Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Transformando datos en sabiduría: explorando la situación actual en maquiladoras de Nuevo Laredo, México

Transforming Data into Wisdom: Exploring the Current Situation in Maquiladoras in Nuevo Laredo, México

Torres-Martínez, J.A., Roque-Hernández, R.V., López-Mendoza, A., Juárez-Ibarra, C.M.

Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Comercio, Administración y Ciencias Sociales. Ayuntamiento Sur S/N Col. Infonavit Fundadores 88275 Nuevo Laredo, Tamaulipas, México.
rvhernandez@uat.edu.mx; jatmartinez16@gmail.com; alopez@uat.edu.mx; cjuarez@docentes.uat.edu.mx

Innovación tecnológica: Identificación de oportunidades de mejora en la implementación de nuevas tecnologías en la industria 4.0.

Área de aplicación industrial: Industria Maquiladora.

Enviado: 05 febrero 2020.
Aceptado: 20 julio 2020.

Abstract

This paper presents a research conducted to describe the internal reality of the maquiladoras of Nuevo Laredo, Tamaulipas regarding the data generated by their manufacturing processes, their analysis, and the problems for their use in the generation of intelligence for decision making. It was considered a quantitative and transversal design. The data collection instrument was a questionnaire that was prepared by experts in the industrial and research fields. The sample was non-probabilistic and included 100 engineers of the maquiladora companies of Nuevo Laredo, Tamaulipas. The data analysis was performed in SPSS version 24. Parametric *t*-tests for a single sample and non-parametric *Kruskal-Wallis* tests were performed. The most relevant results indicate that participants had problems obtaining data in 77.15% of the processes with which they relate. They also perceived difficulty to access the data from their processes (test t, p = 0, mean = 7.27, dev. = 2.32). It was also evident that 88% of the processes did not allow automated data collection, and that only to 55% of the total processes were analyzed. The analysis was performed daily (34%), frequently (23%), or only when required (26%). Finally, it was found that the data collected from the processes were considered useful (mean = 6.94, dev. = 1.82). The research showed that there

are improvement opportunities to increase the levels of automation and intelligence in the Nuevo Laredo maquiladoras. It also leaves open paths to develop recommendations and conduct future studies.

Keywords: industry 4.0, maquiladora industry, business intelligence.

Resumen

Este artículo presenta una investigación cuyo objetivo fue describir el panorama interno de las plantas maquiladoras de Nuevo Laredo, Tamaulipas con relación a los datos generados por sus procesos manufactureros, a sus análisis y problemáticas para su aprovechamiento en la generación de inteligencia para la toma de decisiones. Se utilizó un diseño cuantitativo y transversal. El instrumento de recolección de datos consistió en un cuestionario elaborado por expertos en los ramos industriales y de investigación. La muestra fue no probabilística y consistió en 100 ingenieros de empresas maquiladoras de la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas. El análisis de datos se realizó en SPSS versión 24 y consistió principalmente en pruebas paramétricas *t* para una sola muestra y pruebas no paramétricas *Kruskal-Wallis*. Los resultados más relevantes indican que los participantes tuvieron problemas para obtener datos en un 77.15% de los procesos con los que se relacionan y en general, percibieron dificultad para acceder a los datos (prueba *t*, p=0, media=7.27, desv.=2.32). También quedó en evidencia que el 88% de los procesos no permiten la obtención automatizada de datos, y que en promedio se realizó análisis solo al 55% del total de los procesos. El análisis se hizo diariamente (34%), semanalmente (23%) o solo cuando se requirió (26%). Finalmente se encontró que los datos que se recaban actualmente de los procesos fueron considerados útiles (media=6.94, desv.=1.82). La investigación mostró que existen oportunidades de mejora para incrementar los niveles de automatización e inteligencia en las maquiladoras de Nuevo Laredo y deja sendas para elaborar recomendaciones y realizar estudios futuros.

Palabras clave: industria 4.0, industria maquiladora, inteligencia de negocios.

Introducción

La cantidad de datos que se genera en el mundo es casi inconcebible y sigue aumentando cada vez más [1]. Sin embargo, los estudios afirman recurrentemente que muy pocos de ellos son analizados y usados, y que en la sociedad actual estamos sumergidos en el analfabetismo de datos [2]. Esta infrautilización es un claro problema para las empresas, pues la información obtenida de sus procesos representa un recurso valioso para el desarrollo de estas.

Transformar datos en información es una necesidad en cualquier organización. En la industria se produce una cantidad abundante de datos, pero solo un bajo porcentaje se convierte en información útil para la toma de decisiones. La falta de información genera incertidumbre, entorpece la planeación estratégica y evita que se puedan predecir problemas.

Las tecnologías en la manufactura, como, por ejemplo, el Internet de las Cosas Industrial (Industrial Internet of Things -IIoT-), que se refiere a dispositivos interconectados con software industrial de manufactura, generan grandes volúmenes de datos. En este escenario, los análisis ayudan a revelar patrones ocultos, relaciones no evidentes,

tendencias y oportunidades que sin duda aportan información valiosa al proceso de toma de decisiones de cualquier organización [3]. De acuerdo con [4], los datos son hechos, señales o símbolos del mundo que son recolectados y registrados por algún tipo de sensor. Cuando adquieren un significado se convierten en información, la cual a su vez se transforma en conocimiento cuando adquiere un contexto que resulta útil en rutinas organizacionales, procesos, prácticas o normas. Cuando la información incrementa la efectividad y proporciona un valor agregado se convierte entonces en sabiduría. De aquí la importancia de los datos y su adecuado procesamiento.

