

Metodología para la transformación digital de la PYMES hacia la Industria 4.0

Autores: Chaves Murillo, Josías Ariel*; Naranjo Cordero, Josué Alejandro

Contacto: *josias.chaves.murillo@una.cr

País: Costa Rica

Resumen

El presente trabajo consiste en una metodología de transformación digital para PYMES de Costa Rica que les permita tener una estrategia adaptada a la realidad de sus organizaciones. La metodología está basada en el ciclo de Deming(Plan-Do-Check-Act) y entrega cuatro procesos, el primero es el establecimiento de requisitos que le permite a la PYME determinar su alcance y sus limitaciones, segundo es el proceso de análisis de factores que permite la identificación de riesgos en cinco dimensiones(financiera, regulatoria, experiencia del cliente, procesos internos e imagen), el tercero es el proceso adaptativo de habilitadores de la Industria 4.0 donde la PYME selecciona en qué tecnologías quiere incursionar para crecer de manera integrada, un proceso de gestión y desarrollo de actividades con la flexibilidad necesaria para la ejecución de las actividades y finalmente un proceso de control y seguimiento para verificar que la transformación digital se esté realizando según lo establecido. Este trabajo presenta la aplicación de la metodología con cinco PYMES donde se puede evidenciar que la misma ha tenido una recepción positiva.

Palabras clave: transformación digital; metodología; PYMES; innovación.

1. Introducción

Según Schroeder (2017) el término de Industria 4.0 fue una invención de los politólogos alemanes con el objetivo de evitar denominaciones más técnicas como «Cyber-Physical Systems» (CPS) y al mismo tiempo hacer una referencia a la dimensión digital concerniente a las estructuras industriales del futuro. Este término forma parte de las nuevas tendencias de la digitalización a nivel mundial que han comenzado a tener importancia en todos los ámbitos del quehacer del ser humano.

Debido a lo anterior, se pensaba que solo IoT (Internet de las Cosas) estaría asociado a la Industria 4.0. No obstante, esta revolución industrial ha tenido la incorporación de nuevas tecnologías como la robótica, el big data, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología o la ciberseguridad. Estas tecnologías también pueden ser mencionadas como habilitadores, un ejemplo de ello es el informe del gobierno español “Industria Conectada 4.0: la transformación digital de la industria española” donde se presenta a varias de estas tecnologías como habilitadores digitales, que, a su vez, representan elementos que vienen a agilizar y facilitar la transformación digital de las industrias (Gobierno de España, 2015).

Popularmente se pensaba que solo la industria de la manufactura y fabricación se beneficiaría de este nuevo auge tecnológico, pero no fue así. Deloitte (2019) explica en su artículo “¿Qué es la Industria 4.0?” que esta revolución industrial puede llegar a tener un impacto multinivel, desde los grandes ecosistemas, a nivel organizacional e inclusive a nivel individual.

Las décadas por venir traen consigo retos importantes en el contexto de la Industria 4.0 y las PYMES de Costa Rica no son la excepción al cambio tecnológico que se está produciendo en todo el mundo. Las tecnologías de información pertenecen a las áreas de la ciencia que tienen mayor crecimiento, ante ellos las PYMES implementan cambios tecnológicos con el objetivo de estar alineados con las demandas de los

mercados. En Costa Rica las PYMES “han representado el 97.5% del parque empresarial del 2012-2017 con un total de 133.765, lo que representa un aporte del 35,73% al PIB” (MEIC, 2017) según el Ministerio de Economía, Industria y Comercio en su Estudio Situacional de la PYME 2012-2017.

Además, aquellas organizaciones que han implementado procesos de digitalización logran mayores tasas de rentabilidad y productividad (Slotnisky, 2016), por otra parte, entre las principales causas que impiden que las pequeñas y medianas empresas avancen hacia la Industria 4.0 están la falta de recursos suficientes y el desconocimiento sobre este modelo de negocio (Bedoja, 2019). Parte de este desconocimiento puede provocar que existan implementaciones de tecnología aisladas dentro del contexto de la Industria 4.0. dificultando en el proceso las futuras implementaciones dentro de una estrategia y planificación definida para responder a las demandas de estos nuevos modelos de negocio.

