

Modelo Dinámico para propiciar la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas

Dynamic Model to promote Industry 4.0 technologies implementation in small and medium-sized companies

Francisco Figueredo Lugo, Miguel Sánchez Bolívar, Manuel Ulloa Rojas

Palabras clave: modelo dinámico, tecnologías, Industria 4.0, PYMES

Key words: dynamic model, technologies, Industry 4.0, SMEs

RESUMEN

La evolución de mercados, los requerimientos cada vez más exigentes de clientes y la transformación digital han cambiado la forma como operan las empresas. Es por ello que, en la actualidad es necesario tener una alta capacidad de adaptación e innovación porque de lo contrario corren el riesgo de perder eficiencia, rentabilidad y/o competitividad en el mercado. La presente investigación se orientó en desarrollar un modelo para implementar las tecnologías de la Industria 4.0 en las PYMES afiliadas a CAPEMIAC. Para este fin, se hizo una revisión documental que junto a la información obtenida en la fase de diagnóstico posibilitó la selección de aquellas tecnologías clave que facilitarán la transformación de los procesos industriales. El modelo se construyó con el Software Vensim® PLE, herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. El modelo mencionado se desarrolló como una visión general para ser implementado en las PyMES, comparándolo con el modelo convencional antes utilizado y probado mediante simulación que demostró su validez.

ABSTRACT

Market evolution, increasingly demanding customer requirements, and digital transformation have changed the way companies operate. Therefore, a high capacity for adaptation and innovation is currently essential; otherwise, companies risk losing efficiency, profitability, and/or market competitiveness. This research focused on developing a model for implementing Industry 4.0 technologies in SMEs affiliated with CAPEMIAC. To this end, a document review was conducted, which, together with the information obtained in the diagnostic phase, enabled the selection of key technologies that will facilitate the transformation of industrial processes. The model was built using Vensim® PLE software, a visual modeling tool that allows for the conceptualization, documentation, simulation, analysis, and optimization of system dynamics models. The aforementioned model was developed as an overview for implementation in SMEs, comparing it with the conventional model previously used and testing it through simulation, which demonstrated its validity.

INTRODUCCIÓN

La evolución de los mercados, los requerimientos cada vez más exigentes de los clientes y la transformación digital han cambiado la forma como operan las empresas. Es por ello que, en la actualidad es necesario tener una alta capacidad de adaptación e innovación porque de lo contrario corren el riesgo de perder eficiencia, rentabilidad y/o competitividad en el mercado. Medeiros y Col. (2019) fundamentándose a su vez en lo planteado por Ferraz y Col., se alinean a Koontz & O'Donnell (2013), al definir la competitividad como la capacidad que tiene la empresa de crear e implementar estrategias, mantener o aumentar su participación en el mercado de manera sostenible y obtener rentabilidad en el mercado en relación a sus competidores. Está estrechamente vinculada con la productividad ya que, depende de la relación entre el valor y la cantidad de producto ofrecido y los insumos necesarios para obtenerlo.

Para que una empresa sea capaz de alcanzar una alta competitividad debe implementar sistemas de producción más eficientes que los de sus competidores, que le permitan obtener, ya sea mayor cantidad y calidad de servicios, o tener costos de producción menores por unidad de producto. Dichos sistemas de producción deben facilitar el análisis de datos y la adaptación a los cambios en los procesos de producción a través de soluciones fiables y de recursos basados en el reconocimiento y en la experiencia (Unir, 2022). Sin embargo,

el sector industrial ha visto su productividad seriamente afectada principalmente debido a la aparición de la pandemia COVID-19 en diciembre del año 2019, causando graves perturbaciones en las cadenas de suministro de redes de empresas, proveedores y prestadores de servicios que colaboran para producir, distribuir y entregar bienes y servicios en distintos países y regiones, revelando sus vulnerabilidades y destacando la necesidad de una mayor resistencia y flexibilidad ante situaciones adversas (Musella, 2023).

Por otra parte, la tecnología desempeña un papel fundamental en la mejora de la productividad y la competitividad de las empresas. A lo cual el Banco Mundial (2024) señala que las tecnologías digitales están a la vanguardia del desarrollo y brindan a los países una oportunidad única para acelerar el crecimiento económico y conectar a los ciudadanos con los servicios y el empleo. Además, mantienen conectadas a las personas, los gobiernos y las empresas en tiempos de crisis, que abarcan desde desastres naturales hasta pandemias como las que experimentó el mundo desde finales del año 2019.

Forth et al. (2020) analizaron en un estudio la transformación digital en 825 organizaciones, cuyos resultados mostraron que las transformaciones exitosas crearon, en promedio, 66% más valor, mejoraron las capacidades corporativas en un 82% y cumplieron un 120% más de sus objetivos a tiempo que

aquellas en las que no se generó una transformación exitosa. No obstante, el mismo estudio refleja un aspecto preocupante: solo el 30% de las transformaciones digitales alcanzaron o superaron su valor objetivo y dieron lugar a un cambio sostenible. Un 44% generó algún valor, pero no alcanzó sus objetivos y sólo produjo cambios limitados a largo plazo. El 26% creó un valor limitado (menos del 50% del objetivo), sin producir ningún cambio sostenible. Los obstáculos más comunes son la falta de compromiso de los empleados, el apoyo inadecuado de la dirección, la escasa o nula colaboración entre funciones y la falta de responsabilidad. Además, para mantener el impacto de una transformación suele ser necesario un importante cambio de mentalidad y comportamiento (Bucy et al., 2016)

Si bien la transformación digital puede ser un desafío para las empresas se ha convertido en una necesidad para aquellas que quieren sobrevivir a un mercado cada vez más digital y globalizado. A lo cual Feliciano-Cestero et al. (2020) respaldan señalando que la transformación digital permite a las empresas lograr una mayor flexibilidad y eficiencia, optimizar los procesos de producción, generar propuestas de valor para los ecosistemas de innovación y responder a tiempo a las necesidades del mercado.

El Banco Mundial (2022) analizó el nivel del índice de digitalización de producción de la región en el 2015, encontrando que "América Latina y el Caribe presentan un índice de digitalización de producción de

47.90, un nivel cercano a Europa del Este (41.98), pero considerablemente inferior al de países desarrollados. Esto demuestra el desafío que enfrentan las economías de América Latina y el Caribe para avanzar en la digitalización de la economía para tener un impacto en la productividad. El índice ha crecido a una tasa anual compuesta de 4,42% desde un valor de 29,76 en el 2004. Sin embargo, la posición de América Latina y el Caribe respecto a otras regiones del mundo es un síntoma del rezago de la región.

El aislamiento social impactó significativamente en la perspectiva de los empresarios sobre la importancia de adoptar tecnologías digitales en las industrias. Harvard Business Review Analytic Services (2022) realizó una encuesta a 316 ejecutivos en seis países de Latinoamérica, el 90% afirma que las tecnologías emergentes son extremadamente o muy importantes para el éxito futuro de una organización. El 88% está muy o bastante de acuerdo en que los beneficios de las tecnologías emergentes merecen la pena por el coste de la inversión.

En Venezuela, la crisis económica se encuentra agravada por la pandemia COVID19, ocasionada por el coronavirus SARS CoV-2, que ha azotado una estructura productiva y empresarial con debilidades acumuladas (Ibáñez et al., 2021, p. 21). El sector industrial en Venezuela se ha visto fuertemente afectado por la dificultad para acceder a la materia prima, insumos y demás servicios necesarios para desarrollar su actividad

productiva mucho antes del inicio de la pandemia. Romero et al. (2018) describieron el escenario venezolano, señalando que:

Venezuela actualmente es una economía que atraviesa una fuerte recesión económica, caracterizada por elevados índices de inflación, baja producción de bienes de consumo y de productos intermedios, desempleo, caída del poder adquisitivo de la población, controles de todo tipo, particularmente de precios y de control de cambios.