La inteligencia de negocios (Business Intelligence) apoya el proceso de alcanzar metas estratégicas para asistir la toma de decisiones y está formada por componentes para acceder datos, trabajarlos y analizarlos para administrar más eficientemente las operaciones de las compañías [5]. Un enfoque similar es la inteligencia de manufactura, que se refiere a datos que provienen de líneas de producción en industrias que utilizan herramientas de inteligencia de negocios [6]. La literatura reporta variadas implementaciones para almacenar y analizar datos que van desde conservadoras hojas de cálculo [7] hasta soluciones sofisticadas basadas en big data y lagos de datos [8]. En este sentido, la asociación MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) está trabajando en un modelo para la manufactura inteligente que cubre ocho áreas: inteligencia de negocios, administración del ciclo de vida del producto, administración de la cadena de valor, operaciones de manufactura, Internet Industrial de las cosas, manejo de bienes, fuerza de trabajo y ciberseguridad [9].

Se ha comprobado que las empresas que hacen uso de la obtención automática de datos experimentan un mejor rendimiento que las empresas que no cuentan con esa capacidad [10]. La mejora de los procesos mediante el entendimiento de los datos y la certidumbre de las decisiones maximiza la producción de la empresa, reduce costos, mejora la calidad del producto y ayuda a aumentar la competitividad industrial de la región. Se estima que las organizaciones que adopten un enfoque de inteligencia de negocios crecerán en promedio 30% por año y para el año 2021 generarán anualmente más de $1.8 trillones que las organizaciones que operan en condiciones más antiguas [11]. No obstante, la mayoría no cuenta con medios para medir la eficiencia y el valor de su información, es decir, la productividad de sus datos, la cual puede definirse a través de su disponibilidad y de la calidad y desempeño del proceso de toma de decisiones utilizando esos datos [12].

Las industrias maquiladoras en general, y las de Nuevo Laredo en particular, también generan una gran cantidad de datos que son resultado de sus procesos. Sin embargo, debido a la falta de implementación de tecnologías [13] o de estrategias adecuadas, es común que se presenten dificultades al momento de obtenerlos, y en muchas ocasiones, una vez obtenidos, no se sepa qué hacer con ellos. Las tendencias mundiales señalan la adopción de prácticas de la industria 4.0 como medios para la eficiencia y eficacia en los procesos de manufactura [14]. Sin embargo, no todas las industrias maquiladoras están a la vanguardia con estas tecnologías. De acuerdo con [15], aunque existe un gran interés en la fabricación inteligente, solo algunas pequeñas y medianas empresas han adoptado la industria 4.0 con efectividad. Para que esto cambie, si bien puede hablarse de la importancia de procesos formalizados, de conocimientos tecnológicos y de equipos de bajo costo, en [15] se destaca la importancia de los sistemas modulares y extensibles basados en el conocimiento.

La industria 4.0 alude a la integración de diversas tecnologías digitales en el ambiente de la manufactura [16]. Con su llegada, tanto el big data, como la computación en la nube y la seguridad se han convertido en elementos indispensables para almacenar, analizar y aprovechar los datos [17]. Si bien es cierto que estas y otras tecnologías se han venido utilizando y comunicando entre sí en los últimos años, todavía en la actualidad no se logra una total integración entre ellas. En México, la estructura innovadora tiene serias limitaciones en cuanto a capacidades técnicas y organizativas de las empresas para incorporar tecnologías digitales en sus procesos de producción [18]. De acuerdo con [19], en México existe un rezago en el aprovechamiento, la apropiación, la adaptación y el despliegue de tecnologías en relación con otros países, lo que genera una brecha digital que ya representa un serio desafío. En el contexto global existe una tendencia a integrar tecnologías de manufactura y de información con el objetivo de optimizar procesos, obtener más eficiencia, generar más propuestas y responder oportunamente al mercado mundial [20]. Sin embargo, algunos estudios estiman que la transformación total a estas y otras tecnologías 4.0 se completaría alrededor del año 2039 [21].

El avance lento para el desarrollo de la industria 4.0 en México es debido a la falta de inversión de las empresas [17], así como a la falta de educación e información de los beneficios de la industria 4.0 [22]. La estandarización de sistemas, plataformas y protocolos, así como los cambios en la organización del trabajo para adoptar nuevos modelos de negocios son necesarios para el éxito de la industria 4.0 [23]. También lo son la rapidez de respuesta a las condiciones dinámicas y a la incertidumbre en los suministros, así como el buen manejo de la complejidad computacional derivada de la integración de variadas funciones [24]. Otros retos que las empresas enfrentan hoy en día son el conocimiento de nuevos paradigmas, la concientización sobre ellos, el financiamiento para implementar las nuevas tecnologías y la capacitación especializada del capital humano para interactuar con elementos autónomos e incrementar la productividad [25].

Para que las industrias descubran su potencial y sus limitaciones en el ámbito de la industria 4.0, es importante que conozcan su nivel de madurez [25] y que planeen estrategias futuras a partir de su realidad actual. Existen modelos que ayudan en este proceso [21]. Por ejemplo, a través de su aplicación, se sabe que hay regiones en México, en donde sectores, como el electrónico, se encuentran a la mitad del camino para alcanzar su nivel máximo en la industria 4.0 [21]. Por otra parte, para impulsar a las industrias mexicanas, es necesario que el gobierno también colabore con estímulos reales, pues los esfuerzos que se han realizado son limitados [26]. En este sentido, también se debe apoyar a las entidades educativas para contar con laboratorios y equipos que les permitan cumplir con su misión de desarrollar en los estudiantes competencias pertinentes que les permitan desempeñarse en la industria 4.0.

