver it. Hence, a Nash equilibrium strategy in this stage is a delivery time t that maximizes the supplier's benefit function. In other words, given a requisition q , s solves the following optimization problem in the second stage

$$\max_{t \in A_s} \pi_s(q, t).$$

We know that the relationship between m and s is based on trust since s is the "last resort provider" of an intermediate that m needs to fulfill with his customer's requisitions. In other words, s is not the unique supplier of the intermediate input; thus, we assume that s does not have market power, and p_v denotes the market price of the good that s provides to m . Moreover, we assume a cost function

$C(q, t)$, see expression (1), that captures real-life features: i. The marginal cost of producing an extra unit of the intermediate good diminishes as the supplier has more time to improve production/distribution processes, and ii. The cost of rent a warehouse depends on the time that the supplier uses it. Consequently, the benefit of s is

$$\pi_s(q, t) = p_v q - \frac{cq}{t} - rt.$$

To solve the supplier's optimization problem, we use the first order condition. Thus, we solve the following equation

$$\frac{\partial \pi_s}{\partial t} = 0.$$

Consequently, we get that

$$\frac{\partial \pi_s}{\partial t} = \frac{cq}{t^2} - r.$$

Thus, we have to solve the following equation

$$\frac{cq}{t^2} - r = 0$$

$$t^2 = \frac{cq}{r}.$$

Therefore, the best response of s when m requests a quantity q of the intermediate good is given by

$$t(q) = \sqrt{\frac{cq}{r}}. \quad (2)$$

Now, computing the second derivative of π_s , we have that

$$\frac{\partial^2 \pi_s}{\partial t^2} = -\frac{2cq}{t^3}.$$

Since $q > 0$, we conclude that

$$\frac{\partial^2 \pi_s}{\partial t^2}(q, t(q)) < 0.$$

Therefore, the supplier maximizes his benefit by delivering the intermediate good in a time $t(q) = \sqrt{cq/r}$, i.e., expression (2) is the equilibrium strategy that s follows for any requisition q .

3.2 The Manufacturer's Maximization Problem

Given the backward induction process, we have to analyze the Nash equilibria of the first stage. In this first stage, the manufacturer demands a quantity of the provider's intermediate input that maximizes his production function. Since s belongs to a perfect competence market, m faces a production cost equal to $p_v q$, and a maximum possible revenue $B(t) = I + R/t$ that we consider equal to his budget. So, the manufacturer's budget constraint is

$$p_v q \leq I + \frac{R}{t}.$$

In other words, the cost of acquiring the intermediate good must be at most the manufacturer's revenues after discounts by a delay in the delivery time.

By the backward induction process, the manufacturer solves the following optimization problem

$$\max F(q, t(q)) = q^\alpha \left(\sqrt{\frac{cq}{F}} \right)^{-\beta}$$

$$s. a. p_v q \leq I + \frac{R}{t}. \quad (3)$$

In the manufacturer's optimization problem (3), note that the objective function and the restriction depend on variable q , and the production function can be rewritten as follows

$$F(q, t(q)) = q^{\alpha - \beta/2} \left(\sqrt{\frac{c}{r}} \right)^\beta.$$

Thus, the **monotonicity** of F , with respect to q , depends on the sign of $\alpha + \beta/2$. As usual, we consider that the manufacturer's production increases as the quantity of input increases. The following assumption guarantees that F increases as q increases.

Assumption 1. $\alpha - \beta/2 > 0$.

Furthermore, if Assumption 1 holds, the manufacturer maximizes his production when he uses all his budget on acquiring the intermediate good. Thus, the manufacturer's maximization problem is equivalent to solve the following equation

$$p_v q = I + \frac{R}{\sqrt{\frac{cq}{r}}} = I + R \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{cq}}.$$

The previous expression can be rewritten as follows

$$p_v c^{1/2} q^{3/2} - I c^{1/2} q^{1/2} = R r^{1/2}.$$

Then, it is enough to solve the following equation

$$p_v c^{1/2} q^{3/2} - I c^{1/2} q^{1/2} - R r^{1/2} = 0. \quad (4)$$

Applying the change of variable $q^{1/2} = z$ into equation (4), we get the following cubic equation

$$p_v c^{1/2} z^3 - I c^{1/2} z - R r^{1/2} = 0.$$

Two immediate questions arise about equation (4). The first one, Does a real root exist for this equation? Since all the coefficients in this equation are real numbers, there exists at least one real root and at most three real roots. Although real coefficients are necessary to guarantee the existence of at least one real root, this is not enough to guarantee the existence of a unique positive solution for equation (4). Thus, the second question concerns the uniqueness of the solution. Does the manufacturer's optimization problem have a unique solution? To answer this question, we characterize the roots of equation (4) by analyzing the critical points of the following polynomial function

$$f(z) = p_v c^{1/2} z^3 - I c^{1/2} z - R r^{1/2}. \quad (5)$$

We compute the critical points of f by using the first order condition. The first derivative of $f(z)$ is

$$f'(z) = 3p_v c^{1/2} z^2 - I c^{1/2},$$

then

$$f'(z) = 0 \text{ if and only if } z = \pm \sqrt{\frac{I}{3p_v}}.$$

To denote the critical points of function $f(z)$, we use the following notation

$$z_1 = \sqrt{\frac{I}{3p_v}} \quad \text{and} \quad z_2 = -\sqrt{\frac{I}{3p_v}}.$$

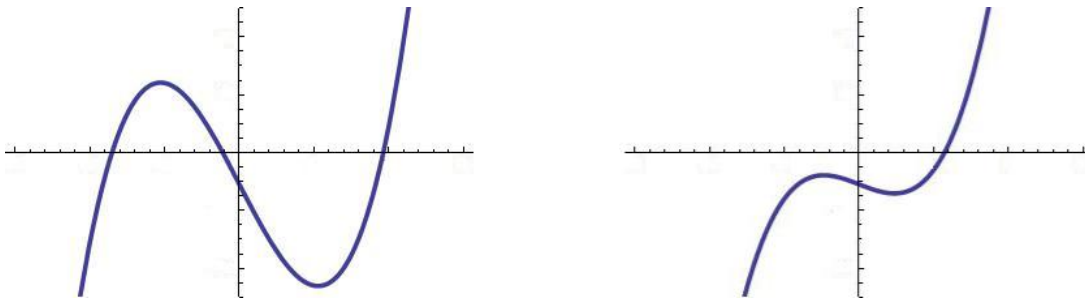
Now, we determine if the critical points of $f(z)$ are a local minimum or a local maximum. Note that the second derivative of $f(z)$ is

$$f''(z) = 6p_v c^{1/2} z.$$

Then, $f''(z_1) > 0$ $f''(z_2) < 0$ because $z_1 > 0$ and $z_2 < 0$, respectively. By the criterion of the second derivative, we conclude that f has a local minimum at z_1 , because $f''(z_1) > 0$, and f has a local maximum at z_2 since $f''(z_2) < 0$.

The previous analysis implies that $f(z_2) > f(z_1)$. So, analyzing $f(z_2)$ allows us to identify the number of real positive roots of the equation $f(z) = 0$. If $f(z_2) > 0$, equation $f(z) = 0$ has three real roots, as the example in Figure 0 illustrates. Then, $f(z_2) > 0$ may generate multiple optimal decisions (positive real roots of the equation $f(z) = 0$) for the manufacturer, and consequently more than one Nash equilibria for the manufacturer at Stage 1. However, if $f(z_2) < 0$, then there is a single optimal decision for m , as Figure 3 illustrates.

Figure 3. Polynomial function and its real roots.



Source: Developed by the authors, based on the literature review

In other words, $f(z_2) < 0$ is a sufficient condition to guarantee the existence of a unique Nash equilibrium strategy for m at Stage 1. The following theorem summarizes the previous discussion.

Theorem 3.1 *Let z_2 be the negative root of equation $f'(z) = 0$. If $f(z_2) < 0$, then the equation $f(z) = 0$ has a unique real root z^* , and this root is positive.*

Proof. We know that z_1 and z_2 are critical points of $f(z)$, and $z_2 < 0 < z_1$. Also, we know that f has a local minimum in z_1 and a local maximum in z_2 . Then, the function f behaves as follows

1. f increases in the interval $(-\infty, z_2)$,
2. f decreases in the interval (z_2, z_1) , and
3. f increases in the interval (z_1, ∞) .

Together with the fact that $f(z_2) < 0$, we have that $f(z) < 0$ for all $z \in (-\infty, z_2] \cup [z_2, z_1] = (-\infty, z_1]$. In other words, no point in $(-\infty, z_1]$ is a solution of the equation $f(z) = 0$.

On the other hand, we know that $f(z) = 0$ has at least one real root since all its coefficients are real numbers. Given that $f(z) \neq 0$ for all $z \in (-\infty, z_1]$, there exists at least one $z' \in (z_1, \infty]$ such that $f(z') = 0$.

Note that $[z', \infty) \subset (z_1, \infty)$, then f increases in the interval (z', ∞) . Since f is a polynomial function, f is a continuous function; therefore, z' is the unique real root of the equation $f(z) = 0$.

Theorem 3.1 establishes a sufficient condition to guarantee the uniqueness of positive solution for the equation $f(z) = 0$. By developing expression $f(z_2) < 0$, we observe that this condition is in terms of the model's parameters (I, c, R, r) , which allows to establish a condition for the uniqueness of the manufacturer's optimal decision.

