Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Industriómetro 4.0: Sistema de análisis industria 4.0 para determinar la percepción organizacional, tecnológica y desarrollo sostenible laboral de las empresas

Industriómeter 4.0: Industry 4.0 analysis system to determine the organizational, technological and sustainable labor development perception of companies

Díaz-Martínez, M.A.[a], Cervantes-Zubirias, G.[b], Melo-Morín, J.P.[a], Román-Salinas, R.V.[a]

[a] Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Pánuco (ITSP), Prol. Av. Artículo 3ro Constitucional. Col. Solidaridad, S/N. Pánuco, Veracruz.
[b] Universidad Autónoma de Tamaulipas- Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-AZTLÁN, C. Fuente de Diana, Aztlán, 88740 Reynosa, Tamaulipas.
marco.diaz@itspanuco.edu.mx; gabriela.cervantes@docentes.uat.edu.mx; patricia.melo@itspanuco.edu.mx; reina.roman@itspanuco.edu.mx

Innovación tecnológica: Sistema para el análisis de la industria 4.0 y el desarrollo sostenible en las empresas.

Área de aplicación industrial: Organizacional e innovación y tecnología.

Recibido: 03 diciembre 2021
Aceptado: 05 junio 2022

Abstract

This research work presents a system for analyzing 4.0 in companies. The variables to be measured are the organization, technology and the work environment with the focus of industry 4.0. This tool is totally focused on assessing industry 4.0 a well as to being a innovative technological contribution that provides reliable information to know the needs that industry 4.0 involves in companies and to achieve a synergy for an adequate process in order to make the best decisions. The methodology involved, first, conducting a literature review related to the study variables; determine the reliability of the assessment instrument; and finally designing an Android-based mobile application system to measure the effectiveness of Industry 4.0. The results showed that the evaluation instrument obtained an acceptable Omega McDonald index of 0.86 and the work environment variable presented a model explanation of 86%. This system was applied to 20 companies in the industrial branch of the municipalities of Reynosa and Pánuco. In the states of Tamaulipas and Veracruz, respectively.

Keywords: Industry 4.0, technology, organization, technological development.

Resumen

En este trabajo de investigación se presenta un sistema de análisis de la industria 4.0 en las empresas. Las variables a medir son la organización, tecnología y el ambiente laboral con el enfoque de la industria 4.0. Esta herramienta está totalmente enfocada a evaluar la industria 4.0 además de ser una aportación tecnológica novedosa que brinde información confiable para conocer las necesidades que involucra la industria 4.0 en las empresas y lograr una sinergia para un proceso adecuado con la finalidad de tomar las mejores decisiones. La metodología implicó, primeramente, realizar una revisión de la literatura relacionada con las variables de estudio; determinar la confiabilidad del instrumento de evaluación y finalmente diseñar un sistema de aplicación móvil basado en Android para medir la efectividad de la industria 4.0. Los resultados mostraron que el instrumento de evaluación obtuvo un índice de Omega McDonald aceptable de 0.86 y la variable de ambiente laboral presentó una explicación del modelo del 86%. Este sistema fue aplicado a 20 empresas del ramo industrial de los municipios de Reynosa y Pánuco, pertenecientes a los estados de Tamaulipas y Veracruz respectivamente.

Palabras clave: Industria 4.0, tecnología, organización, desarrollo tecnológico.

I. Introducción

La cuarta revolución industrial se enfoca principalmente a empresas en las que sus procesos utilizan sistemas inteligentes y autónomos mejorados por el internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA) y sistemas ciberfísicos. La importancia de la industria 4.0 es la conexión, comunicación entre sistemas, procesos y máquinas que permitan tomar las mejores decisiones sin intervención de una persona (Aoun, 2021). La industria 4.0, busca describir una empresa inteligente con todos los procesos involucrados por internet de las cosas, que además expone una alta flexibilidad en los procesos de producción de las organizaciones (Luque, 2017).

Esta nueva revolución industrial, permite trabajar de manera inteligente los sistemas de producción a través de la información y comunicación en tiempo real (Xun et al., 2021). La industria 4.0 genera un impacto importante en los sistemas, procesos productivos y especialmente en temas de integración de la cadena de valor, así como los niveles de competitividad (Mon, 2021). La implementación de las tecnologías de la información (TIC) requiere conocer los productos y los servicios que aportan las organizaciones (Mon, 2022).

Esta nueva generación de tecnologías 4.0, ha generado un cambio drástico en los sistemas y procesos de fabricación siendo un gran desafío para las organizaciones (Yumi et al., 2021). La intercomunicación de productos ha ayudado a las empresas a tener un mayor rendimiento industrial. Cabe mencionar, que se sabe poco sobre cómo las industrias ven la contribución potencial de las tecnologías relacionadas con la industria 4.0 (Santos, 2018). Más allá de tener un nivel bajo del conocimiento sobre la contribución de las tecnologías, otro de los problemas que aqueja a las empresas es el creciente número de personas adultas que empujan a la industria a replantear su fuerza laboral, rediseñar lugares de trabajo y rediseñar estrategias de aprendizaje continuo (Sallati, 2021).

