

**RELACIÓN ENTRE EL USO DE TECNOLOGÍAS I 4.0 Y EL DESEMPEÑO
EMPRESARIAL EN EMPRESAS VINCULADAS A LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE PROCESADORES DE LA LECHE - ASOLECHE**

LORENA ANDREA PORTACIO MARTÍNEZ

**Universidad de La Sabana
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas
Maestría en Gerencia de Operaciones
Chía, Colombia, febrero de 2021**

**RELACIÓN ENTRE EL USO DE TECNOLOGÍAS I 4.0 Y EL DESEMPEÑO
EMPRESARIAL EN EMPRESAS VINCULADAS A LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE PROCESADORES DE LA LECHE - ASOLECHE**

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de

MAGÍSTER EN GERENCIA DE OPERACIONES
(Modalidad de Profundización)

LORENA ANDREA PORTACIO MARTÍNEZ

Director

Dr. César Augusto Bernal Torres

Universidad de La Sabana

Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas

Maestría en Gerencia de Operaciones

Chía, Colombia, febrero de 2021

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mis padres que con su apoyo incondicional me han formado y me han dado las herramientas para afrontar las adversidades, a mis hermanos y amigos por su compañía en este largo proceso de formación y, por último, no menos importante a Dios, por las bendiciones que me regala día a día.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero agradecer a mis profesores y compañeros de la MAESTRÍA GERENCIA DE OPERACIÓN Cohorte IX, quienes con su sabiduría y experiencias lograron guiarme en este proceso.

Agradezco de manera especial a mi director de proyecto de grado, por el conocimiento brindado, su paciencia y su excelente disposición para la construcción del presente proyecto.

A la empresa ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS SA, por brindarme la confianza, el apoyo y la oportunidad de desarrollo profesional.

A ASOLECHE y sus empresas miembros, por su importante colaboración y aporte a esta investigación.

Finalmente, a la Universidad de la Sabana, por abrirme sus puertas y permitirme cumplir este gran sueño.

Resumen:

Este trabajo de grado se realizó con el objeto de analizar la situación actual de las empresas del sector lácteo, en particular de las vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE en lo referente a las I 4.0 y derivar estrategias que contribuyan a mejorar la capacidad competitiva de esas empresas con el apoyo en las I 4.0; diseñado desde una perspectiva cuantitativa de tipo descriptivo, con un corte transversal, como población objetivo las empresas de la industria láctea en Colombia agremiadas en la Asociación Colombiana de Procesadores de Leche – ASOLECHE. Dentro de las estrategias diseñadas se halla *El camino hacia la Industria 4.0 para el sector lácteo colombiano*, el desarrollo del *Centro Tecnológico Industria 4.0 para el sector Lácteo Colombiano* y la *Implementación de Tecnologías y Servicios I4.0 en el sector lácteo colombiano*. Los principales hallazgos demostraron que la mayoría de las empresas estudiadas (55%) se encuentran entre las fases 1 y 2 en cuanto al uso de las I 4.0; y que la relación entre el uso actual de las I 4.0 y la percepción de desempeño, solo existe en pocos rasgos como el de Acceso al cliente, canales de venta & marketing.

Palabras clave: Industria I 4.0; Sector lácteo; Tecnología; Desarrollo industrial.

Abstract:

This degree work was carried out with the objective of analyzing the current situation of the companies in the dairy sector, in particular those linked to the Colombian Association of Milk Processors - ASOLECHE with respect to the I 4.0 and derive strategies that contribute to improve the competitive capacity of these companies with the support of the I 4.0; designed from a quantitative perspective of a descriptive type, with a transversal cut, as a target population the companies of the dairy industry in Colombia that are members of the Colombian Association of Milk Processors - ASOLECHE. The strategies designed include *The Road to Industry 4.0 for the Colombian dairy sector*, *the development of the Industry 4.0 Technology Center for the Colombian dairy sector* and *the Implementation of I4.0 Technologies and Services in the Colombian dairy sector*. The main findings showed that most of the companies studied (55%) are between phases 1 and 2 in terms of the use of I 4.0; and that the relationship between the current use of I 4.0 and the perception of performance, only exists in a few features such as Customer Access, sales & marketing channels.

Key words: Industry I 4.0; Dairy sector; Technology; Industrial development.

TABLA DE CONTENIDOS

1	AGRADECIMIENTOS	ii
1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.2	Pregunta de investigación	3
1.3	Objetivos e Hipótesis	4
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.3.3	<i>Hipótesis</i>	4
1.4	Justificación	5
2	Marco Teórico	7
2.1	Cadena Láctea Colombiana	7
2.1.1	<i>Producción de Lácteos</i>	8
2.2	Industrias 4.0 o la cuarta revolución industrial	11
2.2.1	<i>Principales Tecnologías Básicas en la industria 4.0</i>	13
2.2.2	<i>Tecnologías 4.0 en la industria láctea</i>	15
2.3	Relación entre I 4.0 y Desempeño Organizacional	20
2.3.1	<i>Niveles de madurez del uso de tecnologías 4.0</i>	20
2.3.2	<i>Industrias 4.0 y desempeño organizacional.</i>	23
2.3.3	<i>Impactos de la Industria 4.0 en las cadenas de suministro</i>	24
2.3.4	<i>El camino hacia la Industria 4.0</i>	26
2.4	Estrategias de Información y Educativas en Industrias 4.0 para el Sector Lácteo ...	29
3	DISEÑO METODOLÓGICO	32
3.1	Tipo de Investigación	32
3.2	Alcance de la Investigación	32
3.3	Enfoque de la Investigación	32
3.4	Instrumentos de Recolección de la Información	32
3.5	Población y Muestra	33
3.5.1	<i>Criterios de Selección de la Muestra.</i>	34

3.6	Procesamiento de Datos	34
3.7	Procedimiento	35
4	Resultados y análisis	36
4.1	Caracterización de la Industria Láctea vinculada a ASOLECHE y su Estado Actual Frente a las I 4.0	36
4.1.1	<i>Contextualización Empresarial</i>	36
4.1.2	<i>Descripción del Estado Actual Frente a las I 4.0</i>	37
4.1.3	<i>Características del Uso de las I 4.0 y el Desempeño Empresarial</i>	41
4.2	Relación entre el uso de las I 4.0 y el Desempeño Empresarial	45
4.3	Estrategias en Gerencia de Operaciones en I 4.0 para el sector lácteo	47
4.3.1	<i>El camino hacia la Industria 4.0 para el sector lácteo colombiano: propuesta.</i>	47
4.3.2	<i>Centro Tecnológico Industria 4.0 para el sector Lácteo Colombiano.</i>	50
4.3.3	<i>Estrategia de Implementación de Tecnologías y Servicios I 4.0 en el sector lácteo colombiano.</i>	53
4.4	Discusión y Análisis	55
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
6	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones Industria 4.0.	11
Tabla 2. Aplicaciones Tecnologías 4.0 en Lácteos.	15
Tabla 3. Principales Proveedores de Tecnologías 4.0 en Lácteos.....	17
Tabla 4. Impacto de las I 4.0 en la Industria.	25
Tabla 5. Transición hacia las I 4.0.....	27
Tabla 6. Iniciativas del Sector público en I 4.0.....	27
Tabla 7. Dimensiones de las variables.....	33
Tabla 8. Antigüedad de la industria láctea.....	36
Tabla 9. Tamaño empresarial por número de trabajadores.....	37
Tabla 10. Origen de la inversión de la industria.	37
Tabla 11. Estadísticos del nivel actual de digitalización I 4.0 por áreas.	39
Tabla 12. Porcentajes del nivel I de digitalización I 4.0 por áreas.	40
Tabla 13. Porcentajes del nivel de digitalización I 4.0 por áreas para los próximos 5 años.	41
Tabla 14. Percepción de utilidad de las I 4.0.	42
Tabla 15. Disposición y utilización de las I 4.0 y su favorabilidad empresarial.....	44
Tabla 16. Resultados Chi Cuadrado entre las variables Uso de las I 4.0 y Desempeño.	45
Tabla 17. Acciones estrategia 1.....	51
Tabla 18. Acciones estrategia 2.....	54

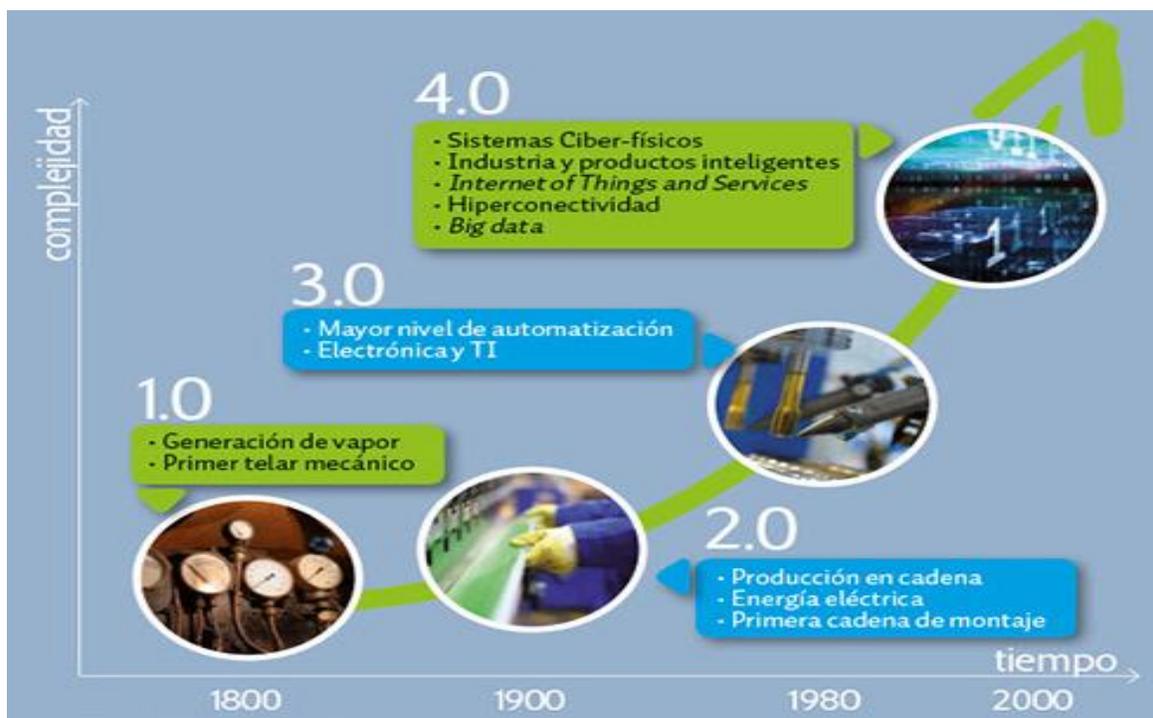
LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la Industria.	1
Figura 2. Eslabones de la cadena láctea colombiana.....	8
Figura 3. Eslabón de procesamiento en la cadena láctea.....	10
Figura 4. Tecnologías relacionadas con la Industrias 4.0.	13
Figura 5. Etapas de I 4.0 de Schub.	21
Figura 6. Modelo de madurez I 4.0 de Berger.	23
Figura 7. Formula Chi Cuadrado.....	34
Figura 8. Fases actuales de la estrategia de digitalización en la industria.	38
Figura 9. Ruta de implementación I 4.0.	48

1 INTRODUCCIÓN

La industria láctea, se define como el escenario donde se transforma la leche en productos de consumo, dentro de un sector de la economía vinculado a la producción agropecuaria, las cadenas de distribución y el consumo básico; caracterizándose por su alta competitividad en oferta de productos nacionales y extranjeros, con un desarrollo tecnológico y de innovación digital propio de empresas y conglomerados internacionales con tecnologías y procesos de la cuarta revolución industrial (I 4.0), la cual les ha garantizado oportunidades de globalización y sostenibilidad económica y de eficiencia en el uso de sus recursos y los del medio ambiente (Miranda, Ponce, Molina, & Wright, 2019).

Figura 1. Evolución de la Industria.



Nota. En la gráfica se expone una línea de tiempo en la evolución de la revolución industrial. Tomado de Sensing, smart and sustainable technologies for agri-food 4.0, por Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019), *Computers and industry*, 108, 21-36.

Este avance tecnológico y digital de la industria láctea, es evidente a gran escala en países desarrollados y en menor proporción en los demás donde existe una producción importante de leche, siendo una ventaja competitiva de estos primeros frente a los segundos, especialmente en

innovación, costos, tiempos de producción y de preservación de sus productos, donde existe una interacción de desarrollo de clústeres regionales entre las agroindustrias, agremiaciones, Estado y un aporte en investigación y desarrollo (I+D) de las universidades e institutos científicos (CEPAL, 2019).