El objetivo del presente artículo es describir a través de evidencias empíricas el panorama interno de las plantas maquiladoras de Nuevo Laredo, Tamaulipas en relación con los datos generados por sus procesos manufactureros, a sus análisis y a las problemáticas para su aprovechamiento en la generación de conocimiento para la toma de decisiones. En este trabajo se abordan las siguientes preguntas de investigación: P1: ¿Existen problemas para acceder a los datos generados por los procesos de manufactura?, P2: ¿Qué tan difícil es obtener los datos de los procesos de manufactura?, P3: ¿Cuáles son las causas más importantes de la dificultad para obtener datos de los procesos de manufactura?, P4:

¿Cuáles son los rubros de las empresas que más problemas presentan para obtener datos de sus procesos?, P5: ¿Qué tan frecuentes son los análisis realizados a los datos obtenidos de los procesos?, P6: ¿Qué aspectos se consideran al momento de tomar decisiones relacionadas con los procesos?, P7: ¿Qué tan útil resulta actualmente la información obtenida de los procesos?

La hipótesis general de este trabajo es que en las maquiladoras de Nuevo Laredo existen áreas de oportunidad para acceder a los datos electrónicos de los dispositivos y maquinarias que representan los procesos manufactureros de la región. Las hipótesis particulares relacionadas con las preguntas de investigación planteadas previamente se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Hipótesis de investigación de este trabajo.

Pregunta de investigación	Hipótesis de investigación
P1	Existen problemas para acceder a los datos de los procesos manufactureros.
P2	Existe una tendencia hacia la dificultad para acceder los datos.
P3	La principal causa es que no se valora la importancia de los datos.
P4	Existen problemas en todos los giros o rubros de las empresas maquiladoras.
P5	Los análisis que se realizan tienden a ser aislados.
P6	Los datos del proceso son poco considerados al momento de tomar decisiones.
P7	La información que se obtiene de los procesos hasta el momento resulta útil.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: primero se presenta la metodología seguida en este trabajo. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos y su discusión. Finalmente se exponen las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

Metodología

Diseño de la investigación

Este trabajo posee un diseño cuantitativo de corte transversal y se ubica en los niveles descriptivo y relacional de la investigación.

Población y muestra

Nuevo Laredo tiene aproximadamente 412,365 habitantes [27] de los cuales 29,878 están empleados en las 35 maquiladoras de esta ciudad [28]. Estas cifras son del año 2019 e incluyen desde obreros hasta directivos. No se pudo obtener la cantidad exacta de profesionistas que trabajan dentro de la industria manufacturera, y de estos, tampoco se pudo conocer cuántos son ingenieros de calidad, manufactura o tecnologías. La muestra fue no probabilística con una selección de 100 participantes elegidos por conveniencia. En el estudio se incluyeron todas las respuestas válidas que lograron recabarse durante cuatro semanas. Se mantuvo esta cantidad de observaciones por ser técnicamente apropiada para las pruebas estadísticas propuestas.

Criterios de inclusión

Esta investigación se orientó exclusivamente a plantas maquiladoras con sede en Nuevo Laredo, Tamaulipas. Se encuestó a ingenieros de calidad, manufactura y tecnologías, todos empleados de estas empresas. Se tuvo en cuenta que los encuestados son los encargados de los procesos y trabajan diariamente en contacto con ellos. Se consideró que las respuestas de estos profesionistas reflejan de manera razonable la

medida en que se manejan los datos de los procesos en su empresa.

Instrumento de recolección de datos

Se diseñó un cuestionario para identificar la medida en que los ingenieros de calidad, producción e ingeniería tienen acceso y uso eficiente de los datos generados por los procesos. Se contó con el apoyo de dos expertos en el área industrial y dos expertos en el área de investigación. Los cuatro trabajaron juntos durante tres sesiones para el diseño de las preguntas. Iniciaron con una lluvia de ideas detonada por los objetivos de este trabajo. Partieron de palabras clave aisladas que luego fueron unificándose en conceptos, categorías y finalmente evolucionaron hasta tener la forma de preguntas. Después las preguntas y las escalas de respuesta se socializaron y pasaron por procesos de refinamiento y evaluación de pertinencia. No fue posible hacer una prueba piloto con la población objetivo. Sin embargo, sí se administró una primera versión a un número muy reducido de estudiantes de maestría que brindaron retroalimentación sobre su entendimiento de las preguntas y la mejora de estas.

La versión final del instrumento de recolección de datos se administró mediante la plataforma informática de *Google Forms*. El cuestionario fue entregado a los ingenieros mediante enlaces enviados a sus cuentas de redes sociales como *Facebook* o *Whatsapp* y a través de correo electrónico. Algunos de los participantes recomendaron a otros para ser parte de este estudio. El número de encuestas obtenidas electrónicamente fue 78. Posteriormente, 22 encuestas idénticas, pero impresas en hojas de papel fueron administradas personalmente a diversos ingenieros que cumplían con los requisitos para participar en este estudio. En la encuesta no fue requerido el nombre de los encuestados, los cuales trabajaban en al menos siete fábricas distintas de la región.

Consideraciones metodológicas

Todos los participantes fueron contactados por ser personas cercanas y conocidas, o bien, personas de confianza cercanos a ellos que estaban laborando en la industria maquiladora local. La investigación tuvo que realizarse de esta manera debido al nivel de confidencialidad, renuencia y rechazo que las maquiladoras mostraron al intentar contactarles oficialmente para obtener información.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta que por la manera en que las encuestas fueron administradas, es posible que dos o más personas puedan tener relación con el mismo proceso; aun así, las funciones o datos que cada persona obtiene son distintos, por lo que se consideró que cada persona vigila un aspecto diferente de cada proceso.