La industria 4.0 es una combinación de nuevas tecnologías; sin embargo, su desempeño depende de su aplicación y

función, así como de las áreas o departamentos involucrados o interesados (Cugno, 2021). Las empresas buscan tener menores costos de inversión en tecnología que les permitan crear entornos de producción determinados por una mayor productividad y flexibilidad (Fragapane et al., 2020).

La pandemia del COVID-19, ha obligado a las empresas a tomar medidas importantes para que sus trabajadores puedan tener acceso y utilizar tecnologías digitales para continuar con sus laborales de manera óptima. El internet de las cosas, sistemas digitales, sistemas ciberfísicos y la nube son tecnologías claves asociadas a la industria 4.0 que han mejorado el rendimiento laboral de las empresas (Moosavi, 2021). La pandemia del COVID-19, impulsa a las empresas manufactureras a adoptar la industria 4.0 para seguir siendo competitivos. Sin embargo, ha sido todo un desafío el logro de la implementación de esta, ya que, al comenzar la adaptación existen fallas dadas a la comprensión tanto de Lean Manufacturing como la industria 4.0 (Yilmaz, 2021). Para las empresas inicialmente es difícil entender que esta nueva revolución industrial 4.0 es una entrada a tecnologías innovadores y sistemas digitales de punta, que exige una adaptación de sus sistemas con los trabajadores.

La implementación de herramientas y sistemas relacionados con la industria 4.0 estimulan los procesos de fabricación, la flexibilidad, personalización y calidad de la producción, hacia el mejoramiento para adentrarse cada vez más en esta nueva revolución industrial independientemente del giro de la empresa (Silvestri, 2020 & Aceto, 2020). En la actualidad la mayoría de los sistemas de producción y la gestión de la información son controlados por sistemas ciberfísicos y hasta aplicaciones móviles que obtienen resultados y análisis en tiempo real, lo cual es parte de la vida diaria de los individuos (Bohórquez, 2017).

La industria 4.0 ha sido una de las mayores evoluciones tecnológicas conocidas en todo el mundo, ya que presenta un impacto en la forma que se desarrollan las cosas, la utilización e implementación de recursos, interrelaciones de las personas, establecimiento y crecimiento de los negocios y empresas (Siemens, 2019). Las empresas están dispuestas a conocer e implementar la industria 4.0 para mejorar los niveles de productividad y los niveles de competitividad (Giallanza, 2021).

El involucramiento de los sistemas de información está atravesando un gran cambio originado por las capacidades y evolución de las computadoras, almacenaje, generación de contenidos aunado a la velocidad a la que pueden llegar a intercambiar información en tiempo real y el resultado es definido como una autentica transformación social (Muñoz, 2020).

El objetivo de esta investigación es presentar una herramienta innovadora capaz de medir la percepción de las empresas y su nivel de implementación de la industria 4.0. El instrumento es evaluado mediante la aplicación de ecuaciones estructurales parciales (PLS), para determinar la relación entre las variables y su aportación. Se establecieron las relaciones entre las tres variables con el ambiente de trabajo laboral industria 4.0 a manera de ejemplo, para la representación completa del estudio.

II. Metodología

Cuando hablamos de análisis de sistemas o procesos de producción, nos referimos a que pueden existir relaciones entre las diferentes áreas de la empresa que son un elemento importante para el logro de los objetivos

cuando trabajan en conjunto y dinámicamente (Briones, 2020).

El presente trabajo es de tipo cuantitativo, inferencial y cualitativo para identificar las relaciones entre las variables de estudios. Hay diversos tipos de entrevistas; sin embargo, en esta investigación para trabajar con el tipo cualitativo se utilizó la entrevista de tipo semiestructurada ya que cuenta con características que hacen de este método ser versátil, dinámico y sencillo para generar escenarios con profundidad de dialogo hacia los entrevistados (Villareal, 2022).

Se utilizó estadística multivariada apoyándose con softwares estadísticos como SPSS v24 y XLSTAT 2014 para la determinación del coeficiente de Omega para la validez del instrumento y mínimos cuadrados parciales (PLS). Este coeficiente tiene la función de obtener una mejor precisión de la fiabilidad de la información ya que, de acuerdo a la situación que se presente puede adaptarse. La población fue de 20 empresas del ramo de la metalmecánica repartidas entre los municipios de Pánuco y Reynosa, pertenecientes a los estados de Tamaulipas y Veracruz. Cabe mencionar que al inicio de la investigación se tenía contemplado una población de 30 empresas. Sin embargo, por cuestiones de la situación del COVID-19 solo 20 de ellas permitieron realizar dicha investigación. La técnica de PLS tiene como objetivo la predicción de constructos y es la adecuada para esta investigación (Hair, 2017) y para el caso de análisis de datos cuantitativos enfocada al ámbito social cubriendo las necesidades estadísticas de los investigadores al campo que se aplique (Rivadeneira, 2020). El instrumento de medición determina el impacto de la industria 4.0 en las empresas para conocer el nivel de conocimiento e implementación. Este instrumento consta de 22 preguntas, donde cada una de los cuestionamientos tiene un valor de 4.5 puntos aproximadamente para dar un total de 100%, y esta agrupado en tres variables: organización industria 4.0, tecnologías industria 4.0 y ambiente laboral industria 4.0.

