



# TRABAJO DE FIN DE GRADO

## **Evaluación mediante opciones reales de la implementación de Cloud ERP en la gestión empresarial.**

*(Evaluation through real options of the implementation of Cloud ERP in business management.)*

**Autor:** D. José Miguel Lozano Almansa

**Tutor:** D. Jorge Tarifa Fernández

**Cotutora:** Dña. Ana María Sánchez Pérez

## **Grado en Administración y Dirección de Empresas**

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Curso Académico: 2019/ 2020

Almería, junio de 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

A Laura, por apoyarme en los momentos de tensión durante toda la carrera y acompañarme en cada decisión a lo largo de toda esta etapa.

A mis padres, por apoyarme, ayudarme y permitirme hacer la carrera.

A mis amigos los Leroyos por los buenos ratos que han hecho más amenos los momentos difíciles y aun mejores los buenos momentos.

A Jorge, por todo lo que me ha enseñado, y asesorarme con el TFG hasta el final con un tema adaptado a mis preferencias.

A Ana María, por la ayuda desinteresada en la elaboración de este proyecto, en su fase final, a contrarreloj.

A todos los compañeros que me han acompañado a lo largo de esta inolvidable etapa.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. PROCESO DE REVISIÓN .....	4
1. El papel de la sociedad en la industria 4.0.....	8
2. IoT .....	10
3. Transición de ERP a CERP .....	13
3.1 Factores cualitativos de decisión de inversión.....	15
4. La tecnología en la empresa .....	18
4. APLICACIÓN PRÁCTICA .....	22
1. Contextualización de la muestra empleada.....	22
2. Obtención de las variables de valoración .....	22
3. Evolución del valor actual, según el método binomial.....	27
4. Cálculo del valor del proyecto con la opción de diferimiento.....	30
5. Resultados finales.....	32
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 3.1.</i> Distribución temporal por año de publicación.....	7
<i>Ilustración 3.2.</i> Distribución geográfica por país de las publicaciones.....	8
<i>Ilustración 3.3.</i> Jerarquía del conocimiento aplicada a la industria 4.0.....	9
<i>Ilustración 4.1.</i> Cálculo del valor actual del año 1, mediante el método binomial.....	29
<i>Ilustración 4.2.</i> Cálculo del valor actual del año 2 y sucesivos, mediante el método binomial.....	29
<i>Ilustración 4.3.</i> Cálculo del valor actual del año 3, mediante el método binomial.....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3.1.</i> Ruta bibliográfica.....	5
<i>Tabla 3.2.</i> Tipo de empresa según el comportamiento al implantar IoT en sus procesos.....	11

<b>Tabla 3.3.</b> Resumen de los factores que condicionan la inversión según la literatura.....	16
<b>Tabla 4.1.</b> Facturación media de las empresas encuestadas. ....	23
<b>Tabla 4.2.</b> Porcentaje de ingreso total anual, destinado a ERP. ....	24
<b>Tabla 4.3.</b> Años de media de la recuperación de la inversión en ERP. ....	25
<b>Tabla 4.4.</b> Resumen de los parámetros para el cálculo de la opción de diferimiento.....	27
<b>Tabla 4.5.</b> Evolución de valor actual, según el modelo binomial y la probabilidad de ocurrencia. ....	28
<b>Tabla 4.6.</b> Opción de diferimiento mediante el método binomial de inversión en ERP. ....	31
<b>Tabla 4.7.</b> Resumen de los resultados finales.....	32

## 1. RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es mostrar el valor que aportan a la empresa las tecnologías IoT y ERP contempladas dentro del concepto de Industria 4.0, y qué variables se tienen en cuenta para su inversión. Para ello, el trabajo se ha dividido en dos bloques, uno con una perspectiva cualitativa argumentado mediante una revisión de la literatura, y otro con una perspectiva cuantitativa a través de una valoración de proyectos ERP a través de opciones reales, para lo que nos hemos apoyado en valores medios de empresas internacionales. El primero de los bloques destaca las principales tecnologías de la industria 4.0 para las cuales, la administración debe tener en cuenta distintas variables que condicionan la inversión. Entre las más predominantes encontramos la seguridad, la facilidad de uso, las garantías del proveedor y las compatibilidades de la información con sistemas tradicionales. Si este proceso de decisión de inversión es complejo por la gran cantidad de variables que incorpora, más lo es aún el proceso de implantación, que muchas veces es infravalorado, pero es de vital importancia para una buena convivencia entre los empleados y la nueva tecnología. El segundo bloque busca dar una perspectiva práctica y cuantitativa a la evaluación de dicha inversión, en este caso, mediante la aplicación de la opción real de diferimiento con valores medios de inversiones ya realizadas. Así, en comparación con el método tradicional de valoración de proyectos del VAN (189.694,08\$), la valoración mediante diferimiento de tres años ha arrojado un resultado de 1.463.849,91. Esto viene a decir que, pese a que aparentemente es viable económicamente al poseer un VAN positivo, el valor que generaría sería 7,74 veces superior si se opta por el diferimiento de la inversión en un plazo de 3 años. En definitiva, pese a que las tecnologías de la información de la industria 4.0 pueden ofrecer una ventaja competitiva a las empresas, la incertidumbre y la gran cantidad de variables que intervienen en su correcta implementación pueden hacer que sea preferible prorrogar la inversión a un momento donde la incertidumbre sea menor.

## **ABSTRACT**

*The main objective of this work is to show the value that IoT and ERP technologies contribute to the company, contemplated within the concept of Industry 4.0, and what variables are considered for their investment. To do this, the work has been divided into two blocks, one with a qualitative perspective argued through a review of the literature, and another with a quantitative perspective through an assessment of ERP projects through real options, for which we have relied on average values of international companies. The first block highlights the main technologies of the 4.0 industry for which management must take into account different variables that condition investment. Among the most predominant are security, ease of use, supplier guarantees and compatibility of information with traditional systems. If this investment decision process is complex due to the large number of variables it incorporates, even more so is the implementation process, which is often undervalued, but is of vital importance for a good coexistence between employees and the new technology. The second block seeks to give a practical and quantitative perspective to the evaluation of this investment, in this case, by applying the real option of deferral with average values of investments already made. Thus, in comparison with the traditional method of project valuation of NPV (\$189,694.08), the valuation through deferral of three years has yielded a result of 1,463,849.91. This means that, even though it is apparently economically viable as it has a positive NPV, the value it would generate would be 7.74 times higher if the investment were deferred for three years. In short, despite the fact that information technologies in industry 4.0 can offer a competitive advantage to companies, uncertainty and the large number of variables involved in their correct implementation can make it preferable to extend investment to a time when uncertainty is lower.*

## 2. INTRODUCCIÓN

La industria 4.0 ya está transformando la forma en la que las empresas, tanto grandes como pequeñas, se relacionan con su entorno. Un entorno que cada vez genera más información y que puede suponer un intangible muy valioso para la toma de decisiones en el seno de cualquier organización. De todas las tecnologías se integran dentro de esta industria 4.0, son los sistemas IoT, cloud y la analítica predictiva las más valoradas por las empresas, y que sin duda aportarán un gran valor añadido a la empresa, en cuanto a la obtención y el tratamiento de la información se refiere.

Sin embargo, teniendo en cuenta el sistema ERP no solamente como un sistema básico de gestión empresarial, si no como una potencial ventaja competitiva que dote a la gerencia de tomar decisiones en un escenario de menor incertidumbre gracias a una mayor y mejor información, la decisión de inversión se vuelve más compleja.

Para dar a conocer la complejidad existente en la toma de decisión de inversión, se ha estructurado este trabajo en dos partes.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una revisión de la literatura, cuyas variables de búsqueda quedan recogidas al principio del punto “proceso de revisión”. A grandes rasgos, se han buscado las relaciones existentes entre IoT y ERP (como un sistema en la nube), considerándose dos tecnologías consecutivas y complementarias en la secuencia del conocimiento (D-I-K-W), siglas que se traducen del inglés como (Datos-Información-Conocimiento-Sabiduría). Partiendo de aquí, la revisión se ha centrado en detallar, de las tecnologías que generan los dos primeros eslabones de esta cadena (datos e información), las principales variables que tiene en cuenta la administración de las empresas para llevar a cabo un proceso de inversión. Además de estas variables de decisión, también se describen los principales desafíos a los que la empresa hará frente durante el proceso de implantación y marcha posterior de la tecnología, junto con los integrantes de la organización que harán uso de dicha tecnología.

Al final de esta revisión, se ha tratado un punto para introducir las opciones reales para facilitar la comprensión de la parte práctica de este proyecto. En este punto se recogen distintas definiciones de opciones reales, las ventajas que ofrece respecto a las herramientas de valoración de proyectos tradicionales, como el VAN y tipos de opciones, haciendo hincapié en la opción de diferimiento que será la tratada en la parte práctica.

Tras realizar esta revisión dará comienzo la segunda parte de este trabajo, es decir, la aplicación práctica que, de forma más cuantitativa realizará una valoración financiera poniendo de manifiesto el coste de oportunidad en el que incurrirían las empresas al diferir la inversión en ERP. Para ello, la fuente principal de información ha sido el informe de ERP de Panorama Consulting en su versión 2018, fruto de una encuesta a empresas de distinto tamaño a nivel global. Tras analizar la muestra y transformar los datos que ofrece el informe para adaptarlos a la aplicación de la opción de diferimiento, se llevará a cabo el método binomial para obtener los resultados.

### **3. PROCESO DE REVISIÓN**

La revisión sistemática de la literatura se considera la mejor forma de producir, sintetizar e informar sobre la evidencia existente en un campo específico (Denyer and Trandfield, 2009; Trandfield y otros 2003). Esto es de interés particular en áreas de las ciencias sociales debido a su utilidad para identificar áreas de consenso y desacuerdo entre los investigadores (Perkmann y otros, 2013). Además, la revisión sistemática ayuda a identificar el proceso y favorece la replicabilidad, lo que mejora la calidad del proceso. Los procesos abarcan tres grandes pasos.

1) Planificación del proceso.

a. Definición de palabras clave:

Para identificar las palabras clave que guiarán los argumentos del presente trabajo y que darán paso a la búsqueda de información, hay que atender al tema tratado. El tema principal, es la toma de decisiones sobre la inversión en sistemas de ERP conectado. Sin embargo, para lograr esta conexión del sistema ERP y adaptarlo a la industria 4.0 (*Cloud ERP*), y evitar así realizar el estudio sobre el sistema ERP tradicional, entra en juego otra palabra clave que dará sustento a los datos (o inputs) que dotarán el sistema, esto es IoT o internet de las cosas. Finalmente, para concretar el campo de actividad donde se va a usar esta tecnología, se ha hecho uso de otros términos como información, negocios o empresas.