Lo aquí expuesto, conlleva a diseñar este proyecto investigativo con el objeto de diagnosticar el estado actual de la I 4.0 en la industria láctea en Colombia, como medio idóneo para caracterizar el desarrollo de esta 4ª revolución industrial en este sector de la economía, que afronta los retos propios de la globalización de los mercados y los posibles hitos de sostenibilidad a alcanzar dentro de un pensamiento de crecimiento y desarrollo industrial, social y económico, amigable con el medio ambiente y el manejo eficiente de los recursos.

Con el fin de promover la interacción que debe existir entre la Investigación y el Desarrollo (I+D) con la industria, creando un espacio entre la academia y las empresas vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE, que permitan el aporte de estrategias de apropiación de la tecnologías y avances incluidos en las I 4.0 para estas industrias, tomando como base los conocimientos científicos y teóricos en I 4.0 existentes, sumando a los aportes y avances en estas tecnologías que han alcanzado industrias del sector lácteo del país.

1.1 Planteamiento del Problema

Los productos lácteos son considerados primordiales a nivel mundial, representando el 14% del comercio agropecuario; producción concentrada en un 80% en la Unión Europea (30%), Estados Unidos (20%), India (14%), China (7%), Rusia (6%) y Nueva Zelanda (4%); Colombia se ubica dentro de los países que aportan a esta cifra menos del 1%. Estos indicadores mundiales contrastan con los de la producción nacional, en donde esta industria aporta el 24,3% del PIB (Producto Interno Bruto) del sector agropecuario en Colombia, lo que significa el 1,23% del PIB del total nacional, reflejando su importancia económica y social en el país (ASOLECHE, 2018).

En Colombia, las industrias del sector lácteo enfrentan múltiples problemas que afectan la competitividad del sector, como son las dificultades en productividad, cambios climáticos, desaceleración de las exportaciones, incremento de las importaciones y en ocasiones una oferta mayor que la demanda. Algunos autores sugieren que esto es consecuencia de las transformaciones tecnológicas, que se adaptan a los cambios globales en los mercados por la

tecnología, los cambios sociodemográficos y las regulaciones en alimentos perecederos, factores que causan inestabilidad, incertidumbre y complejidad a la industria láctea colombiana (Bohórquez, Buitrago, Joya, Montaña, & Rivera, 2012).

Ante lo anterior, y considerando las nuevas dinámicas comerciales de la globalización, los países industrializados que repuntan en cifras de producción de lácteos, han implementado soluciones tecnológicas y de innovación digital, con el objetivo de lograr competitividad mejorando sus procesos de producción, logística y distribución; estrategias que se enmarcan dentro de las tecnologías I 4.0 como son los sistemas OEE (por sus sigla en inglés de Overall Equipment Effectiveness), la implementación de políticas Lean Digital, programas de mantenimiento centrado en fiabilidad, aplicaciones del internet de las cosas, entre otras; mientras que en Colombia, las principales soluciones se plantean en el campo político, buscando regulaciones del precio, las cuales pueden ayudar a superar la crisis en el corto plazo, más no mejorar la competitividad en el mercado que es los que realmente margina gran parte de la industria láctea nacional de los indicadores internacionales (Celedon, Torres, Valverde, García, & Cantillo, 2012) y (Guo & Song, 2019).

Por otro lado, la industria láctea colombiana coloca sobre la mesa dilemas en sus proyecciones a futuro vinculadas a los diferentes tratados de comercio con otros países, especialmente los grandes productores de leche, con altos desarrollos tecnológicos que los industriales colombianos no poseen, lo cual está incidiendo en precios, ofertas de productos diversos y productividad, dificultando poder competir en el mercado, indicando una necesidad de invertir en estrategias y en conocimiento sobre tecnología innovadora como la industria I 4.0 (Camara de Comercio de Bogotá, 2018).

Así mismo, los diferentes referentes consultados exponen como otro elemento de interés, las pocas alianzas industria-academia para el desarrollo de este sector de la economía, con vacíos de conocimiento y ciencia, que dificultan la puesta en marcha de una mejora en la productividad de este sector tan importante de la economía nacional por medio de estrategias y tecnologías I 4.0.

1.2 Pregunta de investigación

De esta manera, al analizar lo expuesto en este capítulo se evidencian los diferentes factores que influyen en los problemas que obstaculizan el crecimiento del sector, ocasionando dificultades en

el mejoramiento, de los procesos productivos, la distribución, el almacenamiento, la comercialización, las pérdidas de producto, el sobreuso de los recursos naturales, humanos y financieros; complejizando metas de crecimiento, competitividad, maximización de recursos y utilidades; surgiendo de esta forma la siguiente pregunta de investigación en este estudio:

¿Existe relación significativa entre el uso de las tecnologías I 4.0 el desempeño empresarial en las empresas vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE?

1.3 Objetivos e Hipótesis

1.3.1 Objetivo General

Analizar la relación entre el uso de las tecnologías 4.0 el desempeño empresarial en las empresas vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las empresas del sector lácteo vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE en lo referente a las I 4.0.
- Analizar la relación entre el uso de las I 4.0 y los rasgos de la actividad (desempeño) empresarial en estas empresas.
- Diseñar estrategias en Gerencia de Operaciones soportadas en las I 4.0 que contribuyan a mejorar la capacidad competitiva de esas empresas.

1.3.3 Hipótesis

Hi: La relación entre el uso de las tecnologías 4.0 y el desempeño empresarial de las empresas del sector lácteo colombiano vinculadas a ASOLECHE, se encuentra en fases iniciales con desarrollos básicos en digitalización y con perspectivas hacia su implementación para mejorar su competitividad y desempeño empresarial en el sector.

Ho: La relación entre el uso de las tecnologías 4.0 y el desempeño empresarial de las empresas del sector lácteo colombiano vinculadas a ASOLECHE, se encuentra en fases superiores a las iniciales que les permiten a las empresas mejorar su competitividad.

1.4 Justificación

En 2017, la producción de leche en Colombia tuvo un incremento del 11% respecto al año anterior, evidenciando un importante crecimiento en algunas empresas de la industria en sus procesos, gracias a la implementación de nuevas tecnologías en la cadena productiva (Camara de Comercio de Bogotá, 2018), resaltando la relación entre transformación industrial y tecnología, como factor de incidencia para el crecimiento económico y sostenible a largo plazo (Ortiz, Uribe, & Vivas, 2009).

En la actualidad, esta innovación tecnológica está marcando la evolución bajo la implementación del concepto de industrias 4.0 o la “Cuarta Revolución Industrial” (I 4.0), definiéndose como una tendencia hacia la automatización y el intercambio de datos en las tecnologías de fabricación; su impacto, puede extenderse en las industrias tanto a nivel Horizontal (cadena de valor, incluyendo proveedores, distribuidores, otras empresas y clientes), como a nivel Vertical (desarrollo de producto, compras, producción y logística, arriba y abajo de la jerarquía) (Dutzler, Schmaus, Schrauf, Nitschke, & Hochrainer, 2016).

Sobre este tema, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2019), menciona que los países fuertemente industrializados han visto la necesidad de generar políticas que habiliten el desarrollo y adopción de tecnologías 4.0, con políticas dirigidas a la participación de las industrias con centros tecnológicos y al desarrollo de clústeres regionales agroindustriales, los cuales cuentan con la participación de diferentes sectores e institutos (ej. en Estados Unidos existen universidades que brindan educación sobre la implementación de prácticas sostenibles en la agricultura moderna), que cuentan con parques de investigación que aloja centros de I+D de grandes multinacionales como Monsanto, John Deere y Syngenta.

Así mismo, se destaca las innovaciones I 4.0 en Europa, donde países que se destacan en la producción láctea como Holanda, Alemania y Suecia, son a su vez los mayores proveedores de tambos robot, y poseen un elevado grado de difusión de estas tecnologías. Este enfoque, deja ver unos objetivos en común para el desarrollo e implementación de las industrias 4.0, entre los que se pueden destacar el robustecimiento agroindustrial en los centros tecnológicos encargados del desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías según las necesidades de cada empresa (CEPAL, 2019).

En Colombia, la implementación de industrias I 4.0 para la manufactura en general, se percibe dentro de un nivel bajo en comparación de otros países; sin embargo, algunos sectores empresariales le apuestan al desarrollo en I 4.0, como la esta estrategia clave para la transformación de la manufactura y de la economía del país (Agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional de Colombia, s.f.).

Para el caso del sector lácteo, cuyos ingresos son importantes en el PIB colombiano, los retos de crecimiento, sostenibilidad y competitividad son necesarios por el dinamismo de este sector, motivado por la oferta de productos innovadores, de alta calidad y precio bajos, producidos en Colombia como en los países líderes en este mercado; sumado al factor de conservación de los mismo, que implica mejores procesos de conservación y logística, la cual se logra con buenos índices gracias a la I 4.0, como lo han demostrado las empresas lácteas de países industrializados y nacionales.

Dentro de esta perspectiva, el retraso en la mayoría de las organizaciones de la industria de los lácteos en Colombia es evidente, pero es pertinente resaltar ejemplos de implementación de modelos de I 4.0 en la industria láctea colombiana que han sido exitosos, como es el caso de Tetra Pack Colombia, quienes han desarrollado estrategias de servicios que impulsan la productividad en la industria de alimentos por el uso de tecnologías de última generación, que permiten optimizar la productividad por el fácil acople de sus productos en el empaque y conservación de los lácteos, así como la digitalización, identificación, conectividad, logística, distribución, almacenamiento y publicidad, que se puede realizar para el producto, la marca y la empresa, por la flexibilidad de sus empaques en diseño, formas e impresiones de códigos, seriales, imágenes, y demás; marcando una diferencia muy significativa que mejora los procesos y sus indicadores (Rodríguez, 2018).

Lo anterior, demuestra la importancia de las tecnologías I 4.0 y su bajo desarrollo en la industria láctea nacional, y la relevancia que tiene desarrollar la presente investigación como un aporte a la caracterización de esas empresas en los referente al uso de I 4.0 y al diseño de estrategias 4.0 que pueden contribuir a enfrentar los retos de la sostenibilidad de esas empresas y contribuir, también, a la consolidación de los objetivos del programa de maestría en Gerencia de Operaciones de la Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas en lo referente trabajo conjunto entre empresa y academia.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Cadena Láctea Colombiana

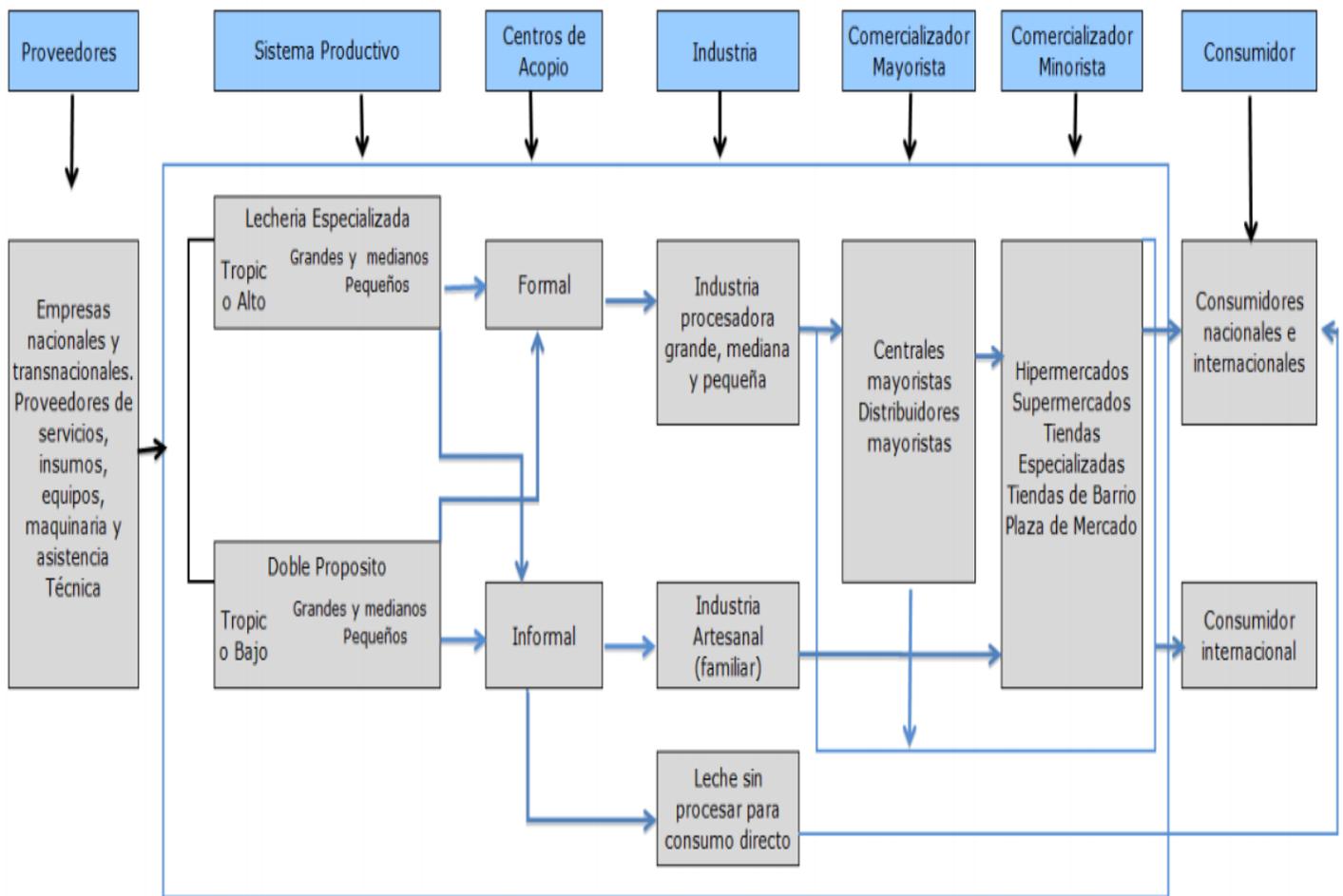
La cadena láctea es definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO (2020) como la relación entre los actores y actividades que intervienen en los procesos de producción y entrega hasta el consumidor de los productos lácteos; hoy en día, la caracterización de esta cadena reconoce seis eslabones principales: proveedores, unidades productivas, acopio, industriales, comercialización y consumidores finales (Mojica, Trujillo, Castellanos, & Bernal, 2007).