Asimismo, es necesario hablar de la necesidad de transformación digital que las PYMES y las organizaciones en general están presentando. Aquellas empresas que no comiencen una digitalización de sus servicios corren mayor riesgo de perder cuotas de mercado (Deloitte, 2019).

Slotnisky (2016) indica que la transformación digital lejos de tratarse de la implementación de tecnología debe tratarse de que toda la compañía esté involucrada en dicha transformación. Por lo que no solo es necesaria en las áreas de servicio y las áreas de tecnología, sino que toda la organización en sí misma debe comenzar un proceso de migración o un proceso evolutivo hacia una integración profunda, coherente y eficiente de todos sus procesos en un contexto digital que permita la interacción con el mundo físico-real y todo el mundo digital por construir.

Ante este escenario, es que se propone una metodología de transformación digital para PYMES hacia la Industria 4.0 que les permita tener una estrategia adaptada a la realidad de sus organizaciones.

2. Metodología

La metodología aplicada consta de cuatro partes principales, tal y como lo muestra la Figura 1.

FIGURA 1. Metodología de desarrollo



Fuente: Elaboración propia.

2.1. Desarrollo de la metodología

En esta etapa se plantea el desarrollo de un conjunto de procesos que permitan implementar la planificación necesaria para una adecuada transformación digital de las PYMES y que esta pueda realizarse de manera correcta y efectiva hacia un entorno de integración en la Industria 4.0. En esta sección se tomará como insumo la retroalimentación de las empresas participantes mientras se construye cada uno de los procesos.

Además, la metodología por desarrollar busca establecer un proceso adaptado a la realidad de las PYMES costarricenses para que puedan realizar la transformación digital hacia el entorno de la Industria 4.0. La propuesta de la metodología tomará como base el ciclo de Deming y como referencia la metodología de García (2015) en su tesis doctoral “Análisis y modelado de gestión de la innovación en PYMES y su implementación en una plataforma web” y será aplicable para la migración tecnológica de las PYMES.

Para esta investigación se contará con cinco PYMES participantes de distinta naturaleza económica donde se aplicará el plan piloto. Cada una de estas empresas tienen un volumen aproximado de más de trescientos clientes mensuales que consumen sus productos y servicios, un volumen ideal para poder medir el impacto de la transformación digital medio de la metodología planteada.

2.2. Establecimiento del plan piloto

En esta etapa, una vez concluida la metodología, se establecerá un plan piloto para todas las empresas participantes. Para efectos de la investigación todas las empresas participantes tendrán como objetivo el desarrollo de una aplicación móvil para digitalizar los programas de cliente frecuente mediante la aplicación de la metodología desarrollada. Además de ello, se obtuvo la colaboración de la empresa Biinside para la publicación de las aplicaciones en las tiendas Google Play y Apple Store.

Además, este plan piloto contará con una validación por parte de las empresas participantes, Para ello se diseñará una encuesta que permita medir cada uno de los procesos de la metodología y que tan aplique son a la realidad de las PYMES costarricenses.

2.3. Aplicación de la metodología

Una vez establecido el plan piloto, se debe proceder por aplicar la metodología creada con cada una de las empresas participantes. En esta etapa cada empresa procedió con completar la encuesta desarrollada en el plan piloto.

La investigación tiene la limitación de que las PYMES no disponen del tiempo necesario dentro de sus agendas laborales para una participación completa e inmersa en el desarrollo y evaluación de la metodología por lo que se deberá explotar el uso de tecnologías para obtener la mayor participación posible.