Theorem 3.2 *The manufacturer has a unique optimal decision if and only if*

$$\frac{I^3}{R^2} < \frac{27 p_v r}{4 c}. \quad (6)$$

Proof. The optimal decision of m is a solution of equation $f(z) = 0$. By Theorem 3.1, this equation has a unique positive solution when $f(z_2) < 0$, where

$$f(z_2) = -p_v c^{1/2} \left(\frac{I}{3p_v} \right)^{3/2} + I c^{1/2} \left(\frac{I}{3p_v} \right)^{1/2} - R r^{1/2}.$$

Note that $(3p_v)^{3/2} > 0$. Then, inequality $f(z_2) < 0$ does not change if we multiply it by $(3p_v)^{3/2}$. Hence, the inequality can be rewritten as follows

$$-p_v c^{1/2} I^{3/2} + 3p_v I c^{1/2} I^{1/2} - (3p_v)^{3/2} R r^{1/2} < 0$$

$$2p_v I^{3/2} c^{1/2} - (3p_v)^{3/2} R r^{1/2} < 0$$

$$2p_v I^{3/2} c^{1/2} < (3p_v)^{3/2} R r^{1/2}.$$

Since $g(x) = x^2$ is an increasing function in \mathbb{R}_+ , we get that

$$4p_v^2 I^3 c < 27p_v R^2 r$$

$$I^3 c < \frac{27}{4} p_v R^2 r.$$

We derive condition (6) from the previous expression.

Theorem 3.1 and Theorem 3.2 establish that m has a unique equilibrium strategy q^* when Condition 6 holds. Also, q^* is implicitly defined by the equation

$$p_v c^{1/2} (q^*)^{3/2} - I c^{1/2} (q^*)^{1/2} - R r^{1/2} = 0. \tag{7}$$

4 THE SUB-GAME PERFECT NASH EQUILIBRIUM ANALYSIS

Theorem 3.2 guarantees the existence of a unique Nash equilibrium q^* in the first stage of the game described in Section 2.2. Hence, by expression (2), $t(q^*)$ is the unique Nash equilibrium of the game's second stage. When the condition (6) holds, the strategies profile

$$(q^*, t(q^*))$$

is the unique Sub-game Perfect Nash equilibrium of the interaction between m and s . So, we can perform comparative statics to investigate the relationship between equilibrium strategies and exogenous variables.

4.1 Comparative Statics

Note that the supplier's equilibrium strategy $t(q)$ is a function that depends on q . In the following proposition, we show how delivery time t changes as q , c , and r change.

Proposition 4.1 *Let $t(q)$ be the equilibrium strategy of s at stage 2. We have that*

$$\frac{\partial t(q)}{\partial q} > 0, \frac{\partial t(q)}{\partial c} > 0 \quad \text{and} \quad \frac{t(q)}{r} < 0.$$

Proof. By expression (2), we know that $t(q) = \sqrt{cq/r}$.

First, we investigate the relationship between delivery time and input's quantity. The partial derivative of $t(q)$ with respect to q is

$$\frac{\partial t(q)}{\partial q} = \frac{\sqrt{c}}{2\sqrt{rq}}$$

Since c and r are positive constants, we get that $\partial t(q)/\partial q > 0$.

Now, we compute the partial derivative of $t(q)$ with respect to c to determine the impact of changes in production costs and delivery time. We have that

$$\frac{\partial t(q)}{\partial c} = \frac{\sqrt{q}}{2\sqrt{rc}}$$

where q and r are positive constants. Consequently, delivery time increases as production costs are higher.

Finally, the partial derivative of $t(q)$ with respect to r is

$$\frac{\partial t(q)}{\partial r} = -\frac{\sqrt{cq}}{\sqrt{r^3}}$$

As before, q, r and c are positive, i.e., there is a negative relationship between $t(q)$ and r .

The previous proposition shows a positive relationship between the delivery time and the manufacturer's requisition, which is intuitive since the supplier needs more time to satisfy larger demands from the manufacturer. Also, we observe a negative relationship between the delivery time and the storing cost which means that s makes fast deliveries to avoid storing costs. In opposition to the competitive equilibrium literature, we find that delivery time increases as production costs increase (Lederer and Li, 1997; Saha et al, 2018).

Concerning the manufacturer's equilibrium strategy, Condition 6 guarantees the uniqueness of q^* , the demand that m makes at equilibrium in the first stage; thus, we can investigate how the manufacturer's requisition changes as exogenous parameters p_v, I and R change. The following proposition indicates that such relationships depend on how large is the manufacturer's cost $p_v q^*$ with respect to $I/3$.

Proposition 4.2 *Consider that condition (6) holds, and let q^* be the manufacturer's equilibrium strategy at stage 1. If $3p_v q^* > I/3$, then*

$$\frac{\partial q^*}{\partial p_v} < 0, \quad \frac{\partial q^*}{\partial R} \quad \text{and} \quad \frac{\partial q^*}{\partial I} > 0.$$

Proof The relationship between q^* and p_v , the market price of the intermediate good. To determine the relationship between q^* and p_v , we implicitly compute the partial derivative of q^* with respect to p_v from the equation (7). So, we have that

$$\sqrt{c}(q^*)^{3/2} - \frac{I\sqrt{c}}{2\sqrt{q^*}} \frac{\partial q^*}{\partial p_v} + \frac{3}{2} p_v \sqrt{c} \sqrt{q^*} \frac{\partial q^*}{\partial p_v} = 0$$

From the previous expression, we get that

$$\frac{\partial q^*}{\partial p_v} = -\frac{2q^*}{3p_v q^* - I}.$$

So, the sign of $\partial q^*/\partial p_v$ depends on the denominator's sign; that is to say, the manufacturer's requisition decreases if and only if $3p_v q^* - I > 0$. This last expression is equivalent to

$$p_v q^* > \frac{I}{3}.$$

The relationship between q^ and R .* By equation (7), the implicit partial derivative of q^* with respect to R is given by

$$-\sqrt{r} - \frac{I\sqrt{c}}{2\sqrt{q^*}} \frac{\partial q^*}{\partial R} + \frac{3}{2} p_v \sqrt{c} \sqrt{q^*} \frac{\partial q^*}{\partial R} = 0.$$

Then, the relationship between q^* and R is determined by the following expression

$$\frac{\partial q^*}{\partial R} = \frac{2\sqrt{r}\sqrt{q^*}}{\sqrt{c}(3p_v q^* - I)}.$$

Note that $\partial q^*/\partial R$ is positive if and only

$$p_v q^* > \frac{I}{3}$$

The relationship between q^ and I .* Now, we investigate how the equilibrium strategy of m changes as the base revenue I changes. Hence, we implicitly compute the partial derivative of q^* with respect to I through equation (7). So, we have that

$$-\sqrt{c}\sqrt{q^*} - \frac{I\sqrt{c}}{2\sqrt{q^*}} \frac{\partial q^*}{\partial I} + \frac{3}{2} p_v \sqrt{c} \sqrt{q^*} \frac{\partial q^*}{\partial I} = 0.$$

The previous expression is a linear equation in terms $\partial q^*/\partial I$. By solving this equation, we find that

$$\frac{\partial q^*}{\partial I} = \frac{2q^*}{3p_v q^* - I}$$

Consequently, the relationship between q^* and I is positive if and only if

$$p_v q^* > \frac{I}{3}.$$

In other words, the previous proposition indicates that we get intuitive relationships between q^* and p_v , R and I when the cost of acquiring the intermediate input overpasses a third of the base revenue.

4.2 Numerical Examples

The previous section analyzes the existence of a unique Sub-game Perfect Nash equilibrium since the manufacturer's equilibrium strategies are solutions of a cubic equation (4). From this analysis, the manufacturer equilibrium strategy q^* is unique when exogenous variables I , c , p_v , R and r satisfy expression (6). Although such condition does not allow to get a closed form of q^* , given the cubic equation involves five exogenous variables, the uniqueness of q^* allows us to implicitly perform comparative statics between the equilibrium strategies and the exogenous variables. Even more, we observe that intuitive relationships are obtained when

$$p_v q^* > \frac{I}{3}.$$

In this section, we provide some numerical examples to show the behavior of q^* concerning the exogenous variables. Given t^* has a positive relationship with q^* , we focus on providing some numerical examples to show the behavior of q^* when variables p_v , R and I change.

When Proposition 4.2 holds, we know that q^* decreases as p_v increases. Below, we present an example to illustrate this behavior.

Example 4.1. Selling price. By condition (6), we need to provide values of p_v that satisfies the following inequality

$$\frac{4}{27} \frac{I^3 c}{r R^2} < p_v.$$

To analyze the relationship between q^* and p_v , we consider specific values for exogenous variables I , c , r and R .

Considering the values in Table 4, p_v should be greater than

Table 4. Example 1.

Variable	Value
I	1
c	1
r	1
R	1

Source: Developed by the authors.

$$\frac{4}{27} \frac{I^3 c}{r R^2} = 1.$$

So, we consider $p_{v1} = 3, p_{v2} = 9, p_{v3} = 18$ and $p_{v4} = 30$.

We can use the program *Wolfram Mathematica* to compute the solution of each equation $f(z) = 0$ induced by the values of p_v , I , c , R and r the we consider in the

previous paragraph. Remembering that $z = q^{1/2}$ if z^* is a solution of equation (4), then $q^* = (z^*)^2$ is the manufacturer's equilibrium strategy. Table 5 presents q^* for each equation induced by p_{vi} for all $i \in \{1, \dots, 4\}$. Also, Table 5 shows that $p_v q^* - I/3$ is positive, a necessary condition established in Proposition 4.2 to get an intuitive relationship. In other words, we observe that z^* , a solution of the equation $f(z) = 0$, decreases as the selling price increases, i.e., the manufacturer requests less input when p_v increases.

Table 5: Equilibrium strategies by considering the values in Table 4.

p_v	z^*	$q^* = (z^*)^2$	$p_v q^* - I/3$
3	0	0	1
	.851383	.724853	.84123
9	0	0	2
	.557233	.310509	.46125
18	0	0	2
	.429875	.184792	.99293
30	0	0	3
	.356236	.126904	.47379

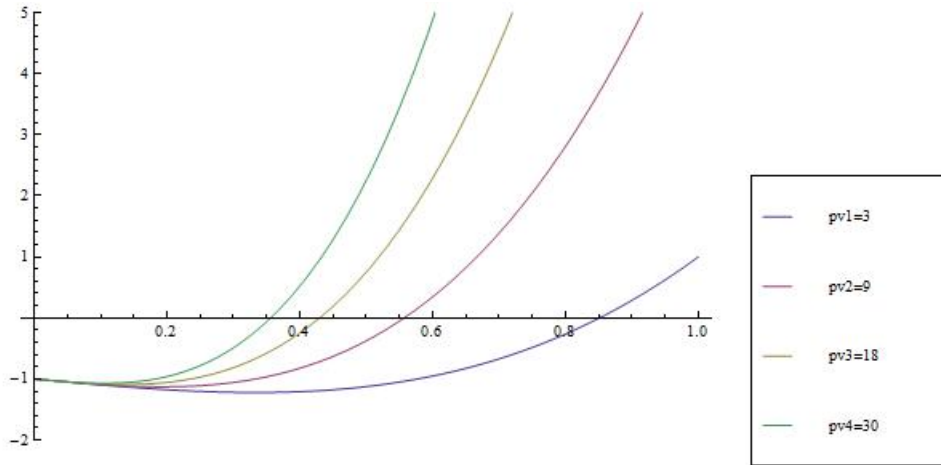
Source: Developed by the authors.