El producto básico en la producción es la leche y dentro de sus derivados se encuentran la mantequilla, el queso, el yogurt y en general los productos a base de leches (Espinal, Martínez, & González, 2005); proceso que se ha definido como una cadena, cuyos eslabones se comprenden de la siguiente manera:

- El primer eslabón corresponde a la comercialización de insumos para la actividad ganadera.
- El segundo, son los hatos y explotaciones ganaderas (doble propósito).
- El tercero son los centros de acopio en donde converge la leche proveniente de hatos.
- En el cuarto, la leche sigue su rumbo a la industria, es aquí donde ocurre el proceso de transformación de leche como materia prima en productos terminados como el queso, yogures, entre otros.
- Finalmente, se llega a los últimos eslabones de la cadena donde se abarca la actividad comercial que desarrolla el sector para llegar fielmente al cliente final (Celedon, Torres, Valverde, García, & Cantillo, 2012).

Estos eslabones de la cadena láctea colombiana, serán unos de los focos transversales en esta investigación por la importancia que esta adquiere en el proceso industrial y dentro de la comprensión de la gerencia de operaciones, razón por la cual, en la figura 2 se amplía la información sobre los eslabones de la cadena láctea colombiana en referencia a los actores intervinientes en dicho proceso.

Figura 2. Eslabones de la cadena láctea colombiana.



Nota. Adaptado de Análisis comparativo de la competitividad y productividad en el sector lácteo de América latina y el mundo, por Celedon, W., Torres, S., Valverde, E., García, Y., & Cantillo, E. (2012), *Tenth LACCEI*, 1-9.

2.1.1 Producción de Lácteos

Antes de iniciar con la caracterización de este eslabón, se define el concepto de Planta de procesamiento de leche, como:

Todos aquellos establecimientos de comercio e industria en el cual se modifica o transforma la leche para hacerla apta para consumo humano, que incluye las plantas para higienización, para pulverización u obtención de leche como materia prima para elaboración de derivados lácteos (Mojica, Trujillo, Castellanos, & Bernal, 2007).

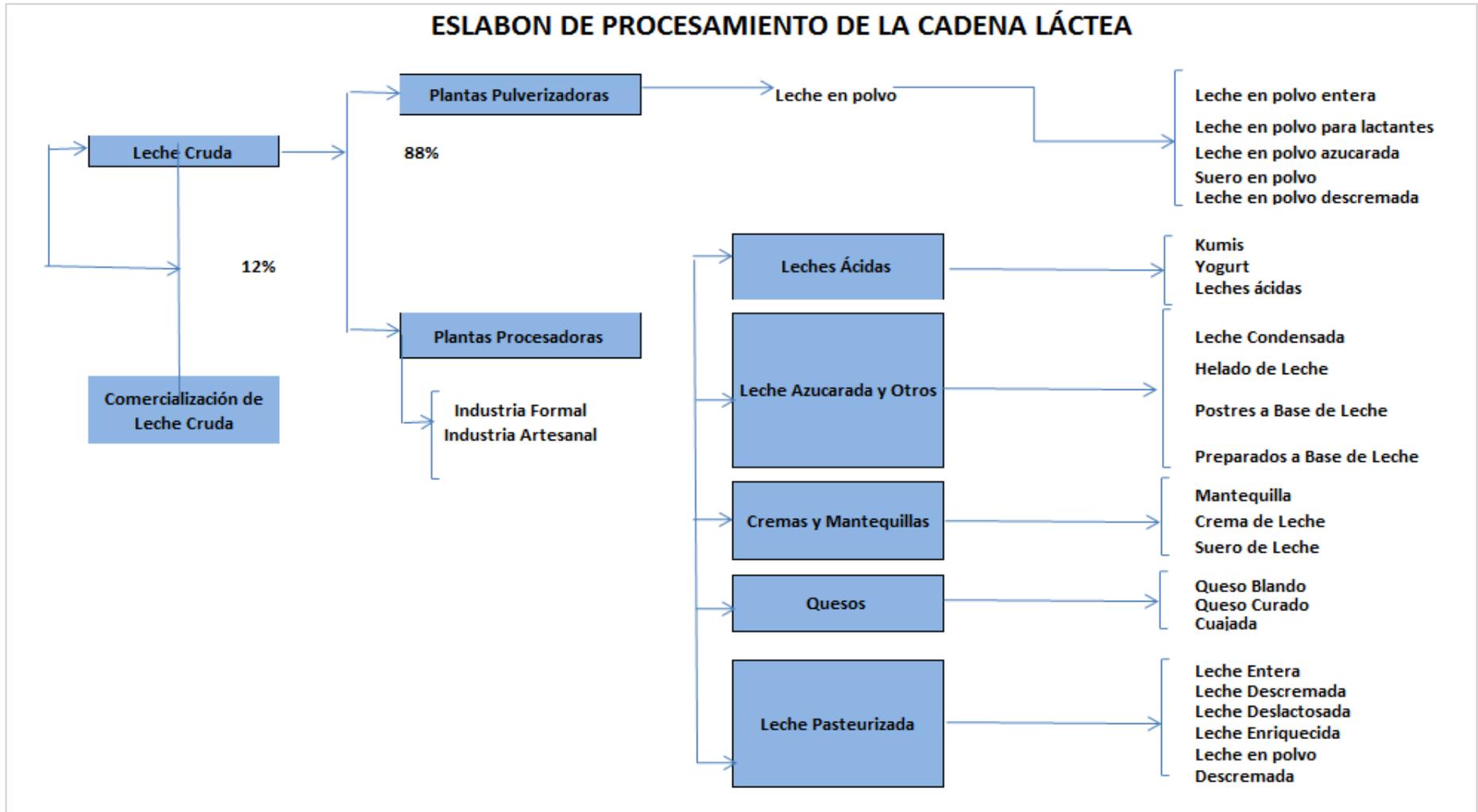
La producción de derivados lácteos se agrupa bajo la similitud de sus procesos; destacando la producción en cadena de leche pasteurizada, leche en polvo, leche ultra-pasteurizada, leches con azúcar para helados y repostería, leche descremada, productos a base de quesos, mantequillas, productos de base en leches ácidas y fermentadas (Consejo Nacional Lácteo, 2010).

En Colombia el 88% de lo producido de la leche cruda, son productos a base de leche pulverizada, el otro 12% se queda en las fincas productoras de carne y leche para el sostenimiento de los novillos y la venta por cantinas para las productoras artesanales, quienes comercializan leche entera, quesos, yogurt y mantequillas entre otras; en la figura 3, se ilustran estos productos, sus eslabones y derivados.

En segunda instancia, se encontró la producción de leche pasteurizada con el 28% del volumen total de leche y en 5% y 12% en la fabricación de leche ultra-pasteurizada y para pulverización (leche en polvo), respectivamente. De acuerdo con Fedegan (2019), en el país existen entre 650 empresas lácteas que se dedican a este procesamiento, esa cifra abarca a las grandes, medianas y pequeñas compañías dedicadas a la pasteurización, producción de derivados, queseras y fábricas de dulces. Las empresas grandes son el 3.3% del total, un 2,2% las medianas, un 7.5% por las pequeñas y el 87,9% restante lo conforman las artesanales; sin embargo, a nivel de volumen de producción las empresas grandes logran conformar el 42% a nivel nacional.

En el ámbito tecnológico Espinal, Martínez, & González (2005), exponen en su estudio que sólo en las grandes empresas se encuentran innovación tecnológica para sus procesos, en el resto de las industrias (mediana y pequeñas) lo consideran un gasto difícil de recuperar en el mediano y largo plazo (Espinal, Martínez, & González, 2005), en esa misma línea conceptual Álvarez (2014) manifiesta que “En Colombia las pequeñas y medianas empresas pyme le apuestan de una manera muy pasiva a la innovación”, requiriendo apoyo financiero y del estado para facilitar la innovación y el desarrollo de tecnologías.

Figura 3. Eslabón de procesamiento en la cadena láctea.



Nota. Adaptado de La cadena de los lácteos en Colombia: Una mirada global a su estructura y dinámica 1991 – 2005, por Espinal, C., Martínez, H., & González, F. (2005), *Observatorio Agracadenas Colombia* (74), 5-30.

2.2 Industrias 4.0 o la cuarta revolución industrial

El concepto de industrias 4.0, en lo sucesivo I 4.0, se introdujo en el 2011 en Alemania como estrategia para el desarrollo del país basado en el uso de última tecnología (Mosconi, 2015). Vale resaltar que, entre los siglos XVIII y XIX, se presenta la primera revolución industrial, caracterizada por la mecanización de los procesos de producción; luego, en el siglo XX aparece la producción en serie para grandes consumos, esta es considerada como la segunda revolución; sin embargo, a finales del siglo XX se presenta la tercera revolución y con esta la automatización de las líneas de producción (Zhou et al. 2015). Actualmente se presenta un nuevo escenario para la industria: digitalización de la producción, automatización e intercambio automático de datos, aspectos estos considerados como rasgos de la cuarta revolución industrial o industrias 4.0 (Roblek et al., 2016).

El término industrias 4.0 tiene varias definiciones según los diferentes autores que han tratado el tema, a continuación, se presenta un resumen con los principales conceptos resumidos en la investigación de (Lu, 2017).

Tabla 1. Definiciones Industria 4.0.

(Autor, Año)	Definición
(Hermann et al.,2016)	Un término colectivo para tecnologías y conceptos de la cadena de valor en la organización.
(Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann 2014; Ning & Liu, 2015)	El concepto cuarta revolución tecnológica, se basa en los conceptos y tecnologías que incluyen sistemas cibernéticos, Internet de las cosas (IoT), e Internet de los servicios (IoS).
(Bagheri et al., 2015)	La industria 4.0 se refiere a la integración de sistemas interconectados en la industria y el conocimiento como la cuarta revolución industrial.
(Consortium II, 2015)	Industria 4.0 es la integración de complejos Maquinaria física y dispositivos con sensores en red y software, utilizado para predecir, controlar y planificar mejores negocios y resultados sociales.

(Henning Johannes,2013)	and	Un nuevo nivel de organización y gestión de cadenas de valor en el ciclo de vida de los productos.
----------------------------	-----	--

Nota. Adaptado de Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, por Lu, Y. (2017), *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

En resumen, podría unificarse los conceptos de industrias 4.0 en una sola palabra, omnipresencia, ya que permite la conexión entre máquinas, productos, sistemas y personas; creando un enlace continuo entre el mundo virtual y el mundo físico (Domingo Galindo, 2016).