2.4. Análisis de resultados

Finalmente, esta etapa de análisis de resultados corresponde a la aplicación de un instrumento para la evaluación de la aplicabilidad de cada una de las etapas de la metodología. La escala de evaluación se detalla en la Tabla 1.

TABLA 1. Escala de aplicabilidad

Valor de la Escala	Descripción
Totalmente aplicable	Representa que el proceso bajo evaluación de la metodología TD-PYME es totalmente aplicable y compatible a los procesos de negocios de las PYMES costarricenses.
Parcialmente aplicable	Representa que el proceso bajo evaluación de la metodología TD-PYME es aplicable y compatible con la mayoría de los procesos de negocios de las PYMES costarricenses, sin embargo, indica que varios aspectos no fueron aplicables a la realidad de las PYMES.
Poco aplicable	Representa que el proceso bajo evaluación de la metodología TD-PYME fue aplicable en un poco cantidad de procesos de negocios de las PYMES costarricenses, y el mismo es poco funcional para la PYME.
Nada aplicable	Representa que el proceso bajo evaluación de la metodología TD-PYME no fue aplicable ni compatible en su totalidad con los procesos de negocios de las PYMES costarricenses, y el mismo es poco funcional para la PYME.

Fuente: Elaboración propia.

Los elementos por evaluar con la escala de aplicabilidad pertenecientes a los procesos de la metodología desarrollada se pueden ver en la Tabla 2.

TABLA 2. Procesos evaluados en el instrumento

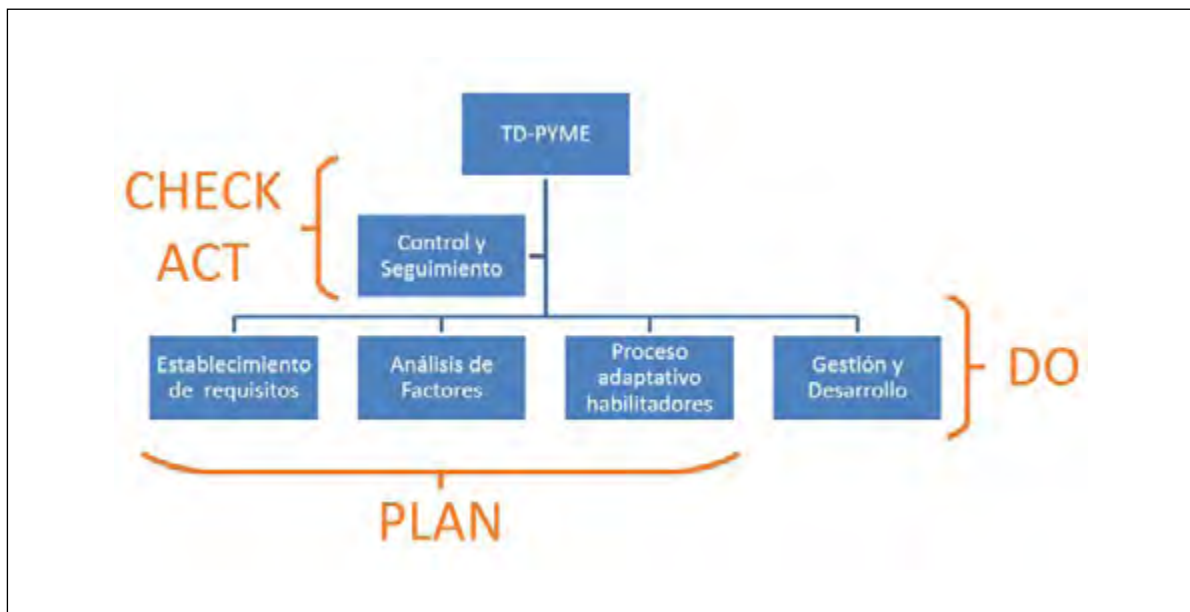
Proceso	Aspecto evaluado
Establecimiento de requisitos	Tipo de Innovación
	Alcance
	Habilitadores Industria 4.0
Análisis de Factores	Dimensión Financiera
	Dimensión Regulatoria
	Dimensión Experiencia del Cliente
	Dimensión Procesos Internos
	Dimensión Imagen
Adaptativo por habilitadores	Criterios de análisis y selección de factores
	Agrupación por habilitador
Gestión y Desarrollo	Adaptabilidad para usar metodologías de seguimiento de actividades
	Aplicabilidad a la PYME
Control y seguimiento	Controles para el establecimiento de requisitos
	Controles para el Análisis de Factores
	Controles para el adaptativo por habilitadores
	Indicadores de gestión