En este contexto, es necesario hablar de las micro, pequeñas y medianas empresas (PyMES) ya que, representan aproximadamente el 90% de la población empresarial, entre el 60 y 70% del empleo y se estima que entre el 50 y el 35% del producto interno bruto (PIB) en las economías desarrolladas y en desarrollo, respectivamente. (Organización Mundial del Comercio [OMC], 2016). En tal sentido, estas empresas contribuyen a las economías locales y nacionales y son un elemento importante para su desarrollo. La crisis económica y sanitaria que sufre Venezuela afecta especialmente a las PyMES. El Servicio Autónomo de Registros y Notarías (Saren, 2022), registró 19.284 PyMES en el año 2021, mientras que hasta mayo del 2022 se registraron 13.096. De acuerdo con Acosta et al. (2009) las PyMES, representan el mayor generador de empleo ocupando el 67% de la fuerza laboral venezolana. Representan un sector importante para la economía del país, sin embargo, las mismas requieren de mecanismos que permitan su permanencia en el tiempo ya que los beneficios que

generan se vuelven inestables debido al cierre de estas en menos de 5 años (Santamaría, 2017, p.139).

Respecto al nivel de madurez digital en el país, Álvarez y Díaz (2023) realizaron una encuesta a una muestra de 142 empresas, donde se destaca la gran proporción de empresas con los niveles más inferiores de madurez digital: 28,2% novato y 25,3% inicial. Por otro lado, solo una quinta parte de las empresas participantes presenta niveles de madurez en los niveles superiores: avanzado (9,9%) y experto (9,1%), mientras que el 27,5% presenta un nivel de madurez digital competente. Estos resultados reflejan que las empresas venezolanas se han enfocado en ajustarse a las realidades del país con el objetivo de sobrevivir una crisis sin precedentes.

Según cifras que presentó el presidente de la Cámara de Pequeños, Medianos Industriales y Artesanos del estado Carabobo (CAPEMIAC), Lorusso (2022) las empresas afiliadas a CAPEMIAC se encuentran trabajando entre un 25% a 30% de su capacidad instalada. Aunado a eso, manifestó que han presentado problemas con las fallas eléctricas especialmente en la zona industrial. Otro factor que afecta a estas empresas es la entrada de productos importados y no se tiene la capacidad de presentarse al mercado con precios competitivos en comparación con estos productos. El principal obstáculo es que los costos de producción son muy elevados y esto termina reflejándose en el precio que debe pagar el consumidor (León, 2022). De continuar esta situación las PyMES del estado Carabobo verán afectados sus

procesos de producción y operativos impactando negativamente su productividad y posiblemente su permanencia en el mercado.

Por tal razón, es necesario plantear soluciones innovadoras e inteligentes en el corto plazo. En el año 2011 surge la denominada Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, la cual combina operaciones y técnicas con tecnologías inteligentes para mejorar la productividad de las empresas, sus procesos y reducir tiempos. De acuerdo con estimaciones de (Bauemhansl, 2014) entre los beneficios de implementar las tecnologías que integran la Industria 4.0 está la reducción de costos en diferentes áreas. En particular: los costos de inventario pueden disminuir entre 30 y 40%, los costos de producción, logística y calidad entre 10 y 20%, los costos de mantenimiento entre 20 y 30%. Esto se logra gracias a la automatización, el control

METODOLOGÍA

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde a las pequeñas y medianas empresas del Estado Carabobo en Venezuela, que están asociadas a la Cámara de Pequeños y Medianos Empresarios del Estado Carabobo «CAPEMIAC» comprendidas por 16 Pymes. Orientados a la finalidad general de este trabajo y cómo se obtienen los datos o información necesaria, se asumió una investigación descriptiva, con un diseño de proyecto factible. Así mismo, la presente investigación corresponde a una modalidad mixta, constituida por una

de procesos y el uso de la información en tiempo real, a lo largo de la cadena, haciendo más eficiente las operaciones.

Un análisis empírico de las estrategias digitales en las PyMES y las grandes empresas reveló que, si bien no todas las PyMES tienen estrategias digitales, necesitan una estrategia de este tipo para una transformación digital holística y exitosa. (Becker & Schmid, 2020). Por lo cual, la presente investigación se orientó en desarrollar un modelo que traza una hoja de ruta bien definida para implementar las tecnologías de la Industria 4.0 con éxito.

La implementación de la industria 4.0 requiere de una gran cantidad de recursos económicos, humanos y de tiempo, debido a la introducción de un conjunto de tecnologías, por lo que, fue fundamental analizar el entendimiento de estas e identificar cuales favorecen o limitan su adopción en las PyMES.

Investigación documental y de campo como lo afirma UPEL (2016). La recolección de datos es directamente en las PyMES del estado Carabobo, aspecto que confirma que esta investigación sigue una modalidad Documental-Campo; razón por la cual, se considera que tanto la revisión bibliográfica como la obtención de datos fueron esenciales para la consecución de los objetivos y la solución del problema planteado.

La información para el desarrollo de la fase de evaluación se obtuvo a través de la técnica de la entrevista y como instrumento se empleó el guion no estructurado a un

grupo de empresarios o encargados de las PyMES del Estado Carabobo. Respecto a la fase de identificación de las tecnologías de la Industria 4.0, se llevó a cabo una revisión documental que junto a la información obtenida en la fase anterior permitió la selección de aquellas tecnologías clave que facilitarán la transformación de los procesos industriales. Una vez culminada la etapa de recolección de datos se procedió a realizar el análisis. Para ello se ordenaron y procesaron los datos obtenidos en la etapa de recolección lo que condujo a interpretar la información obtenida y fue utilizada para sustentar los resultados de la investigación.

Fases de la investigación

Fase I: Evaluación del nivel de preparación hacia la industria 4.0 de las PyMES del estado Carabobo

En esta fase se realizó una evaluación del estado actual de la infraestructura tecnológica a la unidad de análisis seleccionada, lo cual permitió conocer su grado de preparación y madurez hacia la Industria 4.0. De esta manera lograr identificar y priorizar oportunidades de mejora en el proceso de transformación digital. El instrumento a utilizar para recolectar la información necesaria fue la entrevista no estructurada, tomada directamente en las organizaciones que abarca esta investigación. Adicionalmente, la observación directa de los procesos tanto de las operaciones como administrativos y de traslado de información serán de suma importancia para encontrar mejoras viables basadas en la Industria 4.0.

Fase II: Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES.

La Industria 4.0 abarca una variedad de tecnologías, para la cual fue fundamental una revisión documental previa; con la finalidad de identificar aquellas que se adaptaron a las características tecnológicas identificadas en la fase inicial. De manera que el modelo desarrollado funcione y no esté diseñado sobre elementos inadecuados.

Fase III: Construcción, verificación y validación del modelo propuesto para la implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

Una vez identificadas las tecnologías adecuadas, se construyó el modelo basado en los datos tomados como: [1] Nivel tecnológico de las pymes; [2] Procesos de producción; [3] Comunicación interna de la organización; [4] Comunicación externa de la organización. El modelo se construyó con el Software Vensim® PLE, herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Además, provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación mediante diagramas de influencias y diagramas de Forrester. Los resultados del modelo se utilizaron para tomar decisiones por lo que fue vital asegurarse de que el modelo es adecuado y libre de errores lográndose con ello su verificación y validación. El modelo mencionado se desarrolló como una visión general para ser implementado en las PyMES y fue probado mediante una simulación que demostró su validez.

RESULTADOS

Análisis y Discusión

El desarrollo del modelo reflejó qué:

1.- El producto de la investigación bibliográfica efectuada permitió conocer cuales modelos sirven de guía en establecimiento de las preguntas para la evaluación del nivel de preparación tecnológica que poseen actualmente las PyMES del Estado Carabobo. Adicionalmente, se realizó una revisión de los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 y trabajos de investigación o artículos sobre la dinámica de sistemas.

2. Se entrevistaron 16 PyMES con el fin de elaborar su caracterización mediante la observación directa y la revisión documental.

3. Se identificaron las variables relevantes de los procesos productivos y las variables propias de la Industria 4.0.

4. Se construyeron los diagramas causales de los sistemas.

5. Se construyeron los modelos de simulación de eventos continuos basados en dinámica de sistemas y sus ecuaciones.

Caracterización de las PYMES

Con base en los resultados de la revisión bibliográfica y entrevistas realizadas a 16 PyMES afiliadas a CAPEMIAC de los sectores: servicio, calzado y textil, metalúrgico, metalmecánico, manufacturero y alimentos, se presentan las siguientes observaciones:

- El 62,50% de las empresas desconocen o tienen un conocimiento limitado sobre la industria 4.0.

