

Percepción empresarial sobre la Industria 4.0 en la operación aduanera de la industria automotriz y de autopartes

Business perception of Industry 4.0 in the customs operation of the automotive and auto parts industry

Porfirio Tamayo Contreras*

Artículo recibido: 11-11-2019

Aprobado: 26-03-2021

Resumen

El éxito en la operación aduanera radica en la aplicación de una apropiada Industria 4.0, una nueva fase en la revolución industrial que se enfoca —en gran medida— en la interconectividad, la sistematización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. El objetivo de la investigación es conocer las principales variables tecnológicas a considerar para la correcta aplicación de la Industria 4.0 a partir de un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior, desde la percepción de los directivos del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato. Se utilizó un diseño no experimental y transversal en una muestra de 120 directivos, de 130 compañías. La confiabilidad del instrumento de medición fue del 95 %. Los resultados reportan una relación muy significativa entre la Industria 4.0 —que ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior— con las distintas variables tecnológicas.

* Doctor en Comportamiento Organizacional por la Universidad de Granada. Académico del Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de Universidad de Guanajuato. Correo electrónico: aeinegocios1@gmail.com

Abstract

Success in the customs operation lies in the application of an appropriate Industry 4.0, a new phase in the industrial revolution that largely focuses on interconnectivity, systematization, automated learning and real-time data. The objective of the research is to know the main technological variables to consider for the correct application of Industry 4.0 from a more comprehensive, interrelated and holistic approach in foreign trade customs operations, from the perception of the managers of the sector of the automotive and auto parts industry of the state of Guanajuato. A non-experimental and cross-sectional design was used in a sample of 120 executives from a population of 130 companies. The reliability of the measurement instrument was 95%. The results report a very significant relationship between Industry 4.0, which offers a more comprehensive, interrelated and holistic approach in foreign trade customs operations with the different technological variables.

Palabras clave: Industria 4.0, Industria automotriz, Industria de autopartes, Operación aduanera, Cadena de suministros.

Keywords: Industry 4.0, Automotive Industry, Auto parts Industry, Customs Operation, Supply Chain.

Introducción

La Industria 4.0 se refiere a una nueva fase en la revolución industrial que se enfoca en la interconectividad, la sistematización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. También es conocida como IIoT o *manufactura inteligente*; integra la producción y las operaciones físicas con tecnología digital, aprendizaje automatizado y *big data* para crear un ecosistema más holístico y mejor conectado para las compañías que se enfocan en la manufactura y la administración de la cadena de suministro (Guerra y Ortiz, 2020; León García y Baez Landeros, 2020; Rozo-García, 2020; Teixeira de Souza y Almada Santos, 2020). Dentro de la cadena de suministro, un tema de relevancia es la administración, registro y control de las operaciones aduaneras, que integra la legalización de la entrada y salida de mercancías, a través de un pedimento que es registrado en un control de inventarios denominado Anexo 22.

El reto por enfrentar por parte de la industria automotriz y de autopartes es aplicar la Industria 4.0 en todas las operaciones aduaneras e interconectarlas con las demás áreas administrativas tales como finanzas, mercadotecnia, personal y manufactura, entre otras más. Sobre todo cuando la autoridad hacendaria tiende cada vez más a implementar controles aduaneros automatizados para obtener una mejor recaudación —además de realizar auditorías electrónicas—. La creación de la ventanilla única (VUCEM), así como el modelo de administración tributaria de comercio exterior (MAT-CE) y el proyecto integral de tecnología aduanera (PITA) son claros ejemplos de la tendencia del gobierno federal de llevar la política fiscal y hacendaria hacia un nuevo escenario tecnológico (Adlih Oros-Méndez, Flores Cedillo, Téllez Estrada, Rodríguez Morales y Fernando Retes-Mantilla, 2020; Corzo y Alvarez-Aros, 2020; Romero Gázquez, Bueno Delgado, Ortega Gras, Garrido Lova, Gómez Gómez y Zbiec, 2021; Villasante, Mabe, Les-Aguerrea, Peña, Sánchez y López, 2020).

Si bien cada compañía y organización de la industria automotriz y de autopartes que opera hoy es diferente, enfrentan el mismo desafío, la necesidad de conectividad y acceso a información en tiempo real de todos los procesos de operación aduanera, socios, productos y personas. Preocupación que se ha incrementado a través del tiempo e inicia con la revolución industrial —a fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX—; manifestó como característica primordial la manufactura desplazando el trabajo manual realizado por personas, con ayuda de animales de trabajo, a una forma optimizada de trabajo realizado por personas a través del uso de motores que funcionaban a base de agua o vapor y otros tipos de herramientas y maquinarias. Lo anterior es a lo que denominó la primera revolución industrial (Baquero Villamil y Mahecha Tafur, 2020; González Sosa, Jiménez Díaz, Loyo Quijada y López Ontiveros, 2020).