El presente trabajo de investigación se compone por tres dimensiones de estudio caracterizadas y expuestas a continuación (tabla 1):

> **Organización industria 4.0.-** Evalúa el conocimiento existente relacionado con la industria 4.0 en las empresas. Si está preparada para la adquisición de equipo productivo y si es capaz de tomar las mejores decisiones para una mejora continúa aumentando las exigencias de calidad para ser una empresa competitiva.
>
> **Tecnología industria 4.0.-** Valora si en la empresa existe automatización de los procesos, atención sobre la transformación digital en la comunicación entre procesos y si ha influido en algún proceso de la empresa.
>
> **Ambiente laboral industria 4.0.-** La empresa considera la salud, el bienestar, educación, igualdad de género, producción y consumo responsable forman parte de una empresa con un desarrollo sostenible óptimo.

Tabla 1. Instrumento de medición.

	No	Indicador	Valor de respuesta	
			Si	No
Organización Industria 4.0	1	¿En la organización existe conocimiento de lo que comprende la industria 4.0?		
	2	¿La organización ha realizado inversiones relacionadas con el mejoramiento de tecnología e innovación?		
	3	¿La organización está preparada para la adquisición o actualización de equipo de producción o procesos?		
	4	¿En la organización existe flexibilidad en la producción o adaptación de respuesta a las nuevas exigencias del entorno competitivo?		
	5	¿En la organización se han tomado decisiones en términos de optimización o mejora continua?		
Tecnología Industria 4.0	6	¿Con la intervención de la tecnología, existe un aumento de la productividad y optimización de recursos a nivel general?		
	7	¿En la organización existe la automatización de procesos?		
	8	¿Cuentan con procesos o máquinas que respondan de manera automática a los datos recolectados por su empresa sin intervención del personal?		
	9	¿Existe atención sobre una posible transformación digital del proceso de cadena de suministro?		
	10	¿Existe atención sobre una posible transformación digital en la capacitación continua?		
	11	¿El análisis de la información de datos recolectados de las máquinas o equipos lo realizan con personal interno de la empresa?		
	12	¿Existe atención sobre una posible transformación digital en la comunicación máquina a máquina?		
	13	¿La transformación digital ha influido en algún proceso de su organización?		
Ambiente Laboral Industria 4.0	14	¿Tiene conocimiento sobre la agenda 2030 de desarrollo sostenible de la ONU?		
	15	¿Considera que la salud y el bienestar forman parte de un desarrollo sostenible?		
	16	¿Considera que la educación y calidad forman parte de un desarrollo sostenible?		
	17	¿Considera que la ética laboral forma parte de un desarrollo sostenible?		
	18	¿Considera que la reducción de las desigualdades forman parte de un desarrollo sostenible?		
	19	¿Considera que los vínculos o alianzas organizacionales forman parte de un desarrollo sostenible?		
	20	¿Considera que la igualdad de género forma parte de un desarrollo sostenible?		
	21	¿Considera que la producción y el consumo responsable forman parte de un desarrollo sostenible?		
	22	¿La organización ha presentado dificultades para contratar personal con habilidades adecuadas?		

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo terminado con las entrevistas aplicadas a las empresas, se realizó la validación del instrumento utilizando el coeficiente de índice de Omega McDonald (Ventura, 2017 & Hayes, 2020). Para determinar el nivel de significancia de las variables de estudio, se aplicó el modelo estadístico de mínimos cuadrados parciales (PLS) y el modelo 4 de mediación de análisis cuantitativo de efectos directos e indirectos (Eko et al., 2021 & Hayes, 2013).

Finalmente, habiendo validado la consistencia del instrumento, se prosiguió a transformarlo en una aplicación móvil. Esta aplicación móvil, fue desarrollada en plataforma Android y se utilizó la plataforma de "App inventor" mediante el uso de bloques de programación ya que, es de tipo software libre. Esta aplicación tiene la funcionalidad de recolectar la información del instrumento diseñado, analizarlo y determinar que dimensiones están cumpliendo las empresas y cuáles no. La aplicación podrá generar un resultado de las posibles estrategias a realizar por parte de la empresa para poder mejorar las dimensiones con un porcentaje bajo. Esta aplicación funcionará con cualquier dispositivo móvil que cuente con el sistema operativo de Android. A continuación, se deja la liga de acceso para ver una versión preliminar de la aplicación. El uso de aplicaciones móviles, en la actualidad es de mucha ayuda, ya que contar con nuevas alternativas de difusión que, puedan ser aprovechadas por la tecnología móvil es una ventaja para poder alcanzar cualquier tipo de empresa que desee conocer su nivel de industria 4.0. El hecho de poder conectarse de un celular o equipo móvil es algo innovador y, sobre todo, que puede ser alcanzado en cualquier parte del mundo que cuente con equipos inteligentes (App).

2.1 Diseño de aplicación móvil

A continuación, se presenta el diseño de la interfaz de la aplicación móvil denominada industriómetro 4.0 y la dirección web donde se puede descargar la versión preliminar de dicha aplicación *(https://drive.google.com/drive/folders/1qGSHK148LeaD-pcbx6Axl9DhtF4c9Suo?usp=sharing).*

Esta aplicación no es una plataforma cerrada; es decir, es posible actualizar o añadir nuevos elementos de evaluación con el fin de adaptarse a cada necesidad de la empresa. La pantalla de inicio de la aplicación Industriómetro 4.0 se muestra en la figura 1.