La industria 4.0 se compone de cuatro elementos principales (Roblek et al., 2016):

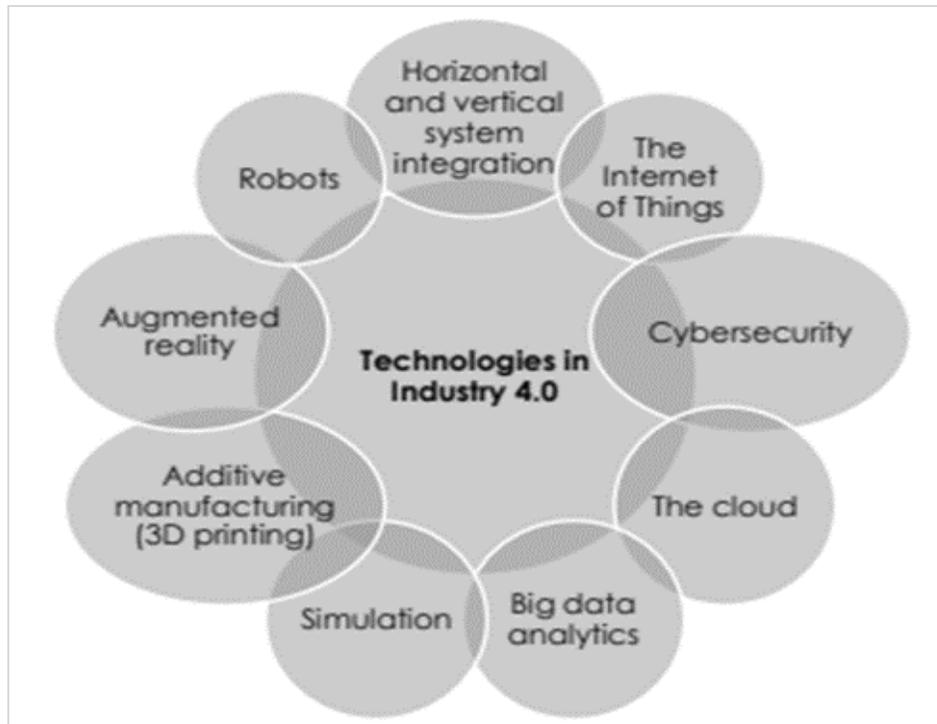
- Sistemas Ciber – Físicos “CPS” y sistemas cibernéticos. Son los actores del ecosistema de la Internet de las cosas (IoT). Es el término que describe la unificación de lo digital (cyber) con los flujos de trabajo reales (físicos). CPS incluye sensores y actuadores por los cuales se puede recoger y enviar datos, utilizando el internet como medio de comunicación en tiempo real.
- Productos inteligentes “IoT” (internet de las cosas): se caracterizan por disponer de electrónica, software embebido y conectividad. Permite crear redes que incorporan todo el proceso de fabricación, posibilitando la integración horizontal (integración de los sistemas informáticos en las diferentes etapas de los procesos de planificación empresarial) y vertical (integración de jerárquicos como niveles de planificación corporativa, gestión de producción, fabricación y ejecución, entre otras), es decir, entre sistemas ciberfísicos o entre sistemas ciberfísicos y el usuario.
- Servicios Inteligentes “IoS”: Aplican modelos analíticos (Big Data), para ofrecer servicios innovadores que generan un verdadero valor agregado.
- Fabrica Inteligente “Smart Factory”. Son máquinas con gran capacidad de comunicación M2M que ofrecen personalización, adaptación al entorno y a tareas nuevas.

En conclusión, dentro de la estructura modular: CPS, monitorea los procesos físicos, crea una copia virtual del mundo físico y toma decisiones descentralizadas; a través del IoT, CPS se

comunica e interactúa con los humanos en tiempo real. Internet de Servicios (IoS) es ofrecido y utilizado por los participantes de la cadena de valor. La fábrica se convierte en una red de agentes que toman decisiones optimizadas a nivel local (Lu, 2017).

2.2.1 Principales Tecnologías Básicas en la industria 4.0

Figura 4. Tecnologías relacionadas con la Industrias 4.0.



Nota. Adaptado de Industria 4.0: la transformación digital de la industria; por Coddii en <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

A continuación, se hace una revisión de las definiciones y características en las principales tecnologías antes mencionadas:

- Comunicaciones móviles:

En este grupo pertenecen las tecnologías base del IoT, como lo son el internet y telefonía móviles. “El etiquetado de objetos y la comunicación M2M permiten un entorno de producción conectado en el que sistemas y productos se comunican entre sí. Con ello se hace posible la captura de datos, la coordinación de los CPPS y el despliegue de servicios remotos; y todo ello en tiempo real y de manera ubicua.” (*Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf*, s. f.).

- “Big Data” y “Cloud”:

Big Data es el término utilizado hoy en la industria para referirse a la captura de datos masivos, complejos y de forma rápida. La compañía Oracle, la cual es referente de esta tecnología en el mundo, define “Big Data” de la siguiente manera: “Big Data, es la electricidad del siglo XXI, con el poder de transformar todo lo que toca en los negocios, el gobierno y la vida privada. Sin embargo, no son los datos en bruto los que posibilitan el cambio; es el conocimiento derivado de los datos que conduce a mejores resultados. La clave es el análisis.”. (Oracle, s.f)

El principal objetivo del “Big Data”, es generar conocimiento para la toma de decisiones de manera ágil que permita responder a los cambios repetidos de la demanda (Lara et al., 2017).

De acuerdo a lo anterior, se puede definir Cloud o nube, cómo la herramienta que soportan las operaciones del “Big data”; estas comprenden todas aquellas aplicaciones e infraestructuras ofrecidas Como servicio a través de redes públicas o privadas. La nube permite el flujo de datos sin fronteras y no requiere de inversiones en infraestructuras para incrementar la capacidad. (del Val Román, 2016).

- Comunicación Máquina a Máquina (M2M)

Este tipo de tecnología es la base de las de aquellas cobijadas bajo el elemento fundamental “Internet de las cosas (Iot). M2M, hace posible el intercambio de información entre sistemas y productos inteligentes, información con la cual es posible construir una realidad virtual a física. Se debe caracterizar como los principales elementos involucrados dentro de esta tecnología, a los Sensores, que de forma inalámbrica mediante el internet transfieren información a los ordenadores. (del Val Román, 2016) (Lee y Yang, 2014)

- Robótica avanzada y colaborativa.

La principal aplicabilidad de esta tecnología a la industria es los “métodos de producción autónomos”. Con esto, el trabajo logra ser más competitivos a nivel económico y Productivo.

“En la Industria 4.0, los robots y los humanos trabajarán mano a mano; por así decirlo, se dan la mano en las tareas de interconexión y el uso de sensor inteligente de interfaces hombre-máquina” (Bahrin et al., 2016).

- Realidad aumentada

Esta tecnología se define como una visión directa del entorno real combinada con elementos virtuales en tiempo real (Barfield y Caudell, 2001). “Las aplicaciones de realidad aumentada van

desde las artes visuales y los juegos hasta las situaciones médicas, militares, de navegación y espaciales, en las aplicaciones industriales y los procesos productivos, las aplicaciones se reducen al comercio electrónico, la administración y la comercialización” (Lara et al., 2017).

2.2.2 Tecnologías 4.0 en la industria láctea

En la actualidad, la innovación tecnológica está marcando la evolución bajo la implementación del concepto de industrias 4.0 o la “Cuarta Revolución Industrial”, la cual se define como como la tendencia a la automatización y el intercambio de datos en las tecnologías de fabricación. El impacto de dichas tecnologías puede extenderse tanto a nivel Horizontal (cadena de valor, incluyendo proveedores, distribuidores, otras empresas y clientes), como al nivel Vertical (Desarrollo de producto, compras, producción y logística, arriba y abajo de la jerarquía), (Dutzler et al. 2016).

En la industria alimenticia, dichas tendencias son denominadas “Agroalimentación 4.0”, en esta industria las estrategias de automatización, conectividad, digitalización, uso de energías renovables y uso eficiente de recursos son las que predominan (Miranda et al. 2019). Las siguientes son las principales tecnologías asociadas a la industria 4.0 para el sector lácteo a nivel global, así como los principales proveedores de dichas tecnologías hoy en día:

Tabla 2. Aplicaciones Tecnologías 4.0 en Lácteos.

Eslabón de la Cadena	Tipo de Tecnología	Aplicación
Sistema Productivo	M2M	Cada vaca cuenta con un collar o una caravana electrónica, que es leído por un sensor ubicado antes de la puerta para medir indicadores fisiológicos, de comportamiento y de producción de cada animal.
Sistema Productivo	M2M	Visión artificial para observar comportamientos anómalos en los animales, algoritmos para analizar la información procedente de sensores IoT capaces de medir indicadores biométricos o relacionados con el consumo energético en las granjas.
Sistema Productivo	Robótica	Ordeñe robótico, en este sistema, las vacas se ordeñan de forma autónoma y voluntaria. El sistema

		robótico identifica automáticamente a la vaca y aplica un aerosol desinfectante en los pezones antes de que un brazo robótico coloque la pezonera para ordeñar.
Sistema Productivo	Robótica	Puertas inteligentes de aparte, autorizan o no el paso de los animales entre las distintas áreas.
Sistema Productivo	Robótica	Drones para el sistema de pastoreo, o para la logística de almacenamiento (inventarios automatizados)
Industria	M2M	Sistema de esterilización UHT por radiofrecuencia (RFID), utilizando energía eléctrica.
Industria	M2M/Cloud	Tecnologías de automatización parcial de procesos para controles de calidad y seguridad de los productos, con sensores y plataformas en la nube.
Industria	IoT, Big Data, Cloud, M2M, Robótica	Automatización total de procesos productivos, combinando software, hardware y equipamiento industrial en empresas con sistemas integrados de automatización.
Industria	Robótica	Robotización de procesos parciales o aislados (robots de selección y colocación), como se observa en algunas empresas elaboradoras de quesos, y en las etapas de empaquetamiento y “palletizado”.
Industria	Blockchain technology	Tecnologías basadas en el dominio digital, tanto para las tareas de gestión comercial de las firmas como para asegurar la trazabilidad de los productos en las diversas etapas productivas de la empresa, incluyendo almacenamiento y logísticas.

Nota. Adaptado de *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*, por CEPAL. (2019), Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.

El carácter perecedero de los productos que genera la industria láctea y la situación competitiva que hoy tienen, hacen que resulte cada vez más relevante el seguimiento y trazabilidad a lo largo

de la cadena de suministro; es aquí donde las tecnologías 4.0 juegan un papel protagonista en la consecución de dicho objetivo, la integración de estas tecnologías de automatización y digitalización apalancan mejoras en las productividades reflejadas en disminuciones de tiempo y costo de operación (CEPAL, 2019).

En cuanto a la industria, estas aplicaciones suelen manejar una gran variedad de soluciones e integrar todos los elementos de las tecnologías 4.0 (Sistemas Ciberfísicos CPS, Productos inteligentes IoT, principalmente); mientras que en el eslabón de sistemas productivos predominan las tecnologías para la trazabilidad de los animales y del ecosistema de las tierras de pastoreo; para esto hace uso de las tecnologías base del IoT, en este caso el internet, que habilita la comunicación entre sistemas y productos para la captura de los datos en tiempo real, un ejemplo de estos son los collares inteligentes que proporcionan información sobre la ubicación de las reses.

Otro de los usos, es el de ‘vallados virtuales’ en los que se delimita un espacio geográfico de pastoreo y los animales que llevan unos collares especiales que emiten un pitido o una pequeña descarga eléctrica si sobrepasan ese espacio virtual. Otro de las principales aplicaciones de tecnologías 4.0 en el sistema productivo de la leche, está relacionado con la robótica, entre ellos el ordeño automatizado, otros que depositan la comida en los comederos y los sistemas para barrer de forma automática (Mazziotti, 2019).

Como lo menciona la CEPAL (2019), los proveedores de tecnologías 4.0 se caracterizan en principio por ser empresas globales de gran su tamaño y por tener estrategias de especialización tecnológica y sectorial; estas pueden ofertar desde componentes tecnológicos hasta paquetes tecnológicos completos, incluyendo los servicios tecnológicos.

A continuación, se enunciarán algunas de los principales y más representativos proveedores de las tecnologías 4.0:

Tabla 3. Principales Proveedores de Tecnologías 4.0 en Lácteos.