Fuente: Elaboración propia.

3. Desarrollo

La metodología desarrollada, llamada de ahora en adelante como TD-PYME, está compuesta por las etapas de: establecimiento de requisitos, análisis de factores, proceso adaptativo por habilitadores, gestión y desarrollo y una etapa de control llamada control y seguimiento.

FIGURA 2. Relación con el ciclo de Deming



Fuente: Elaboración propia.

Tal y como lo muestra la Figura 2, la metodología TD-PYME propuesta ha tomado como base el Ciclo de Deming, los procesos de establecimiento de requisitos, análisis de factores y el proceso adaptativo de habilitadores responden a la etapa de ciclo de Deming conocida como “PLAN” ya que realiza el análisis necesario, define las actividades y los tratamientos de riesgos necesarios para tener un plan claro, medible y evaluado.

Por otra parte, la etapa correspondiente al “DO” del ciclo de Deming está asociada a la etapa de Gestión y Desarrollo, ya que es en esta etapa donde se realizan las actividades planificadas para poder alcanzar los objetivos de transformación digital.

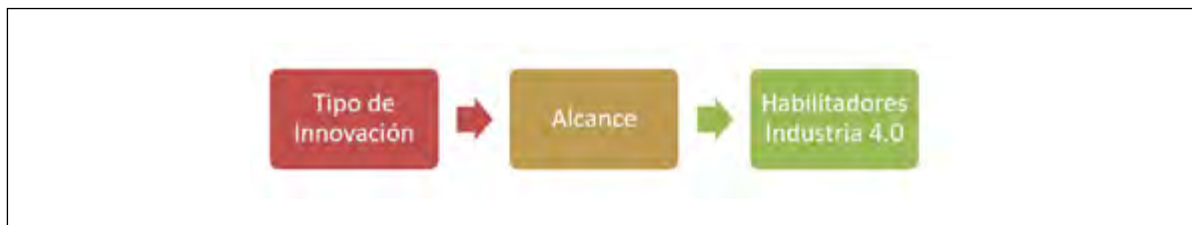
Además, los procesos del ciclo de Deming correspondiente al “CHECK” y “ACT” están asociados al proceso de Control y Seguimiento de TD-PYME, ya que es en esta etapa donde se establecen los controles propios de la metodología para asegurar la evaluación necesaria (Check) y proveer la respuesta (ACT) que cada una de las etapas requiere según el avance de la metodología. A continuación, se explican cada una de las etapas.

3.1. Establecimiento de requisitos

En esta etapa se busca establecer los principios y requisitos necesarios para que la transformación digital de las PYMES pueda realizarse de manera correcta y efectiva hacia un entorno de integración en la Industria 4.0.

Tal y como lo muestra la Figura 3 en este proceso la PYME debe establecer los objetivos, el alcance y el tipo de innovación necesarios para que la transformación digital de las PYMES pueda realizarse de manera correcta y efectiva hacia un entorno de integración en la Industria 4.0.

FIGURA 3. Proceso de establecimiento de requisitos



Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de la metodología TD-PYME siempre será alcanzar la transformación digital de la PYME hacia la Industria 4.0; de ahí la justificación de que en esta etapa no se le pida a la organización definir los objetivos que quiera alcanzar para ello se debe utilizar las secciones de tipo de innovación y alcance.