Figura 1. Pantalla de inicio industriómetro 4.0. Fuente: Elaboración propia.

El primer componente que se muestra de evaluación es el de la variable de *organización industria 4.0* que se encuentra integrada por cinco preguntas. Este componente tiene como objetivo evaluar el nivel de actualización de equipo, mejoramiento de la tecnología e innovación. El segundo componente que se muestra de evaluación es el de la variable de *tecnología industria 4.0* y está compuesta por ocho preguntas. Este componente tiene como objetivo evaluar el aumento de la productividad y optimización de recursos, la comunicación entre máquinas, influencia de la transformación digital en los procesos. El tercer componente que se muestra de evaluación es el de la variable de *ambiente laboral industria 4.0* y está diseñada con nueve preguntas. Este componente tiene como objetivo evaluar si la empresa cumple con un desarrollo sostenible en temas de la salud y bienestar de los trabajadores, ética laboral, reducción de desigualdades, alianzas (figura 2).

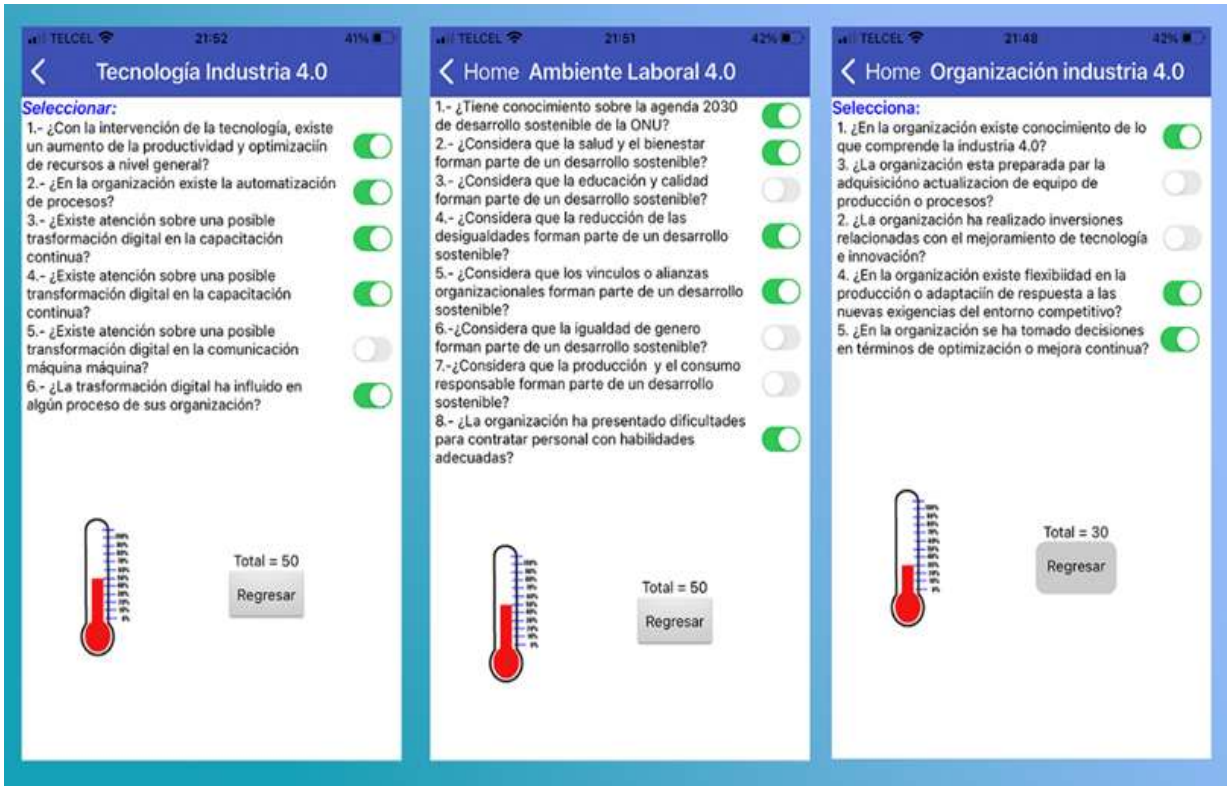


Figura 2. Pantalla de dimensiones del industriómetro 4.0. Fuente: Elaboración propia.

III. Resultados

3.1 Validación y consistencia interna del instrumento de evaluación

El instrumento de evaluación fue validado mediante el software SPSS statistics V24. La prueba que se utilizó fue la de confiabilidad del índice de Omega McDonald (Hayes, 2020), obteniendo como resultado 0.83 del total de las dimensiones evaluadas, lo que indica que, el instrumento tiene un comportamiento estable. Para el caso de la variable de organización industria 4.0, se obtuvo un Omega de 0.70, tecnología industria 4.0 con 0.80 y ambiente laboral industria 4.0 con 0.84.

Para obtener el resultado de manera analítica se puede determinar mediante la fórmula.

$$\omega = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum \Psi_i} \qquad \textbf{(Ec. 1)}$$

Donde λ_i representa la carga factorial, y Ψ_i la unicidad del ítem i.