Oferta de Producto	Tecnología	Proveedor	País de Origen
Paquetes tecnológicos integrados	Robótica para Hatos/Tambos.	DeLaval	Suecia
	Robótica para Hatos/Tambos.	Lely	Holanda

	Robótica para Hatos/Tambos.	GEA Westfalia	Alemania
	Equipos robotizados para el ordeño utilizando tecnologías laser y de scanning.	Pearson Milking Technologies	Irlanda
Proveedores de tecnología no integrada	Robots para el ordeño utilizando tecnologías de programación de visión.	Boumatic	Bélgica
	Salas automatizadas de ordeño.	Dairymaster	Irlanda
Paquete de software integrado	Identificación animal con tecnologías de radiofrecuencia, visual y electrónica (caravana electrónica).	Allflex	Nueva Zelanda
	Soluciones tecnológicas para el monitoreo y seguimiento de diversos aspectos de la producción en el Hato/Tambo	Afimilk	Israel
	Plataforma IDA, un servicio basado en inteligencia artificial para asistir a los productores de leche utilizando la información recogida de las vacas.	Connecterra	Holanda
	Inteligencia Artificial para monitorear la salud del rodeo.	Cainthus	Irlanda
Automatización Industrial	Equipos de automatización y control	Grupo ABB	Suecia
	Sistema integral de automatización (software, hardware y equipamiento industrial)	Siemens	Alemania
	Control de procesos soluciones de automatización	ProLeiT AG	Alemania
	Proveedora de automatización e informatización industrial.	Rockwell Automation	EEUU
Servicios Tecnológicos	Blockchain technologies	IBM	EEUU

	Tecnologías de trazabilidad.	Ripo.eo	EEUU
	Servicios tecnológicos a través de su plataforma IDA	Connecterra	Holanda
Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning)	Plataformas informáticas para la integración de datos y software de gestión de diversas áreas de las empresas	SAP	Alemania
		ORACLE	EEUU
Tecnologías de envases	Sistema de escaneo y de calidad envase por envase	Tetrapack	Suecia

Nota. Adaptado de *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*, por CEPAL. (2019), Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.

Como puede apreciarse en la tabla 3, Nueva Zelanda, Holanda, Israel, Bélgica, Australia, Alemania son los principales países de origen de estas tecnologías, lo cual puede ser atribuido a instrumentos de apoyo público para el desarrollo y adopción de tecnologías 4.0:

“El tipo de políticas que aparece con más frecuencia en estos países está vinculado al fortalecimiento de centros tecnológicos y al desarrollo de clústeres regionales agroindustriales, donde se vinculan instituciones de ciencia y tecnología, universidades, empresas y cámaras empresarias, incluyendo instancias gubernamentales, tanto locales como nacionales”. (CEPAL, 2019)

Ejemplo de lo anterior, es el establecimiento de la *Plattform Industrie 4.0*, con nacimiento en la Feria Hannover 2013 y la cual funciona como punto de confluencia para todos los stakeholders en Industrias 4.0 para Alemania. Seguido a esto, varios países que son hoy en día potencias industriales han decidido crear estrategias similares, a estos se suma: *The future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge* (Reino Unido, 2013); *Industrial Internet Consortium* (Estados Unidos, 2014); *Internet +* (China 2015); *Summary of the White Paper on Manufacturing Industry* (Japón, 2016); *National Strategic Plan for advanced manufacturing* (Estados Unidos, 2018) y (Huidobro et al., 2020).

Un estudio reciente realizado por Huawei Technologies Germany, donde se comparaba la competitividad de las industrias 4.0 a nivel internacional entre las principales economías del mundo (China, Alemania, Japón y los EE.UU), se destacó que entre ellas no se logra una ventaja

incomparable sobre alguna; sin embargo, Alemania puede llegar a ser líder mediante las asociaciones internacionales para ganar mercados más grandes, el estudio sugiere que china podría llegar a ser su aliado principal para el cumplimiento de este objetivo. Finalmente se presentan algunas recomendaciones adicionales para el crecimiento de la estrategia ‘Industria 4.0’ en este país como lo son un cambio de paradigma en la voluntad de asumir riesgos y el aumento de inversión a nuevas tecnologías (Huawei, 2016).

2.3 Relación entre I 4.0 y Desempeño Organizacional

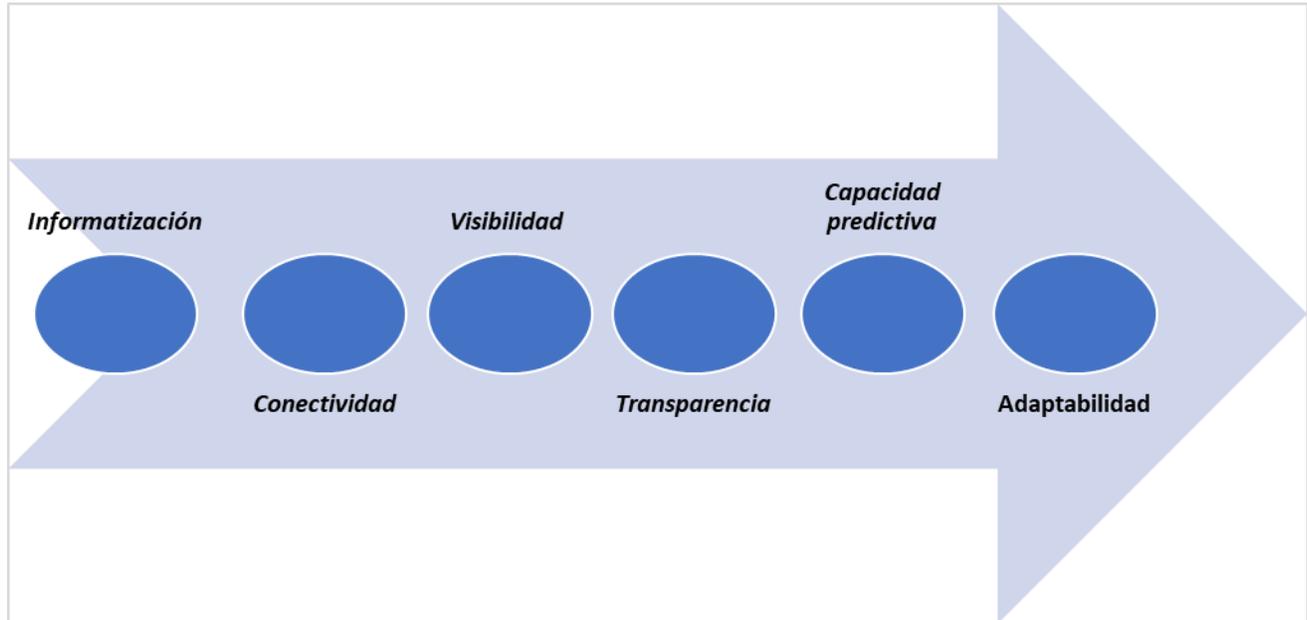
2.3.1 Niveles de madurez del uso de tecnologías 4.0

El análisis de los estudios en las tecnologías 4.0 y su relación con el desempeño organizacional, expone a diferentes autores con propuestas de escalas que permiten principalmente diagnosticar el estado actual del uso de tecnologías 4.0 en las diferentes industrias. Estas escalas varían de acuerdo a su objeto de comprensión o de estudio de cada autor. Al respecto, Pessl, Sorko, y Mayer (2017), propone en su modelo cinco niveles para medir la madurez en los diferentes campos de acción de una compañía en relación a la I 4.0:

“El nivel 1 describe un estado bajo sin soporte de TI y procesos controlados muy ad hoc. Desde nivel 3 en adelante se utiliza un sistema de recursos empresariales (ERP) tanto como sea posible. Los procesos están estructurados y planificados y no es necesario reaccionar ad hoc a los eventos. En el nivel 4, sistemas de TI apropiados, como la relación en la gestión de la cadena de suministro (SRM) para compras, ejecución de sistemas de fabricación (MES) para producción, relación con el Cliente-Gestión (CRM) para ventas y en la gestión de almacenes se utilizan sistemas (WMS) para logística. El nivel 5 representa el más alto nivel: un enfoque parcial pero visionario basado en posibles tecnologías de la industria 4.0 (Pessl, Sorko, & Mayer, 2017)”

En este mismo enfoque, se encuentra la sugerida por los autores Schub y otros (2017), donde proponen una escala que también significa la madurez del proceso I 4.0 en seis etapas, se observa a continuación en la figura 5.

Figura 5. Etapas de I 4.0 de Schub.



Nota. Adaptado de Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies, por Schuh, G. y otros (2017), Munich: Herbert Utz. Acatech study.

Cada etapa se conceptualiza como:

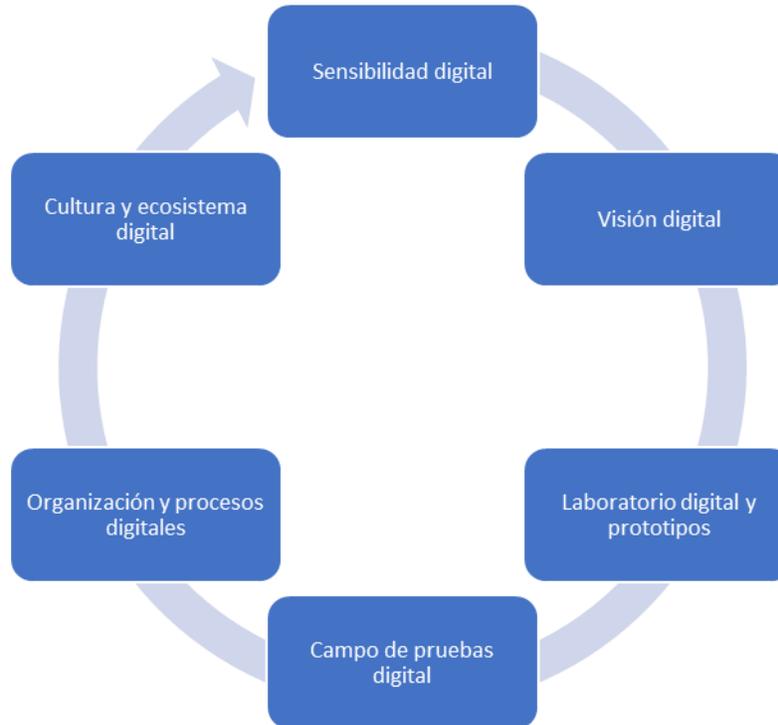
- **Informatización:** este es el punto de partida hacia la digitalización, establece como requisito primordial el uso de las tecnologías de información.
- **Conectividad:** con esto, los equipos automatizados logran conectarse entre sí generando un tráfico automático de información (red).
- **Visibilidad digital:** en este punto, la empresa cuenta con tecnologías que le permiten monitorear los procesos de principio a fin en tiempo real.
- **Transparencia:** aquí la compañía es capaz, mediante el uso de nuevas tecnologías para el análisis de datos masivos, establecer causales en los comportamientos de los procesos.
- **Capacidad predictiva:** con la captura de datos actuales, los sistemas de información (TI), son capaces de predecir situaciones futuras que apoyan la toma de decisiones en la compañía.
- **Adaptabilidad:** Los sistemas de fabricación son capaces de tomar decisiones de manera autónoma, reduciendo el menor impacto en la relación una relación costo-beneficio.

Por otro lado, según el estudio de Berger (2016) en España sobre la I 4.0 y el reto de la transformación de la economía, ha desarrollado una estrategia de digitalización conocida como end-to-end, la cual se estructura en 6 fases consecutivas, que son:

- Sensibilidad digital: el objetivo en esta primera fase es crear conciencia sobre los retos digitales; aferrar esta toma de conciencia en la gestión e incorporación en el ADN corporativo.
- Visión digital: seguido a la sensibilización, se debe definir una estrategia digital (hoja de ruta y objetivos); alinear herramientas y recursos; y finalmente establecer un ecosistema de socios relevantes.
- Laboratorio digital y prototipos: se espera en esta etapa desarrollar prototipos; alinear tecnologías de información (TI) Probar nuevas aplicaciones y tecnologías. Lanzar un centro demostrador.
- Campos de prueba digital: consiste en empujar iniciativas hacia adelante e iniciar proyectos innovadores.
- Organización y procesos digitales: para esto es necesario redefinir estructuras organizativas; definir y probar procesos digitales.
- Cultura y procesos digitales: esta última etapa consiste en formar embajadores digitales y acelerar la transformación dentro de la organización.

Estas, conceptualiza el autor, interactúan entre sí dentro de un ciclo, buscando el nivel más alto de madurez e implementación de las I 4.0 en las industrias que lo requieren, la figura 6 grafica este modelo.

Figura 6. Modelo de madurez I 4.0 de Berger.



Nota. Adaptado de *España 4.0: el reto de la transformación digital de la economía*, por Berger, R. (2016). Madrid: Roland Berger.

2.3.2 Industrias 4.0 y desempeño organizacional.

El concepto de industria 4.0, considera implícitamente un mayor rendimiento industrial, mediante las tres principales ventajas que caracterizan esta industria, estas son, integración en los procesos de fabricación vertical, integración horizontal y la conectividad (ingeniería de extremo a extremo). En su estudio sobre la contribución esperada de las tecnologías de la Industria 4.0 para el desempeño industrial, Dalenogare y otros (2018), proponen clasificar los beneficios potenciales en tres aspectos globales: beneficio esperado del producto, beneficios operativos esperados y aspectos de efectos secundarios esperados por la industria al implementar la Industria 4.0.

El primero, considera dimensiones del rendimiento del producto: medida de personalización, calidad y tiempo de lanzamiento. El segundo aspecto, abarca las métricas industriales de costos,

productividad y control de procesos de la fábrica. Finalmente, el tercer grupo de beneficios incluye: la mejora en capacidad y reducción de siniestros laborales.