Por otro lado, una vez identificadas las variables cualitativas que interfieren en dicha toma de decisiones, y con el fin de dotar al trabajo de una perspectiva práctica y cuantitativa, se ha proyectado una valoración de inversión mediante opciones reales. Por ello, tanto el tipo de valoración, como su campo de actividad mediante términos como tecnología o administración, han sido empleados para la búsqueda de los artículos.



En resumen, las palabras clave para realizar las búsquedas en bases de datos de artículos de investigación, se dividen en dos grupos:

- Revisión de la literatura con el fin de documentar la tecnología estudiada aplicada a la gestión empresarial: “IoT o Internet of Things”, ”ERP o Enterprise Resource Planning”, “Cloud ERP” “information”, “business”, “enterprises”.
- Dar a conocer la información existente, relativa al proceso de valoración financiera seleccionado: “Real options”, “technologies” y “management”.

Con estas palabras clave, las búsquedas estarán encaminadas a suministrar información para conocer el marco teórico aplicado a un área completa, la administración, y para valorar un proyecto de inversión mediante la técnica seleccionada.

## 2) Proceso de revisión

### a. Resultados iniciales de la búsqueda:

Antes de comenzar a detallar los hallazgos de la investigación sobre la industria 4.0 y sus elementos aplicados en la decisión empresarial, y con el fin de obtener información lo más objetiva posible, se aclara a continuación las rutas seguidas para encontrar dicho contenido.

Así, se han realizado las siguientes búsquedas y obtenido los resultados proyectados en la **Tabla 3.1**, y descritos posteriormente.

**Tabla 3.1.** Ruta bibliográfica.

Base de datos	Ruta	N.º artículos encontrados	N.º artículos seleccionados
Web of Science	TS=(“Cloud ERP”)	18	9
	TS=(ERP OR “enterprise resource planning”) AND TS=(IoT OR “internet of things”)	13	10
	TI=(“real options”) AND TS=(technologies) AND TS=(management)	58	7
ABI collection	ab(IoT OR “internet of things”) AND ab(information) AND ab(business OR enterprises)	239	6
	ab(IoT OR “internet of things”) AND ab(knowledge) AND ab(business OR enterprises)	52	9
Total			41

Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, con el fin de buscar las relaciones existentes entre el sistema IoT y ERP, se ha hecho uso del parámetro “AND” en el sistema booleano de filtrado de documentación, para hallar artículos que trataban ambas tecnologías. Esta búsqueda ha tenido en cuenta tanto la abreviatura (ERP e IoT), como el nombre completo de la tecnología (*Enterprise Resource Planning* e *Internet of Things*). Los resultados encontrados, en este caso en la base de datos de Web Of Science, es de 13. **TS= (ERP OR “enterprise resource planning”) AND TS=(IoT OR “internet of things”)**

Con el fin de profundizar en cada una de ambas tecnologías, se ha hecho uso “cloud ERP”, con el fin de ser lo más directos posibles en la búsqueda, ya que esta tecnología es el resultado de la tecnología ERP aplicada a la industria 4.0, por lo que no ha sido necesario ningún filtro adicional. Esto ha generado en la base de datos de *Web Of Science* un total de 18 resultados. **TS=(“Cloud ERP”)**

Por su parte, para profundizar en la tecnología IoT, se han realizado dos búsquedas similares, donde ambas incluyen el nombre de la tecnología IoT o *Internet of Things*, y las palabras negocios y empresas con el fin de aplicar la tecnología a un campo concreto, la gestión empresarial. La diferencia entre ambas búsquedas se encuentra en la palabra información con 239 artículos en la base de datos *ABI Collection* **ab (IoT OR “internet of things”) AND ab(information) AND ab(business OR enterprises)**; y conocimiento con 52 resultados en la base de datos de *ABI Collection* **ab(IoT OR “internet of things”) AND ab(knowledge) AND ab(business OR enterprises)**.

Finalmente, como se ha comentado, con el fin de dotar al trabajo de una perspectiva más práctica de la que deducir nuevos conocimientos, se ha buscado información sobre la valoración financiera mediante opciones reales en tecnología, por lo que se ha hecho uso de palabras como *real options*, *technologies* y *management*. En este caso, los resultados de la búsqueda han sido 58. **TI= (“real options”) AND TS=(technologies) AND TS=(management)**

b. Refinamiento de los resultados:

Para realizar la presente revisión de la literatura, se ha segmentado la revisión a artículos con un rango de fecha de publicación hasta al año 2019 en cada una de las búsquedas. Por otro lado, solamente se han tenido en cuenta artículos científicos, por lo que han sido excluidas otras fuentes como noticias, estudios de casos o cualquier otro tipo de documento. Además, en la búsqueda en la base de datos de *Web of Science* se ha hecho uso de la colección

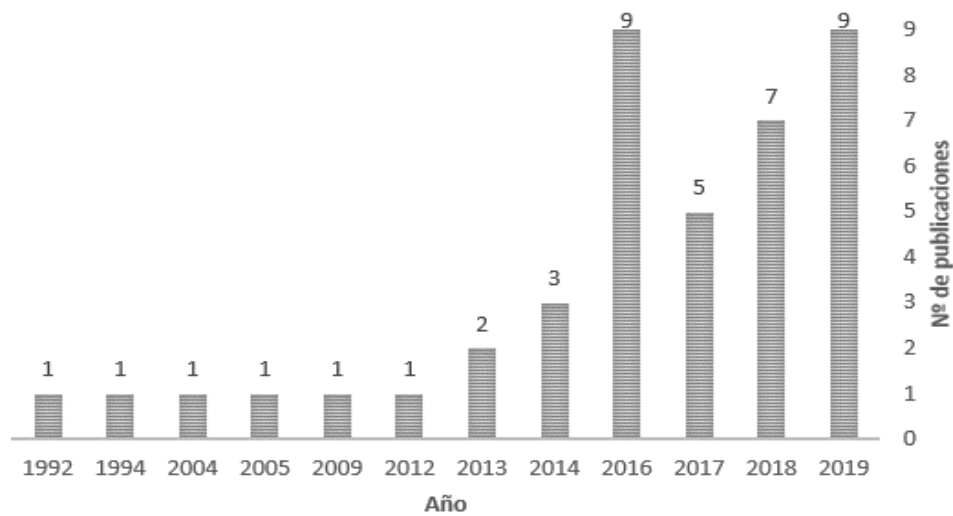
principal y concretamente con los índices de cita SCI-EXPANDED Y SSCI, al ser estos específicos de la rama que trata el presente proyecto. En ambas bases de datos, se ha realizado la búsqueda con las palabras clave comentadas anteriormente en el resumen de los artículos, pues es este apartado el que recoge la esencia real del contenido.

Una vez encontrados los artículos relacionados de forma genérica con el tema, algunos de ellos han sido descartados al tratar IoT de manera muy técnica a nivel de ingeniería de desarrollo, por lo que han sido desestimados con el objetivo de hacer una revisión bibliográfica de su aplicación a la empresa. En su totalidad, se han obtenido 41 artículos que argumentamos a continuación.

c. Resultados preliminares:

En este apartado, destacaremos aquellos datos objetivos inherentes a las publicaciones estudiadas en la revisión de la literatura, para ello comenzaremos con la distribución temporal de las publicaciones, como podemos ver en la **Ilustración 3.1.**

**Ilustración 3.1.** Distribución temporal por año de publicación.



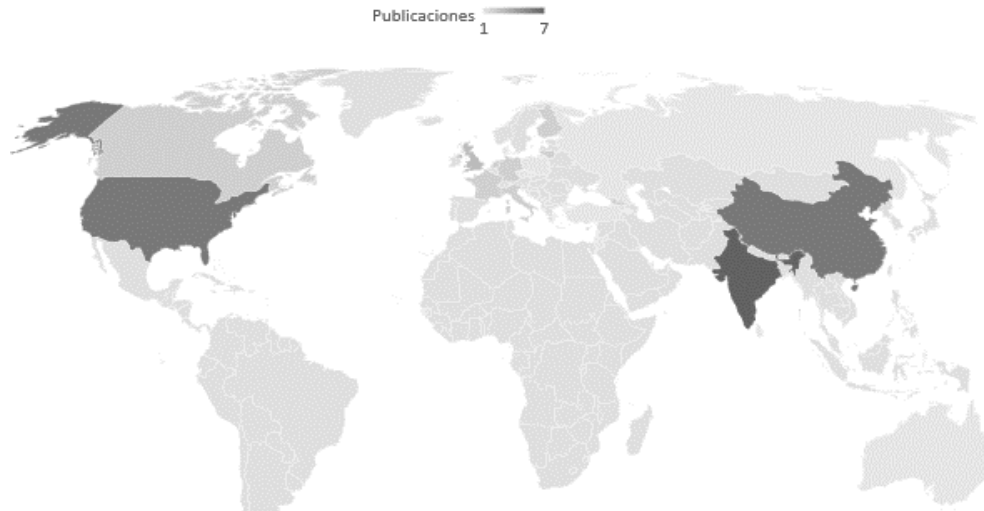
Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, la mayoría de las publicaciones se concentran a partir del año 2016, con un total de 30 publicaciones, es decir el 73,17% de las usadas para la presente revisión de la literatura. Este aumento de las publicaciones en este rango de fechas se debe a un mayor aumento de las investigaciones y las apuestas por las empresas de implementar la tecnología 4.0 en su gestión.

Además, en la **Ilustración 3.2.** podemos observar, por países, la cantidad de esos artículos que han sido publicados. Para obtener esta información con mayor claridad, se ha hecho uso

de un mapa coroplético a nivel mundial con una escala que mide el número de artículos. Así, de un color más intenso se reflejan aquellos países con mayores contribuciones y de color más claro los que menos publicaciones tienen, destacando que el mínimo y el máximo representado, es 1 y 7, respectivamente.

*Ilustración 3.2.* Distribución geográfica por país de las publicaciones.



Fuente: Elaboración propia.

El 46,81% de las publicaciones usadas tienen origen en Europa, destacando las aportaciones de Reino Unido con 3, e Italia, Finlandia, Alemania y Francia con 2. El 34,04% de las publicaciones tienen su origen en Asia, sobre todo en India y China con 7 y 6 publicaciones, respectivamente. En el continente americano (17,02%), se han publicado 8 de los artículos seleccionados, 7 de los cuales pertenecen a EE. UU. y 1 a Canadá. Finalmente, el continente australiano solamente se ha seleccionado un artículo, suponiendo el 2,13%.

### **1. El papel de la sociedad en la industria 4.0**

Para conocer la repercusión real que tiene en la toma de decisiones de una organización la implantación de tecnología conectada, es de vital importancia conocer el entorno sociocultural en el que esta se mueve.