A principios del siglo XX, el mundo entró en una segunda revolución industrial con la introducción del acero y el uso de electricidad en las fábricas. La introducción de la electricidad permitió que las empresas manufactureras aumentaran la eficiencia e hizo que la maquinaria de las fábricas fuese más dinámica. Fue durante esta fase que los conceptos de producción en masa, como línea de montaje, se introdujeron como una manera de aumentar la productividad (Tabarés Gutiérrez, 2019; Tosida, Wahyudin, Andria, Sanurbi y Wartini, 2020).

Al final de la década de los cincuenta, la tercera revolución industrial comenzó a emerger. Durante este período, las empresas manufactureras comenzaron a experimentar un cambio que ponía menos énfasis en una tecnología analógica y mecánica y más en la tecnología digital y en el *software* de automatización. En esta época inicia, poco a poco, el proceso administrativo de las operaciones aduaneras con controles en los registros de inventarios, en la contabilidad y en el pago de tributos arancelarios por medios electrónicos (Jurburg y Cabrera, 2019; Sánchez Guzmán, 2019; Suárez, Salazar, Nava y Hernández, 2019).

En las últimas décadas nace una cuarta revolución industrial, conocida como la Industria 4.0. La Industria 4.0 hace énfasis en la tecnología digital y lo lleva a un nivel totalmente nuevo, con la ayuda de la interconectividad a través de la internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), el acceso a datos en tiempo real y la introducción de los sistemas ciberfísicos. La Industria 4.0 ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico de la manufactura. Conecta lo físico con lo digital y permite una mejor colaboración y acceso para todos los departamentos, socios, proveedores, productos y personas. La Industria 4.0 empodera a los dueños de empresas para controlar y comprender mejor cada aspecto de su operación y les permite aprovechar datos instantáneos para aumentar la productividad, mejorar los procesos e impulsar el crecimiento. De ahí la importancia y aplicación en las operaciones aduaneras de la industria automotriz y de autopartes (Blanco Rojas, González Rojas y Rodríguez Molano, 2017; Ortiz Clavijo, Fernández Ledesma, Cadavid Nieto y Gallego Duque, 2018; Velásquez, Estevez y Pesado, 2018).

Una de las mejores maneras de comprender el concepto de la operación inteligente, dentro de la industria automotriz y de autopartes, es pensar cómo puede aplicarse a cualquier otra empresa, o a una empresa similar. Por tanto, hay que considerar tres situaciones que pueden ayudar a entender el valor de la Industria 4.0 en una operación aduanera:

1. Administración y optimización de la cadena de suministro. Las soluciones de Industria 4.0 les brindan a las empresas mayor percepción, control y visibilidad de datos en toda la cadena de suministro. Al aprovechar las funcionalidades de administración de la cadena de suministro, las compañías pueden brindar productos y servicios al mercado de manera más rápida, más económica y de mejor calidad para ganar una ventaja sobre los competidores menos eficientes (Díaz y Pérez, 2012; Feitó, 2020).
2. Mantenimiento/Analítica predictiva. Las soluciones de Industria 4.0 brindan a las empresas la capacidad de predecir cuándo pueden surgir problemas potenciales antes de que realmente se presenten. Sin los sistemas de la IoT el mantenimiento de las operaciones aduaneras preventivo ocurre según la rutina o el tiempo. En otras palabras, es una tarea manual. Con los sistemas de la IoT el mantenimiento preventivo aduanero está mucho más automatizado y optimizado. Los sistemas pueden identificar cuándo surgirán problemas o cuándo una rectificación de pedimento debe efectuarse, y con ello ayudar a resolver problemas potenciales antes de que se conviertan en dificultades más graves. La analítica predictiva permite a las compañías no solo hacer preguntas reactivas como “¿qué sucedió?” o “¿por qué sucedió?”, sino también preguntas proactivas como “¿qué sucederá?” y “¿qué podemos hacer para prevenir que eso suceda?”. Este tipo de analítica puede ayudar a las empresas manufactureras a cambiar de un mantenimiento preventivo a un mantenimiento predictivo (Cuevas, Alvares, Azcona y Rodríguez, 2019; Serrano-Cobos, 2014).
3. Seguimiento y optimización de activos. Las soluciones de Industria 4.0 favorecen a las empresas a ser más eficientes con los activos en cada etapa de la cadena de suministro y eso les permite mantener un mejor ritmo del inventario, la calidad y las oportunidades de optimización relacionadas con la logística. Con IoT en funcionamiento, los empleados pueden obtener mejor visibilidad de sus activos a nivel mundial. Las tareas estándares de administración de activos tales como transferencias, disposiciones, reclasificaciones y ajustes de activos pueden agilizarse y administrarse de manera central en tiempo real (Kurniawan, 2018; Isolina Cardozo, Andino, Brunnetti Esquivel y Espindola, 2008).