El estudio también propone conexiones entre las diferentes tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 y los beneficios esperados. Así, si la estrategia de la compañía es enfocada al desarrollo del producto, las tecnologías como: sistemas de ingeniería integrados, servicios de productos digitales, fabricación aditiva (impresión 3D) y servicios en la nube (Cloud), pueden contribuir a un mayor rendimiento del producto y por ende un mejor desempeño organizacional. En contraste a lo anterior, si la estrategia corporativa está asociada a traer beneficios para el desempeño operativo, las tecnologías recomendadas por los autores deberían estar enfocadas en: Diseño asistido por computadora integrado con la fabricación asistida por computadora (CAD/CAM), sensorización y Big data.

Con el objetivo de analizar la relación entre los pilares de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 y el desempeño de las fábricas inteligentes, Büchi, Cugno, & Castagnoli (2020), identifican seis tipologías de oportunidades dadas con el uso de las principales de las diferentes tecnologías habilitadoras, estas son: flexibilidad en la fabricación, reducción de costos, mejoramiento en la capacidad de producción, mayor velocidad en la creación de prototipos, mayor valoración del producto por parte del cliente y mejor calidad del producto/menor desperdicio de producción.

2.3.3 Impactos de la Industria 4.0 en las cadenas de suministro

Como se ha expuesto en el apartado anterior el uso de las tecnologías 4.0 para la industria han contribuido a la redefinición de los procesos industriales habituales. Las cadenas de suministro digitales involucran las diferentes tecnologías 4.0 para generar procesos más ágiles y confiables, ayudando a mejorar el desempeño general de la cadena de valor y reducir los riesgos. Los impactos de la industria 4.0 pueden percibirse a lo largo de todos los procesos que involucra la cadena de suministro (CDS), entre estos: desarrollo de nuevos productos, fabricación, aprovisionamiento, planificación, logística y marketing (Ghadge, Er Kara, Moradlou, & Goswami, 2020). Estas tecnologías permiten enormes mejoras de rendimiento dentro de los procesos individuales de la cadena de suministro entre los que podrían mencionarse: mejor previsión y planificación mediante un flujo integrado y trazabilidad de materiales y productos; monitoreo remoto y en tiempo real de la ubicación y la velocidad de los vehículos mediante el

uso de IoT; estado de los productos perecederos mediante sensores de temperatura; estado y rendimiento de máquinas; entre otras.

A continuación, en la tabla 4 se presenta de manera más específica los principales impactos en el desempeño de cuatro procesos clave de la cadena de suministro: desarrollo y producción de productos, aprovisionamiento, logística y venta al por menor (Fatorachian & Kazemi, 2021).

Tabla 4. Impacto de las I 4.0 en la Industria.

Proceso de la CDS	Mejoras de rendimiento	Tecnologías Relacionadas
Desarrollo y producción de producto	Mejor planificación y control de la producción	Sistema ciberfísico (CPS). Internet de las cosas (IoT). Big Data Analytics (BDA)
	Diseño / desarrollo de productos mejorado y procesos de producción	
	Mayor eficiencia de producción y productividad	
Cumplimiento, adquisiciones y logística	Mejoramiento en la planificación y control	
	Mejoramiento en la Distribución	
	Gestión eficaz del cumplimiento de pedidos	
	Efecto látigo reducido	
	Mejoramiento en el abastecimiento y manejo de proveedores	
Gestión del inventario	Mejoramiento en la Distribución y entrega de productos	
	Planificación y control de inventarios precisos	
	Mayor eficiencia operativa	
Proceso de la cadena de suministro	Mejora de la eficiencia operativa y productividad	
	Mejoramiento en la previsión y planificación	
	Mayor capacidad de respuesta y crecimiento de ingresos	

Nota. Adaptado de Mpaact Of Industry 4.0 On Supply Chain Performance., por Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021), *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81.

Entre las diferentes tecnologías recomendadas por los autores en cada eslabón de la cadena de suministro en el contexto de la cuarta revolución industrial, podrían incluirse CPS, IoT y BDA como fundamento para la conectividad, transparencia y flexibilidad en las cadenas de suministro. Finalmente, estudios realizados por el Banco Inter-Americano de Desarrollo y el Foro Económico Mundial, expresan la necesidad de una transformación integral, esto quiere decir, que para lograr los beneficios esperados en el desempeño de la cadena de suministro por la implementación de tecnologías 4.0, es necesario generar en todos los actores un proceso de transformación, requiriendo un estrecha colaboración entre ellos desde la interoperabilidad hasta la sincronización de los cambios; lo que implicará la solución de los diferentes obstáculos en fallos de coordinación (Calatayud & Katz, 2019).

2.3.4 El camino hacia la Industria 4.0

Entre las buenas prácticas y lecciones aprendidas de la experiencia internacional en la transición hacia la cadena de suministro, gobiernos de países desarrollados (Alemania, Japón, Corea del Sur, Italia, España, Francia, China, Singapur y Estados Unidos) han identificado una serie de obstáculos los cuales han venido superando mediante el despliegue de estrategias generalizadas en cuatro grandes grupos: (1) Planes nacionales y estrategias con impacto en aspectos específicos de la cadena de suministro; (2) Apoyo a la pequeña y mediana empresa; (3) Desarrollo de estándares para la comunicación interorganizacional; y (4) Programas basados en la colaboración entre los sectores público y privado (Calatayud & Katz, 2019).

En el caso para América Latina, la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 se encuentra todavía en un estado embrionario, según la encuesta realizada por el Banco Inter-Americano de Desarrollo y el Foro Económico Mundial. En Colombia, el 65% de las grandes empresas encuestadas están familiarizadas con la 4ta Revolución Industrial (ANDI, 2017).

De la misma manera; también logra identificarse por medio de un estudio en el campo de las tecnologías 4.0 del Observatorio de Economía Digital, el porcentaje de adopción de las diferentes tecnologías en las grandes empresas y PyMEs Colombianas (Calatayud & Katz, 2019), la tabla 5 expone los resultados de la encuesta:

Tabla 5. Transición hacia las I 4.0.

Tecnologías	% Adopción	
	Gran empresa	PyME
IoT	17.7%	10.0%
Sistemas robóticos	8.2%	4.0%
Impresión aditiva	6.3%	3.0%
Inteligencia artificial	4.4%	2.4%

Nota. Adaptado de Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina, por Calatayud, A., & Katz, R. (2019), *Inter-American Development Bank*, 174.

La adopción de tecnologías digitales muestra una brecha entre las grandes empresas y las PyMEs; en general Colombia registra un déficit generalizado en términos de adopción de tecnologías digitales avanzadas. Si bien el país ha venido implementando diferentes programas que impactan en los componentes de una cadena de suministro, no todos estos incluyen un impulso a la digitalización. Además, se logra identificar que, en la actualidad, Colombia carece de una política y organismo que coordine las acciones del gobierno para mejorar el desempeño de las cadenas de suministro (Calatayud & Katz, 2019).

En la tabla 7, se tabulan las iniciativas del sector público en Colombia para el impacto de la I 4.0 en ciertas áreas de la cadena de suministro.

Tabla 6. Iniciativas del Sector público en I 4.0.

Área	Iniciativa
Industria 4.0	Programa de Transformación Productiva
Logística	Política Nacional Logística
Transporte	Plan Maestro de Transporte 2010-2032
Telecomunicaciones	Vive Digital
Aduanas	Plan Estratégico de Aduanas

Nota. Adaptado de Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina, por Calatayud, A., & Katz, R. (2019), *Inter-American Development Bank*, 174.

En cuanto al sector de alimentos en Colombia, las entrevistas realizadas por el Banco Interamericano de Desarrollo y el Foro Económico Mundial, concluyen que si bien el sector de procesamiento de alimentos posee un nivel avanzado de preparación para la transición hacia la cadena de suministro 4.0, existen diferencias dentro de los subsectores; de esta manera, en las industrias como frutas, lácteos y cacao, el nivel de preparación es menor que para el caso de industrias de exportación, donde se registran niveles de mayores de transformación digital.

Adicionalmente, se identifica para el caso de las grandes empresas que se encuentran en un contexto de competencia internacional, el uso de tecnologías como vehículos semiautónomos en almacenes, IoT y trazabilidad por GPS. Sin embargo, estas empresas todavía enfrentan un gran desafío en cuanto a la interacción con sus proveedores no digitalizados; específicamente el sector lácteo, enfrenta una mayor dificultad por ejemplo con los ganaderos, quienes por razones de condiciones geográficas con limitada conectividad de las telecomunicaciones en las zonas rurales. Este cuello de botella también se encuentra en el extremo de distribución de la cadena de suministro, donde muchos minoristas no cuentan con un nivel digitalización adecuado (Calatayud & Katz, 2019).

En este contexto se hace necesario acudir a la experiencia de las economías avanzadas en la transición hacia la industria 4.0 y tomar las buenas prácticas y lecciones aprendidas de sus procesos. A continuación, se presentan algunas medidas claves que permiten dicha transición a Industria 4.0 en las empresas recomendadas por Kagermann y otros (2013):

- Las implementaciones de tipo CPS requerirá una alta infraestructura de red, para lo cual en Alemania fue necesario de la introducción de las normas internacionales apoyadas por responsables políticos tanto a nivel nacional e internacional.
- Los procesos de negocio en manufactura tienden a ser estáticos y manejados mediante sistemas de software inflexibles, sin embargo, no se debe cambiar drásticamente por sistemas orientados al servicio; para esto se debe integrar las nuevas tecnologías con las viejas y viceversa.
- La ratio de desarrollo de los nuevos modelos comerciales para la manufactura mediante IoT /IoS, se acercarán a la tasa de desarrollo y dinamismo propias del Internet.

- Los empleados, al igual que los clientes y proveedores, que se ven afectados por la realización de un proyecto de la industria 4.0, deben estar informados e integrados en una etapa inicial de los cambios esperados.
- Es necesario que la industria de las TIC (ciclos cortos de innovación), trabaje de la mano con fabricantes de maquinaria (ciclos más largos de innovación) para desarrollar modelos de negocio que sean aceptables para todos los socios.

Adicionalmente, Pessl, et al. (2017), recomiendan, para aquellas empresas que aún no han definido sus objetivos de industria 4.0, una serie de normas estratégicas las cuales se resumirán a continuación:

- Norma Estrategia 1: procesos lean (Lean Management) previo a la digitalización.
- Norma Estrategia 2: invertir en digitalización en todas las áreas de la empresa.
- Norma Estrategia 3: Promover los conocimientos necesarios de los empleados para aprovechar el potencial de lean y digitalización.

2.4 Estrategias de Información y Educativas en Industrias 4.0 para el Sector Lácteo

En su investigación sobre *Industria 4.0. Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*; CEPAL (2019) destaca que, en la actualidad y a nivel global puede decirse que el grado de difusión de las tecnologías 4.0 es relativamente bajo en los diferentes tipos de empresas, incluyendo las del sector lácteo.

Las estadísticas que ofrece la Web of Science, permiten identificar que la producción científica está más enfocada en áreas de ingeniería con un 85% y ciencias computacionales con 70%. Las áreas de educación solo cuentan con un 5% de producción, y ciencias sociales y leyes gubernamentales menos del 2%. No obstante, que la iniciativa Industria 4.0 surgió en Alemania, China se encuentra a la vanguardia en cuanto a investigaciones relacionadas al tema, donde aparecen como principales autores Di Li, Shiyong Wang, Jiafu Wan, Chengliang Liu y Chunhua Zhang (Huidobro et al., 2020).

Para PwC (2016), desde este enfoque, el principal problema u obstáculo asociado a la falta de adopción de tecnologías 4.0 está relacionado en su mayor proporción a la a falta de cultura digital y formación educativa en las nuevas tecnologías (50% de participación en la encuesta).

El otro enfoque, que se muestra en investigación de la CEPAL 2019, menciona que los países fuertemente industrializados han visto la necesidad de generar políticas que habiliten el desarrollo y adopción de tecnologías 4.0; por lo general, este tipo de políticas están dirigidas a la participación de las industrias en centros tecnológicos y al desarrollo de clústeres regionales agroindustriales, los cuales cuentan con la participación de las diferentes asociaciones. Ejemplo de esto, a nivel internacional, en Estados Unidos existen universidades que brindan educación sobre la implementación de prácticas sostenibles en la agricultura moderna en todo el Estado; adicional se cuenta con parques de investigación que alojan centros de I+D de grandes multinacionales como Monsanto, John Deere y Syngenta. En Europa, se tienen líneas de financiamiento para proyectos de investigación entre varios países: Holanda, Alemania y Suecia los mayores proveedores de tambos robot, y poseen un elevado grado de difusión de estas tecnologías. En Nueva Zelanda, DairyNZ¹ es la institución más importante para la adopción y desarrollo de tecnologías en la producción primaria de leche.