Also, in Figure 4 we illustrate how the solution q^* of equation (4) changes when p_v increases. So, we can observe the graph of each function

$$f^i(z) = p_{vi}z^3 - z - 1$$

for all $i \in \{1, \dots, 4\}$.

Figure 4. Changes in q^* as the input's price p_v changes.



Source: Developed by the authors.

It is important to remark that the manufacturer is not only aware of the input's price. The decision making of m also depends on the base revenue I he can earn, and the additional revenue R that he can lose by late production, which is a consequence of slow deliveries from the supplier.

The next example illustrates the implications of changes in revenues I and R on q^* by assuming specific values for the exogenous variables.

Example 4.2 Base Revenue. *The base revenue I is the fixed part of the manufacturer's budget $B(t)$. By condition (6), the uniqueness of q^* is guaranteed if I satisfies the following inequality*

$$I < \sqrt[3]{\frac{27 p_v R r}{4 c}}.$$

So, we analyze the impact of such a parameter on q^* considering the values in Table 6 for exogenous variables R , c , p_v and r . Consequently, the uniqueness condition (3.2) implies that

Table 6. Example 2.

P	
parameter	values
R	10
c	10
p_v	10
r	10

Source: Developed by the authors.

$$I < \sqrt[3]{\frac{27}{4}} 10^3 = 18.8988.$$

Hence, we consider $I_1 = 2$, $I_2 = 4$, $I_3 = 8$ and $I_4 = 16$.

We use the software *Wolfram Mathematica* to compute the solution of each equation $f(z) = 0$ induced by the values of p_v , I , c , R and r that we mention in the previous paragraph. Table 7 presents q^* for each equation induced by I_j for all $j \in \{1, \dots, 4\}$, and the difference between $p_v q^*$ and $I/3$. Therefore, we observe that each equation satisfies the assumption of Proposition 4.2, and consequently we find that q^* increases as the base revenue I increases.

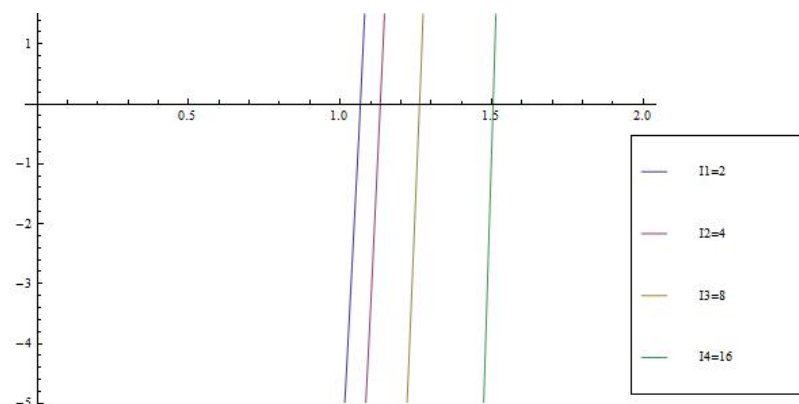
Table 7. Equilibrium strategies by considering the values in Table 6

I	z^*	$q^* = (z^*)^2$	$p_v q^* - I/3$
2		1	9
	.06657	.13758	.37581
4		1	8
	.13265	.28289	.82888
8		1	7
	.26192	.59244	.92443
16		2	6
	.50483	.26453	.64525

Source: Developed by the authors.

Figure 5. illustrates the function $f(z)$, as in expression (5), when we consider I_1, I_2, I_3 and I_4 . As in Table 7, we observe that z^* , the solution of $f(z) = 0$, increases as the base revenue increases. The intuition behind Example 4.2 is direct. Remember that the manufacturer has incentives to produce more when his budget/revenues increases. Following the same reasoning that in the relationship between q^* and I , we can expect that the manufacturer's requisition increases as the variable revenue increases.

Figure 5. The relationship between the solution of equation (4) and I .



Source: Developed by the authors.

Example 4.3 Variable revenue. To show the behavior of q^* for changes in R , we provide values to the exogenous variables I , c , p_v and r . Table 8 presents some values for these exogenous variables. Also, Proposition 3.2 establishes that R must be higher than

Table 8. Example 3.

Variable	Values
I	1
c	1
p_v	1
r	1

Source: Developed by the authors.

$$\sqrt{\frac{4 I^3 c}{27 p_v r}} \tag{8}$$

to guarantee the uniqueness of q^* . Given the values in Table 8, we have that

$$\sqrt{\frac{4 I^3 c}{27 p_v r}} = 0.3849.$$

Then, we consider $R_1 = 3, R_2 = 9, R_3 = 18$ and $R_4 = 30$.

As before, we use *Wolfram Mathematica* to compute the solution of $f(z) = 0$, for each R_i , that implies an equilibrium requisition $q^* = (z^*)^2$. Table 9 presents the equilibrium strategy q^* as the variable revenue changes, and the difference $p_v q^* - I/3$ as well. We observe that condition established in Proposition 4.2 is satisfied by the chosen values, which implies that q^* is unique and increases as R increases.

Table 9. Equilibrium strategies by considering the values in Table 8.

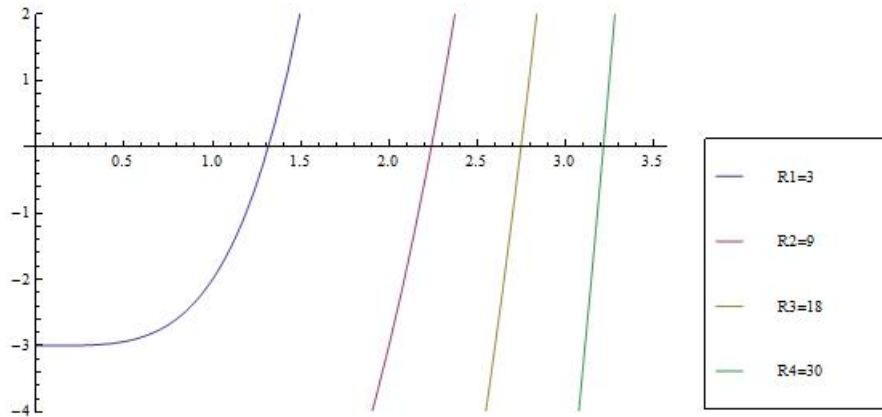
R	z^*	$q^* = (z^*)^2$	$p_v q^* - I/3$
3	.6717	.4512	.2
9	.24004	.05761	.4
18	.74784	.55966	.7
30	.21447	0.3328	.9

Source: Developed by the authors.

Also, in Figure 6 we illustrate the graph of $f^i(z)$, that it is induced by each R_i , for all $i \in \{1, \dots, 4\}$. As before, we observe that the manufacturer equilibrium requisition is unique since m best response function intersects the horizontal axis in only one point; such intersection moves to the right when the variable revenue

increases, which means that m requests a larger input's quantity when his budget increases.

Figure 6. The relationship between the solution of equation (4) and R .



Source: Developed by the authors.

5 CONCLUSIONS

We analyze the interaction between a manufacturer and an input's provider in a situation where trust prevails; i.e., the relationship between both agents is not contractual. In this interaction, we say that the supplier acts as a “last resort provider,” since he chooses the delivery time, while the manufacturer trusts on getting the input, as soon as possible, to satisfy requisitions from his customers that cannot be covered with typical providers. Given that the supplier is not unique, we assume that the manufacturer's revenue is composed by a base revenue and a variable revenue that diminishes as time passes by; in other words, the manufacturer loses customers' requisitions as the supplier delays. Although there is no general agreement of what trust relationships means, our modeling approach considers them as the absence of a contract, which allows us to analyze the setting of delivery times and input's requisition through a two-stage game where the manufacturer demands an input's quantity first, and the supplier sets the

delivery time later. Under this game-theoretical framework, we provide necessary and sufficient conditions to guarantee the existence and uniqueness of the Sub-game Perfect Nash equilibrium; these conditions rely on exogenous variables like marginal production cost, base revenue, additional revenue and input's price.

As it is usual in the delivery times literature, we consider a Cobb-Douglas production function. Together with the existence and uniqueness conditions, we provide a closed-form solution for the delivery time and manufacturer's solution at equilibrium, such closed form allows us to perform some comparative statics to determine their relationship with the exogenous variables. The comparative statics shows that relationships between endogenous and exogenous variables depend on how large is the cost of acquiring the intermediate input with respect a third of the base revenue, which indicates that the manufacturer is aware of losing the variable revenue. In other words, the manufacturer does not request the intermediate input by considering all his revenue, and he changes his behavior by comparing his costs with a third of his base revenue.

CAPÍTULO IV. ARTÍCULO DE REVISTA

Enviado a Revista IEMS (Correo de recibido, en estatus de Bajo -Revisión).
Miguel Josué Heredia Roldán, Damián Emilio Gibaja Romero, José Luis Martínez
Flores y Santiago Omar Caballero Morales.

TÍTULO

Analysis of trust via the interrelations between intermediaries in a decentralized supply chain

Análisis de la confianza a través de las interrelaciones entre los intermediarios en una cadena de suministro descentralizada

ABSTRAC

This paper analyses the role of relations between intermediaries in a decentralized supply chain, considering a three-level structure consisting of an independent supplier, a distributor and a producer. We study a model based on game theory that allows coordination analysis, which considers qualitative criteria in the definition of supply chain member's preferences. Our objective is to show the impact of trust in the consolidation, or not, of the three-echelon supply chain via the Nash equilibrium analysis, which allows summarizing satisfaction and loyalty across the supply chain.