-En cuanto a la velocidad de los servicios de internet el 50% está entre 50 y 100 Mbps, el 37,5% está entre 5 y 50 Mbps, y 12,5% entre 100 y 500 Mbps.

-Con respecto a la inversión en tecnología, el 37,6% de las empresas encuestadas destinan entre 500 y 2000\$, el 31,3% entre 200 y 500\$, el 18,8% entre 2000 y 5000\$, y el 12,3% más de 5000\$.

-El 25% de las empresas encuestadas utilizan aplicaciones empresariales que almacenan y analizan datos para la planificación de los recursos empresariales (ERP)

-Con el fin de realizar sus funciones los empleados utilizan herramientas informáticas como: procesadores de texto, hojas de cálculo, presentación de diapositivas, correo electrónico, entre otros.

-El 37,5% de las empresas encuestadas almacenan sus datos en servidores locales ubicados en sus propias instalaciones, el 18,8% en servidores en la nube pública, el 25% en las computadoras de las empresas y el 18,7% en dispositivos de almacenamiento como: disco duro portátil o memoria USB.

-Los continuos cortes y fluctuaciones eléctricas en el país afectan a las empresas y pueden generar: pérdida de datos, corrupción de sistemas operativos, daño físico a equipos.

-El 80% de las empresas utiliza servicios de correos electrónicos de proveedores gratuitos (gmail, outlook) tanto para la comunicación interna como para comunicarse con clientes o proveedores.

-Escalona y Morales (2022) expresan que el 60% de las PyMES del estado Carabobo no manejan un control de inventarios definido, solo realizan inventarios cuando es necesario saber la cantidad de materia prima o productos que deben reponer. Coto (2017) afirma que es muy común que empresas pequeñas no lleguen a tener un control de inventario porque no saben cómo controlarlo, por lo tanto, optan por no hacerlo.

-La pandemia generada por el Covid-19 ha acelerado la necesidad de que las empresas adopten soluciones tecnológicas como el trabajo colaborativo en línea o el acceso remoto a datos.

Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES

La adaptación es parte fundamental de los seres humanos, esto se ve extrapolado a las organizaciones por medio de cambios que a lo largo del tiempo posibilita que se puedan desarrollar las actividades de una manera más eficiente y productiva, aumentando la competitividad de una o de un conjunto de organizaciones. Actualmente, las soluciones tecnológicas favorecen la anteriormente mencionada adaptación, que tiene como objetivo fundamental agilizar los procesos y tener una mejor velocidad de respuesta orientada al cliente, ya sea interno o externo. A continuación, se presentan en la tabla 1 las aplicaciones típicas, beneficios potenciales y soluciones tecnológicas actuales de cada uno de los pilares de la industria 4.0.

Tabla 1

Identificación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en las PyMES

Tecnología	Aplicaciones típicas	Algunos Beneficios Potenciales	Soluciones tecnológicas
Computación en la nube	Autoservicio bajo demanda, Amplio acceso a la red, Recursos comunes, Elasticidad rápida, Servicio medible (You et al., 2012)	Permite a las empresas crecer rápidamente, escalar y adaptarse, acelerando la innovación, aumentando la agilidad de la empresa, optimizando las operaciones y reduciendo los costos (Chen y Storey, 2023)	Amazon Web Services, Google Cloud Platform, Microsoft Azure, VMware, OpenStack
IoT (Internet de las cosas)	Fábrica digital, Gestión de inventarios, Gestión de instalaciones (Chowdhury & Raut, 2019)	Mayor productividad gracias a la optimización y la automatización, Reducción de costos, Seguimiento en tiempo real, Mejores condiciones de trabajo y sostenibilidad, Mayor agilidad (Chowdhury & Raut, 2019)	Etiqueta RFID, Sensores

... continuación **Tabla 1**

Tecnología	Aplicaciones típicas	Algunos Beneficios Potenciales	Soluciones tecnológicas
Big Data	Entorno de fabricación predictiva, Mantenimiento inteligente, Programación inteligente (Azeem et al., 2021)	Capacidad de evaluar rápidamente cantidades masivas de datos, Toma de decisiones mejor informadas, Ahorros por mayor eficiencia y optimización de los procesos empresariales, y, más información y conocimientos de marketing para la creación de productos (Smaya, 2022)	Hadoop, NoSQL, Spark
Sistemas de Integración	Facilita a las empresas la gestión de datos, el intercambio de información entre departamentos, la automatización de procesos y la mejora de la eficiencia general (Bahrynovska, 2023)	Mejora la eficiencia al conectar a la perfección sistemas y aplicaciones dispares, Mejor toma de decisiones basada en datos entre otros (Krysiak, 2023).	API, Webhooks, ISC
Ciberseguridad	Seguridad de las aplicaciones, Seguridad de la nube, Seguridad de la información, Prevención de pérdida de datos (Perwej et al., 2021)	Protección contra amenazas externas, Protección contra las amenazas internas, Mejora de la productividad (Norton, 2022)	Intruso, Sparta, Lifelock, Mimecast
Realidad Aumentada	Formación, Colaboración a distancia, Industria de ensamblaje, Logística de almacenes (Cunnane & Prahladrao, 2020)	Mejora de la calidad de los procesos de producción, Reducción de los costes de producción y servicio, Mejorar las normas de seguridad industrial (Amedei, 2022)	Horizon Workrooms Virtual Desktop HoloBuilder RetailVR Sayduck
Manufactura Aditiva	Creación acelerada de prototipos, Producción completa, Impresión 3D de herramientas y utillaje (LuxCreo, 2021)	Intensificar el ritmo en la manufactura y disminuir los costos por objeto, Fabricación de piezas a medida o en tiradas de poco volumen. Promueve la digitalización, Creación de piezas más eficaces desde un punto de vista funcional (Tiffin University, 2023)	Blender FreeCad Fusion 360 SketchUp Free Vectary
Robots Colaborativos (Cobots)	Manipulación de materiales, Inspecciones (Taesi et al., 2023), Ensamblaje Dimitrokalli et al. (2020)	Compacto, Instalación y programación, Impacto positivo en los empleados, Reducción de los costes de producción.	
Simulación	Cadenas de suministro, Fabricación, Transporte Adams (2023)	Reducción del tiempo de inactividad, Reducción de costos operativos, Mejora de la productividad del capital y la mano de obra empleados Felkl (2023)	Arena, MATLAB, SimSolid, AnyLogic Creo, SIMUL8, Simio

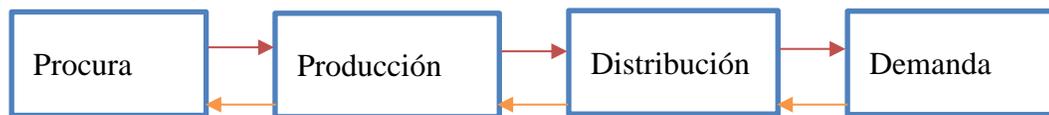
Modelo general del sistema productivo de las PyMES

Para construir un modelo es necesario identificar los elementos que lo componen.

En la figura 1 se muestran, los principales elementos que intervienen en la cadena de suministro de las PyMES, donde se puede observar tanto el flujo de información como el flujo de materiales.

Figura 1

Modelo general del sistema productivo de las PyMES



Leyenda:

Flujo de información

Flujo de materiales

Procura: es donde la empresa tiene contacto con los proveedores de insumos y materias primas. Dicho contacto viene dado por el departamento de compras el cual se encarga de gestionar y coordinar todas las actividades relacionadas con la adquisición de bienes y servicios necesarios para la operación de la empresa.

Producción: elemento esencial de la cadena de suministro donde se llevan a cabo los procesos productivos de la empresa. Este elemento debe estar en constante interacción con los demás elementos para poder operar de manera efectiva.

Distribución: se refiere al transporte y distribución de los productos desde la empresa hasta los clientes. Esto implica la gestión de los flujos de mercancías, la planificación de rutas, el almacenamiento y la gestión de almacenes, así como la coordinación de los servicios de transporte.

Es importante mencionar la demanda, ya que está estrechamente relacionada con la cadena de suministro y es un factor clave que la impulsa y determina sus actividades. La cadena de suministro se diseña y gestiona para satisfacer la demanda de productos o servicios por parte de los clientes.