El tipo de innovación deberá seleccionarse según los tipos de innovación definidos por el Manual de Oslo: Producto, proceso, mercadotecnia y organización. Esto permitirá a la PYME poder enfocar sus esfuerzos para que la transformación digital pueda ser alcanzada ya que muchas PYMES realizan de manera desordenada la implementación de tecnologías que termina provocando pérdidas económicas a la PYME y una maraña de software, hardware, procesos y tramites que se vuelven difíciles de administrar. Finalmente, para poder decir que la transformación digital se orienta hacia la Industria 4.0 se debe seleccionar en cuales habilitadores se piensa incursionar.

3.2. Análisis de factores

Este proceso establece un análisis de factores determinantes, condiciones, limitaciones y facilitadores que la PYME posea para obtener el punto de partida de la transformación digital y definir los objetivos. Tal y como lo muestra la Figura 3 se han definido cinco dimensiones para realizar el análisis de los elementos que se puedan presentar.

La dimensión financiera corresponde a la dimensión económica que permita a la PYME medir el impacto en la línea superior de la organización, posible disminución de los ingresos, pérdida de ingresos o impacto en el flujo de caja.

Por otra parte, la dimensión regulatoria corresponde a la dimensión legal que permite a la PYME medir los impactos en regulaciones, certificaciones internacionales o requerimientos de gobiernos como la exposición a responsabilidades legales y sanciones regulatorias por incumplimiento de la normativa aplicable de obligaciones legales o contractuales.

La dimensión de experiencia del cliente corresponde a la dimensión que permite a la PYME medir los impactos en el grado que los clientes se verían afectados por la pérdida de un proceso de negocio y el riesgo asociado de pérdida de clientes temporal o permanentemente.

La dimensión de procesos internos corresponde a la dimensión que permite a la PYME medir los impactos en los procesos internos, como el grado en que los mismos se verán afectados por la materialización de incidentes y el riesgo asociado a que los procesos relacionados pierdan su operativa.

Finalmente, la dimensión de imagen corresponde a la dimensión que permite a la PYME medir los impactos en la erosión de la credibilidad y confianza del público. Ejemplo: Publicidad negativa, lo que resulta en una posible reducción de la cuota de mercado.

FIGURA 4. Dimensiones de TD-PYME



Fuente: Elaboración propia.

La PYME deberá calificar todos aquellos factores o limitantes que pudiera afectar el correcto desarrollo de la transformación digital hacia la Industria 4.0, para ello debe utilizar las tablas de impacto mostradas en la Tabla 3.

TABLA 3. Tabla de impactos

Valor	
No Impacto	0
Menor	1
Moderado	2
Adverso	3
Grave	4
Extremo	5

Fuente: Elaboración propia.

Para decidir cuales factores deben ser llevados a la siguiente etapa de Gestión y Desarrollo, la cual será explicada más adelante. Se debe seguir los siguientes criterios de análisis de resultados: calcular el porcentaje de impacto a la empresa superior al 60% de afectación: Cada dimensión tiene un valor máximo de cinco, cada uno de ellos se debe sumar, para una calificación máxima de 30. Por lo que si el resultado es superior al 60% se deberá llevar a tratamiento. Queda a criterio de la PYME si desea incluir en la siguiente etapa algún otro factor.

3.3. Proceso adaptativo de habilitadores

En esta etapa de la metodología la PYME se establecen todas aquellas actividades para poder alcanzar la transformación digital establecida en la etapa de requisitos. Todas las actividades deberán agruparse según los habilitadores establecidos previamente. Aquellas actividades que sean propias de la administración y gestión de la metodología se deben agregar a una sección llamada gestión. Ver Figura No. 5.

Este proceso adaptativo dividido por etapas, permite las PYMES incluir dentro de su transformación digital cuales habilitadores que componen la Industria 4.0 son aplicables a la naturaleza de su negocio y se convertirán en ejes fundamentales de sus políticas de gestión.