The Nash equilibria set reflects that the achievement of satisfaction in the interrelations between them the primary strategy to be followed by companies that seek to promote coordination within the supply chain. At the same time, we observe that only one agent is enough to maintain the supply chain active, i.e., the free rider problem arises in our setting.

Keywords: Trust, Intermediaries, Subgame Nash Equilibrium, Supply chain.

RESUMEN

Este documento analiza el papel de las relaciones entre los intermediarios en una cadena de suministro descentralizada, considerando una estructura de tres niveles que consiste en un proveedor independiente, un distribuidor y un productor. Estudiamos un modelo basado en la teoría de juegos que permite el análisis de coordinación, que considera los criterios cualitativos en la definición de las preferencias de los miembros de la cadena de suministro. Nuestro objetivo es mostrar el impacto de la confianza en la consolidación, o no, de la cadena de suministro de tres niveles a través del análisis de equilibrio de Nash, que permite resumir la satisfacción y la lealtad en toda la cadena de suministro.

El conjunto de equilibrios de Nash refleja que el logro de la satisfacción en las interrelaciones entre ellos es la estrategia principal que deben seguir las empresas que buscan promover la coordinación dentro de la cadena de suministro. Al mismo tiempo, observamos que solo un agente es suficiente para mantener activa la cadena de suministro, es decir, surge el problema del cliente libre en nuestro entorno.

Palabras claves: Confianza, Intermediarios, Subjuego Equilibrio de Nash, Cadena de suministro.

1. INTRODUCTION

The globalization of many industries has strengthened the competition that companies live in their markets, making necessary the improvement of the supply chain's management (Toktas-Palut and Ülengin, 2011). Nowadays, production processes take place in different places which implies the involvement of different

agents, even from different countries, within the supply chain; this makes necessary to revisit the selection of partners. The literature recognizes the importance of intermediaries to satisfy the requirements from suppliers and producers costumers (Oh and Rhee, 2010). So, the benefit of a downstream company relies on the capacity of suppliers and intermediaries to satisfy requisitions. Hence, many companies invest in the development of better relationships with their partners in the supply chain to boost their overall performance and to increase the competitiveness level of the supply chain (Griffith, and Myers, 2004).

Reaching an efficient performance of the supply chain is not an easy task given the interaction of agents with specific objectives. That is to say, there are multiple decision-makers that control the behavior of a supply chain, some of them may have interests in opposition with the objectives of other agents (Giannoccaro and Pontrandolfo, 2004). For example, producers would prefer to manufacture in large batch sizes to reduce installation costs. This would increase the number of finished products in the inventory, which eventually will increase costs, contradicting the original motivation of such strategy (Bowersox, Closs, and Cooper, 2007).

It is important to remark that supply chain members interactions depend on the supply chain's structure. Given the importance of intermediaries, this focuses in the analysis of a decentralized supply chain, which is a structure where agents have to make multiple decisions to improve their interrelationships (Anupindi and Bassok, 2001). On the other hand, in a centralised supply chain, there is a single decision-maker that controls the activities within the supply chain. The first situation results in local improvement of the interrelations between the members or agents (supplier, distributor, producer), while the centralized system leads to a global development (Simchi-Levi et al., 2000). Our analysis models the decentralized interaction through a game theoretical approach where coordination in the activities between the supplier, the intermediary and the producer contributes to a better location of facilities to fulfil with on-time deliveries.

We analyse a supply chain with three agents: a supplier, an intermediary, and a producer. Considering a simple framework, we assume that producer and supplier may choose between to stay, or not, in the supply chain. So, our equilibrium analysis allows us to identify those scenarios of consolidation, or breaking-up, of the supply chain. Also, we show that the set of equilibria serve to determine the presence, or absence, of trust within the supply chain. Later, we discuss the implications of such factor.

The study of how to generate trust within a supply chain is not new since it is a mechanism to improve the coordination between suppliers, distributors, and producers. Nowadays, the globalization of production processes requires the generation of trust for the efficient development of supply chain members' activities. It is worth to mention that trust acts as a prerequisite to improving the performance of the three most essential processes in the management of the chain: a) flows of materials, b) financial flows and c) information flows. Hence, trust is a precedent to achieve cost reduction via the management. However, it is common that intermediaries do not adequately fulfil their activities generating distrust, which motivates the establishment of positive/negative incentives to induce the adoption of strategies or the fulfilment of specific objectives. We recall that trust generation is crucial since new challenges that supply chains face in the globalization of processes (Johnston, Mccutcheon, Stuart and Kerwood, 2004).

Our motivation comes from the manufacturing sector where inventory management and on-time fulfilment of customers' requisition may decrease companies' benefits. Dyer and Chu (2003) provide empirical evidence about the impact of intermediaries' actions on the benefits of their clients. Also, they observe that trust is the consequence of the frequency and long-term interactions. So, there is an opportunity area to generate confidence within supply chains. In this sense, game theoretical models provide useful insights into the designing of contracts that

establish punishments to those that deviate from a desirable behavior (Cortina, 2008; Toktas-Palut, 2011).

This paper focuses on analyzing a three-echelon supply chain through a game theoretical approach. We define the relationship between a supplier, an intermediary and a producer based on the fulfilment of each agent obligations to study the effect of trust in the consolidation or disaggregation of the supply chain, i.e., we construct the agents' preferences considering the negative impact of non-compliance over agents' benefits. Moreover, we present the Nash equilibrium analysis in a case where agents only can win, lose or remain indifferent. The equilibria set is not a singleton; non-surprisingly, the disaggregation of the supply chain is an equilibrium, but there are equilibria where the supply chain stands when a single member copes with his responsibilities.

The paper proceeds as follows. Section 2 presents a brief literature review on the importance of confidence within the supply chain, and how the relationship between supplier, intermediate and producer has been analyzed it. So, in section 3 we present a game theoretical that summarizes the possible scenarios that our supply chain faces. Section 4 presents the equilibrium analysis, and section 5 concludes the paper.

2. LITERARY REVIEW

Our paper is closely related to the literature that analyses the impact of intermediaries in the success of the supply chain activities. Vieira et al. (2012) investigate how the cultural differences between 338 processing plants, in Asia and occidental countries, impact their relationships with intermediaries and the influence of such impact on suppliers' activities. They use structural models to measure the presence or absence of trust. In general, processing plants differences are crucial for the development of a supply chain because their decisions contribute to modify the behavior of the previous links in the supply

chain. The empirical evidence shows that Asian companies tend to trust more on each other than western companies, Laeequddin, Sahay, Sahay, and Waheed (2012); Lee and Dawes (2005). In a similar work, MacDuffie (2011) observes that processing plants are the first to punish since intermediaries often forget to evaluate the quality of suppliers' product. It is usual that that quality, from provider's products, is taking for granted by the intermediary. However, such negligence generates negative incentives for the supplier activities. That is to say; suppliers have incentives to low the quality of their products since other members of the supply do not implement a complete assessment of their activities.

In recent years, the presence of conflicting objectives within a supply chain, from its participants, indicates that game theory is an appealing methodology to model the generation and impact of trust Li, Zhao, and Qu (2012). In this type of analysis, the structure of the supply chain plays a significant role. Charvet, Cooper, and Gardner (2008) observe that the number of links in the supply chain has a different impact on the development of the supply chain since each link has specific objectives with different consequences for the other members of the supply chain. So, the collaboration is necessary to reach a common purpose. However, a collaborative behavior requires different incentives Dyer and Chu (2000).

The most straightforward supply chain, a producer, and a supplier is defined as a centralized structure since the producer also acts as an intermediary to attend final customers. Our paper develops a decentralized supply chain with the presence of an intermediary, who is independent of the decisions that take the producer and the supplier. Also, a decentralized supply chain is often called a three-tier supply chain. Huang, Huang and Newman (2011) analyze the equilibrium interaction of such kind of supply chain following a dynamic approach. They show that inventory levels become a coordination problem since the capacity of some agents to set prices. The coordination analysis motivates non-cooperative Zhao, Meng, Wang and Cheng (2015) and cooperative approaches Huang and Li (2001).

3. MODEL

We consider a decentralized supply chain with the following players: a supplier, a distributor, and a producer. First, we consider a simultaneous game with incomplete information among these three agents. In this interaction, the supplier produces raw material that is used by the producer. The communication between these two agents relies on the distributor intervention. The central aim of our model is to analyse the consolidation or to break up, of the supply chain. Below, we describe the action that each can take in this supply chain.

Note that suppliers take care of raw material's quality, while the distributor is in charge of doing the delivery of the raw material. So, we consider that supplier may supply (D), or not (ND), the good. Also, it is important to recall that distributor's reputation depends on how the producer evaluates him. So, distributor's actions are the four possible combinations between Receive (R), Not Receive (NR), Give (G) and Not Give (NG), i.e., distributor's actions are (R, G), (R, NG), (NR, G) AND (NR, NG). Implicitly, the action (NR, G) assumes that distributor can satisfy producers' requisition using his inventory. Also, the action (R, NG) represents a situation where the distributor wants to increase his inventory levels by not fulfilling the producer's requisition. This behavior is not unusual since distributor may desire to increase the cost by generating scarcity. Finally, given the features of raw material and distribution service, the producer chooses to continue (S), or not (O), with her relationship with this intermediary. The payoff of each supply chain member depends on the other actions. Table 1 summarizes all the possible scenarios that result from the interaction between the producer, the distributor and the supplier.

Table 10. Payments matrix of the supplier, producer, and distributor.

P R O D U C E R	D I S T R I B U T O R												S U P P L I E R	
	Receive and Give (R, D)			Receive and Not Give (R, ND)			Do not Receive and Give (NR, D)			Do Not Receive and Do not Give (NR, ND)				
	X	A	M	H	I	J	C	LL	E	P	Q	U		Supplying (D)
Continue (S)	Y	B	N	K	L	Ñ	F	G	Z	T	W	V	Not supplying (ND)	
	X'	A'	M'	H'	I'	J'	C'	LL'	E'	P'	Q'	U'	Supplying (D)	
Choice of another(O)	Y'	B'	N'	K'	L'	Ñ'	F'	G'	Z'	T'	W'	V'	Not supplying (ND)	

Source: Own elaboration

Below, we discuss the relationship between the payoffs, concerning player's preferences.