Es importante aclarar que la Industria 4.0 no solo se enfoca en las operaciones aduaneras de la industria automotriz y de autopartes, sino que abarca todo el ciclo de vida del producto y la cadena de suministro, diseño, ventas, inventario, planificación, calidad, ingeniería, servicio al cliente y servicio de campo de cualquier organización. Todos comparten visiones informadas, actualizadas y relevantes sobre los procesos comerciales y de producción, y una analítica más enriquecedora y oportuna. Por tanto, entre los beneficios de adoptar un modelo de Industria 4.0 se encuentran los siguientes (Arciniega Arce, 2019; Dufek, Ignas y Strandberg, 2019; Larrea, Estensoro y Sisti, 2018; Lévesque, 2009; García-Remigio, Alejandro Cardenete, Campoy-Muñoz y Venegas-Martínez, 2020). La Industria 4.0 lo hace más competitivo, especialmente contra disruptores como Amazon. A medida que compañías como Amazon siguen optimizando la logística y la administración de la cadena de suministro, se necesita invertir en tecnología y soluciones que ayuden a mejorar y optimizar la operación aduanera y de todos los departamentos. Para permanecer competitivo, hay que tener sistemas y procesos en funcionamiento que otorguen a los consumidores y clientes el mismo nivel de servicio, o mejor, que podrían obtener de una compañía como ésta.

La Industria 4.0 lo hace más atractivo para la fuerza de trabajo más joven. Las compañías que invierten en tecnologías modernas e innovadoras están mejor posicionadas para atraer y retener a los nuevos trabajadores. Hace que los equipos se fortalezcan y sean más colaborativos. Las compañías que invierten en soluciones de Industria 4.0 pueden aumentar su eficiencia, impulsar la colaboración entre departamentos, permitir la analítica predictiva y prescriptiva, y consentir a las personas, incluidos los operadores, los gerentes y los ejecutivos que se beneficien aún más de los datos en tiempo real y la inteligencia para tomar mejores decisiones mientras administran sus responsabilidades diarias.

La Industria 4.0 admite abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas graves. La analítica predictiva, los datos en tiempo real, la maquinaria conectada a Internet y la automatización pueden ayudarlo a ser más proactivo cuando se trata de abordar y resolver problemas potenciales de mantenimiento y administración de la cadena de suministro y por ende de las operaciones aduaneras. Condesciende a recortar los costos, mejorar los beneficios y fomentar el crecimiento. Ayuda a gestionar y optimizar todos los aspectos de los procesos de manufactura y cadena de operación aduanera. Brinda acceso a datos y perspectivas en tiempo real que necesita para tomar decisiones más inteligentes y rápidas que, en última instancia, puedan fomentar la eficiencia y la rentabilidad de toda la operación.

Por tanto, esta investigación tiene como objetivo conocer las principales variables tecnológicas a considerar para la correcta aplicación de la industria 4.0 a partir de un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior, desde la percepción de los directivos del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato.

Metodología

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño de tipo no experimental y transversal, se contactaron vía telefónica y por correo electrónico a los directores de las organizaciones a quienes se les informó sobre la investigación y sus implicaciones. Los ejecutivos que aceptaron participaron de manera voluntaria y respondieron de forma anónima a los cuestionarios de evaluación. Los ítems aplicados en la presente investigación son innovadores dentro del campo aduanero. El proceso de aplicación del cuestionario se realizó mediante correo electrónico garantizando la confidencialidad y el anonimato. Asimismo, aclarando en cualquier momento la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. La devolución del instrumento de medición duró en promedio veintiún días.

Participantes

En el estudio colaboraron 120 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato, México. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 130 compañías, utilizando como base el boletín Económico Clúster Automotriz de Guanajuato A.C. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.024, porcentaje estimado de la muestra a favor (p): 50 %, nivel de confianza (Z): 95 % bajo la fórmula de error simplificada. La muestra estuvo conformada por 65 hombres y 55 mujeres con una edad media de 43 años y en su mayoría (85 %) casados.

Instrumento

El diseño del instrumento de medición tuvo como apoyo la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida (Ortiz Vancini y Guevara Sanginés, 2001). Se generaron 13 reactivos y una pregunta dicotómica (sí o no) referente a que la Industria 4.0 ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior y de esta manera enfrentar con éxito las auditorías y control por parte de la autoridad fiscal.

Los ítems se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; después fueron sometidos a un análisis de jueces expertos en el tema y a una prueba de comprensión de la población objeto de 25 participantes —56 % hombres y 44 % mujeres, con una edad promedio de 44 años, con un nivel educativo predominante de licenciatura (55 %)—. En el estado civil, el casado obtuvo el porcentaje más alto (83 %). Posteriormente, se realizaron los ajustes correspondientes. Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.95, la escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 5 con los criterios: «nada de acuerdo» con valores de 1; «de acuerdo», 2; «completamente de acuerdo», 3; «en desacuerdo», 4; y «completamente de acuerdo», 5.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows®. Se efectuó diferentes tipos de análisis: alfa Cronbach, el análisis de medias para conocer el nivel de percepción, la prueba de discriminación *t* de Student para la igualdad de medias con el fin de conocer el discernimiento de los grupos bajo y alto y la correlación bivariada de Pearson.