FIGURA 5. Actividades agrupadas por habilitador



Fuente: Elaboración propia.

3.4. Gestión y desarrollo

Una vez agrupadas las actividades, se establece el proceso de ejecución de las actividades buscando de una manera ágil simple y accesible que las mismas puedan implementarse por para los responsables de las PYMES. Por ello, se propone gestionar las actividades con al menos fechas de finalización y responsable. No obstante, la metodología TD-PYME permite implementar otras metodologías de desarrollo de actividades como Scrum, por dar un ejemplo.

3.5. Proceso de control y seguimiento

Esta etapa es la única que se ejecuta de manera paralela a las demás etapas. Tiene como objetivo establecer un proceso de mejora continua y medición de los resultados obtenidos usando como referencia el Manual de Oslo.

Este proceso tiene como objetivo proveer aquellos controles y contrapesos necesarios para que la PYME no pierda de vista el objetivo planteado. Por lo anterior, es que se recomienda que no sea la misma persona que implementa la metodología a la que aplica este proceso específico, pero en caso de no contar con el personal suficiente es necesario ser lo más razonal posible para que la metodología pueda alcanzar el objetivo de transformación digital de la PYME hacia la Industria 4.0.

Cada uno de los procesos tendrá en esta etapa un conjunto de controles específicos que deben ser aprobados para poder aplicar el visto de bueno del proceso de control y seguimiento para continuar con la etapa respectiva. En caso negativo, se deberá replantear la misma hasta poder cumplir con los filtros establecidos.

Se permite que cada PYME establezca cuales son los controles más ideales para su proceso, pero se propone que el método de evaluación de los controles será una aplicación binaria Aprobado/Denegado.

4. Resultados

Los resultados obtenidos indican que los factores de Tipo de Innovación, Alcance, Habilitadores Industria 4.0 son considerados por las PYMES del plan piloto con un 100% al rubro de totalmente aplicable por lo que se puede concluir que el proceso de establecimiento de requisitos es totalmente aplicable a la realidad de las PYMES.

Por otra parte, en el proceso de Análisis de Factores, las PYMES encuestas concluyen que son totalmente aplicables las dimensiones financieras, experiencia del cliente e imagen, así como los criterios de selección de factores, con un 100% en la escala de totalmente aplicable. No obstante, se debe analizar, los casos de las dimensiones regulatoria y procesos internos, ambas dimensiones obtuvieron un valor del 83.3% en la escala de parcialmente aplicable y un 16,7% en totalmente aplicable, ver Figuras 6 y 7.

FIGURA 6. Resultados dimensión Regulatoria



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7. Resultados dimensión Procesos Internos



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los datos se interpreta que ambas dimensiones son aplicables y compatibles a la realidad de las PYMES, pero existieron factores que no fueron tan fácilmente aplicables. Se maneja como hipótesis preliminar que las empresas participantes no tienen aún la madurez esperada de sus procesos internos o nunca se han visto involucrados en procesos legales producto de multas o sanciones, queda anotado como futura línea de investigación determinar cuáles son esos factores que no produjeron un 100% de adaptabilidad, aun así, se tiene un porcentaje de aplicabilidad superior al 75%. Por lo tanto, se puede concluir que el proceso de análisis de factores es casi totalmente aplicable a la realidad de las PYMES. Seguidamente, con respecto al proceso adaptativo por habilitadores se concluyó que el 100% considera totalmente aplicable la agrupación de actividades por habilitador.

Seguidamente, con respecto al proceso de gestión y desarrollo se concluyó que el 100% considera totalmente aplicable poder seleccionar alguna metodología específica de seguimiento de actividades, lo que les produce flexibilidad necesaria para utilizar la metodología más adecuada de acuerdo con el tamaño de su organización. Por lo que se puede concluir que el proceso gestión y desarrollo es totalmente aplicable a la realidad de las PYMES.