Estrategia de análisis de datos

El análisis de datos se realizó en el paquete estadístico *SPSS* versión 24 y consistió en varias etapas que permitieron la obtención final de los resultados. Una vez que las respuestas obtenidas electrónicamente estaban disponibles a través de *Google Forms*, fueron importadas a *SPSS*, en donde se realizaron ajustes relacionados con la estructura de la hoja de trabajo. Se especificó el número correcto de decimales para los campos numéricos, se determinaron los tipos correctos de variables, sus niveles de medición, etiquetas y posibles valores. Posteriormente, se realizó una revisión minuciosa para asegurar que los datos hubieran sido importados correctamente. Luego, los datos provenientes de las encuestas aplicadas en papel fueron

agregados a la hoja de trabajo previamente configurada. Una segunda revisión se llevó a cabo para verificar que estos datos hubieran sido introducidos correctamente en *SPSS*. Posteriormente se procedió a la identificación de valores perdidos y de valores atípicos. No se encontraron valores que afectaran seriamente los análisis a realizar y tampoco se realizaron eliminaciones de registros. Se trabajó con los datos de las 100 encuestas obtenidas. Posteriormente, se obtuvieron los estadísticos descriptivos y se realizaron las pruebas para tomar una decisión en relación con las hipótesis planteadas. Las pruebas estadísticas que se aplicaron fueron la prueba paramétrica *t* para una sola muestra [29] y la prueba no paramétrica *Kruskal-Wallis* [29] para determinar diferencias entre más de dos grupos independientes. En todos los casos se obtuvieron valores *p*, los cuales fueron contrastados con .05, que corresponde al nivel de referencia de 95% de confianza.

Resultados

Procesos con problemas

Los participantes indicaron que en promedio existen limitaciones para obtener información en el 77.15% de los procesos con los que trabajan diariamente. Se observó una distribución no normal que tiende a acumularse por encima de este valor, lo que significa que la mayoría de los participantes reportaron un elevado número de problemas.

Procesos con acceso automático a los datos

De acuerdo con los encuestados, solamente el 12% de los procesos con los cuales se relacionan cuentan con acceso automático a los datos que genera. Es decir, la mayoría (88%) no presenta esta característica.

Percepción de la dificultad para obtener los datos

Los participantes indicaron la dificultad para acceder a los datos de sus procesos utilizando una escala de uno (Muy fácil) a diez (Muy difícil). Se realizó una prueba *t* de una muestra y de un solo extremo. Se utilizó 5 como valor de prueba para representar la mitad de la escala, que divide a la parte superior (dificultad para acceder a los datos) y a la parte inferior (facilidad para acceder a los datos). Se obtuvo un valor de $p \cong 0$, por lo que se concluyó que hay suficiente evidencia para afirmar que el promedio de este resultado está por encima del 5; es decir, la media de las respuestas está ubicada en la región "dificultad para acceder a los datos" (la media obtenida fue de 7.27).

Causas relevantes de la dificultad en la obtención de los datos

Se les pidió a los participantes seleccionar la causa más importante de la dificultad para obtener los datos de sus procesos y el grado en que afecta utilizando una escala de uno a diez. Se plantearon las causas mostradas en la Figura 1. Para determinar estas alternativas predefinidas se tomaron como referencia la opinión y la experiencia de los expertos que participaron en el diseño del cuestionario, así como también los resultados de una revisión preliminar de la literatura. Aunque se dejó abierta la opción de "otra", no se lograron recabar suficientes respuestas homogéneas que pudieran ser incluidas en el análisis.

Se buscó determinar si una o más causas tienen un efecto significativo en la dificultad para acceder a los datos. Se realizó la prueba de *Kruskal-Wallis* a los resultados de esta pregunta y se obtuvo un valor de $p = 0.064$, que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas y, por lo tanto, no existe suficiente evidencia para concluir

que al menos una causa afecte más al grado de dificultad para acceder a los datos generados por los procesos**.** Es importante destacar que la causa "Falta de interés de los directivos" es la que obtuvo mayor puntuación aritmética (media=7.62, desv.=1.7); sin embargo, no resultó estadísticamente significativa (ver Figura 1).

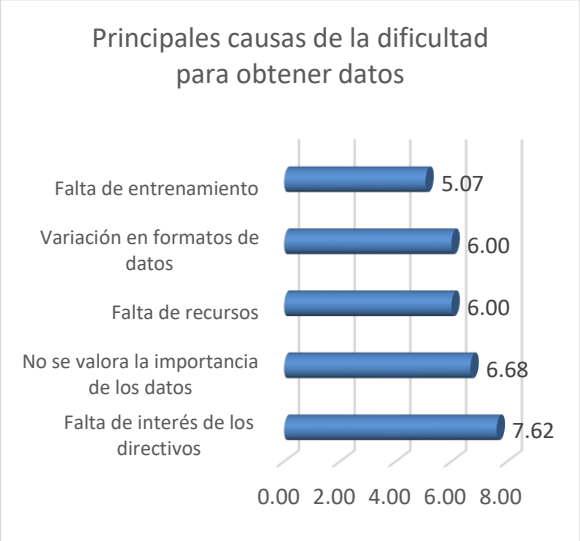


Figura 1. Principales causas de la dificultad para obtener datos y su promedio de puntuaciones. Fuente: Elaboración propia.