En la actualidad, nuestra sociedad está inmersa en un cambio de paradigma, en lo que a la forma de entender la tecnología se refiere. En ella, cada vez son más los dispositivos conectados a internet que tratan de proporcionar información relevante de cualquier actividad, tanto de personas físicas (monitorización deportiva o control del hogar) como jurídicas (redes sociales, control exhaustivo de inventarios o trazabilidad). Como se ve en la comparativa anterior, las empresas no solo explotan en el mercado la tecnología ofertándola

al cliente, si no que hacen uso de ellas para llevar a cabo su actividad de forma más optimizada.

Son muchas las tecnologías que se acogen dentro de la denominada industria 4.0, entre ellas podemos destacar los sistemas físicos cibernéticos o CPS, sistemas en la nube, internet de las cosas o IoT, maquina a máquina o M2M, fabricación inteligente, minería de datos, Big Data, ERP, inteligencia de negocios, realidad aumentada, simulación, fabricación virtual o robótica inteligente, entre otros (Oztemel y Gursev, 2020). Si bien, todas estas tecnologías aportan un valor diferenciador y buscan generar información primaria o formas más óptimas de llevar a cabo la actividad, los sistemas en la nube, IoT y la analítica predictiva son las tecnologías que más interés han suscitado en el mundo empresarial e investigador (Ardolino y otros, 2018). Esta clasificación se ha sustentado en la revisión de la literatura realizada sobre la industria 4.0, asignando cada una de estas tres tecnologías una finalidad concreta. En primer lugar, IoT es la tecnología encargada de identificar la información a través de los distintos dispositivos o sensores, esta sería la parte relacionada con la infraestructura como servicio (IaaS). Posteriormente, el sistema en la nube consigue almacenar la información suministrada por la anterior tecnología, para ser finalmente usada e interpretada mediante la tecnología de analítica predictiva gracias al uso de algoritmos, correspondiéndose con el software como servicio (SaaS), generando de esta forma autonomía informativa. Como podemos comprobar apoyándonos en la **Ilustración 3.3**, la secuencia DIKW (Date-Information-Knowledge-Wisdom) correspondiente con la jerarquía del conocimiento, se da de forma clara mediante el uso de una tecnología específica en cada una de las etapas.

**Ilustración 3.3.** Jerarquía del conocimiento aplicada a la industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia.

Los fines buscados más utilizados por las empresas que implantan estas tecnologías son el monitoreo, aumento de la capacidad, autonomía y flexibilidad (Moeuf y otros, 2018), suponiendo un aporte de medios y fuentes que posteriormente generarán un mayor nivel de información específica de la actividad. Concretamente, según la encuesta realizada por Raymond (2005) a 118 PYMES canadienses en materia de implantación de tecnologías de fabricación avanzadas en la actividad, la mayoría coincidían en que estas prácticas disminuyen sus costes operativos y los tiempos de producción e incrementan la calidad y la productividad. En definitiva, son tecnologías que aún se encuentran en plena implantación y que incluyen nuevos métodos de interacción con el entorno y nuevas formas de pensar ante la posesión de información diferente (Tarabasz, 2016).

El aporte de inteligencia que genera la industria 4.0 para la sociedad es innegable, dada su capacidad de resolución de problemas permitiendo dar una solución más objetiva e “inteligente”. Hablamos entonces de inteligencia colectiva (Mačiulienė, 2014), una inteligencia que nace de la sociedad para brindarle mayores beneficios a la propia sociedad, y que involucra tanto al sector privado como al sector público. Esto se hace mediante la investigación de tecnologías más optimizadas, la legislación en pro de la privacidad, las ayudas de fomento para la modernización de infraestructuras de las pequeñas empresas o las alianzas cruzadas de grandes empresas (Ghaffari y otros, 2019).

Pese a los aparentes beneficios que tiene para toda organización implementar tecnología conectada en sus procesos, el 60% de ellas suelen estancarse en la etapa de implantación, con el coste que ello supone, mientras que solamente el 26% de las organizaciones logran implantarlo obteniendo un retorno de la inversión y un beneficio superior, aumentando la satisfacción del cliente, la eficiencia y la calidad (Shim y otros, 2019). Si bien, los beneficios potenciales que la industria 4.0 aporta son de interés para las empresas, si su implantación no es desarrollada de forma correcta y por lo tanto, los resultados no son los esperados, los beneficios de ella no quedan demostrados y puede hacer la inversión aparentemente más arriesgada para las empresas futuras (Skaržauskienė y Kalinauskas, 2012). Por ello, una reglamentación fuerte en materia de seguridad y un previo correcto desarrollo de la tecnología son la base del éxito.

## **2. IoT**

Analizamos a continuación una de las tecnologías más relevantes en el mundo empresarial, el internet de las cosas o IoT, dado su amplio rango de aplicación y repercusión en cualquier

organización. En el año 2019 se cuentan con alrededor de 38 billones de dispositivos conectados, superando la inversión en la Unión Europea de 140 millones de € al año tanto a nivel privado como público. Su aplicación, no es el único condicionante para el éxito, si no que cada empresa debe adaptar el sistema IoT que más se adapte a sus propias necesidades y a las del sector, así como un correcto proceso de implantación. Con esta tecnología, daremos comienzo la jerarquía del conocimiento (D-I-K-W) que se ha mencionado en el apartado anterior (eslabón “D” de la secuencia). En este caso con el primer eslabón de esta jerarquía, la fuente informativa y de datos, a través de la recopilación de la realidad de los dispositivos conectados a internet durante la actividad.

Apoyándonos en la aportación de Miller y otros (1994), las empresas pueden dividirse en tres (**Tabla 3.2**), según la estrategia que están siguiendo a la hora de implantar la tecnología IoT en sus procesos. Estos grupos son los cuidadores, vendedores e innovadores donde cada uno de ellos lleva a cabo la implementación de una tecnología con distintas características:

**Tabla 3.2.** Tipo de empresa según el comportamiento al implantar IoT en sus procesos.

Tipo de empresa	Descripción del comportamiento
<b>Cuidadores</b>	Tienen poco énfasis en desarrollar su capacidad competitiva y emplean una tecnología con estándares mínimos para competir, teniendo en cuenta la variable precio en la adquisición de estos dispositivos.
<b>Vendedores</b>	Sus esfuerzos están orientados en la capacidad competitiva. Exigen una tecnología que permita combinar una gran línea de productos y velar por la calidad de ellos, dotándoles de una mayor capacidad.
<b>Innovadores</b>	Sus esfuerzos se orientan a realizar cambios efectivos y rápidos en sus productos y procesos. La flexibilidad entendida como velocidad de cambio en la introducción de productos es un requisito en la tecnología que implemente, siendo el precio un factor que no se tiene muy en cuenta, ya que suelen adquirir dispositivos con mayores prestaciones, por tanto, con mayor precio

Fuente: Elaboración propia a partir de Miller y otros (1994)

A raíz de esta publicación, estudios posteriores la vincularon con la tecnología de la industria 4.0. en concreto con IoT. De esta forma, los cuidadores implementarán una tecnología simple con menos seguridad, menos calidad del dispositivo y un Big Data simple, aunque con una conectividad robusta y fácil de usar. Por su parte, los innovadores precisan de una tecnología

con una mayor seguridad, conectividad y potencia en el análisis de datos. Finalmente, los vendedores llevan a cabo una combinación de ambas estrategias (Vishwakarma y otros, 2019).

Los estudios de Miller y otros (1994) y Vishwakarma y otros (2019), ponen en evidencia la importancia de adaptar la tecnología correspondiente a cada una de las estrategias que la empresa pretenda seguir en el largo plazo y también a la capacidad de la cual disponga la empresa, con el fin de evitar una sobreinversión, o por el contrario una inversión que no sea suficiente para dar el primer paso en busca de una ventaja competitiva por la vía tecnológica. De esta manera, los participantes del mercado IoT llevarán a cabo un cambio hacia nuevas soluciones y una mejora en la oferta de productos a nivel holístico (Golovatchev y otros, 2016). Es decir, soluciones más eficientes para el cliente y sistemas productivos más eficientes para la empresa (Del Giudice, 2016), que den impulso a una ventaja competitiva ante el acelerado ciclo de innovación que sufre la sociedad actualmente, aunque manteniendo en todo momento cierto equilibrio entre la innovación y la capacidad humana y técnica de la que se disponga. Concretamente, los procesos manuales en la logística generan errores en los datos de los procesos de compras, ventas, facturación y pago, por lo que el empleo de esta tecnología sería aceptado y conveniente, también en estas áreas (Majeed y Rupasinghe, 2017).

En un ámbito más técnico, pese a que la implantación de IoT en la organización aumenta la flexibilidad, la comunicación de información, la predicción de la demanda y la sincronización de la logística a través de una tecnología a la vanguardia, son la instalación, la seguridad y el funcionamiento los principales riesgos, y por tanto, los retos a los que hacer frente tanto a nivel global como a nivel de la cadena de suministro (Haddud y otros, 2017). IoT es una oportunidad para recopilar información y conocimiento, que son el fruto de la sinergia positiva que genera la ingeniería de datos y el capital humano, generando un aprendizaje incremental en este campo y siendo un requisito para el desarrollo futuro de la empresa (Tervonen y otros, 2018). Sin embargo, esta tecnología cuenta con gran cantidad de desarrolladores, y está clasificada en una amplia gama de tipos de conexiones, lo que puede generar problemas de compatibilidad. Por ello, unas de las líneas de investigación abiertas en este tema es la tendencia de aplicación de código abierto que disminuya las barreras de incompatibilidad, consiguiendo una disminución en los costes, y aumentando la cooperación entre las empresas y el entorno, así como lograr minimizar el consumo de energía y aumentar la velocidad de procesamiento de los dispositivos (Stočes y otros, 2016).



De hecho, como desprende el estudio de Majeed y Rupasinghe (2017), una disminución en los costes de las etiquetas RFID, podría hacer esta tecnología omnipresente en más sectores y usos para tener un control más exhaustivo de su inventario y actividades empresariales, a tiempo real y a un coste inferior. Aunque hay que tener en cuenta que estas prácticas nunca sustituirán a la inteligencia competitiva tradicional, si no que creará una nueva versión de esta, con fuentes de información novedosas que generan más y mejor información (Tian, 2017).

### **3. Transición de ERP a CERP**

Continuando en la secuencia del conocimiento (D-I-K-W), el sistema cloud es el encargado de almacenar la información suministrada por los dispositivos IoT (eslabón “I” de la secuencia), y de mostrarla al usuario con el fin de facilitar la toma de decisiones mediante el aporte de conocimiento.