Producer Payments

- $X > X'$. Note that, in this case, choosing another supply chain is unnecessary since the distributor and the supplier fulfil their obligations, (R, D) and D respectively.
- $Y > Y'$. The producer prefers to stay in the supply chain since the distributor fulfils with his requisitions.
- $X > Y$. Although the first link of the supply chain does not fulfil with their obligations, the supplier chooses ND, and the distributor satisfies the producer's requisition.
- $H > H'$. In this case, it is not necessary to choose another supply chain that can meet its obligations, D and even though the distributor is not complying with do not give (R, ND), respectively.
- $K > K'$. The producer prefers to remain in the supply chain and even though the distributor is not supplying the product.
- $H > K$. The second link in the supply chain does not fulfil its obligations, the distributor decides not to give ND, does not satisfy the request of the producer.

However, the producer decides to continue trusting because the supplier did comply with the demand to give D.

- **C > C'**. Keep in mind that, in this case, it is not necessary to choose another supply chain since the distributor fulfils half of his obligations by not receiving (NR, D) and giving, the supplier fulfils his obligations to give D. **F > F'**. The producer prefers to remain in the supply chain since the distributor only complies with giving (NR, D) and satisfying his requisitions.
- **C = F**. Although the first link in the supply chain complies with its obligations, the supplier chooses to give D, but the distributor is not receiving (NR) the goods. So, the D is indifferent between the actions that P chooses.
- **P > P'**. In this case, it is not necessary to choose another supply chain since the supplier fulfils his obligations, even though the distributor does not comply with his activities.
- **T = T'**. The producer prefers to remain in the supply chain and even though the distributor and supplier do not fulfil their obligations respectively.
- **P > T**. Note that the second link in the supply chain does not meet its obligations, the distributor decides not to receive and not give (NR, ND), and the supplier did comply with the demand to give D.

Distributor Payments

- **A > A'**. Because the distributor and the supplier fulfil obligations, (R, D) and D, respectively, in this case, it is not necessary to choose another supply chain.
- **B > B'**. The distributor is complying with the producer's requests, which is why he prefers to remain in the supply chain **A > B**. The distributor, satisfies the producer's request, although the first link in the supply chain does not fulfil its obligations, because one of the two suppliers chooses ND.
- **I > I'**. The distributor decides to receive and not give (R, ND) falling into a breach of obligations and the supplier fulfils the supplies giving D, in this particular case, the producer chooses to continue the supply chain due to the trust he still has.

L > L'. The distributor and supplier are not complying with the producer's requisitions, which is why the last opportunity for both are presented. Also, in this situation, he has no more supply options, so he remains in the supply chain.

I > L. The second link in the supply chain does not fulfil its obligations, the distributor decides not to give ND, not satisfying the request of the producer. However, the producer decides to continue trusting because the supplier did meet the demand to give D.

- **D > D'**. Keep in mind that, in this case, it is not necessary to choose another supply chain since the distributor complies with half of his obligations by not receiving and giving (NR, D), the supplier fulfils his obligations to give D.

G > G'. The distributor only complies with giving (NR, D) and satisfying the producer's requests to remain in the supply chain.

- **D > G**. Although the first link in the supply chain fulfils its obligations, the supplier chooses to give D, and the distributor is not receiving (NR), and only satisfies the request of the producer.

- **Q > Q'**. In this case, the distributor does not fulfil its obligations, and because the supplier fulfils his D obligations, it is not necessary to choose another supply chain.

- **W > W'**. The distributor and supplier do not fulfil their obligations respectively. Due to the complexity of replacing the two agents at the same time and the producer prefers to remain in the supply chain.

Q > W. Note that the second link in the supply chain is not met, the distributor decides not to receive and does not give (NR, ND), and the supplier did comply with the request to give D. reason why the producer remains with them in the supply chain.

Supplier Payments

- **M > M'**. In this case, it is not necessary to choose another supply chain that can fulfil its obligations D, and the distributor to receive and give (R, D), respectively

- **.N > N'**. Although the supplier is not supplying the product to the distributor, the supplier, if it gives and receives the product, the producer prefers to remain in the supply chain.
- **M > N**. Keep in mind that this is the ideal case of a trust scenario because all the intermediaries in the supply chain fulfil their obligations.
- **J > J'**. Even though the supplier fulfilled his obligations, D and the distributor does not do it because he only receives and does not give (R, ND), In this case, it is not necessary to choose another supply chain, due to the effort and commitment of the supplier.
- **O > O'**. The supplier is not supplying the product to the distributor, but he gives takes. Moreover, for that reason, the producer prefers to remain in the supply chain.
- **J > O**. The supplier did comply with the demand to give D to the distributor but decides not to give ND, not fulfilling his obligations with the producer. However, although the second link in the supply chain fails to satisfy its obligations, the producer decides to remain within this supply chain.

4. RESULT

Example for Nash Equilibrium Analysis.

To illustrate the game that we described in the previous section, we present a payoff matrix considering the values of -1, 1, and 0. If the agent wins, loses or remain indifferent in the scenario described by the corresponding strategies profile.

Table 11. Example of intermediary payments matrix.

P R O D U C E R	D I S T R I B U T O R												S U P P L I E R
	Receive and Give (R, D)			Receive and Not Give. (R, ND)			Do not Receive and Give (NR, D)			Do Not Receive and Do not Give (NR, ND)			
Continue (S)	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	0	-1	Supplying (D)
	-1	-1	0	0	-1	0	0	1	0	-1	0	0	Not supplying (ND)
Choice of another(O)	0	0	1	-1	0	1	-1	1	-1	0	0	-1	Supplying (D)
	-1	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	Not supplying (ND)

Source: Own elaboration.

5. DISCUSSION

Nash Equilibrium

To know the equilibria of the payment matrix of the supplier, distributor, and producer, we calculate the best response of each player. We find five Nash equilibria in the previous game that we discuss below.

1. - (S, (R-D), D)

The producer follows (S) or continues in the supply chain because the distributor receives (R) the product and gives it (D) and the supplier starts giving (D) the raw material. This first equilibrium could be understood as the full trust between the three players as they all give and receive and continue with the same structure. This balance is considered natural because all intermediaries fulfil their activities effectively and reciprocally.

2. - (O, (R-D), D)

The producer does not follow (O) or does not continue in the supply chain, although the distributor receives (R) the product and gives it (D) and the supplier

starts giving (D) the raw material. In this second equilibrium, it is observed that the producer changes or do not continue in the structure of said chain, although he is receiving the product, however, if confidence is generated between the supplier and distributor considering continuing with the same structure between said players. We do not omit that the result is surprising because the first two intermediaries comply without any problems that the producer requests and he decides to change the structure of the chain together with them. However, it is a reflection of what happens in real life.

3. - (S, (R-ND), D)

The producer follows (S) or continues in the supply chain because the distributor receives (R) the product, but does not give it (ND) and the supplier starts giving (D) the product. In this third equilibrium, we observe a proper interrelation of coordination between the supplier and the producer because the first decides to give the goods and the last continues with supply chain structure even though the distributor, receiving the product, does not deliver it generating an area of opportunity to improve. In the same way, this balance surprises the result or decision of the producer who decides to continue the relationship with the distributor, due to the failure of the same, but this reflects that in reality, many processes need particular or specific distributors. Therefore, they take the attitude of imposing priorities and not coping, and for them arise for both intermediaries areas of opportunity.

4. - (S, (NR-D), ND)

The producer follows (S) or continues in the supply chain because the distributor does not receive (NR) the product, but if he manages to give (D) the product and the supplier starts not giving (ND) the raw material. In this fourth equilibrium, it is observed that confidence is generated between two players: distributor and producer, even though the supplier starts poorly or with a breach, as happens in a particular case of industrial life. Alternatively, the fantastic reflection of the total commitment that the distributor has a policy not to fall into default and to wear

down the relationship with his final client. In this case, the producer because the relationship he has with the supplier is a complete loss.

5. - (O, (NR-ND), ND)

The producer does not follow (O) or does not continue in the supply chain, as the distributor does not receive (NR) the product and consequently does not give (ND), and the supplier starts not giving (ND) the product. In this last equilibrium reflects that the behavior of intermediaries are natural because it is observed that there is no penalty or punishment for any player because there are breach relations between them.

6. CONCLUSIONS

Our game theoretical analysis contributes to establish a framework to analyze how the actions chosen by each of the members within the supply chain impact on the overall behavior of the supply chain. In this way, we observe factors that exert a positive and motivating effect on trust and loyalty, as well as incentives to free ride. In other words, while most studies focus on the motivating aspects, our analysis identifies that members within the supply pursue the maximum benefit taking advantage of the trust that others set on them.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

En la primera etapa de la investigación se analizó una cadena de suministros de dos niveles, un mayorista (m) y un minorista (r), quienes están involucrados en la producción y distribución de un solo tipo de producto terminado. Se examinaron dos formas de interacciones en lo que respecta al Equilibrio de Nash de los agentes interactuando en dos etapas, el Juego se resolvió en inducción hacia atrás y con un escenario de Confianza y con un ejemplo numérico para mayor comprensión.

Finalmente, asumimos que r y m , interactúan en la primera etapa, el minorista determina el precio (p) de venta al público no mayorista. En este primer escenario, existe confianza entre ambos jugadores, es decir, el minorista fija los precios de venta pensando que el mayorista puede cumplir con los pedidos, por lo que su beneficio depende del precio de mayoreo. Es importante notar que existe una relación positiva entre el mayorista, y la cantidad máxima a comprar en el mercado de mayoreo, y los precios de venta del minorista (p^*) y mayorista (w^*). Este resultado es interesante pues indica que el tamaño del mercado mayorista impacta de manera directa en el mercado que atiende el minorista.