Resultados y discusión

Las variables obtuvieron una confiabilidad significativa; el coeficiente alfa de Cronbach fue de 0.942, lo que significa que los resultados tienen un alto nivel de confiabilidad. Los coeficientes de consistencia interna, si el ítem en cuestión se eliminara, variaron de $\alpha = 0.903$, para el ítem números 9, hasta un $\alpha = 0.971$, para el ítem 8.

La percepción de los directivos, en general, se encuentra en el rango: de acuerdo —hacia una tendencia de completamente de acuerdo ($\bar{X} = 2.712$; $SD = 0.833$)—. La apreciación de acuerdo se ubicó en los ítems 1 y 13 (Tabla 1).

| Ítems, $\alpha_{total} = 0.942$, $M_{total} = 2.712$ y $DE_{total} = 0.833$ | Alfa si se elimina el ítem | \bar{X} | SD |
|--|----------------------------|-----------|-------|
| 1. Utilizar el MAT-CE (Modelo de Administración Tributaria de Comercio Exterior) como una oportunidad para que la empresa realice un mejor registro de sus operaciones aduaneras. | 0.912 | 2.05 | 0.177 |
| 2. Implementar la planificación de recursos empresariales, ya que, al ser herramientas de administración de procesos de negocios, es útil para administrar la información de las operaciones aduaneras dentro de una organización. | 0.962 | 2.76 | 1.223 |
| 3. Es importante instalar el IoT (Internet de las Cosas) con el propósito de establecer conexión entre los documentos aduaneros y el uso del internet para su control. | 0.931 | 2.68 | 0.823 |

| Ítems, $\alpha_{total} = 0.942$, $M_{total} = 2.712$ y $DE_{total} = 0.833$ | Alfa si se elimina el ítem | \bar{X} | SD |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 4. El IIoT (Internet Industrial de las Cosas) es importante tenerlo dentro de la organización para enlazar al personal encargado de las operaciones aduaneras y el despacho electrónico aduanero. | 0.961 | 2.92 | 0.611 |
| 5. El <i>Big Data</i> (al operar grandes conjuntos de datos estructurados o no estructurados que pueden recopilarse, almacenarse, organizarse y analizarse) son de significativa utilidad para revelar patrones, tendencias, asociaciones y oportunidades dentro de las operaciones aduaneras. | 0.929 | 2.79 | 0.780 |
| 6. Es relevante que las empresas inviertan en Inteligencia artificial (IA) para realizar tareas y tomar decisiones más certeras en la planeación de las operaciones aduaneras que, históricamente, necesitarían algún nivel de inteligencia humana. | 0.910 | 2.76 | 1.261 |
| 7. Implementar la digitalización, como un proceso de recolectar y convertir los distintos documentos aduaneros en un formato digital. | 0.963 | 2.91 | 0.901 |
| 8. Aplicar la computación en la nube y usar servidores remotos interconectados alojados en Internet para almacenar, gestionar y procesar información aduanera. | 0.971 | 3.07 | 1.113 |
| 9. Establecer el procesamiento de datos en tiempo real. Es decir, procesar de manera continua y automática los datos y brindar resultados y percepciones en tiempo real o casi en tiempo real del proceso aduanero. | 0.903 | 2.72 | 0.900 |
| 10. Utilizar ecosistema para conseguir la conectividad potencial de toda la operación aduanera: inventarios y planificación, cuestiones financieras, relaciones con clientes, administración de la cadena de suministro y ejecución de manufactura. | 0.951 | 2.43 | 0.762 |
| 11. Emplear sistemas ciberfísicos (CPS), también conocidos como manufactura cibernética, se refiere al entorno de manufactura generado por la Industria 4.0 que ofrece recolección, análisis y transparencia de datos en tiempo real en cada aspecto de la operación aduanera. | 0.945 | 2.72 | 0.836 |
| 12. Aplicar el aprendizaje automatizado en los procesadores de la organización para que aprendan y mejoren las operaciones aduaneras por su cuenta a través de la inteligencia artificial, sin que se les indique de manera expresa o se las programe para hacerlo. | 0.962 | 2.92 | 0.741 |
| 13. El Proyecto Integral de Tecnología Aduanera (PITA) será un gran aliado para el mejor desempeño de las operaciones aduaneras. | 0.953 | 2.01 | 1.116 |

Tabla 1. Análisis descriptivo y de consistencia interna de los *ítems* referentes a la percepción Industria 4.0 en la operación aduanera de la industria automotriz y de autopartes ($n = 120$).