También se calculó la varianza promedio extraída (o AVE, por *Average Variance Extracted)* por cada una de variables evaluadas. En estadística, AVE es un indicador que identifica la cantidad de varianza por constructo en relación con la cantidad de variación, y están formados por cargas factoriales resultantes de regresiones de máxima verosimilitud (Mendes, 2021). En la tabla 1, se muestran los resultados y la correlación entre las variables donde se puede observar que los valores de AVE están por debajo de lo mínimo que es 0.50, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos de Omega Mcdonald mostraron valores mayores a 0.70 y estos se considera resultados adecuados como validez convergente.

Tabla 1. AVE y correlación de las variables.

Constructos	Organización Industrial 4.0	Tecnología Industria 4.0	Ambiente Laboral Industria 4.0
Organización Industrial 4.0	1	0.56	0.80
Tecnología Industria 4.0	0.56	1	0.34
Ambiente Laboral Industria 4.0	0.80	0.34	1
AVE	.24	.22	.45

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Análisis y Resultados del modelo de mínimos cuadrados parciales (PLS)

En la tabla 2, se puede observar los pesos externos, correlación de cargas estandarizadas y limites superior e inferior. Para la variable de organización industria 4.0, la pregunta 4 que está relacionada con la evaluación de la flexibilidad de la producción presenta el mayor peso con un 0.80 y la que presenta el menor peso, es la pregunta 2, que evalúa la inversión en innovación y tecnología con un -0.01. En la variable de tecnología industria 4.0 el peso más alto lo obtuvo la pregunta 11, que evalúa el análisis de la información recolectada en equipos y máquinas con un 0.54, la de menor peso fue la pregunta 8, con un -0.09 que evalúa si la empresa cuenta con procesos o máquinas que respondan de manera automática a la información recolectada sin la intervención del personal. Por último, la variable de ambiente laboral industria 4.0, es la que presenta una mayor aportación, ya que la pregunta 15, 17, 18 y 21 obtuvieron el mismo resultado con un 0.24 estas están relacionadas con la salud y bienestar como parte de un desarrollo sostenible, la ética laboral, reducción de desigualdades y que las empresas forman parte de un desarrollo sostenible.

Tabla 2. Tabla de análisis de variables latentes.

Variable latente	Variables manifiestas	Pesos externos	Correlación de cargas estandarizas	Límite superior	Límite inferior
Organización industria 4.0	P1	0.42	0.63	-0.20	0.91
	P2	-0.01	0.12	-0.74	0.94
	P3	0.17	0.10	-0.68	0.94
	P4	0.80	0.87	-0.57	0.97
	P5	0.05	0.07	-0.67	0.92
	P6	0.02	0.21	-0.62	0.98
	P7	0.07	0.50	-0.55	0.97
	P8	-0.09	-0.05	-0.77	0.97
Tecnología industria 4.0	P9	0.19	0.24	-0.82	0.72
	P10	0.43	0.61	-0.46	0.85
	P11	0.54	0.78	-0.21	0.95
	P12	0.27	0.48	-0.23	0.82
	P13	-0.18	-0.43	-0.79	0.78
	P14	0.01	0.18	-0.84	0.84
	P15	0.24	0.99	0.00	0.99
	P16	-0.00	-0.10	-0.89	0.46
Ambiente laboral industria 4.0	P17	0.24	0.99	0.00	0.99
	P18	0.24	0.99	0.00	0.99
	P19	0.10	0.02	-0.80	0.26
	P20	0.04	-0.04	-0.93	0.41
	P21	0.24	0.99	0.00	0.99
	P22	0.03	0.33	-0.10	0.88

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se muestra el diagrama estadístico del modelo 4 de HAYES and PRESS de mediación de análisis cuantitativo (Hayes, 2013). Este modelo es exclusivo para la evaluación de tres variables donde: la variable de organización industrial es la variable independiente (X), la variable de Tecnología Industria 4.0 mediadora (M_i) y la variable dependiente Ambiente laboral industria 4.0 es la variable (Y).

Los efectos indirectos de X sobre Y a través de (M_i) = a_ib_i y el efecto directo de X sobre Y = c'.

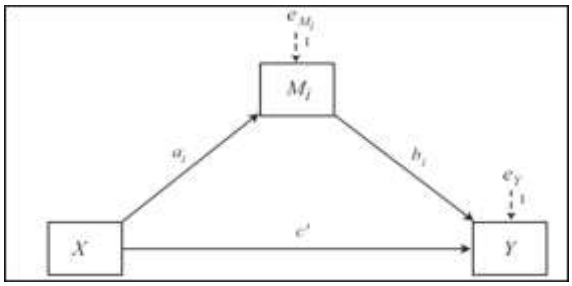


Figura 3. Diagrama estadístico del modelo 4 de Hayes. Fuente: (Hayes, 2013).

En la figura 4, se muestra el diagrama de modelo estructural, la relación entre las variables de estudio y que porcentaje de aportación R^2 presentan las variables de organización industria 4.0 y tecnología industria 4.0 con respecto a la variable de ambiente laboral industria 4.0. De acuerdo con los resultados obtenidos la variable tecnología industria 4.0 presenta una explicación del modelo del R^2 igual a 56% y la variable de ambiente laboral industria 4.0 presenta un R^2 82% de explicación del modelo de estudio. Este análisis se hizo con el fin de ejemplificar la aplicación del instrumento, validarlo y generar un sistema capaz de poder evaluar a las empresas para determinar el nivel de industria 4.0 que presentan.