También se observa que mientras mayor sea la sensibilidad, los precios deben disminuir pues la cantidad demandada disminuye.

En la segunda etapa de la investigación analizamos la interacción entre un fabricante y un proveedor de insumos en una situación donde prevalece la confianza; es decir, la relación entre ambos agentes no es contractual. En esta interacción, decimos que el proveedor actúa como un "proveedor de último recurso", ya que elige el tiempo de entrega, mientras que el fabricante confía en obtener los insumos, lo antes posible, para satisfacer las solicitudes de sus clientes que no pueden ser cubiertas con proveedores típicos.

Dado que el proveedor no es único, asumimos que los ingresos del fabricante están compuestos por un ingreso base y un ingreso variable que disminuye a

medida que pasa el tiempo; en otras palabras, el fabricante pierde las solicitudes de los clientes a medida que el proveedor se retrasa. Si bien no existe un acuerdo general sobre el significado de las relaciones de confianza, nuestro enfoque de modelado las considera como la ausencia de un contrato, lo que nos permite analizar la configuración de los tiempos de entrega y la solicitud de insumos a través de un juego de dos etapas en el que el fabricante exige una cantidad de insumos. Primero, y el proveedor establece el tiempo de entrega más tarde.

Bajo este marco teórico del juego, proporcionamos las condiciones necesarias y suficientes para garantizar la existencia y singularidad del equilibrio de Nash perfecto en el Subjuego; estas condiciones se basan en variables exógenas como el costo de producción marginal, los ingresos base, los ingresos adicionales y el precio de los insumos.

Como es habitual en la literatura sobre tiempos de entrega, consideramos una función de producción de Cobb-Douglas. Junto con las condiciones de existencia y exclusividad, proporcionamos una solución de forma cerrada para el tiempo de entrega y la solución del fabricante en equilibrio, tal forma cerrada nos permite realizar algunas estadísticas comparativas para determinar su relación con las variables exógenas. La estadística comparativa muestra que las relaciones entre las variables endógenas y exógenas dependen de qué tan grande sea el costo de adquirir el insumo intermedio con respecto a un tercio de los ingresos base, lo que indica que el fabricante es consciente de perder el ingreso variable.

TRABAJO FUTURO

En futuros trabajos relacionados con el tema se sugiere abordar las líneas de investigación que a continuación se señalan:

1. Se deberá desarrollar un modelo dinámico para un escenario sin confianza considerando una cadena de suministro descentralizada.
2. Trasladar, establecer y evaluar el modelo en otros sectores productivos y regiones, para conocer su pertinencia.
3. Adicionar nuevas variables involucradas (exógenas) para su evaluación y determinar las acciones que mejoren las relaciones de confianza a lo largo de la cadena de suministro.

REFERENCIAS

- Anania, G., and Nistico, R. "Public regulation as a substitute for trust in quality food markets. What if trust substitute cannot be fully trusted? Conference Proceedings, 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE), Durban, South Africa, August, pp., 1622. (2006).
- Angulo, A., Nachtmann, H., and Waller, M. A. "Supply chain information sharing in a vendor managed inventory partnership. Journal of Business Logistics", Journal of Business Logistics, 25 (1), 101-120. (2004).
- Anupindi, R., Y. Bassok and E. Zemel. A general framework for the study of decentralized distribution systems. Manufacturing and Service Operations Management, Vol.3, 349-368. (2001)
- Balza-Franco, V., Paternina-Arboleda, C.D., Cantillo, V., Macea, L.F., & Ramirez, D.G., "A collaborative supply chain model for non-for-profit networks based on cooperative game theory", International Journal of Logistics Systems and Management, 26(4), 475-496. (2017)
- Brinkhoff, Ozer, and Sargut: All You Need Is Trust? An Examination of Inter-organizational Supply Chain Projects, Production and Operations Management, Vol. 24(2), pp. 181–200, (2015)

- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. Supply chain logistics management. New York: Mcgraw-Hill (ed), (Boston, Ma) Chapter II, III, 21-73. (2007)
- Cachon G.P., and Netessine S. "Game Theory in Supply Chain Analysis. Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis." International Series in Operations Research & Management Science, Vol 74. Springer, Boston. (2001).
- Cachon, G. and Netessine, S. "Game Theory in Supply Chain Analysis. In Supply Chain Analysis in the e-business Era." Eds. D. Simchi-Levi, S.D. Wu, and Z.-J. Shen, Kluwer Academic Press. (2003).
- Cachon, G., and Netessine, S., Game Theory in Supply Chain Analysis. In D. Simchi-Levi, S. D. Wu, & M. Shen (Eds.), Handbook of supply chain analysis in the E-business Era. USA: Kluwer Academic Publishers, (2004)
- Cannon, J. P., Doney, P. M., Mullen, M. R., and Petersen, K. J., Building long-term orientation in buyer-supplier relationships: the moderating role of culture. Journal of Operations Management, Vol. 28 (6), pp. 506–521, (2010)
- Capaldo, A., and Giannoccaro, I., Interdependence and network-level trust in supply chain networks: A computational study. Industrial Marketing Management, Vol. 44, pp. 180-195, (2015)
- Cerda E., Pérez, J., and Jimeno, J.L. Book title "Teoría de Juegos" Chapter I, II. Pearson Educación, Madrid, (2004)
- Charvet, F. F., Cooper, M. C., and Gardner, J. T., The intellectual structure of supply chain management: a bibliometric approach. Journal of Business Logistics, Vol. 29(1), pp. 47–73, (2008)
- Cortina, A. Lo justo como núcleo de las ciencias morales y políticas. Una versión cordial de la ética del discurso», Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, Madrid, Chapter IX, 119-138. (2008)
- Daudi, M., Hauge, J. B., & Thoben, K. D. Behavioral factors influencing partner trust in logistics collaboration: a review. Logistics Research, 9(1), 19 (2016).
- De Almeida, M.M.K., Marins, F.A.S., Salgado, A.M.P. et al., Mitigation of the bullwhip effect considering trust and collaboration in supply chain

- management: a literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 77, Issue 1-4, pp. 495-513, (2015)
- Deb, J., Li, J., and Mukherjee, A., Relational contracts with subjective peer evaluations, *The Rand Journal Economics*, Wiley, Vol. 47, Issue (1), pp. 3–28, (2016)
- Dyer, J. H., and Chu, W., The determinants of trust in supplier-automaker relationships in the U.S., Japan, & Korea. *Journal of International Business Studies*, Vol. 31(2), pp. 259–285, (2000)
- Dyer, J. H., and Chu, W. The role of trustworthiness in reducing transaction costs and improving performance, empirical evidence from United States, Japan, & Korea. *Organization Science*, Vol. 14(1), 57-68. (2003)
- Dyer, J. H., and Chu, W., The determinants of trust in supplier-automaker relations in the US, Japan & Korea: a retrospective. *Journal of International Business Studies*, Vol. 42(1), pp. 1–7, (2011)
- Esmaeili, M., Aryanezhad, M.B., and Zeepongsekul, P. “A game theory approach in seller-buyer supply chain,” *European Journal of Operational Research*, 195. (2008)
- Fairchild, R. and Alexander, A. “A game theory analysis of trust and social capital in sustainable supply chain management.” Presented at the British Academy of Management, conference, Belfast, UK, pp. 9-11. (2014).
- Fratocchi, L., et al., Motivations of manufacturing reshoring: an interpretative framework, *International Journal Physical Distribution Logistic Management*, Vol. 46(2), pp. 98-127, (2016)
- Fritz, M. “Trust research in agricultural and food economics, System dynamics y food networks research: The Case of Trust.” *Proceedings of International Discussion Forum in conjunction with the 26th Conference of the International Association of Agricultural Economists*, Queensly, Australia. (2006).

- Frohlich, M. and Westbrook, R., Arcs of integration: An international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, Vol. 19(1), pp. 185–200, (2001)
- Fu, X., Dong, M., Liu, S., and Han, G., Trust-based decisions in supply chains with an agent. *Decision Support Systems*, Vol. 82, pp. 35-46, (2016)
- Gambetta D. "Can we trust? Trust: Making and breaking cooperative relations." New York, pp. 213-238. (2010)
- Giannoccaro, L., and Pontrandolfo, P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *Int. J. Prod. Econ.*Vol. 89, 131–139. (2004)
- Griffith, D. A., & Myers, M. B. The performance implications of strategic fit of relational norm governance strategies in global supply chain relationships. *Journal of International Business Studies*, Vol. 36(3), 254-269. (2004)
- Handfield, R.B. and Bechtel C., The role of trust and relationship structure in improving supply chain responsiveness, *Industrial Marketing Management*, Vol. 31 (4), pp. 367-382, (2002)
- Hekimoğlu, M.H., Park, J., and Kazaz, B., Omni-channel as a buffer against supply chain disruptions, *Manufacturing & Service Operations Management*. (2016)
- Hobbs, J. and Cooney, M. "Value Chains in the Agri-Food Sector." Canada. Vol.15 (2), pp. 156 (2000)
- Hobbs, J. "Information asymmetry and the role of traceability systems." *Agribusiness*, Vol.20 (4), pp. 397. (2004).
- Hossain, Md., S., J., Ohaiba, M., and Sarker, B. R., An optimal vendor-buyer cooperative policy under generalized lead-time distribution with penalty cost for delivery lateness, *International Journal of Production Economics*, Vol. 188, pp. 50–62, (2017)
- Hou, Y., Wang, X., Wu, Y. J., and He, P., How does the trust affect the topology of supply chain network and its resilience? An agent-based approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 116, pp. 229-241, (2018)