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de discriminación de los *ítems* arrojó resultados en la dirección esperada, pues las valoraciones promedio del grupo bajo fueron menores que las otorgadas por el grupo alto, en todos los casos la diferencia fue estadísticamente significativa. La percepción Industria 4.0, en la operación aduanera de la industria automotriz y de autopartes, mostró —en el *ítem* 5— que tienen un nivel de *nada de acuerdo a de acuerdo* en el grupo bajo $\bar{X} = 1.17$, $SD = 0.470$, y en el grupo alto $\bar{X} = 4.97$, $SD = 0.511$ (Tabla 2).

| Prueba t para la igualdad de medias (n = 140) | | | | | |
|---|-------------|-----------|-------------|-----------|---------------------|
| Ítems | \bar{X}_b | SD | \bar{X}_a | SD | t de Student |
| 1. Utilizar el MAT-CE (Modelo de Administración Tributaria de Comercio Exterior) como una oportunidad para que la empresa realice un mejor registro de sus operaciones aduaneras. | 1.50 | 0.477 | 4.41 | 0.500 | -24.306 |
| 2. Implementar la planificación de recursos empresariales, ya que, al ser herramientas de administración de procesos de negocios, es útil para administrar la información de las operaciones aduaneras dentro de una organización. | 1.31 | 0.307 | 4.41 | 0.502 | -24.847 |
| 3. Es importante instalar el IoT (Internet de las Cosas) con el propósito de establecer conexión entre los documentos aduaneros y el uso del internet para su control. | 1.59 | 0.451 | 3.65 | 0.742 | -12.581 |
| 4. El IIoT (Internet Industrial de las Cosas) es importante tenerlo dentro de la organización para enlazar al personal encargado de las operaciones aduaneras y el despacho electrónico aduanero. | 1.59 | 0.303 | 3.40 | 0.512 | -12.691 |
| 5. El <i>Big Data</i> al operar grandes conjuntos de datos estructurados o no estructurados que pueden recopilarse, almacenarse, organizarse y analizarse, son de significativa utilidad para revelar patrones, tendencias, asociaciones y oportunidades dentro de las operaciones aduaneras. | 1.17 | 0.470 | 4.97 | 0.511 | -49.300 |
| 6. Es relevante que las empresas inviertan en Inteligencia artificial (IA) para realizar tareas y tomar decisiones más certeras en la planeación de las operaciones aduaneras que, históricamente, necesitarían algún nivel de inteligencia humana. | 1.66 | 0.410 | 3.55 | 0.759 | -11.658 |
| 7. Implementar la digitalización, como un proceso de recolectar y convertir los distintos documentos aduaneros en un formato digital. | 1.60 | 0.416 | 3.50 | 0.742 | -12.252 |
| 8. Aplicar la computación en la nube y hacerla una práctica de usar servidores remotos interconectados alojados en Internet para almacenar, gestionar y procesar información aduanera. | 2.07 | 0.816 | 4.83 | 0.801 | -23.216 |
| 9. Establecer el procesamiento de datos en tiempo real. Es decir, procesar de manera continua y automática los datos y brindar resultados y percepciones en tiempo real o casi en tiempo real del proceso aduanero. | 1.35 | 0.470 | 3.37 | 0.611 | -15.767 |
| 10. Utilizar ecosistema para conseguir la conectividad potencial de toda la operación aduanera: inventarios y planificación, cuestiones financieras, relaciones con clientes, administración de la cadena de suministro y ejecución de manufactura. | 2.15 | 0.615 | 3.44 | 0.602 | -9.236 |
| 11. Emplear sistemas ciberfísicos (CPS): también conocidos a veces como manufactura cibernética, se refiere al entorno de manufactura generado por la Industria 4.0 que ofrece recolección, análisis y transparencia de datos en tiempo real en cada aspecto de la operación aduanera. | 1.77 | 0.423 | 3.31 | 0.561 | -11.023 |

| Ítems | \bar{X}_b | SD | \bar{X}_a | SD | t de Student |
|---|-------------|-------|-------------|-------|--------------|
| 12. Aplicar el aprendizaje automatizado en los procesadores de la organización para que aprendan y mejoren las operaciones aduaneras por su cuenta a través de la inteligencia artificial, sin que se les indique de manera expresa o se las programe para hacerlo. | 1.63 | 0.470 | 4.20 | 0.546 | -24.242 |
| 13. El Proyecto Integral de Tecnología Aduanera (PITA) será un gran aliado para el mejor desempeño de las operaciones aduaneras. | 1.42 | 0.460 | 3.53 | 0.508 | -23.142 |

Tabla 2. Análisis de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto ($n_{\text{Grupo bajo}} = 34$ y $n_{\text{Grupo alto}} = 45$, con 95 % de intervalo de confianza y $gl = 78$).