El sistema tradicional de ERP se encuentra en pleno cambio para hacerse un hueco en la industria 4.0 y tal es así, que se ya encuentra en la fase inicial de su incorporación. Esto se debe a la combinación de este sistema con IoT y el sistema cloud, permitiendo una respuesta más rápida al cliente, además de un aumento significativo en la productividad y en la toma de decisiones (Velasco y otros, 2013). Además, su potencial se incrementa cuando se combina la tecnología Big Data con cloud ERP (Gupta y otros, 2019). En definitiva, 28% de la inversión en tecnologías de la información por parte de las empresas es destinado a los sistemas de almacenamiento en la nube (Chang y otros, 2019), siendo cada vez más evidente la transición entre el ERP tradicional y CERP.

El objetivo, a corto plazo es crear un ecosistema digital que involucre a todos los integrantes de la cadena de suministro mejorando las operaciones (abastecimiento, tiempos y previsiones de demanda), además de lograr una mayor transparencia y una reducción del coste (Banerjee, 2018), aunque para ello es indispensable llevar a cabo una inversión adecuada.

En un nivel más técnico de esta tecnología, según el tipo de alojamiento del sistema cloud elegido por la empresa cliente, podemos distinguir de forma genérica las nubes públicas o privadas:

- **Nubes públicas:** Permiten a las organizaciones acceder a los servicios contratados a través de internet sin necesidad de tener en su propiedad equipos tecnológicos avanzados o softwares, disminuyendo los costes, riesgos de obsolescencia y

mantenimientos (Chang y otros, 2019). Es la opción más común para adaptar softwares ERP aunque supone un riesgo para la privacidad y seguridad (Chang y Hsu, 2019) debido a que comparte servicios e infraestructuras a través de un proveedor externo (Chen y otros, 2017).

- **Nubes privadas:** Requieren inversión en infraestructura al estar alojada en la propia empresa, ya que se accede a través de una intranet y supone un mayor coste, pero supone una mayor tranquilidad en cuanto a seguridad (Chang y otros, 2019). Debido a esta mayor seguridad, los proveedores la ofrecen como alternativa a la nube pública (Chen y otros, 2017).

Según la encuesta realizada por Ranjan y otros (2017) sobre los objetivos prioritarios tras crear un ecosistema basado en IoT, cloud y ERP, se obtuvieron los siguientes resultados en cuatro campos de la gestión empresarial como son las finanzas, empleados, operaciones y clientes:

- **Finanzas:** Favorecer la toma de decisiones.
- **Empleados:** Mayor énfasis del empleado en la interpretación de los resultados que en la obtención de información.
- **Operaciones:** Mayor seguridad y aportaciones más innovadoras.
- **Clientes:** Seguimiento individualizado de los clientes para satisfacer mejor sus necesidades.

Con estos avances, Rajman y otros (2017) ponen de manifiesto la repercusión que a nivel holístico tiene la tecnología ERP en todas las empresas. Así, la variable común en cada una de las áreas comentadas es la optimización de las tareas, gracias al uso de una información más completa y concreta.

Al igual que la tecnología que se encarga de recopilar la información del entorno (IoT), con la tecnología de almacenamiento en la nube es también indispensable tener en cuenta diversos factores para lograr un correcto desempeño e interpretación. Tal es así, que solamente el 13% de las empresas de los estudios realizados por Mahmood y otros (2019), implantan de forma correcta el sistema CERP en la actividad de la empresa y el 60% logra la integración aunque de forma tardía. En consiguiente, solamente el 37% de las organizaciones encuestadas obtiene un beneficio menor al que se planeaba antes de realizar la inversión.

Por ello, como piedra angular encontramos a la gerencia, que debe dar paso a una guía que moldee la cultura empresarial llevando a cabo prácticas que favorezcan la incorporación de la nueva tecnología ERP. Previamente debe formarse a los potenciales trabajadores que van a relacionarse con esta y mantener una comunicación fluida basada en el empoderamiento de estos implicados con la gerencia.

Según la encuesta realizada a ejecutivos y encargados de la cadena de suministro en distintos países del Golfo Pérsico por AL-Shboul (2019), se encuadra los principales impactos de la aplicación de CERP en distintos contextos dentro de la organización. Desde el contexto de innovación tecnológica, la posible incompatibilidad de los nuevos sistemas con la cadena de suministro. Desde el punto de vista tecnológico influye la capacidad tecnológica la cual dispone la empresa y las barreras a las que se enfrenta. Desde el punto de vista organizacional, el tamaño y el apoyo por parte de la gerencia. Finalmente, desde la vertiente competitiva, las presiones que se reciben de la competencia para optimizar las actividades.

Apoyándonos en esto, la incertidumbre tanto para la gerencia como para los trabajadores afecta de forma negativa a la correcta adopción de ERP, e incluso puede llegar a suponer una barrera para su implementación. A estos efectos, la flexibilidad de la administración se comportará de forma positiva (Nwankpa y otros, 2016). La gerencia decide la forma de integrar las nuevas técnicas, y es en este periodo de adopción, cuando existe el beneficio potencial de generar capacidades futuras. Aunque para ello, deberá partirse de unas tecnologías apropiadas a la capacidad y a las aspiraciones de la empresa.

### **3.1 Factores cualitativos de decisión de inversión.**

Una vez conocidas las principales preocupaciones y los primeros pasos genéricos que las empresas deben dar para la correcta implantación de la industria 4.0 en su actividad, se detallarán aquellos factores que inciden en la decisión de inversión. Esto se hará a través de una tabla resumen (**Tabla 3.3**) de diversas revisiones de la literatura, debido a la cantidad de artículos que destacan los factores que intervienen en la decisión de la gerencia.

Según la revisión de la literatura realizada por Chang y otros (2019), la calidad del sistema y de la información son los principales generadores de beneficio neto al percibirse una mayor satisfacción aplicándose en para solucionar más cantidad de problemas, satisfacción que también se consigue mediante la facilidad de uso. Por otro lado, el principal reto al que se debe hacer frente es el riesgo de seguridad.

**Tabla 3.3.** Resumen de los factores que condicionan la inversión según la literatura.

Fuente Factor	(Chang y otros, 2019)	(Chang y Hsu, 2019)	(Meghana y otros, 2018)	(Cheng, 2018)	(Gupta y Misra, 2016)	(Peng y otros, 2014)
Calidad sistema						
Calidad información						
Fácil uso						
Seguridad						
Satisfacción						
Amplitud						
Control						
Accesibilidad						
Funcionamiento						
Recuperar información						
Compatibilidad						
Flexible						
Implementación						
Mantenimiento						
Proveedor						
Coste						

Fuente: Elaboración propia.

El aporte realizado nuevamente por Chang junto a Hsu (2019), puso en estudio una comparativa entre los principales beneficios y riesgos a los que se enfrentan las empresas que implementa CERP, ambos, factores decisivos de su implementación. Concluye con que los beneficios (facilidad de uso y usabilidad) están relacionados de forma inversa con los riesgos a asumir (privacidad y seguridad), ya que cuanto mayor sea este beneficio, menos se tendrá en cuenta dichos costes. Además, para mitigar la presencia de los riesgos expuestos, la sensación de control del software por parte del usuario y la confianza en el proveedor, así como el coste ofrecido, pueden ser factores decisivos.

La revisión de la literatura realizada por Meghana y otros (2018), desprende de manera más detallada otros factores que los dos estudios anteriores no habían contemplado.

- **Facilidad de uso:** Distingue la accesibilidad de los datos a operarios con discapacidades funcionales, la familiaridad de todos los operarios con el sistema, y fácil entendimiento, copias de seguridad, accesibilidad entre otros.
- **Garantía del proveedor:** Generación de copias de seguridad de la información, mantenimiento, software libre de riesgos y fiable de manera que opere sin fallos.
- **Flexibilidad:** Capacidad del proveedor de adaptarse a los requisitos técnicos de cada organización, así como estar dotado de flexibilidad ante futuros cambios en el tipo de software, y contar con una fácil integración de los datos que esté exento de incompatibilidades en otros sistemas.
- **Seguridad:** Seguridad durante el uso, la privacidad de la información en el alojamiento del proveedor y respaldo ante datos perdidos.
- **Coste ofertado y sucesivos mantenimientos:** Tiempo de implantación y coste.

La encuesta realizada por Cheng (2018) a un total de 560 trabajadores de 56 empresas diferentes sobre los factores que favorecen la adopción de esta tecnología, hace especial hincapié en la facilidad de uso y la sensación de la mejora en el rendimiento tras su uso. Por el contrario, una mala experiencia en el inicio de esta tecnología puede afectar negativamente a futuras valoraciones del empleado sobre ella, y esto llevará a un menor rendimiento. Otro factor en el que se ha observado cierta preocupación por los empleados es el relativo a la compatibilidad con otras aplicaciones. En resumen, la calidad en la propia información y en el manejo de esta y del sistema (usabilidad, seguridad, satisfacción y amplitud de aplicación), sin dejar de lado la compatibilidad de la información con sistemas tradicionales.

La revisión de la literatura llevada a cabo por Gupta y Misra (2016) pone de manifiesto al igual que la fuente anterior, la necesidad de involucrar a los potenciales usuarios de la tecnología, es decir, los respectivos trabajadores de cada área, esta vez llevando a cabo una reingeniería de los procesos que tradicionalmente se venían haciendo e implementando por parte de la gerencia un soporte continuo y claro durante todo el proceso de implantación. En este caso, son los factores de estabilidad de la plataforma (alta potencia o bajo número de fallos), la compatibilidad y capacidad de migración de los datos a otras plataformas, confianza en el proveedor, el coste y la seguridad que su plataforma ofrece.

La encuesta realizada por Chao y otros (2014) destaca la dependencia del proveedor a causa de posibles permanencias desde el punto de vista de la incompatibilidad con otros sistemas

en caso de cambio. Además, la seguridad y la migración de la información (compatibilidad) son otros dos factores imprescindibles.

Como hemos podido comprobar, la seguridad es la principal preocupación tanto de grandes como pequeñas y medianas empresas a la hora de implementar el sistema ERP en la nube, debido a que esta contiene información de carácter confidencial que podría afectar a la competitividad de esta. Sin embargo, este no es el único factor que los gerentes tienen en cuenta antes de realizar la inversión, ya que entre ellos destaca el proveedor y la compatibilidad de sus sistemas con los que la empresa venía trabajando o bien, ante futuros cambios de proveedor de software.

Finalmente, el otro factor que tiene en cuenta la empresa para abordar la decisión es la facilidad de la utilización por parte de los operarios encargados, poniendo de manifiesto la importancia que tiene que el implicado sea conocedor de su nueva herramienta de trabajo. Son decisiones que implican una meditada decisión, que incluso puede ser compartida con auditores de sistemas ERP con el fin de asesorar a la empresa para conseguir implementar aquel sistema que más se adecúe a sus necesidades y capacidades (Gupta & Misra, 2016).