- Huang, Y., Huang, G.Q., Newman, S.T. Coordinating pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain: a game-theoretic approach. *Transp. Res. E – Logistic*. Vol. 47, 115–129. (2011)
- Huang ZM, Li SX. Co-op advertising models in a manufacturing–retailing supply chain: a game theory approach. *European Journal of Operational Research*, Vol.135, 81–98. (2001)
- Johnston, D. A., Mccutcheon, D. D., Stuart, I. F., and Kerwood, H., Effects of supplier trust on the performance of cooperative supplier relationships. *Journal of Operation Management*, Vol.22 (1), 23-38. (2004)
- Kasper-Fuehrer, E.C., and Ashkanasy, N.M. “Communicating trustworthiness and building trust in inter-organizational virtual organizations,” *Journal of Management*, Vol.27, pp. 235-254. (2001).
- Laequddin, M., Sahay, B. S., Sahay, V., and Waheed, K. A., Trust building in supply chain partner’s relationship: an integrated conceptual model. *Journal of Management Development*, Vol. 31(6), pp. 550–564, (2012)
- Lambert, D.M., Cooper, M.C., and Pagh, J.D. “Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities,” *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9 Issue: 2, pp.1-20. (1998).
- Lambert, D.M., Stock, J.R. and Ellram, L.M., *Fundamentals of logistics management*. pp. 9–328, Irwin/McGraw-Hill, London, (1998)
- Lederer, P., and Li, L., Pricing, production, scheduling, and delivery-time competition. *Operations Research* 45(3), pp. 407-420, (1997)
- Lee, D. Y., & Dawes, P. L. Guanxi, trust and long-term orientation in Chinese business markets. *Journal of International Marketing*, Vol.13 (2), 28-56. (2005)
- Li, W., Zhao, P., & Qu, H. The empirical research of the effect about communication, trust and commitment on supply chain cooperation. *Advanced Materials Research*, Vol.468-471, 2963-2969. (2012)

- Lu, Q., Meng, F., and Goh, M., Choice of supply chain governance: Self-managing or outsourcing? *Int. J. Production Economics*, Vol. 154, pp. 32–38, (2014)
- MacDuffie, J. P., Inter-organizational trust and the dynamics of distrust. *Journal of International Business Studies*, Vol. 42(1), pp. 35–47, (2011)
- Martino, G. and Fritz, M., Expectations, Experiences, Trust in the Case of Short Circuit Food Supply Networks. *Proceedings in Food System Dynamics*, pp. 661–677, (2010)
- Mayer, R.C., Davis, J.H., and Schoorman, F.D. “An integrative model of organizational trust.” *The Academy of Management Review*, Vol.20 (3), pp. 709-734. (1995).
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., and Zacharia, Z. G., Defining Supply Chain Management. *Journal of Business of Logistics*, Vol. 22 (2), pp. 1–25, (2001)
- Meyerson, D., Weick, K.E., and Kramer, R.M. “Swift trust and temporary groups.” In R.M. Kramer & T. R. Tyler, *Trust in organizations: Frontiers of theory and research*, Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, Inc., pp. 166-195. (1996).
- Miles, R.E. and Snow, C.C. “Causes of failure in network organizations.” *California Management Review*, summer: pp. 93-72. (1992).
- Narayanan, S., Narasimhan, R., and Schoenherr, T., Assessing the contingent effects of collaboration on agility performance in buyer-supplier relationship. *Journal of Operations Management*, Elsevier, Vol. 33, pp. 140-154, (2015)
- Oh, J., & Rhee, S. Influences of supplier capabilities and collaboration in new car development on the competitive advantage of carmakers. *Management Decision*, Vol. 48(5), 756-774. (2010)
- Pacheco, M.M., and Newell, K.M., Transfer of a learned coordination function: specific, individual and generalizable. *Human Movement Science*, Vol. 59, pp. 66-80, (2018)

- Ralston, P.M., et al., A Structure-Conduct-Performance Perspective of how Strategic Supply Chain Integration Affects Firm Performance, *Journal Supply Chain Management*, Vol. 51 (2), pp. 47–64, (2015)
- Raweevan, M., and Ferrell Jr, W. G. Information sharing in supply chain collaboration. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 126, pp. 269-281, (2018)
- Reuter, C., Goebel, P., and Foerstl, K., The impact of stakeholder orientation on sustainability and cost prevalence in supplier selection decisions, *Journal of Purchasing and Supply Management*, Volume 18(4), pp. 270–281, (2012)
- Rousseau, D.M., Sitkin, S., Burt, R., and Camerer, C. “Not so different after all: A cross-discipline view of trust.” *Academy of Management Review*, Vol.23 (3), pp. 393-404. (1998).
- Saha, S., Modak, N. M., Panda, S., and Sana, S. S., Managing a retailer’s dual-channel supply chain under price and delivery time sensitive demand, *Journal of Modelling in Management*, forthcoming, (2018)
- Schipmann, C., and Qaim, M., Supply chain differentiation, contract agriculture, and farmers’ marketing preferences: The case of sweet pepper in Thailand, *Food Policy*, Elsevier, Vol. 36(5), pp. 667–677, (2011)
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill (ed), (Singapore). Chapter 2, 21-39. (2000)
- Smets, F. and Detken, C., Asset price booms and monetary policy, *European central bank, Working paper series*, Vol. 364, pp. 4–60, (2004)
- Tambe, P. and Hitt, L. “The Productivity of New Information Technology Investments: New Evidence from IT Labor Data.” *Information Systems Research*, forthcoming, Vol.23, pp. 599-617. (2012)
- Tejpal, G., Garg, R. K., and Sachdeva, A., Trust among supply chain partners: a review. *Measuring Business Excellence*, Vol. 17(1), pp. 51-71, (2013)

- Toktas-Palut, P., and Ülengin, F. Coordination in a two-stage capacitated supply chain with multiple suppliers, *European Journal of Operational Research*, Vol.212, issue 1, 43-53. (2011)
- Vachon, S., Halley, A., and Beaulieu, M., Aligning competitive priorities in the supply chain: the role of interactions with suppliers, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29(4), pp. 322–340, (2009)
- Van der Vorst, J.G.A.J., Da Silva, C.A., and Trienekens, J.H. “Agro-industrial supply chain management: concepts and applications.” Occasional Paper 17, FAO press, pp. 71. (2007).
- Vieira, L. M., Paiva, E. L., Finger, A. B., and Teixeira R., Trust, and Supplier-buyer Relationships: an Empirical Analysis, *BAR-Brazilian Administration Review*, Vol. 10 (3), pp. 263-280, (2012)
- Von Neumann and Morgenstern, Book title: *The Theory of Games and Economic Behavior*, Chapter I, II. Princeton University Press, United States of America. (1944).
- Xiao, T. and Qi, X., A two-stage supply chain with demand sensitive to price, delivery time, and reliability of delivery, *Annals Operation Research*, Vol. 241(1-2), pp. 475-496, (2016)
- Yeung, A. C. L., Strategic supply management, quality initiatives, and organizational performance. *Journal of Operations Management*, Vol. 26(4), pp. 490–502, (2008)
- Yu, Y., Huang, G., and Liang, L., Stackelberg game-theoretic model for optimizing advertising, pricing and inventory policies in vendor managed inventory (VMI) production supply chains, *Journal Computers & Industrial Engineering*, Elsevier, Vol. 57(1), pp. 368-382, (2009)
- Zhao, Y., Meng, X., Wang, S., and Cheng, T.C.E. Contract Analysis and Design for Supply Chains with Stochastic Demand, *International Series in Operations Research & Management Science*, Springer, Vol. 234 (18),115-129, (2015)

ANEXOS

Evidencia de Participación Congresos Internacionales y Becas Obtenidas.

Obtención de Beca en Argentina en la Escuela de Verano ELAVIO 2017.

celfi		ELAVIO 2017:		Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Presidencia de la Nación	
Escuela Latinoamericana de Verano en Investigación Operativa					
Postulaciones seleccionadas para beca					
		Identidad			
López	Leonardo	Brasilera	Paísaporte	FGOT13988	
Salsano de					
Asís					
Hernández	Norberto	Mexicana	Paísaporte	G14529474	
Legido	Victor	Uruguay	Cedula	26431417	
Viana	Alvarado				
Galavotti					
Rosati	Carne	Argentina	DNI	33799302	
	Aspirante				
Maturana	Javier	Chilena	Cedula	182362858	
Rios	Andres	Colombiana	Paísaporte	AQ476938	
Hesico	Diego				
Arango	Diego	Cubana	Paísaporte	E128778	
Garza de					
Artias	Mateus	Brasilera	Cedula	473302198	
Martin	Pereira				
Hernández	Diego de	Mexicana	Paísaporte	G20500000	
Rodriguez	José				
Durán Mico	Javier	Chilena	Cedula	176180450	
	Volente				
	Diego	Argentina	DNI	35098249	
Rosati	Carne				
	Aspirante				
Zapata	Pablo	Colombiana	Cedula	103760202	
Pérez	Andrea				
Styrgoni	Nancy	Paraguaya	Paísaporte	6271934	
Custualiga					
Hernán	Miguel Josue	Mexicana	Paísaporte	01000004588	
Roldan					
Cavalli	Antonela	Argentina	DNI	33870588	
Christo	Oberan	Brasilera	Paísaporte	FJ519851	
Romão					
Samica	Jorge	Ecuatoriana	Paísaporte	1310477238	
Ayala	Antonio				
Sarmiento	Orlando	Paraguaya	Paísaporte	5807258	
Chumbes					
Jiménez	Marvin Luis	Colombiana	Cedula	1067561438	
Narvaez					
Latorre Vica	Omar	Paraguaya	Paísaporte	5549196	
	Josanna				
Frau	Anita	Argentina	DNI	35269330	
	Rufaea				
Vasco de		Brasilera	Cedula	486089415	
Olivares					
Rijo	Samantha	Chilena	Cedula	180215417	
Cabrero	Carina				
Adriar	Victoria	Argentina	DNI	35860452	
	Carina				
Bordon	Maximiliano	Argentina	DNI	33261338	
	Ramon				
Pedraza	Sandra	Paraguaya	Paísaporte	6087778	
Guevara					
Año	Conita Eva	Argentina	DNI	35553371	



Por la presente certifico que

Miguel Josue Heredia Roldan

participó en la “XXI Escuela Latinoamericana de Verano en Investigación Operativa”, con una duración de 48 horas, en la que resultó ganador junto a otros seis participantes del concurso de cierre de la Escuela, que se llevó a cabo en las ciudades de Buenos Aires y Miramar, Argentina, del 24 de febrero al 4 de marzo de 2017.