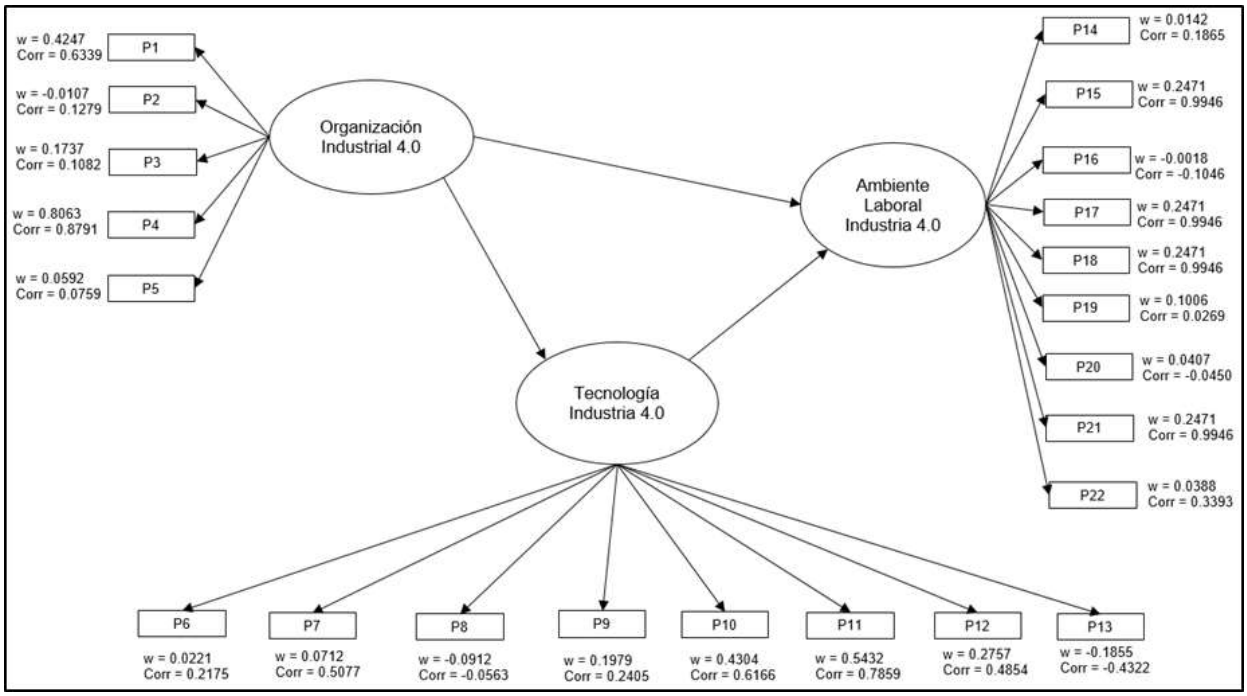


Figura 4. Diagrama de modelo estructural y relación de variables. Fuente: Elaboración propia.

En este modelo, se puede identificar la aportación de cada una de las preguntas involucradas por variable, la relación entre las dimensiones estudiadas y el impacto que presentan hacia la variable de ambiente laboral industria 4.0. Este modelo PLS se realizó con la ayuda del software estadístico XLSTAT y se pueden probar pesos de los ítems, correlaciones, cargas cruzadas e hipótesis.

Por último, el sistema desarrollado denominado "Industriómetro 4.0", esta soportado por *industriómetro 4.0.apk* y está dirigido a usuarios que tengan telefonía móvil que cuenta con un sistema operativo (S.O) Android. Esta aplicación móvil estará disponible por medio de Play Store y será dirigida a personal especializado de nivel corporativo o directivo que presenten un conocimiento previo relacionado a la industria 4.0. Esta herramienta tecnológica, será capaz de apoyar a las empresas a conocer el nivel de implementación específicamente de la industria 4.0 y poder tomar las mejores decisiones hasta lograr cumplir con las necesidades tecnológicas y ser una empresa 4.0.

IV. Discusión

La industria 4.0, es una muestra actual de que las empresas están cada día más apostando por las nuevas tecnologías y mejora continua en sus procesos. Al ser una empresa competitiva en áreas de economía, negocios, ambiental, gestión industrial, operaciones y estrategias, las lleva a una situación obligatoria de buscar la migración hacia esta nueva revolución industrial y tener mayores facilidades para una digitalización industrial (Mora, 2020). En la actualidad, es de suma importancia contar con herramientas e instrumentos que presenten óptimas medidas de fiabilidad y validez (Ventura, 2017).

Si bien el coeficiente Alfa funciona de una manera adecuada, es importante plantear que el objetivo de esta investigación es ir más allá utilizando intervalos *bootstrap* o re muestreos como Omega de Mcdonald (Oyanedel, 2015).

En la tabla 1, se muestran los resultados de AVE donde son por debajo de 0.50. Sin embargo, los resultados por cada una de variables aplicando la prueba de Omega Mcdonald mostraron valores mayores a 0.70, estos se considera resultados adecuados como validez convergente.