#### **4. La tecnología en la empresa**

En los apartados anteriores, se ha dado a conocer las principales barreras a las que se enfrenta la dirección de la empresa al seleccionar la tecnología de la información e implantarla, de forma que se adapte a la capacidad y aspiraciones de la empresa. El presente apartado, pretende poner de manifiesto la importancia de la opción de invertir, para darle una visión más cuantitativa.

Las opciones reales son un instrumento financiero muy útil para valorar la implantación de la emergente tecnología de la información, caracterizada por la volatilidad, ya que el pensamiento de los directivos y la interpretación de este indicador es un factor crucial al realizar la inversión. Dicho pensamiento, está relacionado con el arrepentimiento de los directivos de haber llevado a cabo la inversión (Park y otros, 2016). Tal es así, que la decisión de arrepentimiento y la posterior desinversión, puede llegar a ser más productiva si la decisión de continuar fuese contraproducente para la creación de valor de la empresa, de esta manera, la pérdida se limitaría al coste de la implantación (Fichman, 2004). Para ello en primer lugar, es imprescindible que la dirección reconozca que el proyecto no está generando el rendimiento esperado, y que llevar a cabo una estrategia productiva es la mejor opción.

Por lo que un pensamiento arraigado de la dirección podría sesgar este hecho y no implementar la decisión adecuada.

Entre los tipos de valoración mediante opciones reales, encontramos los enumerados a continuación según Mascareñas (2018), en función al objetivo perseguido por la empresa que implemente la tecnología.

- **Opción real de ampliación:** Tiene en cuenta una ampliación del proyecto, en el caso de que la situación fuese favorable.
- **Opción real de reducción:** Permite reducir las operaciones de un proyecto en un momento caracterizado por la existencia de factores desfavorables.
- **Opción real de abandono:** Plantea abandonar la inversión en el caso de que el proyecto no cuente con los requisitos económicos pertinentes.
- **Opción real de diferimiento:** Esta alternativa no acepta de forma inmediata la inversión, sino que se postpone a un momento más favorable.

La tradicional herramienta de valoración de proyectos del valor actual neto (VAN), no tiene en cuenta la volatilidad del mercado en el que opera la empresa, ni tampoco las características intrínsecas de la propia tecnología (ej. rendimiento, obsolescencia, adaptabilidad). Por el contrario, las opciones reales tienen en cuenta diversos escenarios en los que dicha inversión puede situarse. Sin embargo, el uso de las opciones reales tiene que ser siempre complementario a los métodos tradicionales, ya que la carga subjetiva con el fin de predecir el rendimiento futuro, está muy presente en este método de valoración (Lint, 1992).

Fichman (2004) consideró cuatro perspectivas de la innovación organizacional, complementarias entre sí, que son determinantes potenciales en el valor de la opción (a mayor valor de la opción, mayor retorno de la inversión), teniendo en cuenta que dicho valor interfiere en la motivación de la adopción. Estas perspectivas vienen a resumir gran parte de la literatura más relevante de este tema y son la estrategia tecnológica (1), el aprendizaje organizacional (2), los vagones de la innovación (3) y la adaptación tecnológica (4). Por ello, detallaremos a continuación este artículo, para tener una visión más aplicada de las opciones en la inversión tecnológica.

Desde la vertiente de la estrategia tecnológica (1), encontramos en primer lugar, la **radicalidad**, donde distinguiremos si se trata de una innovación incremental o radical. Si es

radical, su implantación supondrá un cambio en la estructura y en la cultura. Si es incremental, este cambio está más localizado y se complementará con la tecnología existente. Si se da un cambio radical, el valor de la opción será más alto al existir una mayor volatilidad de los resultados. La **importancia en productos y procesos** es un factor que tiene en cuenta si los productos y procesos afectados por la nueva tecnología tienen una gran repercusión en la posición competitiva de la empresa. Del mismo modo, un aumento en la importancia estratégica de producto o procesos aumentará la variación del beneficio, incrementando el valor de la opción. En tercer lugar, la **sostenibilidad de la ventaja competitiva** es un factor que considera en el largo plazo el mantenimiento de la ventaja competitiva generada por la implantación de la tecnología. Esto es, si es fácilmente replicable por la competencia. Así, un aumento de la sostenibilidad de la ventaja aumentará el valor de la opción. Finalmente, la **capacidad de innovación** trata si la empresa tiene una cultura orientada al cambio, los empleados están preparados para asimilar y acompañar el proceso de cambio en todas sus etapas y si la dirección presta las ayudas necesarias para ello, favorecerá a incrementar el valor de la opción.

Según el aprendizaje organizacional (2) encontramos las **barreras al conocimiento**. El aprendizaje requerido está relacionado directamente con la radicalidad, así, el conocimiento técnico de la tecnología por parte del personal implicado es requisito indispensable para el correcto retorno de los beneficios esperados. De esta manera, un bajo nivel de barreras al conocimiento aumentará la variabilidad del beneficio aumentando así el valor de la opción. La **capacidad para el aprendizaje** es un factor que tiene en cuenta la capacidad material y humana de la que dispone la empresa para afrontar un proceso de cambio e implantación de una nueva tecnología. Si este factor está presente en la empresa, se incrementará el valor de retorno incrementando el valor de la opción. Las **contribuciones a la capacidad de absorción** consideran que el conocimiento aumenta al implementar nuevas tecnologías que requieren el reciclaje de los implicados. Si aumenta la capacidad de absorción de conocimientos, se incrementará el valor de la opción.

En tercer lugar, los vagones de la innovación (3) consideran la **externalidad de red**, como el grado en que una tecnología aumenta su valor para los adoptantes y su relación con terceros como, por ejemplo, los proveedores. Un aumento en las externalidades de red, repercutirán en un mayor valor de la opción. Por su parte, el **dominio de la red** es la especialización de la empresa y el buen conocimiento de una tecnología determinada. Así,



podrá imponerse a como lo hace la competencia. Incrementos en el dominio de la tecnología, aumentará el valor de la opción.

En último lugar, la adaptación tecnológica (4) contemplando la **flexibilidad interpretativa** como la capacidad que tiene la tecnología para ser personalizada a la organización, ya sea durante el proceso de implantación o en su uso habitual. Por consiguiente, puede resultar difícil para la empresa buscar la personalización óptima de la tecnología. Una mayor flexibilidad generará un mayor retorno de la inversión, y por tanto un mayor valor de la opción. La **divisibilidad**, facilita la implementación incremental y se da cuando se puede dividir en secuencias para obtener un beneficio concreto.

Con la información desprendida de la clasificación anterior, donde se enumeran los principales factores que interfieren en el valor de la opción, podemos realizar numerosos paralelismos con los apartados 1, 2 y 3, donde se trata la revisión de los antecedentes sobre las principales preocupaciones y retos de la dirección a la hora de implantar una nueva tecnología en la organización. Una vez más, el papel de la dirección para facilitar dicho cambio, y la interacción con los empleados implicados en el uso diario de dicha tecnología, son los elementos clave para un correcto proceso de implantación y desarrollo.

Además, la clasificación anterior, puede dividirse en dos con el fin de simplificar los riesgos inherentes a la innovación. Estos son los riesgos privados y públicos (T. Chen y otros, 2009). La mayoría de los riesgos expuestos en la clasificación anterior denotan una alta relación con el propio funcionamiento de la empresa, por lo que será un tipo de riesgo privado u organizacional, es decir, trata la estabilidad de la organización, estructura, apoyo interno, participación del implicado en el sistema, cultura, aprendizaje o la complejidad. Por su parte, el riesgo público o de mercado, tiene en cuenta las reacciones de la competencia, aceptación de los stakeholders externos, cambios en la industria o la obsolescencia, entre otros.

En definitiva, una inversión debe implementarse lo antes posible siempre que esta aumente en gran medida la eficiencia, y deberá realizarse un cambio o desinversión siempre que el coste de dicha desinversión sea inferior al coste de su mantenimiento (Zhou y otros, 2017). Además, no solo hay que tener en cuenta los costes directamente relacionados con implantación de la nueva tecnología, si no que habrá que fijarse en aquellos costes indirectos a los que la empresa ha hecho frente, como por ejemplo la formación del personal o la elaboración de procedimientos (Ullrich, 2013).

## **4. APLICACIÓN PRÁCTICA**

### **1. Contextualización de la muestra empleada.**

Para realizar la presente valoración de proyectos ERP mediante opciones reales, se ha hecho uso de datos genéricos de la encuesta realizada por Panorama Consulting Solutions (2018). Dicha encuesta tiene un total de 237 respuestas válidas a empresas de Norte América (91%), Europa (7%) y Asia (2%), cuyas áreas de actividad son, porcentualmente, las siguientes:

- Fabricación: 43%
- Retail y distribución: 11%
- Finanzas, inmobiliarias y seguros: 11%
- Tecnología de la información: 10%
- Servicios profesionales: 6%
- Sin ánimo de lucro: 5%
- Educación: 3%
- Construcción: 3%
- Atención sanitaria: 3%
- Otras: 3%
- Telecomunicaciones: 2%

Si bien, la consultora en informes de otros años ha tenido como máximos representantes de la muestra a las industrias manufactureras, distribuidoras y de educación, en el informe del año que ha sido usado (2018), existe un alto crecimiento de industrias del sector servicios y el sector público por la implementación de ERP en toda la cadena de suministro.

### **2. Obtención de las variables de valoración**

El informe de ERP de Panorama Consulting Solutions del año 2018, suele representar la información en tanto por ciento dependiendo de diversas variables de tamaño de las empresas encuestadas. Por ello, para sintetizar la información, se ha procedido a realizar una media aritmética de la cantidad de empresas que en cada rango de facturación (1), inversión en ERP (2) y retorno de la inversión (3). Además, para completar la información requerida para realizar la valoración financiera mediante la opción de diferimiento, se calcularán los

flujos que generará el proyecto (4), el tipo de interés libre de riesgo (5), la tasa de éxito y fracaso de la implantación del sistema (6) y los coeficientes al alza y a la baja (7).

1. Total de ingresos anuales.

El informe refleja una gráfica de sectores con 8 rangos de facturación de las empresas encuestadas y el porcentaje de empresas que están comprendidas dentro de cada uno de los rangos. En la **Tabla 4.1.** se reflejan los datos extraídos directamente del informe (columnas 1 y 3), así como el tratamiento de esta información para ajustarla al análisis que se pretende desarrollar (columnas 2 y 4).