Clasificación de las variables del sistema

Se identificaron las variables más importantes que intervienen en el sistema productivo de las empresas. Dichas variables se clasificaron en dos categorías, según su función en el modelo y según la clasificación de la dinámica de sistemas. A

continuación, se presentan dichas clasificaciones:

Variables según la clasificación de la dinámica de sistemas

-Variables de nivel o de estado: son las variables que representan la cantidad acumulada o acumulativa de algo en el sistema a lo largo del tiempo. Esta variable se utiliza para medir el estado o la cantidad total de una entidad en un momento dado de la simulación.

-Variables de flujo: son las variables que representan la tasa de cambio o el flujo de algo en el sistema a lo largo del tiempo. Estas variables se utilizan para modelar y

medir la cantidad de entrada o salida de una entidad o recurso en un momento dado de la simulación.

-Variables auxiliares: son las variables que se utilizan para representar factores o condiciones que no son directamente observables en el sistema, pero que tienen un impacto significativo en el comportamiento del mismo. Estas variables pueden ser utilizadas para ajustar o calibrar el modelo y mejorar su precisión en la predicción de resultados.

-Variables de entrada: son las variables que se utilizan para introducir información o influencia externa en el sistema. Estas variables representan los factores que

afectan al sistema pero que no son controlados directamente por él.

-Constantes: son valores fijos del sistema.

Variables según su función en el modelo

-Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0.

-Variables asociadas a la cadena de suministro implementando la Industria 4.0.

-Indicadores

Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0.

La tabla 2 describe las variables que se encuentran en ambos modelos tanto el convencional, como el que utiliza las soluciones tecnológicas.

Tabla 2. Variables comunes entre la cadena de suministro convencional e implementando la Industria 4.0

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Ajuste	Mes	Convierte a los flujos en unidades por mes	Constante
Capacidad de producción	Unidades/Mes	Límite actual de flujo de producción	Constante
Capacidad de recepción de materia prima	Unidades/Mes	Cantidad actual de insumos o materiales que una empresa puede recibir	Constante
Capacidad del proveedor	Unidades/Mes	Límite de flujo de materia prima del proveedor	Constante
Demora	Meses	Tiempo de demora entre la recepción de la información del plan de producción y la actualización de los requerimientos netos	Constante
Demanda	Unidades/Mes	Demanda seleccionada	Constante
Factor de seguridad	Adimensional	Factor de garantía para la existencia de producto en el inventario	Constante
Inventario de materia prima final	Unidades	Unidades de materia prima disponibles luego de la producción	Auxiliar
Inventario de materia prima inicial	Unidades	Unidades de materia prima disponibles inicialmente	Nivel
Inventario de producto terminado final	Unidades	Unidades de producto terminado luego de las ventas	Auxiliar
Inventario de producto terminado inicial	Unidades	Unidades de producto terminado disponibles inicialmente	Nivel

... continuación **Tabla 2**

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Inventario de seguridad teórico	Unidades	Inventario de seguridad necesario para cubrir variaciones de la demanda	Auxiliar
Orden de compra	Unidades/Mes	Unidades pedidas al proveedor	Auxiliar
Orden de producción	Unidades/Mes	Cantidad de unidades que deben ser producidas	Auxiliar
Plan de producción	Unidades/Mes	Unidades planificadas a producir	Auxiliar
Precisión del pronóstico	Adimensional	Medida de qué tan exacto o cercano es el pronóstico en relación con los resultados reales	Constante
Producción	Unidades/Mes	Flujo de producción	Flujo
Pronóstico de la demanda	Unidades/Mes	Previsión de la demanda	Auxiliar
Recepción de materia prima	Unidades/Mes	Flujo de entrada de materia prima	Flujo
Requerimientos brutos	Unidades/Mes	Unidades brutas requeridas para cumplir con el plan de producción	Auxiliar
Requerimientos de materia prima	Unidades/Mes	Materia prima neta necesitada para cumplir los Requerimientos netos de producción	Auxiliar
Requerimientos netos	Unidades/Mes	Unidades netas requeridas para cumplir con el plan de producción	Auxiliar
Ventas	Unidades/Mes	Unidades vendidas a los clientes	Flujo

VARIABLES ASOCIADAS A LA CADENA DE SUMINISTRO IMPLEMENTANDO LA INDUSTRIA 4.0 | La tabla 3 describe las variables inherentes a la utilización de soluciones tecnológicas.

Tabla 3. Variables asociadas a la cadena de suministro implementando la Industria 4.0

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Big data	Unidades/Mes	Grandes volúmenes de datos a ser analizados	Auxiliar
Ciberseguridad	Adimensional	Seguridad en los sistemas digitales	Constante
Conexión a internet	Adimensional	Velocidad de conexión entre los dispositivos	Constante
Computación en la nube	Adimensional	Servidor de respaldo	Constante
Internet de las cosas	Adimensional	Sensores en los objetos cotidianos	Constante
Manufactura aditiva	Adimensional	Proceso de unir materiales para hacer objetos desde un modelo de datos 3D	Constante
Realidad aumentada	Adimensional	Tecnología que mezcla la realidad (mundo real) con información virtual	Constante

... continuación **Tabla 3**

Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Robots colaborativos	Adimensional	Robots diseñados para trabajar en colaboración directa con los seres humanos en un entorno de trabajo compartido	Constante
Servidor	Adimensional	Servidor informático en las empresas	Constante
Simulación	Adimensional	Proceso mediante el cual se imita o representa un sistema o fenómeno real	Constante
Sistemas de integración	Unidades/mes	Procesos que permiten conectar distintos sistemas de información.	Auxiliar
Ciberataques	Adimensional	Ataque informático al servidor	Constante
Capacidad base de producción	Unidades / Mes	Límite base de flujo de producción	Constante
Capacidad base de recepción de materia prima	Unidades / Mes	Cantidad base de insumos o materiales que una empresa puede recibir en un período determinado	Constante

Indicadores

En la tabla 4 se describen las variables que miden el desempeño del modelo.

Tabla 4. Indicadores

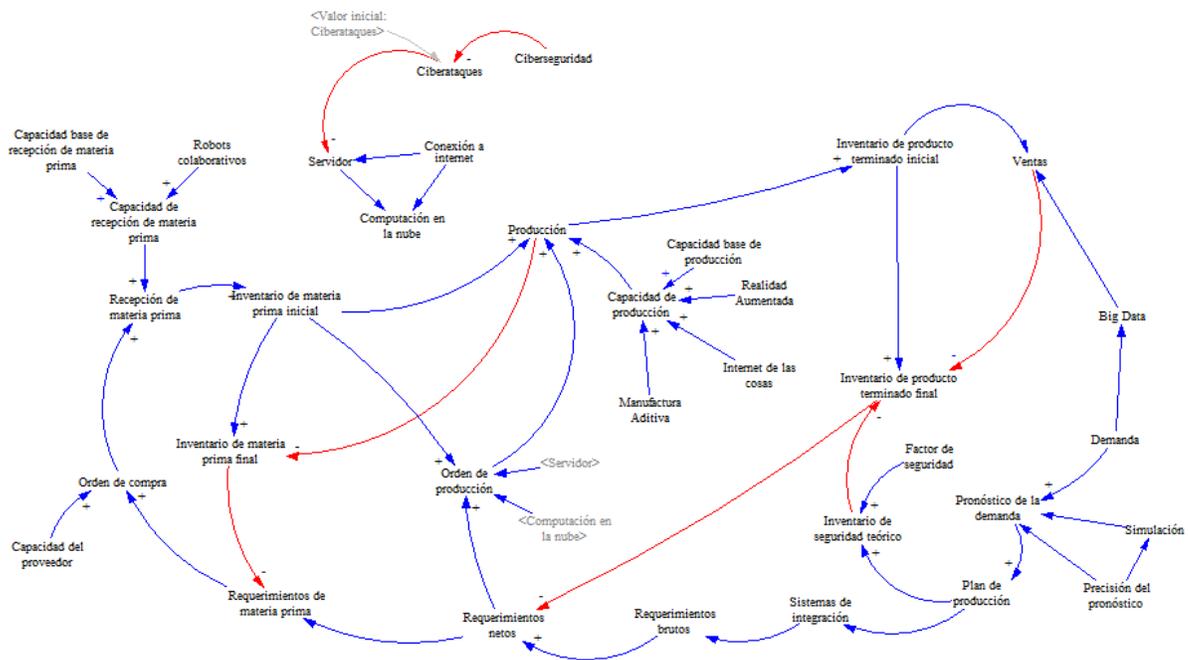
Variable	Unidad	Descripción	Tipo
Lead time de producción	Meses	Tiempo total necesario para completar el proceso de producción de un artículo o producto, desde el inicio hasta la finalización	Auxiliar
Demanda insatisfecha	Unidades/Mes	Capacidad de utilizar los recursos disponibles de manera óptima para obtener la máxima producción	Auxiliar