Giro de la empresa y dificultad para obtener los datos

Se agruparon los porcentajes de procesos con problemas según el giro de la empresa a la que pertenecen y se analizaron estos grupos mediante la prueba Kruskal-Wallis. En la prueba de hipótesis se obtuvo un valor de p = .238 y se concluyó que no hay evidencia para determinar un efecto significativo en la dificultad para obtener los datos debido al giro de la empresa. Algunos de los giros analizados fueron: componentes eléctricos, fabricación de calentadores, componentes metálicos y no metálicos, ensamble de aparatos electrónicos y fabricación de elementos médicos.

Función del encuestado dentro de la empresa y la dificultad para obtener los datos de los procesos

Se realizó la comparación de los procesos con problemas a través de las funciones de los encuestados. Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y se obtuvo un valor de p = 0.001 que indicó que sí existe una relación significativa entre la obtención de los datos y el puesto del encuestado; es decir, la función que realiza dentro de la empresa y la dificultad para obtener los datos. La función "Calidad" fue la que reportó más problemas para acceder a los datos y el puesto de "Sistemas" presentó la menor cantidad de problemas. Los rangos promedio obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Rangos promedio resultantes de la prueba Kruskal-Wallis.

Función dentro de la empresa	Rango promedio
Calidad del producto	66.53
Producción del producto	42.65
Diseño e ingeniería del producto	42.55
Sistemas /Tecnologías de la información	39.75

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad y frecuencia de los análisis realizados a los procesos

De acuerdo con los encuestados, los datos no se analizan en el 45% de los procesos. En el 55% restante sí se realiza algún tipo de análisis. De estos, en promedio, la mayoría se analizan diariamente (34%), semanalmente (23%), o solo cuando se requiere (26%). Sin embargo, también hay procesos cuyos datos se analizan mensualmente (9%), bimestralmente (4%), o trimestralmente (3%) (Ver Figura 2).

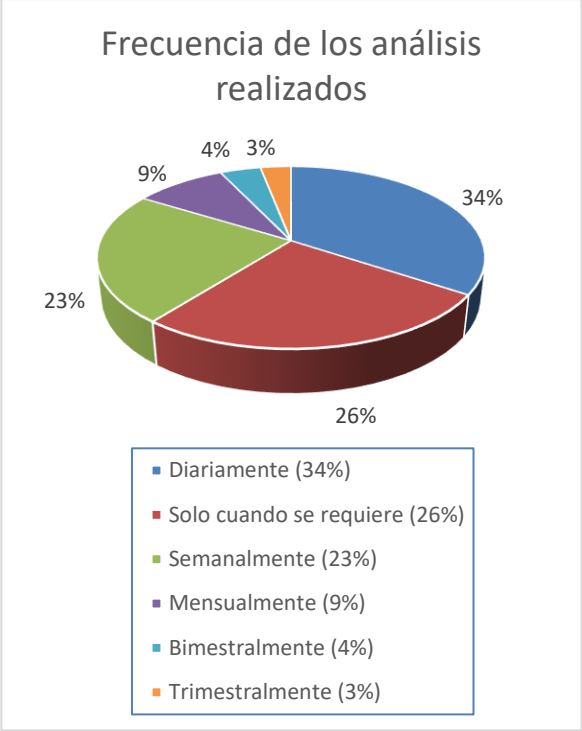


Figura 2. Frecuencia de los análisis realizados a los procesos. Fuente: Elaboración propia.

Base para la toma de decisiones

Los participantes contestaron que para tomar sus decisiones consideran en primer lugar, la información obtenida en los procesos (27%); en segundo lugar, el sentido común e intuición (26%); en tercer lugar, la experiencia (25%) y, en cuarto lugar, una combinación de todos estos aspectos (21%). Estos resultados se muestran en la Figura 3.

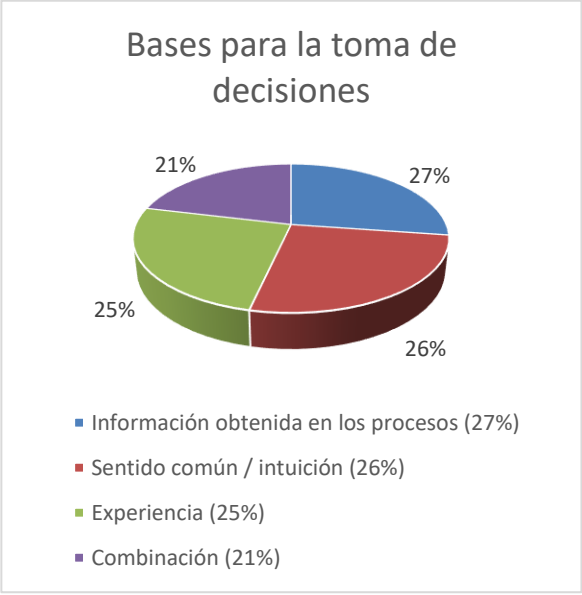


Figura 3. Bases para la toma de decisiones reportados por los participantes. Fuente: Elaboración propia.

Utilidad de la información para la toma de decisiones

Los encuestados indicaron en una escala de uno (nada) a diez (mucho), qué tan útil es la información obtenida de los análisis para la toma de decisiones en sus procesos. Se observó que la distribución tendió a concentrarse hacia "Muy útil" con una media de 6.94 y una desviación estándar de 1.82.

Discusión

A continuación, se revisitarán las preguntas de investigación y las hipótesis de este trabajo a la luz de los resultados estadísticos obtenidos. También se brindará una interpretación de los hallazgos.