Y finalmente, Australia tiene un esquema de asociación público-privada para el desarrollo tecnológico del sector agrícola-ganadero que incluye al sector lácteo. Este enfoque, deja ver unos objetivos en común para el desarrollo e implementación de las industrias 4.0, entre los que se pueden destacar: el robustecimiento de los centros tecnológicos encargados del desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías según las necesidades de cada empresa; y la capacitación y la formación de personal especializado en las nuevas tecnologías.

En Colombia, el campo de la implementación de industrias 4.0 para la manufactura en general, se percibe dentro de un nivel bajo en comparación de otros países, sin embargo, algunos sectores empresariales le apuestan a que dentro de poco tiempo el país pueda convertirse en un país que da relevancia a las 4.0, ya que esta estrategia se considera clave para la transformación de la manufactura y por ende la economía del país (Innpulsa Colombia, 2019):

“De acuerdo con el Observatorio de Economía Digital, la adopción de tecnologías avanzadas en el sector productivo colombiano es baja, incluso en las empresas grandes. Internet de las cosas alcanza un nivel de penetración del 14.8%; robótica, 11.1%; impresoras 3D, 4.8%; realidad virtual, 1.7%; Big data, 16.8% e inteligencia artificial, 9.7%. Solo la penetración de algunas tecnologías como computación en la nube y

ciberseguridad muestran cierto avance, especialmente en las empresas grandes” (Innpulsa Colombia, 2019).

El país espera cerrar esta brecha y entrar a una nueva era tecnológica, como lo anuncia la Cámara de Bogotá (2018), sin embargo, expresa gran preocupación por los tratados de libre comercio existentes y la falta de preparación tecnológica en la que se encuentra la industria para competir en altos niveles de productividad con empresas internacionales, especialmente en el sector lechero.

Actualmente en Colombia, se están generando estrategitas de apoyo para incentivar el desarrollo e implementaciones de las tecnologías 4.0 para la industria; una de estas es la inauguración de programas por parte de la corporación Ruta N en Medellín (entidad pública sin ánimo de lucro, regida por el derecho privado), la cual abrió sus puertas a un nuevo capítulo de investigación en temas de industrias 4.0, en la que se espera se creen sinergias entre los sectores públicos y privados y la academia para impulsar emprendimientos de la industria 4.0 para el país (Ruta N. 2019).

Por otro lado, el Estado ha creado a través de INNPULSA (Unidad de Gestión de Crecimiento Empresarial del Gobierno Nacional) programas para conectar, capacitar y movilizar agentes de cambio desde la tecnología y la creatividad en el país (Innpulsa, 2019).

De igual manera, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) e Icetex lanzaron en 2019 un proyecto para preparar a los colombianos en los retos que plantea la Cuarta Revolución Industrial, por medio de un programa de becas en Especializaciones 4.0, la cual apoyará a profesionales para realizar estudios de posgrado (especializaciones) en 72 programas distribuidos en 30 universidades que cuentan con acreditación de alta calidad (MinTic, 2019).

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo, con un corte transversal. En la teoría metodológica, la investigación descriptiva caracteriza las dimensiones de un fenómeno o situación dentro de un contexto determinado, basado en las evidencias de sus resultados (Hernández-Sampieri, Fernandez, & Baptista, 1998).

3.2 Alcance de la Investigación

Esta investigación propone diagnosticar una situación específica, con el objeto de describir la percepción del uso de las diferentes I 4.0 que hacen las empresas del sector y la percepción del impacto que tienen esas 4.0 en la actividad de esas empresas.

3.3 Enfoque de la Investigación

Este estudio, utilizó el formato de encuesta para recolectar datos cuyos resultados se presentan en valores numéricos, con los cuales se le da un significado calificativo a la variable, hecho que la determina como una variable cuantitativa.

Frente a este aspecto Hernández-Sampieri y otros (1998), propone al enfoque cuantitativo de la investigación, como una metodología que se basa en la medición numérica y el análisis estadístico, por medio del método deductivo de la investigación, es decir, que el centro de este enfoque es medir datos cuantitativos para fundamentar los resultados, y alcanzar el objeto del estudio, por estas razones este estudio se halla dentro del enfoque cuantitativo de la investigación.

3.4 Instrumentos de Recolección de la Información

Para el cumplimiento del objeto del presente estudio, se diseña una encuesta tipo Likert, que buscó recolectar información que permitió construir una caracterización empresarial de las industrias participantes en aspectos organizacionales, económicos, de productividad y de desarrollo tecnológico e industrial.

Así mismo, describir el Estado de la I 4.0 en el sector lácteo, con el cual se abordará situaciones y preposiciones que permitan el hallazgo de datos con los que se pueda determinar y medir las variables investigativas; su objetivo es aportar evidencia empírica para cumplir con el objeto de este estudio.

La estructura de la encuesta estuvo determinada por dos variables analizadas en esta investigación y su objeto es obtener puntuaciones de cada una de ellas y de esta forma una calificación cuantitativa y nominal. La construcción de esta encuesta, parte de las variables expuestas en la tabla 4 a continuación.

La validación de la escala, se realizó por un panel experto y posterior aplicación de una prueba piloto con algunas empresas del sector.

Tabla 7. Dimensiones de las variables.

Variable	Definición	Clasificación y función
Estado actual de las I 4.0	Descripción del estado actual de las I 4.0 en el sector lácteo	Variable nominal Independiente
Rasgos de la actividad (desempeño) empresarial	Percepción del desempeño empresarial	Variable nominal Dependiente

Nota. Creación y elaboración del autor.

3.5 Población y Muestra

Este estudio tuvo como población objetivo las empresas de la industria láctea en Colombia agremiadas en la Asociación Colombiana de Procesadores de Leche – ASOLECHE, gremio que agrupa a 27 empresas procesadoras de leche y sus derivados, allí también están asociadas otras empresas relacionadas con el ecosistema lácteo. Este gremio, está compuesto por diversidad de industrias en tamaño y tipo de producción, con diferentes tecnología y nichos de mercado, los cuales acopian más del 80% de la leche en Colombia. Se constituyó en la década de 1980 con el objeto de unir y desarrollar los intereses de la industria láctea colombiana.

Aunque la investigación invitó al conjunto de las empresas del gremio, al final solo se obtuvo datos de 11 industrias que accedieron a participar, representadas por delegados directivos designados en cada una de ellas, cumpliendo los siguientes criterios de selección.

3.5.1 Criterios de Selección de la Muestra.

Para la selección de la muestra en este estudio, se debió cumplir con los siguientes criterios, tanto para las empresas participantes, como para sus delegados comisionados:

- La industria debía pertenecer al gremio de ASOLECHE y su participación en esta investigación fue voluntaria.
- Sus delegados comisionados para participar en representación de la empresa fueron directivos de la misma y su participación fue expresamente voluntaria.

3.6 Procesamiento de Datos

El procesamiento de la información recolectada se realizó en dos fases con el fin de alcanzar el objetivo del estudio, la primera comprendió un análisis estadístico descriptivo del estado actual de las I 4.0 en las empresas de este sector industrial; y la segunda, un análisis estadístico inferencial, donde se analizó la relación entre las variables propuestas en este estudio. Para esto se utilizó la prueba Chi Cuadrado bajo el paquete estadístico para Excel de Microsoft Ezanalyze 3.0.; este estadístico sirve para probar la asociación entre dos variables utilizando una situación hipotética y unos datos simulados. Los resultados de las asociaciones en la prueba deben estar en referencia al valor de p , este debe situarse por debajo de 0.5, es decir $p < 0.5$, para utilizar la segunda situación hipotética propuesta que en este caso sería H_1 , su fórmula estadística es:

Figura 7. Formula Chi Cuadrado

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t}$$

Nota. Adaptado de *Metodología de la Investigación 4ta. Ed.*, por Hernández-Sampieri, Fernandez, & Baptista (1998).

3.7 Procedimiento

Este trabajo se realizó en cinco fases con sus respectivas actividades, estas son:

- Fase I Preliminar y metodológica: En esta fase inicial del proyecto, se estableció el tema de investigación, la pregunta investigativa y los demás capítulos de la propuesta, se presentó a la dirección de la maestría para su aprobación; aprobada, se construyó la metodología investigativa y se socializó el estudio con la población objeto de este trabajo y se conformó la muestra.
- Fase II Caracterizar las industrias vinculadas a ASOLECHE: En esta fase del estudio se caracteriza la población en referencia a su estructura empresarial, económica, de productividad y de desarrollo tecnológico e industrial en la actualidad; basado en la escala aplicada a las empresas objeto de este estudio, en un ambiente interactivo de internet con herramientas de multimedia de encuestas en un blog para tal fin. Los datos obtenidos se procesan estadísticamente.
- Fase III Diagnosticar el estado actual de la I 4.0: Se desarrollo el diagnóstico del estado actual de la I 4.0 en la industria láctea colombiana vinculada a ASOLECHE, con los resultados y análisis hallados en este trabajo investigativo, por medio del análisis estadístico descriptivo e inferencial y la discusión de los resultados.
- Fase IV Diseño de las estrategias soportadas en las I 4.0: Se realizó el diseño de dos estrategias que contribuyan a mejorar la capacidad competitiva de esas empresas tomando como base los desarrollos y aportes tecnológicos de las I 4.0 para el sector lácteo en Colombia, como producto entregable de los hallazgos y análisis de este estudio, con el fin de aportar a la integración academia-industria y el mejoramiento económico, tecnológico e industrial de este sector de la economía nacional.
- Fase V. Elaboración de las discusiones y conclusiones finales, así como del trabajo escrito y demás registros a que allá lugar en el marco de la elaboración de este trabajo de grado.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Dentro del objeto de este estudio de analizar la situación actual en referencia a los desarrollos de la industria I 4.0 en las empresas del sector lácteo vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE; y derivar estrategias basadas en las I 4.0 que contribuyan a mejorar la capacidad competitiva de la industria, se exponen los resultados obtenidos desde cada uno de los objetivos específicos propuestos.

4.1 Caracterización de la Industria Láctea vinculada a ASOLECHE y su Estado Actual Frente a las I 4.0

4.1.1 Contextualización Empresarial

Frente a las características de la industria del sector lácteo vinculada a ASOLECHE, que participaron en el estudio, se identifica que en promedio estas empresas tienen 46 años de actividad en el sector, con una antigüedad mínima en el mercado de 10 años y una máxima de 75; siendo de esta forma un sector en desarrollo y constante actualización, la tabla 8 expone las medidas descriptivas de lo aquí mencionado.

Tabla 8. Antigüedad de la industria láctea.

Años de actividad de la empresa	
N Válidos:	11
Media:	46
Desviación Estándar:	26
Valor Mínimo:	10
Valor Máximo:	75

Nota. Creación y elaboración del autor.

Así mismo, los resultados permiten determinar que, en referencia al tipo de empresa por número de trabajadores vinculados, se encontró que el 27 % de estas se encuentran dentro del rango de las medianas empresas, frente a un 73 % que se clasifican como gran empresa por estar

conformada por más de 200 empleados para el desarrollo de su actividad, la tabla 9 ilustra estos datos.

Tabla 9. Tamaño empresarial por número de trabajadores

Número de trabajadores en la empresa			
	Frecuencia (N)	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Entre 51 y 200	3,0	27%	27,3
Más de 201	8,0	73%	100,0

Nota. Creación y elaboración del autor.

De igual manera, las empresas participantes de la investigación en esta industria se caracterizan por estar conformadas en un 82 % por capital de inversión nacional, donde también se pudo observar que el restante 18 % está constituido con capital extranjero, revelando de esta manera que este sector mayoritariamente está constituido por inversionistas y empresarios nacionales. La tabla 10 expone los datos correspondientes.

Tabla 10. Origen de la inversión de la industria.