* $p < .05$

** $p < .01$

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la Industria 4.0 ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior con las demás variables fue muy significativa. La correlación va desde $r = 0.601, p < .01$ para el ítem 10, hasta $r = 0.900, p < .01$ para el ítem 5 (Tabla 3).

| $r_{\text{total}} = 0.876^{**}$ | |
|---|--------|
| Ítems | r |
| 1. Utilizar el MAT-CE (Modelo de Administración Tributaria de Comercio Exterior) como una oportunidad para que la empresa realice un mejor registro de sus operaciones aduaneras. | .761** |
| 2. Implementar la planificación de recursos empresariales, ya que, al ser herramientas de administración de procesos de negocios, es útil para administrar la información de las operaciones aduaneras dentro de una organización. | .714** |
| 3. Es importante instalar el IoT (Internet de las Cosas) con el propósito de establecer conexión entre los documentos aduaneros y el uso del internet para su control. | .720** |
| 4. El IIoT (Internet Industrial de las Cosas) es importante tenerlo dentro de la organización para enlazar al personal encargado de las operaciones aduaneras y el despacho electrónico aduanero. | .807** |
| 5. El <i>Big Data</i> al operar grandes conjuntos de datos estructurados o no estructurados que pueden recopilarse, almacenarse, organizarse y analizarse, son de significativa utilidad para revelar patrones, tendencias, asociaciones y oportunidades dentro de las operaciones aduaneras. | .900** |
| 6. Es relevante que las empresas inviertan en Inteligencia artificial (IA) para realizar tareas y tomar decisiones más certeras en la planeación de las operaciones aduaneras que, históricamente, necesitarían algún nivel de inteligencia humana. | .691** |
| 7. Implementar la digitalización, como un proceso de recolectar y convertir los distintos documentos aduaneros en un formato digital. | .750** |
| 8. Aplicar la computación en la nube y hacerla una práctica de usar servidores remotos interconectados alojados en Internet para almacenar, gestionar y procesar información aduanera. | .891** |
| 9. Establecer el procesamiento de datos en tiempo real. Es decir, procesar de manera continua y automática los datos y brindar resultados y percepciones en tiempo real o casi en tiempo real del proceso aduanero. | .696** |

| $r_{total} = 0.876^{**}$ | |
|--|--------------------|
| Ítems | r |
| 10. Utilizar ecosistema para conseguir la conectividad potencial de toda la operación aduanera: inventarios y planificación, cuestiones financieras, relaciones con clientes, administración de la cadena de suministro y ejecución de manufactura. | .601 ^{**} |
| 11. Emplear sistemas ciberfísicos (CPS): también conocidos a veces como manufactura cibernética, se refiere al entorno de manufactura generado por la Industria 4.0 que ofrece recolección, análisis y transparencia de datos en tiempo real en cada aspecto de la operación aduanera. | .702 ^{**} |
| 12. Aplicar el aprendizaje automatizado en los procesadores de la organización para que aprendan y mejoren las operaciones aduaneras por su cuenta a través de la inteligencia artificial, sin que se les indique de manera expresa o se las programe para hacerlo. | .741 ^{**} |

Tabla 3. Correlación entre la Industria 4.0 ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior con las demás variables (n = 120).

* $p < .01$

Fuente: Elaboración propia.

Hay un consenso en considerar que las variables tecnológicas son importantes para atender las operaciones aduaneras dentro del marco de plena competencia. Además de comprobar que existe relación significativa entre la Industria 4.0 con las variables de predicción como el *Big Data*, utilizadas por la industria automotriz y de autopartes; lo que ha conducido a dicho sector a operar de manera correcta las disposiciones normativas en materia aduanera y permitir una competencia económica sana y cumplir con sus obligaciones fiscales sin tener consecuencias negativas que mermen sus ganancias. También facilita y justifica la aplicación de los procedimientos aduaneros desde un enfoque inteligente.

Conclusión

Definitivamente la Industria 4.0 es una tendencia tecnológica que cambiará la manera de tomar decisiones con menor riesgo. Si bien, el enfoque de la presente investigación es considerando el caso de la industria automotriz, en el campo de las operaciones aduaneras, es de suma importancia entender que la Industria 4.0 es aplicable a todas las áreas de una empresa; no obstante, mientras se considera si se debe invertir o no en la Industria 4.0, hay que reflexionar en algunos de los desafíos potenciales asociados con incorporar nuevas tecnologías y procesos en la organización. Uno de ellos es la amenaza de la piratería cibernética que continúa intensificándose año tras año, porque a muchas empresas les preocupa que invertir en tecnología basada en la nube y mover los datos fuera de sus propias paredes pueda dejarlas vulnerables ante los atacantes. Lo anterior obliga a mantener la información asegurada por medio de estrictas medidas de seguridad cibernética para todos los clientes que invierten en tecnología de Industria 4.0.

Mientras se implementa tecnología nueva, para algunas personas puede ser difícil aceptarlo y adaptarse a un modelo de negocios novedoso, pero para otras puede significar soporte de equipo al establecer, desde un principio, claramente las expectativas, el objetivo y los beneficios de invertir en tecnología de Industria 4.0. Cuando invierte en tecnología basada en la nube, existe el beneficio de las actualizaciones y el mantenimiento regular realizados por el proveedor de servicio. En suma,

brinda el conocimiento, la capacitación y la documentación tecnológica necesaria para comprender cómo usar los datos para cambiar, mejorar y hacer crecer a cualquier empresa en un entorno.