P1: ¿Existen problemas para acceder a los datos generados por los procesos de manufactura?

Los resultados indican que los participantes tienen problemas para obtener datos en un alto porcentaje (77.15%) de los procesos con los que se relacionan. También quedó en evidencia que la mayoría de los procesos reportados por los usuarios (88%) no permiten la obtención automatizada de datos. De esta manera, la primera hipótesis de investigación resultó verdadera.

P2: ¿Qué tan difícil es obtener los datos de los procesos de manufactura?

La mayoría de las respuestas de los encuestados se ubicaron entre 6 y 10 (media=7.27) en una escala de uno (poco) a diez (mucho) para medir la dificultad de la obtención de datos en los procesos. Es así como se corrobora la hipótesis de que efectivamente existe una tendencia hacia la dificultad para acceder los datos.

P3: ¿Cuáles son las causas más importantes de la dificultad para obtener datos de los procesos de manufactura?

Los participantes identificaron a la falta de interés de los directivos como la causa predominante de la dificultad para obtener los datos. Sin embargo, no se pudo establecer que esta pueda ser considerada estadísticamente significativa. Es decir, no se puede concluir que alguna causa contribuya en mayor o menor medida que el resto. De esta manera, no se obtuvo evidencia para aceptar la hipótesis planteada en este punto.

P4: ¿Cuáles son los rubros de las empresas que más problemas presentan para obtener datos de sus procesos?

De acuerdo con las pruebas realizadas, no existe evidencia estadística para determinar que algún rubro de las empresas presente mayor o menor cantidad de problemas para la obtención de datos de los procesos. De esta manera, se considera que todos los rubros presentan problemas por igual, con lo que se comprueba la hipótesis planteada.

Esta investigación profundizó en esta pregunta y realizó un análisis adicional que reveló información complementaria: los encuestados que laboran en los departamentos de "calidad" reportaron significativamente más problemas para acceder a los datos y los empleados del departamento de "sistemas" fueron quienes reportaron menos problemas de esta naturaleza.

P5: ¿Qué tan frecuentes son los análisis realizados a los datos obtenidos de los procesos?

Los resultados indican que, en promedio, se realiza análisis solo a un 55% de los procesos. Es más probable que el análisis se haga diariamente, semanalmente o solo cuando se requiera. Siendo diariamente (34%) la frecuencia más común. De esta manera, no se tuvo evidencia que soporte la hipótesis planteada para esta pregunta.

P6: ¿Qué aspectos se consideran al momento de tomar decisiones relacionadas con los procesos?

Los participantes de esta investigación reportaron que para tomar decisiones consideran en primer lugar, la información obtenida en los procesos; en segundo lugar, el sentido común e intuición; en tercer lugar, la experiencia y, en cuarto lugar, todos estos aspectos. De esta manera, no se obtuvo evidencia para respaldar la hipótesis planteada en esta pregunta.

P7: ¿Qué tan útil resulta actualmente la información obtenida de los procesos?

Los resultados indican que los participantes reportaron una media de 6.94 en una escala de uno (Nada útil) a diez (Totalmente útil). Esto significa que la información que actualmente se obtiene de los procesos resulta útil para los participantes. De esta manera, la hipótesis planteada para esta pregunta se considera verdadera.

Significado, implicaciones y repercusiones de los resultados

En esta investigación se encontró que actualmente las empresas maquiladoras de Nuevo Laredo, Tamaulipas sí realizan algunos análisis de datos a sus procesos de manufactura. Sin embargo, existen muchas oportunidades de mejora que permitirán incrementar los niveles de automatización e inteligencia en sus actividades. Esto implica que algunos procesos tienen problemas para que sus datos sean adquiridos y que hay otros procesos cuyos datos no están siendo analizados. Por otra parte, también se encontró que la frecuencia de los análisis puede incrementarse en beneficio de las empresas. Ante este panorama, las industrias maquiladoras deben continuar adoptando nuevas tecnologías e implementando nuevos procedimientos que les permitan obtener sabiduría a partir de sus datos. Esto seguramente irá aconteciendo en los próximos años, en los que también la industria 4.0 en México irá adquiriendo su madurez.

Nuestros resultados concuerdan con lo expresado por [2], pues en esta investigación quedó en evidencia que todavía hay información valiosa de los procesos manufactureros que podría extraerse y utilizarse. Como se indica en [21], la integración tecnológica en las maquiladoras es todavía incompleta y existe un rezago en el aprovechamiento de los datos, tal como lo señalan en [19]. Así mismo, concordamos con [17], [18], [22] y [26] con relación a que en México todavía existen oportunidades para avanzar hacia la industria 4.0 a través de varias dimensiones como la adopción de nuevas tecnologías, estándares, políticas, inversiones, apoyos, estrategias e iniciativas, acompañados de una actitud que abrace al cambio y a la capacitación constante sin olvidar su capital humano.

La Tabla 3 presenta un resumen de las problemáticas y áreas de oportunidad detectadas en esta investigación.

Tabla 3. Áreas de oportunidad detectadas para la Industria 4.0 en Nuevo Laredo, Tamaulipas.

Categoría	Áreas de oportunidad detectadas
Procesos no automatizados	Alto porcentaje de procesos no automatizados.
Procesos automatizados	Problemas para acceder a los datos generados.
	Dificultad para la obtención de datos.
	Bajo porcentaje de análisis a los datos obtenidos.
Causas de la dificultad para obtener datos	Falta de interés de los directivos, falta de valoración de los datos, falta de recursos, variación en formatos y falta de entrenamiento.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las hipótesis planteadas inicialmente en este trabajo y su resultado después de las pruebas de hipótesis.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de hipótesis de investigación de este trabajo.