Dr. Guillermo Durán
DIRECTOR
Instituto de Gestión
FCEN - UBA

Chair ELAVIO 2017

Congreso Internacional en Túnez, África AFROS 2018.



Tunisian Decision Aid Society

**The 2018 International Conference of the African Federation of Operational
Research Societies (AFROS 2018)**
2nd – 4th July, 2018, Tunis, Tunisia

ACCEPTANCE LETTER

Dear Miguel Josué Heredia Roldán,

We are pleased to inform you that your manuscript entitled "Trust, punishment and Equilibrium prices in the Supply Chain" has been accepted for presentation at the 2018 International Conference of the African Federation of Operational Research Societies (AFROS 2018) that will take place in Tunis, on July 2nd - 4th, 2018.

Kindly be informed that author/presenter should register for the conference before 20 May 2018 (Online Payment: <http://www.tdasociety.org/DASAREG/>). Papers which are not registered will not be considered for publication in the conference proceedings/special issues.

We invite you to submit the final version of your paper electronically for publication in the conference special issues in international journals.

Please don't hesitate to contact me for any further information.

We look forward to welcoming you to the AFROS 2018 in Tunis soon.

Yours sincerely,

Hatem Masri

Hatem Masri

AFROS 2018 Program Chair

<http://afros.tdasociety.org/>

Sponsored by



The Tunisian Decision Aid Society, Tunis Business School, University of Tunis
PO Box n°65, Bir El Kassar 2059, TUNISIA
Tel.: (216) 71.470.570 / 71.476.600 (Extension: 101), Fax: (216) 71.477.555
Email: Salah.Renabdaljeh@tbs.rnu.tn

Participación como ponente en el Primer EMIC 2018 en Santiago de Chile, Chile



Santiago, 13 de septiembre de 2018

Señor
Miguel Jesús Heredia Roldán
Tecnológico Nacional de México TNM: Instituto de Gustavo A.
Madero, UPAEP.
Presente

Estimado Miguel Heredia,

Junto con saludarle, le escribo para confirmar la invitación a participar en el primer Encuentro Latinoamericano de Estudiantes de Doctorado en Modelamiento, Ingeniería y Ciencias, EMIC 2018, a desarrollarse los días 3, 4 y 5 de octubre de 2018 en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. eventos.cmm.uchile.cl/emic2018/ en el marco del Proyecto Consolidación de la Internacionalización e Investigación Interdisciplinaria en el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mención Modelación Matemática y el Doctorado en Sistemas de Ingeniería, UCH-1566, su trabajo presentado fue aceptado para dictar una charla con el título:

"Confianza, castigo y precios de equilibrio en la cadena de suministro"

Agradezco desde ya su interés y compromiso por colaborar con nuestra institución en este proyecto, esperando que este **W o r k s h o p** sea una excelente oportunidad para continuar fortaleciendo y estrechando los lazos científicos y académicos entre nuestras instituciones.

Cordialmente,


Iván Rapaport Z.
Coordinador Programa Doctorado
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile



Evidencia de
Publicación del



Artículo 1

Revista de la Ingeniería Industrial

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente, y con agrado, se hace constar que el artículo intitulado **"La Confianza entre dos miembros y equilibrio de precios en la cadena de suministro desde la teoría de juegos"**,

Con los siguientes autores:

Nombre del autor	Procedencia
M.I.I. Miguel Josué Heredia Roldán	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) y Tecnológico Nacional de México; Campus Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero; México
Dr. Damián Emilio Gibaja Romero	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP); México
Dr. José Luis Martínez Flores	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP); México
M.I.I. Constantino	Tecnológico Nacional de México; Campus Instituto

La confianza entre dos miembros y equilibrio de precios en la cadena de suministro desde la teoría de juegos

M.I.I. Miguel Josué Heredia Roldán¹, Dr. Damián Emilio Gibaja Romero²,
 Dr. José Luis Martínez Flores³, M.I.I. Constantino Gerardo Moras Sánchez⁴
 y Dr. Omar Caballero Morales⁵

Resumen: Se analiza un juego entre minorista y mayorista, en el que el minorista confía en que el mayorista entregue el pedido a tiempo. Mediante un juego de dos etapas se analizan el juego de confianza entre ambos, y como afectan los precios de equilibrio en cada uno de los mercados donde se desenvuelven. De manera particular, se observa que existe confianza entre ambos jugadores, es decir, el minorista fija los precios de venta pensando que el mayorista puede cumplir con los pedidos, por lo que su beneficio depende del precio de mayorista.

Palabras clave: Confianza, minorista mayorista, equilibrio de Nash, cadena de suministro.

Trust between two members and price balance in the supply chain from a game theory perspective

Abstract: A game between retailer and wholesaler is analyzed in which the retailer trusts that the wholesaler delivers the order on time. Through a two-stage game, the game of trust between both is analyzed, and how they affect the equilibrium prices in each of the markets where they operate. In particular, it is observed that there is trust between both players, that is, the retailer fixes the sale prices thinking that the wholesaler can fulfill the orders so that their profit depends on the wholesale price.

Keywords: Trust, retailer-wholesaler, Nash equilibrium, supply chain

Introducción

Hoy en día, la gestión de las cadenas de suministro representa una actividad estratégica para las empresas dada la complejidad de la economía global. La correcta integración de la cadena de suministro tiene un impacto positivo en los beneficios de las empresas, ya que permiten la colaboración con proveedores de materias primas y agentes de distribución (Lambert, Cooper, and Pagh, 1998; Fröhlich, and Westbrook, 2001). Además, la incertidumbre de los mercados incentiva a las empresas a participar en la cadena de suministro para reducirla. Este último punto hace necesario que los miembros de la cadena de suministro confíen en ellos para alcanzar el mejor resultado para todos (Anania, and Nistico, 2006).

En general, la confianza es un factor que influye en cualquier entorno socioeconómico y contribuye al desarrollo de cualquier actividad empresarial. Esto significa que no existe una única definición del concepto de confianza dada su característica interdisciplinaria. La confianza promueve la adaptación a los cambios que ocurren en las organizaciones, fomenta la creación de redes relacionales (Miles, and Snow, 1992), reduce los conflictos (Rousseau, Sitkin, Burt and Camerer, 1998) y reduce los costos de transacción al facilitar la formación de grupos de trabajo (Meyerson, Weick and Kramer, 1996). En otras palabras, la confianza facilita la colaboración entre agentes con objetivos diferentes (Gambetta, 1988; Mayer, Davis and Schoorman, 1995), y promueve la adaptación a nuevas formas de organización (Miles and Snow, 1992).

¹ El M.I.I. Miguel Josué Heredia Roldán, es alumno del programa doctoral en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) y Profesor del Tecnológico Nacional de México; Campus Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, CDMX-Puebla, México, josue_07@yahoo.com (autor correspondiente)

² El Dr. Damián Emilio Gibaja Romero es Profesor Investigador en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Puebla, México, damiandemilio.gibaja@upaep.mx

³ El Dr. José Luis Martínez Flores es Profesor Investigador y Coordinador de Posgrado en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Puebla, México, joseluis.martinez01@upaep.mx

⁴ El M.I.I. Constantino Gerardo Moras Sánchez es Profesor del Tecnológico Nacional de México; Campus Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba; México, c_moras@yahoo.com.mx

⁵ El Dr. Santiago Omar Caballero Morales es Profesor Investigador en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Puebla, México, santiagoomar.caballero@upaep.mx

ISSN 1940-2163

URL:<https://drive.google.com/drive/folders/1dQoFk06ojoJjfV0Wtuge9jRbHT8b25Zp>

Evidencia de Aceptación del Artículo 2

Springer Miguel Josué Heredia Roldán Global Website

Search

Home Subjects Services Springer Shop About us

My Springer Home > My Springer


Article Tracking

If you would like to keep track of your articles as they move through production – this is the right tool for you. Springer's Article Tracking informs you of your article's current status in 8 stages. You can also opt for receiving an email alert once a new stage has been reached.

ARTICLE TRACKING - MY ACCEPTED ARTICLES (1)

Sort Articles by Publication Stage Title ascending

1 2 3 4 5 6 7

 The impact of trust in the strategic decisions of a decentralized supply chain

Journal: OPSEARCH

You have ordered 0.00 prints [CHANGE YOUR ORDER](#)

Contact your production editor

Send me an email notification for each stage that my article reaches

TOP

SPRINGER SERVICES FOR AUTHORS

MySpringer for Authors
Your personal MySpringer page: discounts, article tracking and much more.

springer.com/authors
Your gateway to all author-related information

MyPublication FAQs
Answering your questions to all steps of the MyPublication process.

Author Zone
The regular eNewsletter for Springer authors

AuthorMapper.com
A free interactive tool that visualizes scientific research areas and trends

https://www.editorialmanager.com/opse/default.aspx

OPSEARCH Journal of the operational research society of India

Editorial Manager Role: Author Username: mjhr

Submissions with an Editorial Office Decision for Author miguel josue heredia roldan, M.D.

Page: 1 of 1 (1 total completed submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status	Date Final Disposition Set	Final Disposition
View Submission Author Response View Decision Letter View Attachments	OPSE-D-17-00196	The impact of trust in the strategic decisions of a decentralized supply chain	30 Nov 2017	30 Apr 2019	Completed	30 Apr 2019	Accept

Page: 1 of 1 (1 total completed submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

You should use the free Adobe Reader 10 or later for best PDF Viewing results.

Get ADOBE READER

DOI: 10.1007/s12597-019-00377-0\OPSE-D-17-00196

EVIDENCIA DE STATUS ENVIADO (BAJO REVISIÓN) DEL ARTÍCULO 3

REVISTA IEMS

The screenshot displays the Author Dashboard for the journal Industrial Engineering & Management Systems (IEMS). The page title is "Submitted Manuscripts". A table lists the submitted manuscripts, with one entry in "Under Review" status.

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
ADM: Jun, Chi-Hyuck • Under Review	IEMS-2018-0112	Analysis of trust via the interrelations between intermediaries in a decentralised Supply Chain. View Submission Cover Letter	12-Jun-2018	12-Jun-2018