La investigación abre nuevas líneas sobre otras posibles variables a relacional con la Industria 4.0 que lleven a crear una empresa sostenible y escalable en el entorno empresarial actual, que usen herramientas que ayuden a optimizar las tareas, aumentar la productividad y la colaboración, y aprovechar los datos en tiempo real. Se reconoce que una limitante es el enfoque al sector automotriz y la industria de autopartes, que el estudio debe extenderse a otros campos empresariales. La presente investigación contribuye a visualizar a la Industria 4.0 como una opción viable para el contribuyente, para tener un control administrativo en sus operaciones aduaneras, que le briden la certeza jurídica de dar cumplimiento a las normas legales en la materia, así como evitar desequilibrios financieros con la imposición de un crédito fiscal junto con sus accesorios. Además de reducir errores administrativos en la captura diaria de las operaciones aduaneras y ser más eficaz y eficiente en la toma de decisiones con personal mejor capacitado el campo de la tecnología.

En el mismo sentido es para la autoridad aduanera en su proceso inherente de fiscalización, que genera que su actuar sea más apegado a las leyes en la materia aduanera y no por la interpretación humana, que en varias ocasiones comente errores de interpretación, que conducen a la determinación y aplicación de un crédito fiscal, además de sus accesorios, que tiene efectos negativos al dañar de manera económica al sector productivo, desanimar la inversión de capital nacional e internacional al desconfiar de la correcta aplicación jurídica de la autoridad. E incluso, conducir a la empresa hacia su extinción por haber sido acreedor a un crédito fiscal impagable. En suma, conocer las principales variables tecnológicas de la Industria 4.0, a partir de un enfoque más integral, interrelacionado y holístico en las operaciones aduaneras de comercio exterior, genera beneficios de confianza en la política gubernamental hacia el contribuyente y en el contribuyente un adecuado control de la operación aduanera.

Referencias

- Adlih Oros-Méndez, L., Flores Cedillo, M. L., Téllez Estrada, J., Rodríguez Morales, Á. L. y Fernando Retes-Mantilla, R. (2020). La reingeniería administrativa en una Institución de Educación Superior armonizada por la Industria 4.0: evidencia de la inteligencia de datos. *Revista Innovación Educativa/Revista Innovación Educativa*, 20(82), 45-63. Recuperado de <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-82/La-reingenieria-administrativa-en-una-institucion-de-educacion-superior-armonizada-por-la-Industria-4-0-evidencia-de-la-inteligencia-de-datos.pdf>.
- Arciniega Arce, R. S. (2019). Descentralización y Reconfiguración Productiva en La Industria Automotriz Mexicana. *Espacio y Desarrollo*, 34, 87-116. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.004>.
- Baquero Villamil, G. A. y Mahecha Tafur, M. A. (2020). Respuesta de la industria 4.0 a las necesidades de una sociedad cada vez más conectada. *Revista Avances: Investigación en Ingeniería*, 17(1), 1-8. Recuperado de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6017/5904>.
- Blanco Rojas, M. J., González Rojas, K. T. y Rodríguez Molano, J. I. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial. *Ingeniería Solidaria*, 13(23), 1-26. <https://doi.org/10.16925/in.v23i13.2007>.