Pregunta de investigación	Hipótesis	Enfoque estadístico	Resultado
P1	Existen problemas para acceder a los datos de los procesos manufactureros.	Descriptivo	Se acepta
P2	Existe una tendencia hacia la dificultad para acceder los datos.	Prueba *t* para una muestra	Se acepta
P3	La principal causa de las dificultades es que no se valora la importancia de los datos.	Prueba *Kruskal-Wallis*	Se rechaza
P4	Existen problemas en todos los giros o rubros de las empresas maquiladoras.	Prueba *Kruskal-Wallis*	Se acepta
P5	Los análisis que se realizan tienden a ser aislados.	Descriptivo	Se rechaza
P6	Los datos del análisis de procesos son poco considerados al momento de tomar decisiones.	Descriptivo	Se rechaza
P7	La información que se obtiene de los procesos hasta el momento resulta útil.	Descriptivo	Se acepta

Conclusiones

Esta investigación tuvo como objetivo describir a través de evidencias empíricas el panorama interno de las plantas maquiladoras de Nuevo Laredo, Tamaulipas en relación con los datos generados por sus procesos manufactureros, a sus análisis y a las problemáticas para su aprovechamiento en la generación de conocimiento para la toma de decisiones. Los resultados expusieron la necesidad de obtener un acceso eficiente, ágil y adecuado a los datos producidos por los procesos manufactureros para que estos resulten en una base sólida para la toma de decisiones. Aunque existe consenso por parte de los dueños de los procesos en que actualmente cuentan con un regular nivel de automatización, todavía falta camino por recorrer para lograr una inteligencia de negocios razonable y una toma de decisiones más acertada y predictiva. Esto es, todavía se puede crecer en los procesos de obtención, análisis y aprovechamiento de los datos. Los retos no están solamente en las áreas técnicas, sino también en la concientización sobre la importancia de los datos y su utilidad para la toma de decisiones. Por otro lado, es relevante que, de acuerdo con los resultados, la información proveniente de los procesos automatizados está siendo considerada útil para la toma de decisiones. Esto indica un progreso positivo hacia una mayor cultura de datos e información.

Algunas recomendaciones que las maquiladoras pueden seguir para mejorar la inteligencia de negocios en sus procesos son:

tener claros sus objetivos, promover la comunicación, la capacitación y la concientización sobre la importancia de los datos, conocer herramientas de software y sus potenciales usos, mantener una actitud abierta ante nuevas tecnologías, servicios y procesos, así como priorizar sus necesidades y con base en ellas, ser selectivos en sus análisis.

Por otra parte, también hay que considerar que las soluciones que involucran nuevas tecnologías requieren mayor inversión y esto puede ser un impedimento para la modernización de muchas empresas. Ciertamente otra de las causas que puede obstaculizar el aprovechamiento de los datos y que no depende de los empleados de la empresa es la variedad de formatos en los cuales los procesos entregan la información. Esto genera una conectividad débil, la cual a su vez está relacionada con la falta de estándares establecidos para la entrega de datos. Por otra parte, en las maquiladoras es interesante observar a la mayoría del personal trabajando desde sus estaciones de cómputo conectados a una variedad de sistemas, mientras que otros empleados principalmente operativos todavía siguen trabajando con tinta y papel. Este contraste debe ser estudiado con mayor profundidad, pues seguramente también representa una oportunidad para la generación y aprovechamiento de conocimiento.

Nuestra investigación puede resultar útil para que gerentes, administradores o directivos de las empresas maquiladoras estén informados y adopten una actitud de apertura hacia la toma de decisiones orientada a la adopción de una cultura de valoración y aprovechamiento de la inteligencia generada por los procesos de automatización. Por otra parte, nuestros resultados también aportan elementos para concientizar a representantes del gobierno para promover políticas y acciones que permitan un desarrollo más acelerado de la industria 4.0 en nuestra región y en el país.

Con relación a las contribuciones a la teoría, este trabajo ha realizado aportes que permiten caracterizar y entender mejor la situación actual de la industria 4.0 en México.

Asimismo, es importante poner en contexto algunas áreas de oportunidad del presente trabajo. Por ejemplo, el muestreo y la manera de obtener la información podrían haberse realizado de manera distinta si las condiciones lo hubiesen permitido. Si bien es cierto que no es posible generalizar los resultados, se debe tomar en cuenta que este estudio muestra facetas relevantes y actuales del fenómeno estudiado en la región.

Esto hace propicio el escenario para vislumbrar posibilidades para continuar esta investigación en trabajos futuros. En este sentido, replicar el presente estudio con un alcance mayor y un muestreo probabilístico es una primera alternativa. Por otra parte, la identificación de maquiladoras a través de perfiles tecnológicos comunes y el estudio de casos concretos también permitirán conocer con mayor profundidad y contexto las implementaciones y problemáticas actuales de la industria 4.0 en nuestra región.

Finalmente es importante reflexionar que el aumento en el porcentaje de procesos automatizados y analizados representa retos importantes para las maquiladoras. Sin embargo, las experiencias internacionales indican una tendencia inexorable hacia la adopción de las prácticas de la industria 4.0.

Referencias

[1] IDC, «The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East,» 2012.

[2] S. Gallardo, «¿Somos analfabetas de datos?,» *Sistemas*, vol. 1, nº 152, pp. 30-48, 2019.