Finalmente, el proceso de control y seguimiento obtuvo un 100% en la escala de totalmente aplicable para los controles de los procesos de: establecimiento de requisitos, análisis de factores y adaptativo por habilitadores. No obstante, los controles de los procesos de gestión y desarrollo y los indicadores de gestión obtuvieron un 83.3% en la escala de totalmente aplicable y un 16.7% en parcialmente aplicable. Ver Figuras 8 y 9.

FIGURA 8. Resultados controles gestión y desarrollo



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9. Resultados indicadores de gestión

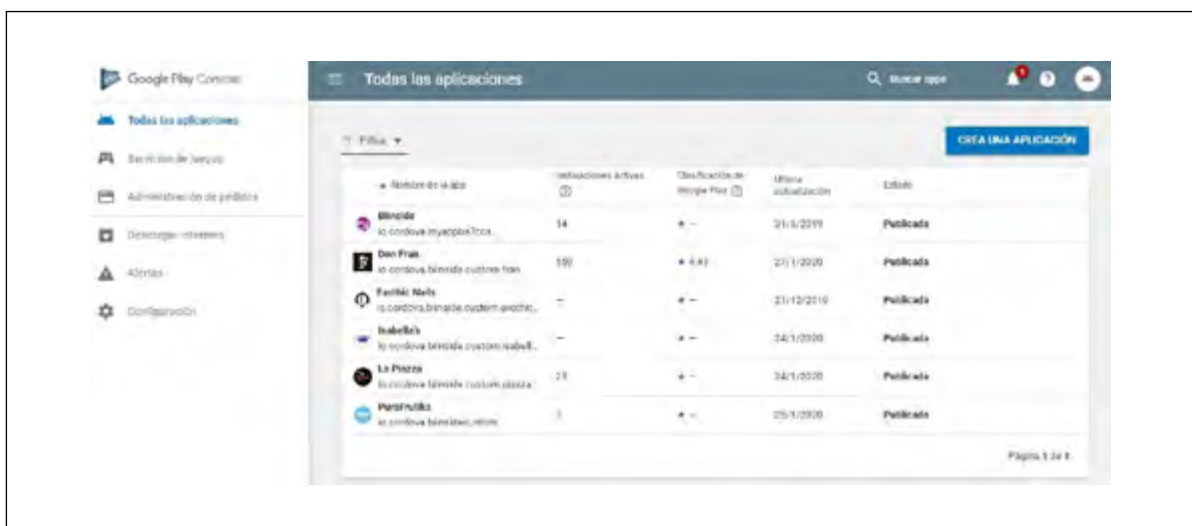


Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que la diferencia estadística es producto de la diversa naturaleza de negocio de cada PYME participante. Aun así, se tiene un porcentaje de aplicabilidad superior al 80%. Por lo tanto, se puede concluir que el proceso de control y seguimiento es casi totalmente aplicable a la realidad de las PYMES.