Diagramas causales de los sistemas

Un diagrama causal es una representación gráfica que muestra las relaciones de causa y efecto entre diferentes variables o factores en un sistema o proceso. En un diagrama causal, es posible identificar diferentes tipos de bucles de retroalimentación que representan las interacciones entre las

variables y cómo se influyen mutuamente. Los bucles de retroalimentación son ciclos de causa y efecto que pueden tener impacto en el sistema en su conjunto los cuales son: bucles de retroalimentación positiva (Flechas de color azul) y bucles de retroalimentación negativa (flecha de color rojo). En este caso se construyeron dos diagramas causales con el objetivo de

Figura 3. Diagrama causal del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0



Ecuaciones de los modelos dinámicos

Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro convencional de las PyMES

En la tabla 5 se presentan las ecuaciones para cada modelo. Estas ecuaciones se han desarrollado para capturar la interacción y el comportamiento de los diversos

componentes que conforman un sistema de producción, permitiendo analizar su desempeño a lo largo del tiempo. El modelo busca proporcionar una representación matemática que refleje las relaciones y flujos de materiales, información, recursos y actividades dentro del sistema.

Tabla 5. Ecuaciones de la cadena de suministro convencional

Variable	Ecuación
Demanda insatisfecha	Demanda – Ventas
Inventario de materia prima final	Inventario de materia prima inicial/Ajuste – Producción
Inventario de producto terminado final	Inventario de producto terminado inicial/Ajuste - Inventario de seguridad teórico/Ajuste – Ventas
Inventario de seguridad teórico	INTEGER (Plan de producción*Ajuste)*(1 + Factor de seguridad)
Lead time de producción	Lote de producción/Capacidad de producción
Orden de compra	MIN (Requerimientos de materia prima, Capacidad del proveedor)
Orden de producción	MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial / Ajuste)
Plan de producción	INTEGER(Pronóstico de la demanda)
Producción	MIN (Orden de producción, Capacidad de producción)
Pronóstico de la demanda	Demanda*Precisión del pronóstico
Recepción de materia prima	MIN(Orden de compra , Capacidad de recepción de materia prima)
Requerimientos de materia prima	MAX (Requerimientos netos - Inventario de materia prima final, 0)
Requerimientos netos	MAX (Requerimientos brutos - Inventario de producto terminado final, 0)
Ventas	MIN (Demanda, Inventario de producto terminado inicial / Ajuste)

Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

En la tabla 6 se presentan las ecuaciones para el modelo implementando las

tecnologías asociadas a la Industria 4.0. Es importante destacar que en esta tabla no se incluyen las ecuaciones de aquellas variables que son comunes en ambos modelos y no tuvieron modificaciones.

Tabla 6. Ecuaciones del modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

Variable	Ecuación
Big data	Demanda
Capacidad de producción	Capacidad base de producción*(1 + Realidad Aumentada + Internet de las cosas + Manufactura Aditiva)
Capacidad de recepción de materia prima	Capacidad base de recepción de materia prima*(1+Robots colaborativos)
Ciberataques	"Valor inicial : Ciberataques"*(1-Ciberseguridad)
Computación en la nube	IF THEN ELSE(Servidor = 0 :AND: Conexión a internet = 1, 1, 0)
Orden de producción	IF THEN ELSE(Servidor = 1, MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial/Ajuste), IF THEN ELSE(Computación en la nube = 1, MIN (Requerimientos netos, Inventario de materia prima inicial/Ajuste), 0))
Producción	IF THEN ELSE(:NOT: Orden de producción = 0, MIN (Orden de producción, Capacidad de producción), 0)
Pronóstico de la demanda	Demanda*(Precisión del pronóstico + Simulación)
Requerimientos brutos	DELAY FIXED(Sistemas de integración, Demora, 0)
Servidor	IF THEN ELSE(Ciberataques = 0 :AND: Conexión a internet = 1, 1, 0)
Simulación	1 - Precisión del pronóstico
Sistemas de integración	Plan de producción
Ventas	MIN (Big data, Inventario de producto terminado inicial/Ajuste)

Modelo de la cadena de suministro convencional de las PyMES

El modelo elaborado para la cadena de suministro convencional de las PyMES del estado Carabobo se presenta en la figura 4.

Modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0

La figura 5 muestra el modelo de la cadena de suministro de la PyMES implementando la Industria 4.0

Figura 4. Modelo de cadena de suministro convencional de las PyMES

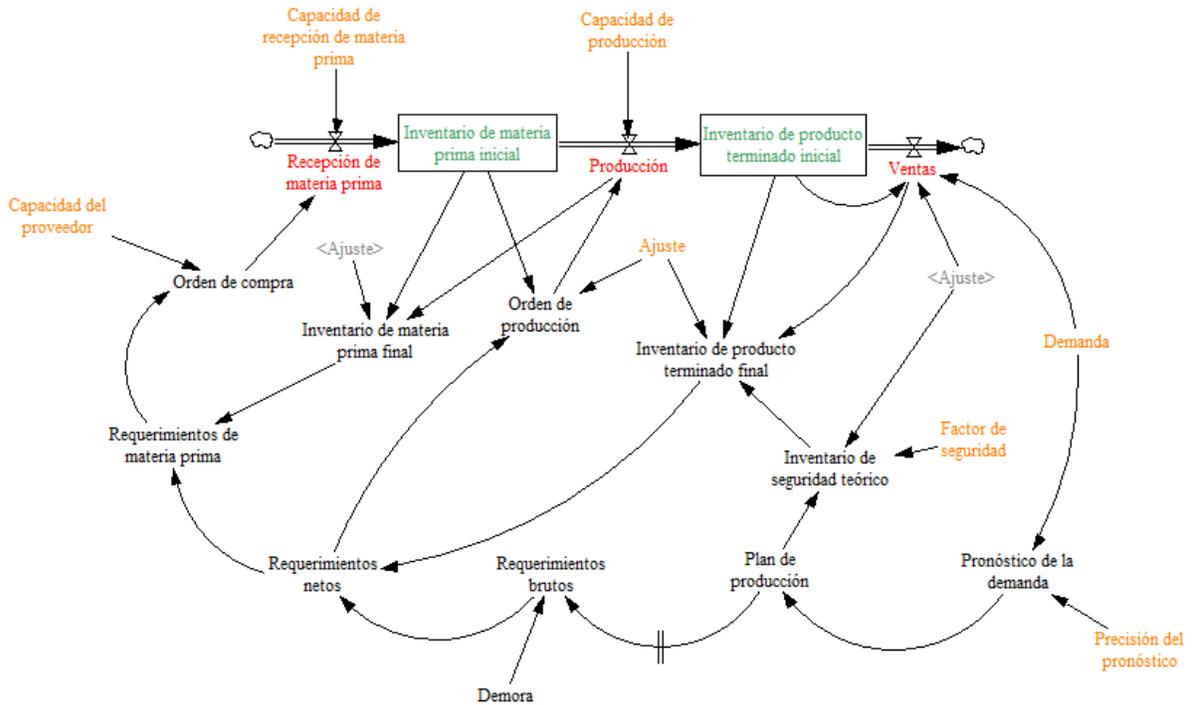
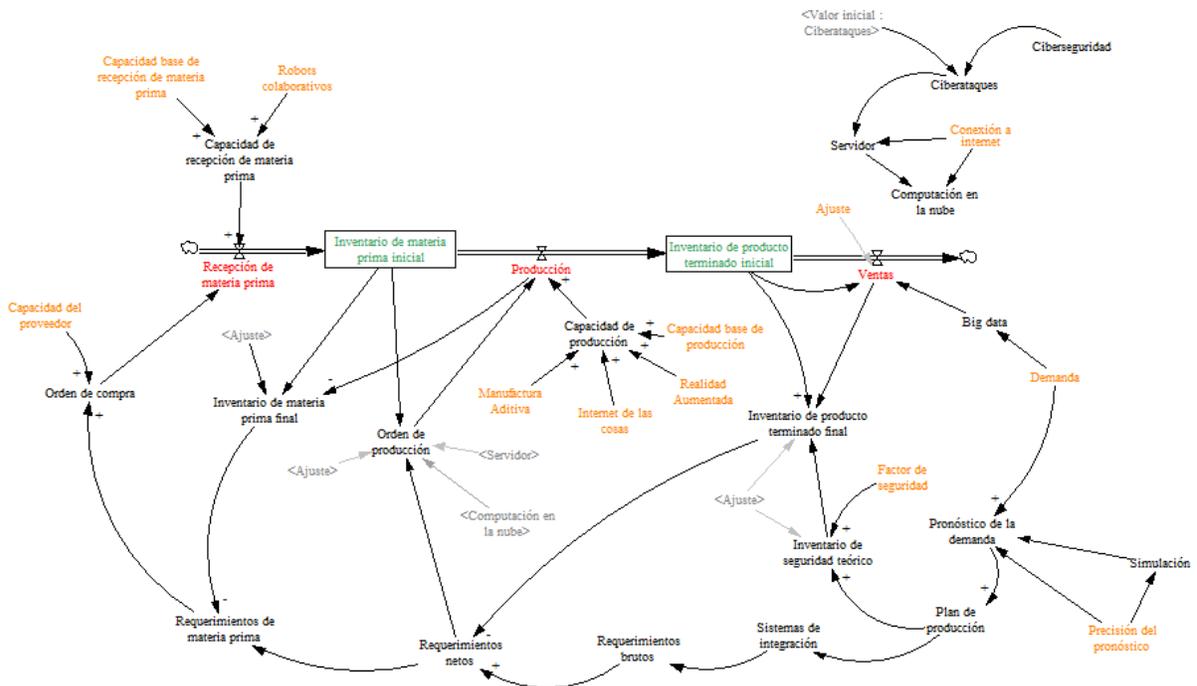