La segunda columna, recoge la media del rango de facturación propuesto por el informe. La cuarta columna, recoge la media que invierte cada rango, por lo que la suma de todos los valores de dicha columna reflejará la media de facturación de todas las empresas encuestadas.

**Tabla 4.1.** Facturación media de las empresas encuestadas.

Rango de ingresos (Millones de \$)	Media del rango (Millones de \$)	Cantidad de empresas (%)	Media del rango x cantidad de empresas
1 – 25	13	2	0,26
25 – 50	37,5	13	4,875
50 – 300	175	40	70
300 – 500	400	29	116
500 – 1.000	750	12	84
1.000 – 5.000	3.000	2	60
Más de 5.000	5.000	2	100
			435.135.000,00\$

Fuente: Elaboración propia a partir de Panorama Consulting Solutions.

2. Inversión en ERP como porcentaje del total de ingresos.

El informe aporta también el porcentaje del ingreso anual, que las compañías de la muestra dedican a software ERP. Al igual que en el caso anterior, se representa de forma gráfica, pero esta vez mediante un histograma, donde el eje vertical representa el porcentaje de empresas, y el eje horizontal el rango de porcentaje de ingreso anual que es destinado a programas ERP. En la **Tabla 4.2.** se reflejan los datos extraídos directamente del informe

(columnas 1 y 3), así como el tratamiento de la información para ajustarla al presente análisis (columnas 2 y 4).

**Tabla 4.2.** Porcentaje de ingreso total anual, destinado a ERP.

Rango de inversión (%)	Media del rango (%)	Empresas (%)	Rango x empresas
Menos de 0,5	0,5	44	0,0022
0,5 – 1	0,75	14	0,00105
1 – 2	1,5	26	0,0039
2 – 3	2,5	10	0,0025
3 – 5	4	4	0,0016
Más de 5	3	2	0,0010
			1,225%
			5.330.403,75\$

Fuente: Elaboración propia a partir de Panorama Consulting Solutions.

La segunda columna recoge la media de cada rango de inversión en ERP, propuesta por el informe. La cuarta columna recoge la media de inversión que en cada rango se realiza, según el total de la muestra. Por ello, la suma de esta columna dará como resultado el porcentaje medio que la muestra invierte en ERP sobre el total de ingresos. Así, el resultado medio de inversión en ERP, como porcentaje de los ingresos totales de la muestra, es de 1,225%.

Una vez se ha obtenido este porcentaje, será multiplicado por el total de ingresos anuales medios (1), obteniendo como coste de inversión 5.330.403,75\$.

### 3. Retorno en años de la inversión en ERP.

Finalmente, nuevamente mediante un gráfico de sectores, el informe nos muestra la distribución de las empresas de la muestra según la recuperación de la inversión, en años. Sin embargo, en este caso, hay que tener en cuenta que solamente puede usarse el 97% de los datos, pues el 3% restante obtuvo en la encuesta una respuesta de “no sabe, no contesta”. En la **Tabla 4.3.** se reflejan los datos extraídos directamente del informe (columna 1 y 2), así como el tratamiento de la información para ajustarla al presente análisis (columna 3).

La tercera columna, recoge el producto entre el tiempo de recuperación y el porcentaje de empresas de la muestra que figuran según el tiempo correspondiente. Como resultado, cada fila de esa columna muestra el valor que según el número de años y el número de empresas

supone cada rango, sobre 97% (recordemos que no se dispone información de un 3% de la muestra). Así, como resultado, obtenemos que la media de la recuperación de la inversión es de 2,89 años.

**Tabla 4.3.** Años de media de la recuperación de la inversión en ERP.

Tiempo de recuperación de la inversión (años)	Cantidad de empresas (%)	(Tiempo de recuperación de la inversión x cantidad de empresas) / 97
Menos de 1	4	0,04
2	24	0,48
3	50	1,5
4	16	0,64
Más de 5	3	0,15
		2,8969 años

Fuente: Elaboración propia a partir de Panorama Consulting Solutions.

#### 4. Ingresos del proyecto.

De la fórmula del payback estático, ya se posee la información relativa al tiempo medio de recuperación de la inversión (2,89 años) y el coste de la inversión (5.330.403,75\$), por lo que bastaría con despejar de la fórmula los ingresos del proyecto (**Ecuación 1**) para poder continuar realizando el análisis por opciones reales, ya que es un dato necesario.

**Ecuación 1.** Flujo de caja o ingreso del proyecto, a través del Payback.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Flujo de caja}}; 2,89 = \frac{5.330.403,75}{\text{Flujo de caja}}; \text{Flujo de caja} = 1.840.032,61 \$$$

Como este valor es el ingreso perteneciente al proyecto para un año, al tercer año cuando ya se ha recuperado la inversión (suponiendo lineal este ingreso), el valor sería de 5.520.097,83\$.

Por otro lado, como ya se posee tanto el coste de inversión como la sumatoria de los flujos en un periodo de tres años, puede calcularse el valor actual neto, como la diferencia entre la inversión y la sumatoria de los flujos, cuyo valor sería de 189.694,08 \$.

### 5. Tasa de interés libre de riesgo.

Para obtener este dato, se ha tenido en cuenta el rendimiento del bono estadounidense a 3 años, a fecha de diciembre de 2018, con el fin de que este sea consistente con la información del informe que data también de 2018. El rendimiento para tal fecha es de 2,459%, y será expresando mediante  $r_f$ .

### 6. Tasa de éxito y fracaso.

Para obtener los parámetros de éxito y fracaso de la implantación del sistema ERP, se ha hecho también uso de los datos del informe de ERP de Panorama Consulting Solutions. Se refleja que el 45% ( $p$ ) de las empresas de la muestra, han considerado exitosa la inversión en el proyecto, frente a un 55% ( $q$ ) que no lo han implementado como estaba previsto, y, por tanto, no se han obtenido los resultados esperados.

### 7. Coefficiente al alza y a la baja.

La primera parte de la **Ecuación 2**, busca hallar el valor de  $p$  (probabilidad de éxito). Sin embargo, este valor ya ha sido facilitado en el informe de Panorama Consulting, por lo que, teniendo la tasa libre de riesgo, la incógnita de la ecuación reside en  $u$  (coeficiente al alza), del cual deriva, como vemos en la **Ecuación 3**,  $d$  (coeficiente a la baja).

**Ecuación 2.** Cálculo del coeficiente al alza a través de la fórmula de probabilidad de éxito.

$$p = \frac{1 + r_f - d}{u - d}; p = \frac{1 + r_f - \frac{1}{u}}{u - \frac{1}{u}}; 42\% = \frac{1 + 2,459\% - \frac{1}{u}}{u - \frac{1}{u}}$$

**Ecuación 3.** Cálculo del coeficiente a la baja.

$$d = 1/u$$

Tras despejar  $u$  de la **Ecuación 2**, obtenemos dos posibles resultados.

- $u_1=1,4104$
- $u_2=0,8667$

Como estamos calculando el coeficiente al alza, es decir, el escenario positivo, habrá que tener en cuenta aquel resultado que supone una variación positiva, es decir, que tenga un valor superior a 1. Por ello, el resultado final del coeficiente al alza,  $u$ , es 1,4104. Finalmente, si aplicamos la **Ecuación 3** con el fin de obtener el coeficiente a la baja, obtenemos el resultado de 0,7090.

A continuación, la **Tabla 4.4.** muestra un resumen de los parámetros obtenidos para facilitar, en el siguiente punto, el cálculo de la opción. Concretamente, se expone el parámetro, su significado y el valor calculado, así como la fuente de obtención de la información y si ha requerido tratamiento dicho dato, o bien se está usando el dato original del informe. Entre paréntesis, en esta última columna, figura en que apartado de la obtención de las variables de valoración se encuentra dicho tratamiento.

**Tabla 4.4.** Resumen de los parámetros para el cálculo de la opción de diferimiento.

Parámetro	Significado	Valor	Fuente	Tratamiento
$A_0$	Desembolso inicial	5.330.403,75\$	Panorama Consulting (2018)	SÍ (2)
$A_3$	Desembolso inicial descontado a 3 años	5.733.376,27 \$	Panorama Consulting (2018)	SÍ (2)
$VA$	Flujos en el año 3	5.520.097,83 \$	Panorama Consulting (2018)	SÍ (4)
$VAN$	$VA - A_0$	189.694,08 \$	Panorama Consulting (2018)	SÍ (4)
$r_f$	Interés libre de riesgo	2,459%	Investing	NO (5)
$p$	Probabilidad de éxito	45%	Panorama Consulting (2018)	NO (6)
$q$	Probabilidad de fracaso	55%	Panorama Consulting (2018)	NO (6)
$u$	Coefficiente al alza	1,4104	Panorama Consulting (2018)	SÍ (7)
$d$	Coefficiente a la baja	0,7090	Panorama Consulting (2018)	SÍ (7)

Fuente: Elaboración propia.

### **3. Evolución del valor actual, según el método binomial.**

Debido a las características de la tecnología ERP y la alta incertidumbre por la que esta se caracteriza, dada la gran cantidad de variables sobre las que se sustenta su éxito, se va a realizar la valoración de la opción de diferimiento. Así, cuanto mejor preparada esté la organización y tenga en cuenta un mayor número de esas variables e información (más

tiempo de preparación antes de invertir), con menor incertidumbre se estará tratando, minimizando la probabilidad de fracaso.

En primer lugar, una vez obtenidos los datos necesarios para la aplicación de la opción, debemos calcular la evolución que tendrán los flujos del proyecto dependiendo de los distintos escenarios. Para ello, haremos uso del método binomial considerando las probabilidades de éxito y fracaso obtenidas del informe de Panorama Consulting. La **Tabla 4.5**. muestra cómo se prevé la dicha evolución del valor actual de los flujos que serían percibidos directamente de la inversión en ERP, así como sus probabilidades de ocurrencia. A modo aclaratorio, hay que destacar que la probabilidad de ocurrencia de cada escenario ha sido calculada mediante una distribución binomial de dicha probabilidad, partiendo de que la probabilidad de éxito ( $p$ ) es 45%, y la probabilidad de fracaso ( $q$ ) es 55%.

**Tabla 4.5.** Evolución de valor actual, según el modelo binomial y la probabilidad de ocurrencia.

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
			15.487.325,43 – 9,11%
		10.980.780,43 – 20,25%	
	7.785.562,42 – 45%		7.785.562,43 – 33,41%
5.520.097,83 – 100%		5.520.097,83 – 49,5%	
	3.913.844,42 – 55%		3.913.844,42 – 40,84%
		2.774.983,09 – 30,25%	
			1.967.510,80 – 16,64%

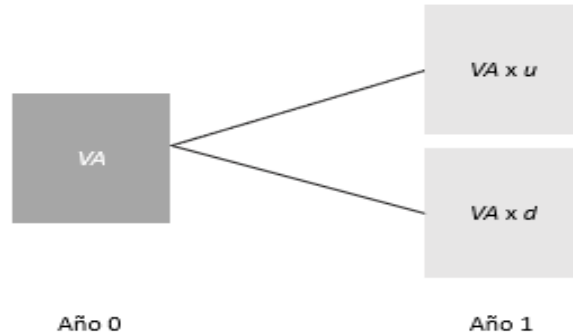
Fuente: Elaboración propia.