La empresa "Mobile App Trends", menciona que en este año 2021, la instalación de aplicaciones presentó un aumento del 31%. Las personas han aprovechado los beneficios de los dispositivos móviles en la vida cotidiana y en sus trabajos (Garduño, 2021).

Si bien esta investigación busca determinar la percepción de las organizaciones sobre la implementación de la industria 4.0 y las estrategias que se pueden generar detectando las debilidades. La empresa *Economia TIC* describe que en la actualidad es importante las aplicaciones móviles ya que son una funcionalidad muy importante, rentable y con ventajas diferenciales.

Tener la disponibilidad de nuevas herramientas que puedan ser efectivas y que gestionen la información con rapidez de tal manera que los resultados puedan ser generados en tiempo real y permitan dar un valor agregado a las actividades del día a día (Filippi, 2016). La intervención de las tecnologías y aplicaciones móviles han obligado a las empresas a tener acceso a nuevas tecnologías de punta para controlar sus procesos, mejorar la comunicación para generar una interacción en las empresas y los clientes. El uso de dispositivos móviles se ha convertido en un gran apoyo para la realización de actividades y tareas rutinarias (Viteri, 2020).

Los resultados obtenidos, presentan una importancia considerable de la industria 4.0 y que las organizaciones están dispuestas a involucrar nuevas herramientas tecnológicas para mejorar sus procesos y operaciones; sin embargo, los desafíos que se pueden encontrar para poder pertenecer a esta nueva revolución no es solo tener la intensión de involucrar nuevas tecnologías, sino que algo importante es involucrar la gestión de capacitaciones operativas y estratégicas en el talento humano y de sostenibilidad. Para futuras investigaciones se pretende agregar más variables de estudio que puedan estudiar el nivel de transición de la empresa.

V. Conclusiones

Se diseñó un instrumento de evaluación que consta de 22 reactivos clasificadas en 3 variables de estudio 1) organización industria 4.0, 2) tecnología industria 4.0 y 3) ambiente laboral industria 4.0. Para validar la confiabilidad del instrumento se aplicó la prueba del índice de Omega McDonald obteniendo un resultado de 0.83, lo que indica que es aceptable, apto para su aplicación y viable para la obtención de resultados efectivos. Se observó que individualmente los valores de Omega se expresan por encima de 0.70 y es considerado para una validez adecuada.

El modelo estructural PLS, mostró la relación entre las variables y su nivel de explicación al modelo. La variable de tecnología industria 4.0 presentó una aportación de R^2 del 56% y la variable de ambiente laboral industria 4.0 un R^2 82%.

Finalmente, después de haber validado el instrumento, se desarrolló una aplicación móvil denominada “Industriómetro 4.0” con el fin de fortalecer a las empresas para determinar el nivel de percepción de la industria 4.0. Esta aplicación fue desarrollada en Android con base en programación por bloques y lenguaje C. Este sistema no solamente guarda la información capturada en el instrumento de investigación desarrollado, sino que también, identifica que dimensión o dimensiones son las que no están cumpliendo las empresas evaluadas y generar posibles estrategias de mejora continua.

La industria 4.0 y la introducción a las nuevas tecnologías han venido a revolucionar los diferentes procesos industriales y también los procesos administrativos. Cada una de las investigaciones existentes están aportando cada día mejoras y cambiando el pensamiento de las personas encargadas de la toma de decisiones, apostando que la industria 4.0 es una de las soluciones de éste siglo.

VI. Referencias

Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020). Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0. *Journal of Industrial Information Integration.* Vol. 18, 1-13. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100129

Aoun, A., Ilinca, A., Ghandour, M., & Ibrahim, H. (2021). A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using block chain technology. *Computers & Industrial Engineering.* Vol. 162. Doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107746

Bohórquez, D., & Chaviano, O. (2017). Implementación de Aplicaciones Móviles Para la Gestión de la Investigación a partir de Información Bibliométrica. *ResearchGate*, 13(2), 158-168. https://www.researchgate.net/publication/322622434_Implementacion_de_aplicaciones_moviles_para_la_gestion_de_la_investigacion_a_partir_de_informacion_bibliometrica

Briones, I. (2020). Psicología organizacional en tiempos de la pandemia covid-19. *Revista científica dominio de la ciencia*, 6 (2), pp. 26-

34. Consultado en: https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1272/2143

Cugno, M., Castagnoli, R., & Büchi, G. (2021). Openess to Industry 4.0 and performance: The impact of barriers and incentives. *Technological Forecasting & Social Change.* Vol. 168, 1-20. Doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120756

Dos Santos, P. M., & Cirillo, M. Â. (2021). Construction of the average variance extracted index for construct validation in structural equation models with adaptive regressions. Communications in Statistics - Simulation and Computation, 1–13. doi: https://doi.org/10.1080/03610918.2021.1888122

Eko, R., Ching, R., Lee, y., Ugiana, P., Budiarto, A., & Pardamean, B. (2021). Latent Regression and Ordination Risk of Infectious Disease and Climate. *Procedia Computer*. Vol. 179, 25-32. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.12.004

Filippi, J.L., Lafuente, G., & Bertone, R. (2016). Aplicación móvil como instrumento de difusión. *MULTICIENCIAS.* Vol. 16 (3), 336-341. https://www.redalyc.org/pdf/904/90453464013.pdf