Figura 5. Modelo de la cadena de suministro de las PyMES implementando la Industria 4.0



Estructura de los modelos

En este apartado se identifican los subprocesos que intervienen en los modelos a efectos de una mejor comprensión de cada uno de ellos.

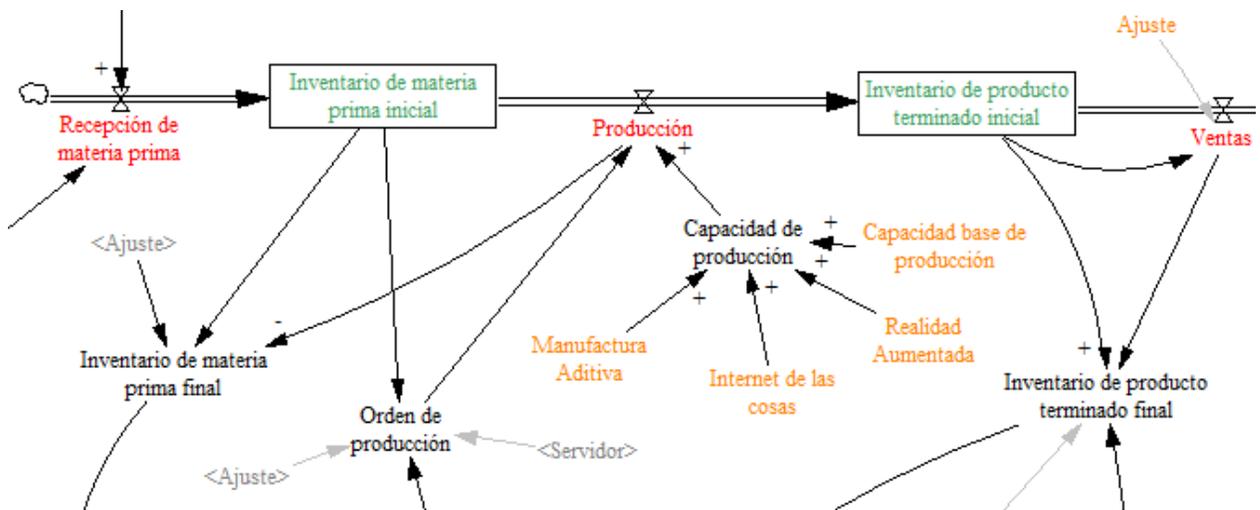
Subproceso de las PyMES convencional

Subproceso planificación de la producción y requerimientos de material de las PyMES
 Subproceso gestión de inventario de seguridad

Subproceso producción

A manera de ejemplo, el subproceso de producción se puede observar en la figura 6.

Figura 6. Subproceso producción implementando la Industria 4.0

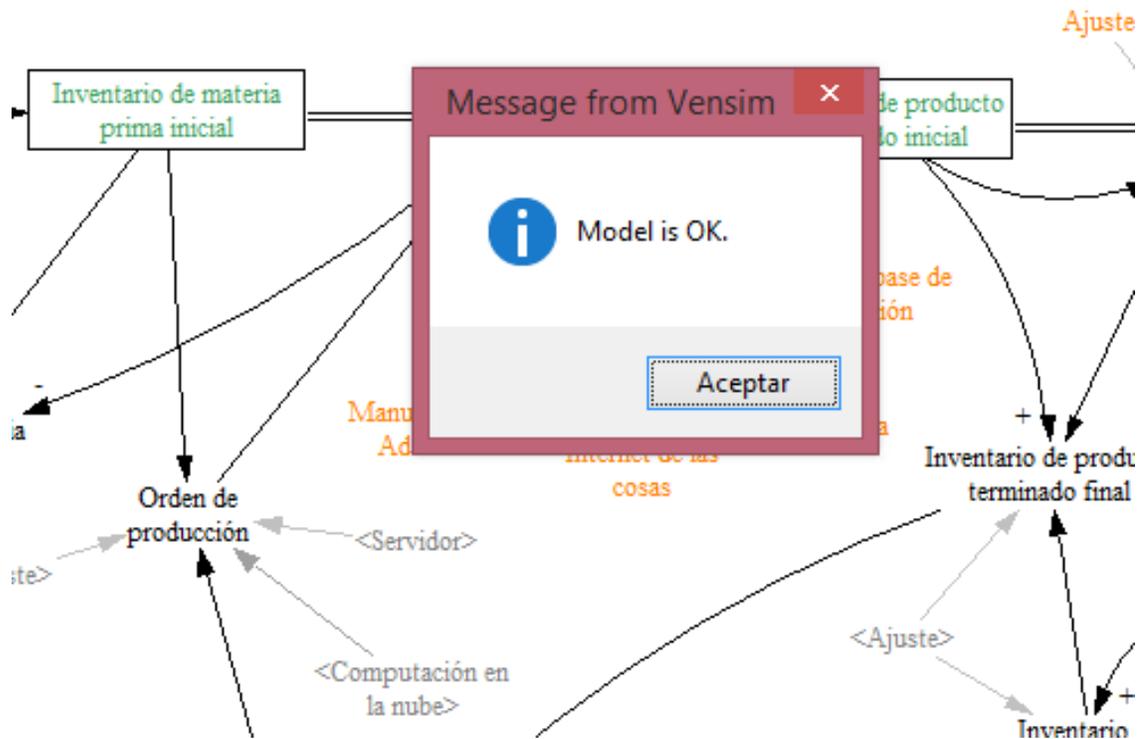


Se puede observar el contraste presentado en las figuras 5 y 6 donde la diferencia la marca el subproceso servidor que es el diferente.

Validación de los modelos

Con la finalidad de validar los modelos se procedió a chequear en el programa Vensim que todas las ecuaciones (ver figura 7) y las unidades se definieron correctamente.