- Corzo, G. D. y Alvarez-Aros, E. L. (2020). Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. *Información Tecnológica*, 31(6), 183-191. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600183>.
- Cuevas Soto, V. M., Alvares Iriarte, S., Azcona Romero, M. y Rodríguez Rogert, A. I. (2019). Capacidad predictiva de las Máquinas de Soporte Vectorial. Una aplicación en la planificación financiera. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(3), 59-75. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v13n3/2227-1899-rcci-13-03-59.pdf>.
- Díaz-Batista, J. A. y Pérez-Armayor, D. (2012). Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 33(2), 126-132. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362012000200004.
- Dufek, H., Ignas, T. y Strandberg, F. (2019). Sistemas Inteligentes en la Industria 4.0. *Revista Antioqueña de Las Ciencias Computacionales*, 9(2), 43-48. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3592023>.
- Feitó Cespón, M. (2020). La construcción de escenarios utilizando un sistema de inferencia difuso para la optimización estocástica del rediseño de la cadena de suministro de reciclaje. *INGENIARE-Revista Chilena de Ingeniería*, 28(3), 476-498. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v28n3/0718-3305-ingeniare-28-03-476.pdf>.
- García-Remigio, C. M., Alejandro Cardenete, M., Campoy-Muñoz, P. y Venegas-Martínez, F. (2020). Valoración del impacto de la industria automotriz en la economía mexicana: una aproximación mediante matrices de contabilidad social. *Trimestre Económico*, 87(346), 437-461. <https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.852>.
- González Sosa, J. V., Jiménez Díaz, D. L., Loyo Quijada, J. y López Ontiveros, M. Á. (2020). AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento industrial. *Revista de La Ingeniería Industrial*, 14(1), 14-21. Recuperado de <https://www.academajournals.com/revista-ing-industrial>.
- Guerra, R. P. y Ortiz, G. A. (2020). La industria 4.0 y su relación con la Gestión de los Recursos Humanos. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 15(3), 1-21. Recuperado de [http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15\(3\)1-21.pdf](http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15(3)1-21.pdf).
- Isolina Cardozo, S. M., Andino, G. M., Brunnetti Esquivel, A. B. y Espindola, E. (2008). Efectividad de los métodos activos como estrategia de enseñanza-aprendizaje en grupos grandes y heterogéneos. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 22(1), 1-6. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412008000100004.
- Jurburg, D. y Cabrera, Á. (2019). Análisis de las principales competencias necesarias para la implementación de la Industria 4.0 en el sector agroindustrial uruguayo. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 17, 151-171. <https://doi.org/10.36561/ING.17.7>.
- Kurniawan, A. (2018). *Aprendizaje de AWS IoT: administre de manera eficaz los dispositivos conectados en la nube de AWS mediante servicios como AWS Greengrass, AWS Button, Predictive Analytics y Machine Learning*. Packt Publishing.
- Larrea, M., Estensoro, M. y Sisti, E. (2018). La contribución de la investigación-acción a las políticas de la Industria 4.0: Llevando el empoderamiento y la democracia al escenario de la eficiencia económica. *Revista Internacional de Investigación Acción*, 14(2/3), 164-180. <https://doi.org/10.3224/ijar.v14i2-3.07>.
- León García, O. A. y Baez Landeros, E. R. (2020). Análisis de la relación entre las tecnologías de la información y la industria 4.0 con la internacionalización y el desempeño empresarial. *Revista Ingeniería e Investigación*, 40(3), 89-99. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n3.81696>.
- Lévesque, C. (2009). La dinámica de las relaciones del trabajo en la era de la globalización: el caso de la industria automotriz en México. *Administración y Organizaciones*, 11(22), 13-38. Recuperado de <https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo/article/view/192>.
- Ortiz Clavijo, L. F., Fernández Ledesma, J. D., Cadavid Nieto, S. y Gallego Duque, C. J. (2018). Computación en la Nube: Estudio de Herramientas Orientadas a la Industria 4.0. *Lámpasakos*, 20, 68-75. <https://doi.org/10.21501/21454086.2560>.
- Ortiz Vancini, C. y Guevara Sanginés, M. L. (2001). *Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato*. Universidad de Guanajuato

- Romero Gázquez, J. L., Bueno Delgado, M.V., Ortega Gras, J. J., Garrido Lova, J., Gómez Gómez, M.V. y Zbiec, M. (2021). Falta de habilidades, conocimiento y competencias en la Educación Superior sobre la Industria 4.0 en el sector manufacturero. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 285-313. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27548>.
- Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *UIS Ingenierías*, 19(2), 177-191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>.
- Sánchez Guzmán, D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Revista Innovación Educativa/ Revista Innovación Educativa*, 19(81), 39-63. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/hevila/Innovacioneducativa/2019/vol19/no81/2.pdf>.
- Serrano-Cobos, J. (2014). Big data y analítica web. Estudiar las corrientes y pescar en un océano de datos. *El profesional de la información*, 23(6), 561-565. <https://doi.org/10.3145/epi.2014.nov.01>.
- Suárez, J. C., Salazar, F. F., Nava, I. F. y Hernández, R. H. (2019). Industria 4.0 y Fabricación Digital: un método de diseño aplicando Ingeniería Inversa. *Ingeniería*, 24(1), 50-71. <https://doi.org/10.14483/23448393.13821>.
- Tabarés Gutiérrez, R. (2019). La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0? *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 14(41), 263-285. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/924/92460273016/html/index.html>.
- Teixeira de Souza, M. y Almada Santos, F. C. (2020). Competências Operacionais E Indústria 4.0: Revisão Sistemática Da Literatura. *Revista de investigação de estudos futuros: Tendências y estrategias*, 12(2), 264-288. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i2.499>.
- Tosida, E. T., Wahyudin, I., Andria, F., Sanurbi, A. D. y Wartini, A. (2020). Optimization of Indonesian Telematics Smes cluster: Industry 4.0 challenge. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25, 160-170. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/279/27963185017/27963185017.pdf>.
- Velásquez, N., Estevez, E. y Pesado, P. (2018). Cloud Computing, Big Data y las arquitecturas de referencia de la Industria 4.0. *Revista de informática y tecnología (JCS & T)*, 18(3), 258-266. <https://doi.org/10.24215/16666038.18.e29>.
- Villasante, C., Mabe, J., Les-Aguerre, I., Peña, A., Sánchez, M. y López, S. (2020). SMARTCSP: enfoque Industria 4.0 para una reducción efectiva de costos de las plantas termoeléctricas (CSP). *DYNA-Ingeniería e Industria*, 95(6), 629-634. <https://doi.org/10.6036/9766>.