- **Año 0:** Partiendo de -C, cuyo valor es 5.520.097,83\$ en concepto de sumatoria de los flujos a percibir en 3 años, el siguiente paso será calcular los posibles escenarios en el año 1. Como estamos trabajando bajo el método binomial, en el primer año se presentarán dos escenarios, uno al alza y otro a la baja, de los flujos esperados.
- **Año 1:** Para calcular el escenario al alza, bastará con aplicar el producto del coeficiente al alza y el valor de los flujos en el año 0. En contraposición, para calcular el escenario a la baja se hará el producto del coeficiente a la baja y el valor de los flujos en el año 0, como podemos ver en el procedimiento de la **Ilustración 4.1**. De esta manera, podemos observar cómo existe una probabilidad del 45% de que



aumente su cuantía un 41,04%, y una probabilidad del 55% de que esta disminuya un 29,1%.

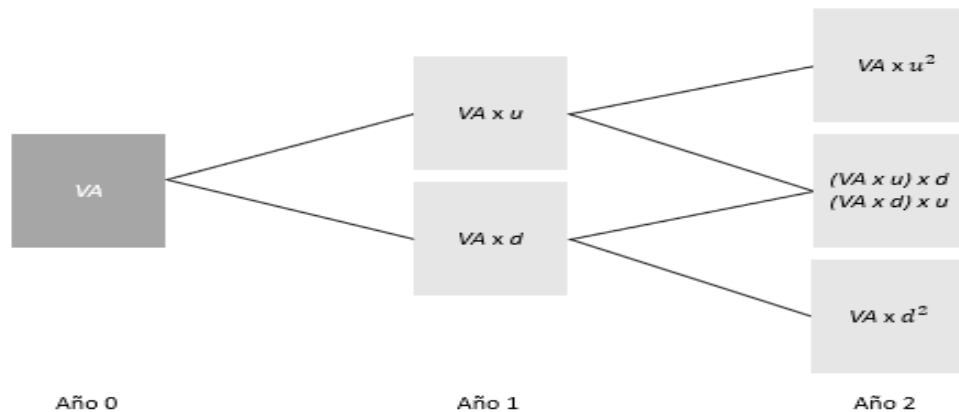
**Ilustración 4.1.** Cálculo del valor actual del año 1, mediante el método binomial.



Fuente: Elaboración propia.

- **Año 2:** En el año 2, nos encontraremos con tres escenarios posibles (**Ilustración 4.2**), si bien, la pertenencia a un escenario en el año 1 solamente da cabida a dos posibles escenarios en el año 2. Es decir, en el supuesto de encontrarse con el escenario positivo del año 1 (con un valor de los flujos de 7.785.562,42\$), en el año 2 puede darse un coeficiente al alza, posicionándose con 10.980.780,43\$ o un coeficiente a la baja, volviendo al valor de que tenían los flujos en el año 0 (5.520.097,83\$). Al igual que en el año 1, para calcular los flujos bastará con realizar el producto del escenario correspondiente en n-1 por el coeficiente al alza ( $u$ ) o a la baja ( $d$ ). De esta manera, podemos observar cómo existe una probabilidad del 20,25% de que aumente su cuantía y una probabilidad del 30,25% de que esta disminuya. Así como una probabilidad del 49,5% de que el flujo recupere su valor en el año 0.

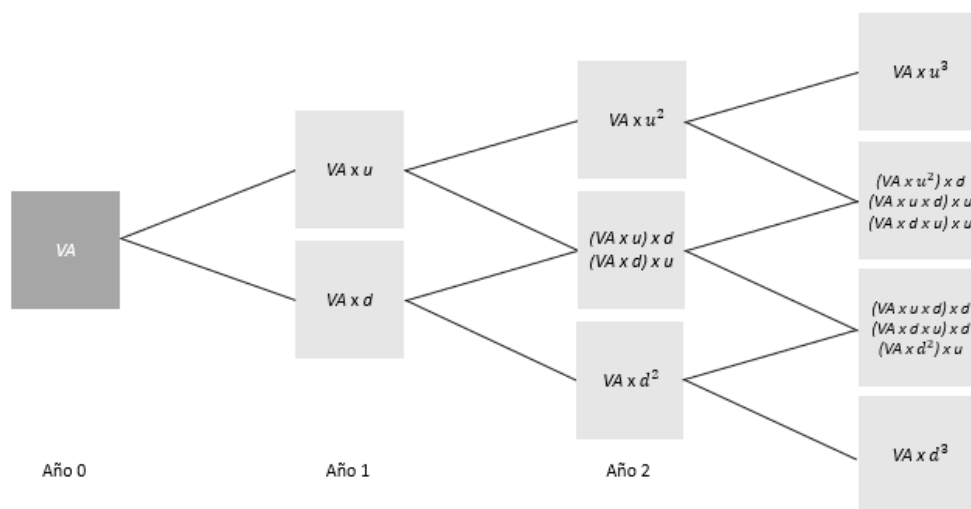
**Ilustración 4.2.** Cálculo del valor actual del año 2 y sucesivos, mediante el método binomial.



Fuente: Elaboración propia.

- Año 3:** Finalmente, en el año 3 nos encontraremos con cuatro posibles escenarios (*Ilustración 4.3*) y se seguirá el mismo procedimiento que se ha seguido para calcular el valor de los flujos del año 2. Así, si se da la situación de un determinado escenario en el año 2, solamente se podrá situar en dos escenarios posibles del año 3, uno al alza o uno a la baja. De esta manera, podemos observar cómo existe una probabilidad del 9,11% de que el escenario positivo aumente y una probabilidad del 33,41% de que disminuya. Así, una probabilidad del 40,84% de que el escenario negativo aumente, y del 16,64% de que disminuya.

*Ilustración 4.3.* Cálculo del valor actual del año 3, mediante el método binomial.



Fuente: Elaboración propia.

#### **4. Cálculo del valor del proyecto con la opción de diferimiento.**

Tras obtener la evolución de los flujos, se calcula a continuación el valor del proyecto teniendo en cuenta el valor de la opción de diferimiento a tres años. Podemos observar el resumen de los resultados en la *Tabla 4.6*.

Para ello partiremos del año en el que se pretende diferir la inversión, en este caso el año 3. Habrá que hallar el valor en los 4 escenarios que pueden presentarse en este punto de la línea temporal. Este valor será el máximo entre 0 y la diferencia del valor de los flujos y el desembolso de la inversión capitalizado al año 3 ( $A_3$ ) como podemos ver en la *Ecuación 4*. Es decir, siempre que la citada diferencia sea inferior a 0, el valor de la opción será 0.

**Tabla 4.6.** Opción de diferimiento mediante el método binomial de inversión en ERP.

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
			9.753.949,16
		5.385.548,86	
	2.849162,25		2.052.186,16
1.463849,91		901.320,30	
	395.859,94		0
		0	
			0

Fuente: Elaboración propia.

**Ecuación 4.** Cálculo del valor de la opción en el año de diferimiento

$$\text{Máx}(VA_{3n} - A_3; 0)$$

Aplicando la anterior ecuación, los resultados del año 3 son los siguientes:

- $VA_{31}: \text{Máx}(15.487.325,43 - 5.733.376,27; 0) = 9.753.949,16$
- $VA_{32}: \text{Máx}(7.785.562,43 - 5.733.376,27; 0) = 2.052.186,16$
- $VA_{33}: \text{Máx}(3.913.844,42 - 5.733.376,27; 0) = 0$
- $VA_{34}: \text{Máx}(1.967.510,80 - 5.733.376,27; 0) = 0$

Para calcular los valores del año 2 e inferiores, se resolverá la **Ecuación 5.** descrita a continuación:

**Ecuación 5.** Cálculo de la opción en años anteriores a la fijación del diferimiento.

$$\frac{\text{Máx}(VA_{3n} - A_3) \times p + \text{Máx}(VA_{3n+1} - A_3) \times q}{(1 + r_f)}$$

Aplicando la anterior ecuación, los resultados del año 2, 1 y 0 son los siguientes:

- $VA_{21}: \frac{9.753.949,16 \times 0,45 + 2.052.186,16 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 5.385.548,86$
- $VA_{22}: \frac{2.052.186,16 \times 0,45 + 0 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 901.320,30$
- $VA_{23}: \frac{0 \times 0,45 + 0 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 0$
- $VA_{11}: \frac{5.385.548,86 \times 0,45 + 901.320,30 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 2.849162,25$

- $VA_{12}: \frac{901.320,30 \times 0,45 + 0 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 395.859,94$
- $VA_{01}: \frac{2.849162,25 \times 0,45 + 395.859,94 \times 0,55}{(1+0,02459)} = 1.463.849,91$

## **5. Resultados finales**

A modo de resumen, los datos obtenidos de los anteriores cálculos están recogidos en la **Tabla 4.7.**

**Tabla 4.7.** Resumen de los resultados finales.

Práctica	Valor sin opción	Valor con opción	Opción
Diferimiento a 3 años	189.694,08	1.463.849,91	1.274.155,83

Fuente: Elaboración propia.

## **5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.**

La industria 4.0 aplicada a la gestión empresarial es cada vez más usada, uso que se traduce en una mayor y más rápida innovación tecnológica, cuyo fin es brindar a las empresas soluciones tecnológicas que permitan tomar mejores decisiones. Sin embargo, esta velocidad de cambio puede incluso suponer un problema para aquellas empresas que implantan la tecnología demasiado pronto, ya que los sistemas podrían quedar obsoletos en un breve periodo de tiempo obligando a la empresa a renovar el sistema. Dichas renovaciones, dependiendo de las condiciones y tipos de sistemas, podrían suponer una gran dependencia del proveedor en el caso de que no fuesen posibles las migraciones de datos o existieran incompatibilidades en los sistemas, por lo que no es un escenario deseable.

Por su parte, prorrogar y diferir la inversión un plazo de tiempo elevado podría repercutir en la estrategia empresarial al no adaptarse a las exigencias del entorno no incorporando la tecnología a tiempo. Esto haría que en plena era de cambio y digitalización de las organizaciones, la empresa en cuestión tardaría cierto tiempo en implantar algo que otras empresas ya llevan años explotando y obteniendo experiencia. En definitiva, no es un sistema sobre el cual una empresa tenga exclusividad de uso, ya que está abierto a cualquier empresa de forma personalizada a sus capacidades y necesidades.