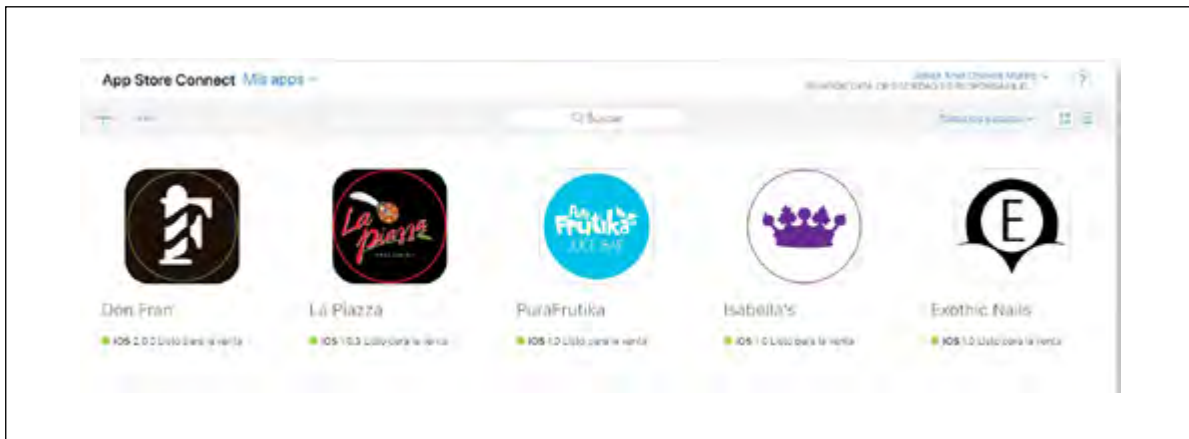
Como parte de la implementación del plan piloto, a todas las PYMES participantes se les desarrolló una aplicación informática publicada en Google Play y App Store que les permitiera digitalizar sus programas de cliente frecuente, dichas aplicaciones están totalmente funcionales y públicas a nivel de las tiendas. Ver Figuras 10 y 11.

FIGURA 10. Apps en Google Play



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 11. Apps en App Store



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Se ha logrado desarrollar una metodología adaptada a la realidad de las PYMES costarricenses que le permitan ejecutar una adecuada transformación digital hacia el contexto de la Industria 4.0.

Se ha logrado desarrollar un conjunto de procesos que permitan implementar la planificación necesaria para una adecuada transformación digital de las PYMES. Se ha desarrollado un proceso que establece los principios y requisitos necesarios para la transformación digital, definiendo los tipos de innovación, el alcance y los habilitadores de la Industria 4.0 que están involucrados.

Se ha desarrollado un proceso de análisis de factores determinantes que permita ver los riesgos a los que está expuesta la PYME desde cinco dimensiones: financiera, regulatoria, experiencia del cliente, procesos internos e imagen. Se ha desarrollado un proceso adaptativo dividido por etapas que permita las PYMES incluir dentro de su transformación digital cuales habilitadores que componen la Industria 4.0.

Se ha logrado construir un proceso de gestión y desarrollo de las actividades, proyectos y tareas de una manera ágil simple y accesible para los responsables de las PYMES que les permita ejecutar las tareas para alcanzar la transformación digital. Este proceso permite a los responsables de las PYMES decidir la metodología de seguimiento que prefieran, pero establece los principios, indicadores y controles requeridos para su correcta ejecución.

Se ha logrado desarrollar un proceso de mejora continua y medición de los resultados obtenidos que permita verificar y actuar con base a la ejecución de controles. Dichos controles fueron obtenidos mediante el análisis de las restricciones establecidas en el Manual de Oslo y otras metodologías para determinar el conjunto de indicadores que deben ser incluidos para el adecuado seguimiento. Se ha obtenido una validación de que la metodología es aplicable y está adaptada a la realidad de las PYMES costarricenses.

Referencias bibliográficas

- Bedoja, T. (2019). *Transformación Digital y la Industria 4.0*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/17458/BEDOYAOLARTETATIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Deloitte (2019). *¿Qué es la Industria 4.0?* <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>

- García, M. (2015). *Análisis y modelado del proceso de gestión de la innovación en PYMES y su implementación en una plataforma WEB*. [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia].
- Gobierno de España (2015). *Industria Conectada 4.0: La transformación digital de la industria española*. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/Documents/081015%20Dossier%20prensa%20Industria%204%200.pdf>
- MEIC (2017). *Estudio Situacional de la PYME Serie 2012-2017*. <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2019/pyme/INF-012-19.pdf>
- Schroeder, W. (2017). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. http://fes-madrid.org/media/2017_FESpublicaciones/FES_Industria_4.0.pdf
- Slotnisky, D. (2016). *Transformación Digital como las empresas y las personas deben adaptarse a esta revolución*. Digital House.