Fragapane, G.I., Ivanov, D.A., Peron, M., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J.O. (2020). Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics. *Annals of Operations Research*, 1-19. Doi: https://doi.org/10.1007/s10479-020-03526-7

Garduño, M. (2021). Crece 31% la instalación de aplicaciones móviles en el primer trimestre de 2021. México *FORBES.* Revisado el 29 de noviembre del 2021. Disponible en: https://www.forbes.com.mx/tecnologia-crece-31-instalacion-aplicaciones-moviles-primer-trimestre-2021/

Giallanza, A., Aiello, G., & Marannano, G. (2021). Industry 4.0: advanced digital solutions implemented on a close power loop test bench. *Procedia Computer Science.* Vol. 180, 93-101. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.133

Hair, J., Sarstedt, M., Ringle, C. y Mena, J. (2012). PLS-SEM. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science, 40*, 414-433. Doi: https://doi.org/10.1007/s11747-011-0261-6

Hayes, A. F. (2013). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach.* Guilford Press.

Hayes, A. F., & Coutts, J. J. (2020). *Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But…. Communication Methods and Measures, 1–24.* doi:10.1080/19312458.2020.1718629

Luque, A., Peralta, M., De las Heras, A., & Córdoba, A. (2021). State of Industry 4.0 in the Andalusian food sector. *Procedia Manufacturing.* Vol. 13, 1199-1205. Doi: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.195

Mon, A., & Del Giorgio, R. (2021). Evaluation of Information and Communication Technologies towards Industry 4.0. *Procedia Computer Science.* Vol. 180, 639-648. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.286

Mon, A., & Del Giorgio, R. (2022). Analysis of Industry 4.0 Products in Small and Medium Enterprises. *Procedia Computer Science.* Vol. 200, 914-923. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.289

Moosavi, J., Bakhshi, J., & Martek, I. (2021). The application of industry 4.0 technologies in pandemic management: Literature review and case study. *Healthcare Analysis.* Vol. 1, 1-11. Doi: https://doi.org/10.1016/j.health.2021.100008

Mora, D., & Guerrero, L. (2020). Industria 4.0: el reto en la ruta hacia las organizaciones digitales. *Estudios de la Gestión- Revista Internacional de administración.* 8, 191-214. Doi: https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.7

Muñoz, L., Díaz, E., & Gallego, S. (2020). Las responsabilidades derivadas del uso de las tecnologías de la información y comunicación en el ejercicio de las profesiones sanitarias. *Anales de Pediatria.* Vol. 92 (5), 307-312. Doi: https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.03.003

Oyanedel, J.C., Dario, P. & Camila, M. (2015). Validación del índice de bienestar personal (PWI) en usuarios vulnerables de servicios de salud en Santiago, Chile. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872015000900007&script=sci_abstract

Rivadeneira, J. L., Barrera, M. V., & De La Hoz, A. I. (2020). Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA Journal of Business Sciences*, *2*(4), 17-25. https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/eidea/article/view/19

Sallati, C., & Schützer, K. (2021). Development of Smart products for elders within the Industry 4.0 context: a conceptual framework. *Procedia CIRP*. Vol. 100, 810-815. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.039

Santos, L., Brittes, G., Fabián, N., & Germán, A. (2018). The expected contribution of industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics.* Vol. 204, 383-394. Doir: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019

Siemens. La Industria 4.0 y la Revolución que Plantea. 06 de noviembre de 2021, de Siemens Mercado Sitio web: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c31afaa4-1ba3-4d6b-b4b8-f452a887eac0/version:1565699940/revista-mercado.pdf.

Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santolamazza, A., & Cesarotti, V. (2021). Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. *Computers in industry.* Vol. 123, 1-13. Doi: https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335

Ventura, J., & Caycho, T. (2017). El coeficiente Omega: un método alternativo para la estimación de la confiablidad. *Researchgate.* Vol. 15 (1), 625-627. https://www.researchgate.net/publication/313623697_El_coeficiente_Omega_un_metodo_alternativo_para_la_estimacion_de_la_confiabilidad

Villareal, J. & Cid, M. (2022). La aplicación de entrevistas semiestructuradas en distintas modalidades durante el contexto de la pandemia. Vol. 7 (1), 52-60. https://revistas.pucese.edu.ec/hallazgos21/article/view/556/508

Viteri, J.C., Andrade, C.E., Valencia, N.P., & Castro, C.A. (2020). Usos y benefícios de las aplicaciones móviles en las empresas de la ciudad de Riobamba. *Conciencia Digital*. Vol. 3 (12), 6-19. Doi: https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.2.1165

Xun, X., Yuqian, L., Vogel, B., & Lihui, W. (2021). Industry 4.0 and industry 5.0 inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems.* Vol. 61,

530-535. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006

Yilmaz, A., Dora, M., Hezarkhani, B., & Kumar, M. (2021). Lean and Industry 4.0: Mapping determinants and barriers from a social, environmental, and operational perspective. *Technolgical Forecasting and Social Change.* Doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121320

Yumi, E., Oliveira, P., Schnicke, F., Capilla, R., Kuhn, T., & Liggesmeyer, P. (2021). Industry 4.0 reference architecture: State of the art and future trends. *Computers & Industrial Engineering.* Vol. 156, 1-13. Doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107241