Figura 7. Validación de las ecuaciones del modelo



Una vez validado el modelo y las unidades se procedió a realizar una corrida preliminar con la finalidad de verificar la validez y el correcto funcionamiento del modelo dinámico. Al ejecutar el modelo con datos de entrada y evaluar los resultados obtenidos, se pudo garantizar que el modelo se desarrolló correctamente y que los resultados son lógicos de acuerdo con las definiciones de cada variable.

Discusión

Tomando en cuenta los estudios realizados y los modelos propuestos que están asociados a la situación actual y la deseada teórica de las PyMES, se establece que para llevar a cabo una implementación eficiente

de las soluciones tecnológicas de la industria 4.0, se deben seguir una serie de pasos, que permitan una migración de la industria convencional a la industria 4.0, dichos pasos se mencionan a continuación.

Anterior a la industria 4.0

Informarse: para lograr un mayor conocimiento acerca la industria 4.0 y los beneficios que trae consigo, se debe asistir a sesiones informativas sobre los detalles de la transformación digital, acudir a foros, exposiciones y eventos que estén relacionados con la industria 4.0. A parte de esto, investigar acerca de las opiniones de los expertos en la industria para aclarar

cualquier duda que pueda surgir en el proceso.

Apoyarse: adicional al punto anterior se requiere el apoyo de los expertos en el área. Esta tarea se puede lograr de dos maneras: Conformar un equipo multidisciplinario de personas que tengan experiencia con la industria 4.0 y escuchar sus opiniones de manera conjunta e individual.

Apoyo de partners o aliados estratégicos, proveedores en el área de control y conectividad digital. Esto con el fin de captar la mayor información necesaria para la implementación.

Infraestructura: Contar o adquirir una infraestructura robusta, refiriéndose a disponer de un control de líneas de producción. Esto es posible cuando se genera un flujo constante de información, que se trasmite de manera oportuna a través de la red, lo que permite tomar decisiones de una manera más rápida y efectiva.

Planificación: es necesario que antes de implementar cualquier cambio se establezcan una serie de estrategias a seguir que estén alineadas con los objetivos de la organización ya sea a corto, mediano o largo plazo. Sumado a esto, se deben tener en cuenta todos los factores internos y externos para que la planificación sea realista y efectiva a la par.

Elección: la elección adecuada de las tecnologías a aplicar es un paso importante ya que de este depende cuáles serán las tecnologías a implementar con el paso del tiempo en la organización. Para esto se hará un análisis exhaustivo tanto del mercado en el que se participa, como de la

competencia y de la organización como tal; conociendo así las tecnologías que serán más adecuadas y eficientes para la digitalización.

Transición a la industria 4.0

Capacitación: para la digitalización las personas adquieren un valor especial, puesto que son las que interpretan los diagnósticos arrojados por las soluciones tecnológicas que generan un gran flujo de información; con base en esto, se toman decisiones en pro de la organización. Mediante la aplicación de talleres, charlas o cursos se adiestrará al personal para guiarlos a cómo diagnosticar e interpretarlos. Contar con un personal capacitado posibilita el mejor aprovechamiento de las soluciones tecnológicas en vías de mejorar los procesos.

Conectar: mediante el internet, la conexión forma parte crucial de los procesos de digitalización, ya que permiten el flujo de la información en los distintos niveles de la organización. Se debe establecer la conexión entre maquinas, dispositivos y departamentos. Para ello, se contrata algún especialista en el área que sirva de guía y suministre los equipos necesarios. Adicionalmente, se contrata un proveedor de internet confiable para evitar o disminuir fallos en la conexión

Evaluar: la evaluación del proyecto al llevarlo a la práctica es un paso indispensable, si no se cumple con este paso la transformación no evolucionará con éxito. Para lograr una visión cuantitativa de los resultados obtenidos, saber si las

soluciones tecnológicas utilizadas fueron las adecuadas y si el proceso de digitalización es rentable, es necesario realizar la evaluación.

Posterior a la industria 4.0

Automatización: luego de haber evaluado el nuevo sistema de trabajo y su correcto funcionamiento, el siguiente paso es la automatización. Lo que consiste en conseguir que el equipo de trabajo sea capaz de mantenerse y optimizarse a sí mismo. Esto se obtiene mediante el monitoreo constante del sistema teniendo en cuenta un contexto determinado y una serie de parámetros definidos previamente. A partir de aquí, se busca la mejora continua del proceso, aportando nuevas estrategias o técnicas para optimizar el proceso.

Mejorar: como último paso en el proceso se tiene la mejora, posterior a la automatización del proceso, donde se hicieron las evaluaciones pertinentes del mismo. Se debe estar en constante investigación de un modelo más completo y adaptarlo a las necesidades de la pyme en cuestión, ya que cualquier proceso puede mejorarse continuamente.

Con los pasos mencionados anteriormente, la PyME que tome este modelo como base debe implementar la migración de la industria convencional a la industria 4.0. Esto con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la eficiencia y establecer un punto de partida para la transformación digital, que es el futuro de las organizaciones.

CONCLUSIONES

En las empresas seleccionadas como base para determinar la proyección del crecimiento tecnológico que tienen las PyMES hacia la industria 4.0 en Carabobo, se concluyó que 62.5% de la Pymes muestran desconocimiento en materia de la industria 4.0, tanto en su definición como en los beneficios que esta posee.

Las soluciones tecnológicas emergentes han traído como consecuencia el facilitar a las organizaciones optimizar los procesos. Por tanto, este estudio permitió identificar cómo se pueden adaptar estas soluciones tecnológicas a los pequeños y medianos

empresarios. Finalizando con el encuentro de los 9 pilares de la industria 4.0 provechosos para las PyMES. Entre los más destacados caben mencionar el Big data, internet de las cosas, simulación, computación en la nube, realidad aumentada, robots colaborativos, ciberseguridad, sistema de integración y manufactura aditiva.

Mediante la integración de dichos pilares en un modelo de dinámica de sistemas que maneja las variables convencionales y variables de las soluciones tecnológicas, se concluyó con un modelo de la industria 4.0

capaz de ofrecer eficiencia y mejores resultados que un modelo común de la Pyme. Para la planificación de la producción, los sistemas de integración aumentan la velocidad de respuesta de la cadena de suministros, haciendo que la información entre la planeación de la producción y los requerimientos surja de manera más fluida y en el momento indicado. Así mismo, la simulación ayuda a tener más precisión en los pronósticos de la demanda, con la aplicación de modelos que simulen las variaciones de la demanda y se anticipen a ella.

Las ordenes de producción sufren una transformación en su manera de emitirse; ya que, con la intervención de los servidores y la computación en la nube, la información no se perderá, puesto que siempre existirá un respaldo de información protegida por medio de programas de ciberseguridad, evitando cualquier fuga de información de la organización.

La producción como parte fundamental del proceso de las pymes logra tener una mayor eficiencia; ya que la capacidad de

producción misma puede verse afectada por las soluciones tecnológicas; mediante el uso del internet de las cosas se monitorea el proceso de producción en busca de fallas para tomar decisiones de la manera más rápida posible. La realidad aumentada permite realizar planes de mantenimiento precisos que limiten en menor medida la producción y la manufactura aditiva promueve la velocidad en la capacidad de producción con la inclusión de nuevas herramientas.

La Big data permite el procesamiento rápido de la información en lo que concierne al impacto que tiene el inventario de producto final sobre las ventas de la organización, proporcionando datos que ayuden a la maximización de las ventas. La robótica colaborativa permite una mayor rapidez en el momento de la recepción de materia prima, lo que tiene como consecuencia una mayor capacidad de recepción de material, facilitando el trabajo humano y al mismo tiempo recopila información acerca cuanto se puede recibir por una unidad de tiempo determinado.

REFERENCIAS

Acosta, I.; Pérez, M. & Hernández, J. (2009). Las PYMES en el desarrollo de la economía social. Factores de éxito subsector contratista del municipio Lagunillas del Estado Zulia. *Negotium*, 4(12), 100-120.

<https://revistanegotium.org.ve/>

Adams, J. (2023). *Typical applications of simulation software*.

<https://www.goodfirms.co/simulation->

[software/blog/typical-applications-simulation-software](https://www.goodfirms.co/simulation-software/blog/typical-applications-simulation-software)

Álvarez, C. H., y Díaz, L. M. (2023). *Chequeo digital en Venezuela: resultados y reflexiones sobre la madurez digital de las empresas en un entorno económico desafiante*. Banco Interamericano de Desarrollo.