Tomar cualquiera de las dos decisiones supondrá un coste. Entonces, ¿cuál es el momento adecuado para que la gerencia invierta en tecnología de gestión?

La información que generan los sistemas ERP, y la información potencial que este podría obtener, abarca un amplio abanico de fuentes que permitirían a la empresa tomar decisiones

más completas y, por lo tanto, menos arriesgadas al encontrar un escenario con menos incertidumbre.

La tecnología que trata el presente trabajo, como ya hemos visto en la revisión de la literatura, se caracteriza por poseer una gran cantidad de variables que influirán en el correcto desarrollo del personal implicado junto a la nueva tecnología ERP. Variables que van desde la decisión de inversión como la seguridad y el control deseado, coste, facilidad o compatibilidad, hasta el proceso de implantación y el normal desarrollo posimplantación, siendo estos dos últimos decisivos para que el proyecto de sus frutos. Además de esto, hay que tener en cuenta que el sistema ERP aglutina todas las áreas de decisión de la empresa, y que cualquier incidencia en el sistema, podría suponer un problema para la continuación de la actividad.

Como hemos podido observar en el apartado de resultados finales y, basándonos en la media de los datos obtenidos por la muestra tratada por Panorama Consulting, si utilizamos la herramienta del valor actual neto (VAN), las inversiones en ERP generarían un beneficio medio (VAN medio) en el tercer año desde la inversión de 189.164,08\$ (VA-A0), por lo que a priori, el proyecto parece viable económicamente. Sin embargo, si tenemos en cuenta la posibilidad de diferir 3 años la inversión, el valor del proyecto aumentaría a 1.463.849,91 \$. Es decir, pese a quedar justificada la realización del proyecto en el momento presente, es preferible seguir la estrategia de diferir la inversión tres años. Esto se debe a que el riesgo del proyecto hace que su valor aumente a medida que se retrasa la inversión. Concretamente, el valor del proyecto con opción de diferimiento a tres años es 7,72 veces superior al valor ofrecido por el valor actual de los flujos menos la inversión (método de VAN), suponiendo así el valor de la opción de diferimiento el 87,04% del valor total del proyecto.

Partimos de la relación inversa existente entre la probabilidad de éxito de implantación del sistema ERP ( $p$ ) y el valor de la opción o coste de oportunidad, es decir, a medida que disminuye la probabilidad de éxito, aumenta el coste de oportunidad de invertir en el momento actual frente al diferimiento. Esto se explica porque, si el proyecto es más probable que fracase, será preferible el diferimiento a la espera de mejores condiciones para la toma de decisiones, como podría ser una mejor información o una menor frecuencia de cambio. Al fin y al cabo, pese a ser una tecnología tradicional, su combinación con el sistema cloud y la incorporación a la industria 4.0, dotan de gran incertidumbre a estas inversiones, que, si

bien pueden generar un gran valor añadido, también puede suponer una inversión poco rentable.

A modo de conclusión, podemos comprobar que la herramienta de las opciones reales puede llegar a ser muy interesante ya que permite evaluar parámetros que no son contemplados por las herramientas de valoraciones financieras tradicionales. Además, su aplicación a un sector tan volátil y cambiante como es el de las tecnologías de la información, teniendo en cuenta todos los avances y la magnitud de estos que estamos viviendo en los últimos años, dota a esta metodología de un gran valor para los gerentes de las empresas que estén considerando la inversión en proyectos de sistemas ERP.

## BIBLIOGRAFÍA

Al-Shboul, M. (2019). Towards better understanding of determinants logistical factors in SMEs for cloud ERP adoption in developing economies. *Business Process Management Journal*, 25(5), 887-907.

Ardolino, M., Rapaccini, M., Saccani, N., & otros. (2018). The role of digital technologies for the service transformation of industrial companies. *International Journal of Production Research*, 56(6), 2116-2132.

Banerjee, A. (2018). Blockchain Technology: Supply Chain Insights from ERP. *Advances in Computers*, 111, 69-98.

Bresciani, S., Ferraris, A., & Del Giudice, M. (2018). The management of organizational ambidexterity through alliances in a new context of analysis: Internet of Things (IoT) smart city projects. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 331-338.

Chang, Y., & Hsu, P. (2019). An empirical investigation of organizations' switching intention to cloud enterprise resource planning: a cost-benefit perspective. *Information Development*, 35(2), 290-302.

Chang, Y., Hsu, P., Shiau, W., & Hsu, M. (2019). An empirical study on factors affecting switching intention to cloud enterprise resource planning: A comparison between public and private clouds. *Journal of Global Information Management*, 27(4), 46-69.

Chao, G., Gala, C., & Peng, A. (2014). Cloud ERP: A new dilemma to modern organisations? *Journal of Computer Information Systems*, 54(4), 22-30.

Chen, S., Chen, Y., & Hsu, C. (2017). A new approach to integrate internet-of-things and software-as-a-service model for logistic systems: A case study. *Sensors (Switzerland)*, 14(4), 6144-6164.

Chen, T., Zhang, J., & Lai, K. K. (2009). An integrated real options evaluating model for information technology projects under multiple risks. *International Journal of Project Management*, 27(8), 776-786.

Chen, Y. (2018). What drives cloud ERP continuance? An integrated view. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(5), 724-750.

- Del Giudice, M. (2016). Discovering the Internet of Things (IoT) within the business process management: a literature review on technological revitalization. *Business Process Management Journal*, 22(2), 1-5.
- Fichman, R. (2003). Real options and IT platform adoption: Implications for theory and practice. *Information Systems Research*, 15(2), 132-154.
- Ghaffari, K., Lagzain, M., Kazemi, M., & otros. (2019). A comprehensive framework for Internet of Things development: A grounded theory study of requirements. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), 23-50.
- Golovatchev, J., Chatterjee, P., Kraus, F., & Schüssl, R. (2016). The Impact of the IoT on Product Development and Management. *The XXVII ISPIM Innovation Conference*, 1-20.
- Gupta, S., & Misra, S. (2016). Moderating Effect of Compliance, Network, and Security on the Critical Success Factors in the Implementation of Cloud ERP. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 4(4), 440-451.
- Gupta, S., Qian, X., Bhusan, B., & otros. (2019). Role of cloud ERP and big data on firm performance: a dynamic capability view theory perspective. *Management Decision*, 57(8), 1857-1882.
- Haddud, A., Desouza, A., Khare, A., & otros. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055-1085.
- Lint, L. (n.d.). Real options analysis in advanced manufacturing technologies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 5(3), 145-152.
- Mačiulienė, M. (2014). Power Through Things: Following Traces of Collective Intelligence in Internet of Things. *Social Technologies*, 4(1), 168-178.
- Mahmood, F., Khan, A., & Bokhari, R. (2019). ERP issues and challenges: a research synthesis. *Kybernetes*, 49(3), 629-659.
- Majeed, M., & Rupasinghe, T. (2017). Internet of things (IoT) embedded future supply chains for industry 4.0: An assessment from an ERP-based fashion apparel and footwear industry. *International Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 25-40.
- Mascareñas, J. (2018). *Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión*. Universidad Complutense de Madrid.



- Meghana, H. L., Mathew, A. O., & Rodrigues, L. (2018). Prioritizing the factors affecting cloud ERP adoption – An Analytic Hierarchy Process approach. *International Journal of Emerging Markets*, 13(6), 1559-1577.
- Miller, G., Roth, A. V., Miller, J. G., Aleda, V., & Roth, V. (1994). A taxonomy of manufacturing strategies. *Management Science*, 40(3), 285-304.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., & otros. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
- Nwankpa, J., Roumani, Y., & Roumani, Y. (2016). Exploring ERP-enabled technology adoption: A real options perspective. *Communications of the Association for Information Systems*, 39(1), 529-555.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127-182.
- Panorama Consulting Solutions. (2018). *2018 ERP Report*.
- Park, E., Ramesh, B., & Cao, L. (2016). Emotion in IT Investment Decision Making with A Real Options Perspective: The Intertwining of Cognition and Regret. *Journal of Management Information Systems*, 33(3), 652-683.
- Ranjan, S., Jha, V., & Pal, P. (2017). Application of emerging technologies in ERP implementation in Indian manufacturing enterprises: an exploratory analysis of strategic benefits. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(1-4), 369-380.
- Raymond, L. (2005). Operations management and advanced manufacturing technologies in SMEs: A contingency approach. *16(8)*, 936-955.
- Rutten, C. J., Steeneveld, W., Oude Lansink, A., & Hogeveen, H. (2018). Delaying investments in sensor technology: The rationality of dairy farmers' investment decisions illustrated within the framework of real options theory. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7650-7660.
- Shim, J., Avital, M., Denni, A. R., Rossi, M., Sørensen, C., & French, A. (2019). The transformative effect of the internet of things on business and society. *Communications of the Association for Information Systems*, 44(1), 129-140.
- Skaržauskienė, A., & Kalinauskas, M. (2012). The Future Potential of Internet of Things. *Social Technologies*, 2(1), 102-113.

- Stočes, M., Vaněk, J., Masner, J., & Pavlík, J. (2016). Internet of things (IoT) in agriculture - Selected aspects. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics*, 8(1), 83-88.
- Tarabasz, A. (2016). The Internet of Things -- Digital Revolution in Offline Market. Opportunity or Threat? *Handel Wewnętrzny*, 4(363), 325-337.
- Tervonen, J., Hautamäki, J., Heikkilä, M., & otros. (2018). Survey of business excellence by knowledge gathering for industrial internet-of-things applications. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 17(4), 388-410.
- Tian, X. (2017). Big data and knowledge management: a case of déjà vu or back to the future? *Journal of Knowledge Management*, 21(1), 113-131.
- Ullrich, C. (2013). Valuation of it investments using real options theory. *Business and Information Systems Engineering*, 5(5), 331-341.
- Velasco, A., Sánchez, A., Martínez, I., & otros. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded Sustainable Supply Chain for Industry 4.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 925-953.
- Vishwakarma, N., Singh, R., & Sharma, R. (2019). Internet of things architectures: do organizational strategies matters? *Business Process Management Journal*, 26(1), 102-131.
- Yu, X., Nguyen, B., & Chen, Y. (2016). Internet of things capability and alliance: Entrepreneurial orientation, market orientation and product and process innovation. *Internet Research*, 26(2), 402-434.
- Zhou, Z., Liu, X., Pei, J., Pardalos, P. M., Liu, L., & Fu, C. (2017). Real options approach to explore the effect of organizational change on IoT development project. *Optimization Letters*, 11(5), 995-1011.