[3] A. Telukdarie y M. N. Sishi, «Enterprise Definition for Industry 4.0,» de *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bangkok, Tailandia, 2018.

[4] M. Miskuf y I. Zolotová, «Application of Business Intelligence Solutions on Manufacturing Data,» de *SAMI 2015 - IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, Herl'any, Slovakia, 2015.

[5] M. Herli, B. Tjahjadi, Hamidah y Hafidhah, «Effectiveness of the Business Intelligence System in the manufacturing decision-making process: The Case in Fertilizer Companies,» *Talent Development & Excellence*, vol. 12, nº 2S, pp. 1814-1820, 2020.

[6] M. Miskuf, I. Zolotová y M. Nemcik, «Application of Business Intelligence Solutions from Microsoft and IBM on Manufacturing Data,» de *SAMI 2016 - IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, Herl'any, Eslovaquia, 2016.

[7] E. Kajáti, M. Miskuf y P. Papcun, «Advanced Analysis of Manufacturing Data in Excel and its add-ins,» de *SAMI 2017 - IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, Herl'any, Slovaquia, 2017.

[8] S. Munirathinam, S. Sun, J. Rosin, S. Hari y A. Chinthakindi, «Design and Implementation of Manufacturing Data Lake in Hadoop,» de *2019 IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial & Logistics Engineering (SMILE)*, Hangzhou, China, 2019.

[9] B. Richardson, «MESA smart manufacturing model to detail 8 areas,» *Control Engineering*, p. 19, 2020.

[10] M. Littlefield, «Leveraging Real-time Quality Metrics to Improve OEE,» *LNS Research*, 8 2 2013.

[11] M. Bailey, «Explore it, exploit it or forget it,» *Logistics and transport focus* , vol. 21, nº 9, pp. 42-44, 2019.

[12] G. Miragliotta, S. Andrea, C. Elisa y D. Rosella, «Data driven management in Industry 4.0: A method to measure data productivity,» *IFAC Papers On Line*, vol. 51, nº 11, pp. 19-24, 2018.

[13] D. McPhail, *Manufacturing Engineering magazine*, 2015.

[14] A. I. Basco, G. Beliz, D. Coatz y P. Garnero, «Industria 4.0 Fabricando el futuro,» Banco Interamericano de Desarrollo, Buenos Aires, Argentina, 2018.

[15] M. Dassisti, G. Antonio, P. Merla y M. Chimienti, «An approach to support Industry 4.0 adoption in SMEs using a core-metamodel,» *Annual Reviews in Control*, vol. 47, pp. 266-274, 2019.

[16] C. B. Ynzunza Cortés, J. M. Izar Landeta, J. G. Bocarando Chacón, F. Aguilar Pereyra y M. Larios Osorio, «El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y perspectivas,» *Conciencia Tecnológica*, vol. 22, nº 54, p. 1, 2017.

[17] K. M. Nava Aguirre, J. G. Silva Ábrego, A. Guajardo García, O. U. Leyva Velázquez y C. Y. Torres Camarillo, «La incorporación de la Industria 4.0 en el sector de autopartes en Nuevo León, México,» *Innovaciones de negocios*, vol. 16, nº 32, pp. 232-270, 2019.

[18] M. Casalet y F. Stezano, «Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico,» *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 1, nº 1, pp. 1-16, 2020.

[19] M. A. Arellano Morales, «Las brechas digitales en México: un balance pertinente,» *El trimestre económico*, vol. LXXXVII, nº 346, pp. 367-402, 2020.

[20] J. J. Cevallos Cuenca y H. G. Vera Flores, «Inteligencia de negocios de nueva generación en manufactura,» *Polo del conocimiento*, vol. 5, nº 2, pp. 294-315, 2020.

[21] M. V. Jacquez Hernández y V. G. López Torres, «Medición del grado de preparación de la industria electrónica de Baja California para incorporarse a la industria 4.0,» de *II Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2019*, Manizales, Colombia, 2019.

[22] M. A. Mejía Huidobro, A. D. Camacho Vera y M. Marcelino Aranda, «Estrategias del sector público y privado para la implementación de la Industria 4.0 en México,» *Revista UPIICSA Investigación interdisciplinaria*, vol. 6, nº 1, pp. 13-31, 2020.

[23] R. Blanco, J. Fontrodona y C. Poveda, «La industria 4.0: Estado de la cuestión,» *Economía industrial*, vol. 164, nº 406, p. 151, 2017.

[24] S. Kumar, M. Vikas, S. Vivek y K. L. Bhupest, «Integrated yet distributed operations planning approach: A next generation manufacturing planning system,» *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 54, nº 2020, pp. 103-122, 2019.

[25] J. Hernández Gómez y M. A. Hernández Calzada, «Los retos de la implementación de la Industria 4.0,» *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, vol. 8, nº 5, pp. 13-16, 2019.

[26] A. Morales Alquicira, A. Rendón Trejo y I. J. Guillén Mondragón, «Digitalización y competitividad industrial. Impulso gubernamental en Alemania y México,» de *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, Puerto Vallarta, Jalisco, México, 2019.

[27] INEGI, «Encuesta Intercensal,» 2015.

[28] ICCE de Nuevo Laredo, «ICCE de Nuevo Laredo,» Enero 2019. [En línea]. Available: http://www.iccedenuevolaredo.org/icce/index.php/51-prontuario-2018/214-prontuario-socioeconomico-binacional-2019-spanish. [Último acceso: 20 enero 2020].

[29] R. Levin y D. Rubin, Estadística para administración y economía, Pearson, 2010.