<http://dx.doi.org/10.18235/0004827>

- Amedei, D. (2022). *Five Benefits of Augmented Reality*. <https://kiber.tech/five-benefits-augmented-reality/>
- Azeem, M.; Haleem, A.; Bahl, S.; Javaid, M.; Suman, R. & Sharma, D. (2021). Big data applications to take up major challenges across manufacturing industries: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, 49(2), 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.147>
- Bahrynovska, T. (2023). *System integration: Goals, methods, challenges*. Forbytes. <https://forbytes.com/blog/system-integration-methods-and-tips>
- Banco Mundial (2024). *Transformación Digital. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/digital/overview>
- Bauemhansl, T. (2014). Die Vierte Industrielle Revolution. En T. Bauemhansl, M. Hompel y B. Vogel-Heuser (Eds.), *Industrie 4.0 in produktion automatisierung und logistik* (pp. 27-28). <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Becker, W. & Schmid, O. (2020). The right digital strategy for your business: an empirical analysis of the design and implementation of digital strategies in SMEs and LSEs. *Business Research*, 13, 985-1005. <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00124-y>
- Bucy, M.; Finlayson A.; Kelly, G. & Moye, C. (2016). *The 'how' of transformation*. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-how-of-transformation#/>
- Chen, H.; Chiang, R. & Storey, V. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, 36(24), 1165-1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Chowdhury, A. & Raut, A. (2019). Benefits, Challenges, and Opportunities in Adoption of Industrial IoT. *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, 2(4), 822-828. <https://ssrn.com/abstract=3361586>
- Coto, I. (2017). *Mala gestión de inventarios causas quiebre de las pymes*. El Economista. <https://www.economista.com.mx/el-empresario/Mala-gestion-de-inventarios-causas-quiebre-de-las-pymes-20170816-0184.html>
- Cunnane, C. & Prahladrao, S. (2020). *Augmented Reality and its Industrial Applications*. ARC Advisory Group. <https://www.arcweb.com/blog/augmented-reality-its-industrial-applications>
- Dimitrokalli, A.; Vosniakos, G.; Nathanael, D. & Matsas, E. (2020). On the assessment of human-robot collaboration in mechanical product assembly by use of Virtual Reality. *Procedia Manufacturing*, 51, 627-634. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.088>
- Escalona, A. & Morales, V. (2022). *Modelo dinámico de evaluación del efecto de los distintos tipos de colaboración en las cadenas de suministro de las pequeñas y medianas empresas*. [Trabajo Especial de Grado NO Publicado, Universidad de Carabobo].
- Feliciano-Cestero, M. M.; Ameen, N.; Kotabe, M.; Paul, J. & Signoret, M. (2023). Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization. *Journal of Business Research*, 157, 113546. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113546>
- Felkl, L. (2023). *5 popular industrial simulation applications*. SCDA. <https://www.supplychaindataanalytics.com/5-popular-industrial-simulation-applications/>
- Forth, P.; Reichert, T.; De Laubier, R. & Chakraborty, S. (2020). *Flipping the odds of digital transformation success*. BCG Global. <https://www.bcg.com/publications/2020/increasing-odds-of-success-in-digital-transformation>
- Harvard Business Review (2022). *Driving adoption of emerging technologies in Latin America*.

<https://hbr.org/sponsored/2022/11/driving-adoption-of-emerging-technologies-in-latin-america>

Ibáñez, N., Castillo, R., & Mujica, M. (2021). Reactivación de las pequeñas y medianas industrias en la nueva normalidad. *Negotium: revista de ciencias gerenciales*, 17(50), 20-34. <https://www.revistanegotium.com/>

Koontz, H. & O'Donnell, C. (2013). *Curso de Administración Moderna- Un análisis de sistemas y contingencias de las funciones administrativas*. Litográfica Ingramex S.A.

Krysik, A. (2023). *System integration: uniting technology for seamless business operation*. Stratoflow. <https://stratoflow.com/system-integration/#benefits>

Lorusso, A. (2022). *Capemiac: Industrias en Carabobo se encuentran trabajando entre un 25% a 30% de su capacidad instalada*. Finanzas Digital. <https://finanzasdigital.com/2022/04/capemiac-industrias-carabobo-capacidad-instalada/>

LuxCreo. (2021). *Top seven industries for additive manufacturing applications*. <https://luxcreo.com/top-seven-industries-for-additive-manufacturing-applications/>

Manufactura LATAM (2024). *¿Qué es manufactura aditiva? Beneficios y aplicaciones*. <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/manufactura-aditiva-top-5-de-beneficios-y-aplicaciones>

Medeiros, V., Gonçalves, G. L. & Camargos, E. (2019). La Competitividad y sus Factores Determinantes: un Análisis Sistémico para Países en Desarrollo. *Revista de la CEPAL*, 129, 7-27. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/820532b5-0b65-4f87-9990-fe54b4a6e507/content>

Musella, L. (2023). *The impact of Covid-19 on the supply chain: Review of the effects of a pandemic crisis on the global supply system and analysis of its fragilities* [Tesis de Maestría, KTH Royal

Institute of Technology]. DiVA Digitala Vetenskapliga Arkivet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1751221/FULLTEXT01.pdf>

León, D. (2022). *Industria del plástico en Venezuela está al 15 % de su capacidad*. El Diario. <https://eldiario.com/2022/11/17/industria-del-plastico-en-venezuela-capacidad/>

Norton, D. (2022). *6 Benefits of Cyber Security – Defending Against Cyber Attacks*. <https://deandorton.com/cyber-security-benefits/>

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2016). *Informe sobre el comercio mundial 2016. Igualdad de condiciones para el comercio de las pymes*. OMC.

Perwej, Y.; Qamar, S.; Pratap, J.; Akhtar, Y. & Kumar, A. (2021). A Systematic Literature Review on the Cyber Security. *International Journal of Scientific Research and Management*, 9 (12), 669-710. <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v9i12.ec04>

Romero, D., Sánchez, S. & Ávila, M. (2018). Inestabilidad, riesgo e incertidumbre Escenario para emprender en Venezuela. *Revista Emprendimiento e Innovación Empresarial*, 1 (1), 35-40.

Santamaría, R. (2017). Las PYMES y factores para obtener el éxito, inicio para el marco referencial. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(21), 131-144. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/vol6-n21/art08.pdf>

Servicio Autónomo de Registros y Notarías (Saren) (2022). *Saren registra más de 19 mil Pymes durante el 2021*. <https://www.saren.gob.ve/saren-registra-mas-de-19-mil-pymes-durante-el-2021/>

Smaya, H. (2022). The Influence of Big Data Analytics in the Industry. *Open Access Library Journal*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.4236/oalib.1108383>

- Taesi, C.; Aggogeri, F. & Pellegrini, N. (2023). COBOT Applications—Recent Advances and Challenges. *Robotics*, 12(3), 79. <https://doi.org/10.3390/robotics12030079>
- Tiffin University (2023). *¿Qué es la fabricación aditiva? 8 beneficios de su aplicación.* <https://global.tiffin.edu/noticias/que-es-la-fabricacion-aditiva-beneficios-de-su-aplicacion>
- UNIR (2022). *¿Qué es Industria 4.0? Definición y objetivos.* <https://mexico.unir.net/ingenieria/noticias/que-es-industria-4-0/>
- UPEL (2016). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. 5ª Edición.* Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- You, P.; Peng, Y.; Liu, W. & Xue, S. (2012). Security Issues and Solutions in Cloud Computing. En *2012 32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops.* Macau, China, pp. 573-577. <https://doi.org/10.1109/icdcs.2012.20>

Autores

Francisco Figueredo Lugo. Ingeniero Industrial. Profesor-Investigador, Departamento de Investigación de operaciones, Escuela de Ingeniería Industrial, facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7857-4971>

Email: ffigueredo@uc.edu.ve

Miguel Sánchez Bolívar. Ingeniero Industrial, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3420-0450>

Email: miguelsanchezb17@gmail.com

Manuel Ulloa Rojas. Ingeniero Industrial, Universidad de Carabobo, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4136-7468>

Email: manuelulloa10@gmail.com

Recibido: 24-03-2024

Aceptado: 25-07-2024