Origen de la inversión de la empresa			
	Frecuencia (N)	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Extranjero	2	18%	18,2
Nacional	9	82%	100,0

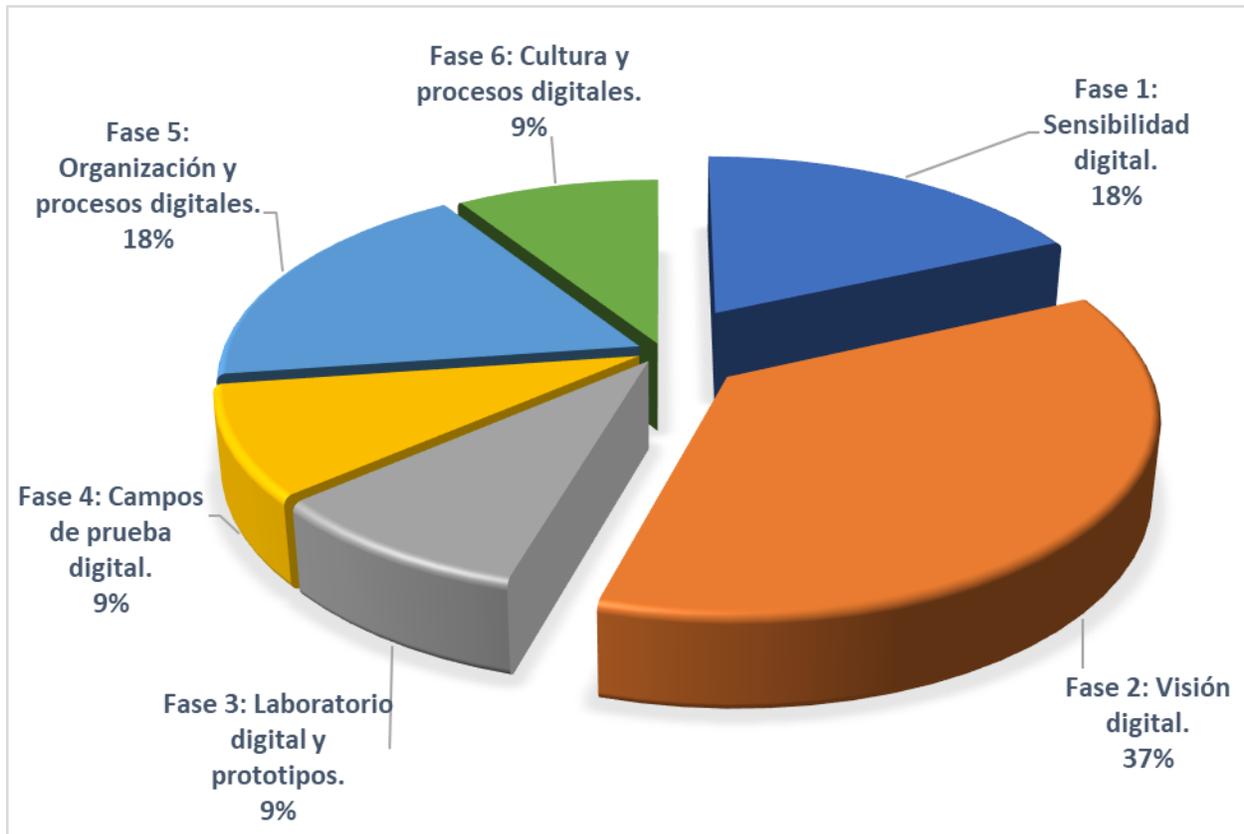
Nota. Creación y elaboración del autor.

4.1.2 Descripción del Estado Actual Frente a las I 4.0

Continuando con este objetivo descriptivo de las empresas de este sector industrial de la economía colombiana, se analizó la fase de la estrategia de digitalización en que se encuentran estas empresas del sector lácteo estudiadas, encontrando con mayor porcentaje a la fase 2 de

Visión Digital con el 37% del total de la muestra, seguida de la fase 1 de Sensibilidad Digital y la fase 5 de Organización y Procesos Digitales con un 18% cada una; estando las fases 3 (Laboratorios y Prototipos), la fase 4 (Campos de Prueba Digital) y la fase 6 (Cultura y Procesos Digitales) con un porcentaje del 9% cada una (ver figura 8).

Figura 8. Fases actuales de la estrategia de digitalización en la industria.



Nota. Creación y elaboración del autor.

Estos resultados, visualizan al sector entre la fase 1 y 2 de las estrategias de digitalización en su mayoría (55%), indicando que se sitúan en un estado primario del proceso, creando conciencia sobre los retos digitales y proyectando herramientas y recursos para la iniciación de proyectos y emprendimientos frente a las I 4.0; resaltando a su vez al 27% de estas empresas con desarrollos I 4.0 implementados en sus diferentes procesos empresariales e industriales, sin dejar de analizar que un 18% de estas industrias evaluadas, ya están realizando pruebas, prototipos y pilotos en desarrollos I 4.0.

Continuando con el análisis del nivel actual de digitalización e integración de las I 4.0 en estas empresas, este se realizó en 5 áreas de interés empresarial, donde los resultados demuestran que a nivel global las áreas evaluadas se encuentran en un valor nominal *Medio* en el nivel de digitalización e integración, obteniendo una media mayor en el área de “Desarrollo de productos e Ingeniería”, con 3.4 puntos de los 5 posibles, seguida del área de “Cadena de valor-integración horizontal” con una media de 3.3; las áreas de “Cadena de valor-integración vertical” y “Acceso al cliente, canales de venta & marketing”, mostraron un media de 3.2; siendo el área de “Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios” el de más baja puntuación con un valor de 2.8. La tabla 11 expone los estadísticos de estos resultados.

Tabla 11. Estadísticos del nivel actual de digitalización I 4.0 por áreas.

¿Cómo clasificaría el nivel actual de digitalización e integración, en las siguientes áreas en su empresa?					
Estadísticos	Cadena de valor-integración vertical.	Cadena de valor-integración horizontal.	Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios.	Desarrollo de productos e Ingeniería.	Acceso al cliente, canales de venta & marketing.
N Válidos:	11	11	11	11	11
Media:	3,2	3,3	2,8	3,4	3,2
Desviación Estándar:	1,1	1,3	0,9	1,1	0,9
Valor Mínimo:	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0
Valor Máximo:	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0

Nota. Creación y elaboración del autor.

Estos resultados muestran a las empresas del sector, en un indicador posicional de desarrollos y digitalización I 4.0 intermedio, donde los análisis por porcentajes se centran en el indicador

nominal *Medio* con los mayores porcentajes en las 5 áreas, ubicando este indicador con porcentajes del 55% del total de la muestra en las áreas de “Modelo de Negocio digital, Portafolio de productos/servicios” y “Acceso al cliente, canales de venta & marketing”; el indicador más alto en porcentajes lo obtuvo el área de “Cadena de valor-integración horizontal” con un 27% de la muestra en el valor nominal *Alto*, la tabla 12 muestra estos resultados.

Tabla 12. Porcentajes del nivel I de digitalización I 4.0 por áreas.

Porcentajes	Cadena de valor-integración vertical.		Cadena de valor-integración horizontal.		Modelo de Negocio digital, Portafolio de productos - servicios.		Desarrollo de productos e Ingeniería.		Acceso al cliente, canales de venta & marketing.	
	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%
Alto	1,0	9%	3,0	27%	0	0%	2,0	18%	1,0	9%
Medio Alto	3,0	27%	1,0	9%	2,0	18%	3,0	27%	2,0	18%
Medio	5,0	45%	4,0	36%	6,0	55%	3,0	27%	6,0	55%
Medio Bajo	1,0	9%	2,0	18%	2,0	18%	3,0	27%	2,0	18%
Bajo	1,0	9%	1,0	9%	1,0	9%	0	0%	0	0%

Nota. Creación y elaboración del autor.

Este estudio también indaga sobre las perspectivas a 5 años de estas áreas empresariales en la industria frente a las I 4.0, con el fin de caracterizar su visión como sector económico en los desarrollos digitales en las industrias; de este análisis se destaca que los empresarios visualizan

en 5 años al indicador Alto con los de mayores frecuencias (55%) en las áreas de” Modelo Negocio digital, Portafolio de productos/servicios” y “Acceso al cliente, canales de venta & marketing”; seguido de *Medio Alto* con porcentajes del 45% en “Cadena de valor-integración vertical”, “Cadena de valor-integración horizontal” y “Desarrollo de productos e Ingeniería”; y al indicador estos resultados permiten connotar una visión de alto interés en digitalización y desarrollos I 4.0 en el sector de las empresas objeto de este estudio, la tabla 13 expone estas cifras.

Tabla 13. Porcentajes del nivel de digitalización I 4.0 por áreas para los próximos 5 años.

Porcentajes	Cadena de valor-integración vertical		Cadena de valor-integración horizontal		Mod. Negocio digital, Portafolio de productos/servicio		Desarrollo de productos e Ingeniería		Acceso al cliente, canales de venta & marketing	
	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%	f (N)	%
Alto	4,0	36%	4,0	36%	6,0	55%	4,0	36%	6,0	55%
Medio Alto	5,0	45%	5,0	45%	3,0	27%	5,0	45%	3,0	27%
Medio	2,0	18%	1,0	9%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Medio Bajo	0,0	0%	1,0	9%	2,0	18%	2,0	18%	2,0	18%
Bajo	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%

Nota. Creación y elaboración del autor.

4.1.3 Características del Uso de las I 4.0 y el Desempeño Empresarial

El análisis del uso de las digitalizaciones y desarrollos de las I 4.0 en las empresas objeto de estudio, evaluó la percepción sobre la utilidad frente al uso o proyección de uso de las I 4.0; los resultados muestran a nivel general una media de 3.0 puntos en la valoración de los diferentes aspectos de la escala, de allí se resaltan ítems con calificaciones de *Totalmente de acuerdo* con el mayor porcentaje con un 55% como fue en “Sensores para control de procesos” y del 45% en “Servicios de computación en la nube”; así mismo se hallaron valoraciones de *Parcialmente de acuerdo* con mayor porcentaje en ítems como “Sistemas de recolección, procesamiento y análisis

de grandes cantidades de datos” y “Monitoreo y control remoto de la producción” con un 45% y “Sistemas integrados de ingeniería para el desarrollo y fabricación de productos” con “Sistemas de simulación o análisis de modelos virtuales” con un 36%.

En contraste se observó porcentajes mayores en *Totalmente en desacuerdo* en ítems como “Sistemas de producción basados en realidad aumentada” con un 64% del total de la muestra, “Sistemas de fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión en 3D” y “Sistemas de simulación o análisis de modelos virtuales” con un 45% para este calificativo negativo, de igual manera se hayo a “Servicios digitales en los productos (“Internet de las cosas” o Product Service Systems)” y “Sistemas relacionados con automatización o digitalización de procesos (Blockchain, inteligencia artificial)” con un 36% del total de la muestra.

El aspecto a evaluar “Sistemas de ciberseguridad” su mayor porcentaje se centró en *Indiferente* y *Totalmente de acuerdo* con un 27% para cada calificativo. La tabla 14 expone estos resultados.

Tabla 14. Percepción de utilidad de las I 4.0.

	Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Indiferente	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Sensores para control de procesos.	55%	9%	9%	0%	27%
Monitoreo y control remoto de la producción.	27%	45%	0%	9%	18%
Sistemas de producción basados en realidad aumentada	9%	18%	0%	9%	64%
Automatización digital con sensores de identificación de productos y condiciones operativas	18%	27%	9%	9%	36%
Sistemas integrados de ingeniería para el desarrollo y fabricación de productos.	18%	36%	9%	9%	27%
Sistemas de fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión en 3D.	9%	27%	18%	0%	45%

Sistemas de uso de etiquetas para la identificación de productos y/o equipos.	36%	27%	9%	0%	27%
Sistemas de simulación o análisis de modelos virtuales.	0%	36%	0%	18%	45%
Sistemas de recolección, procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos.	18%	45%	0%	9%	27%
Servicios de computación en la nube.	45%	9%	9%	18%	18%
Servicios digitales en los productos ("Internet de las cosas" o Product Service Systems).	27%	18%	9%	9%	36%
Sistemas relacionados con automatización o digitalización de procesos (Blockchain, inteligencia artificial).	0%	36%	9%	18%	36%
Sistemas de geolocalización.	27%	36%	0%	9%	27%
Sistemas de ciberseguridad.	27%	18%	27%	9%	18%

Nota. Creación y elaboración del autor.

De igual manera, se analizó si disponer y utilizar las digitalizaciones y tecnologías I 4.0 y la relación favorable de estas con las actividades empresariales. Los resultados en relación a la media aritmética a nivel general en esta parte de la escala utilizada, ubica a estos resultados en la cualificación de *Totalmente de acuerdo* con un valor de 4.6, donde se resalta que todos los ítems se encuentran en este calificativo; los porcentajes más altos están en los ítems “Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes”, “Facilita a adaptar la empresa a los estándares internacionales”, “Mejorar las relaciones con los clientes y Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados”, con un porcentaje del 82% cada uno. Lo anterior demuestra la percepción favorable hacia el uso y disposición de las I 4.0 en la muestra analizada; la tabla 15 expone estos resultados.

Tabla 15. Disposición y utilización de las I 4.0 y su favorabilidad empresarial.

	Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Indiferente	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Cambiar o mejorar los procesos de producción.	55%	36%	9%	0%	0%
Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes.	82%	9%	0%	9%	0%
Cambiar o mejorar la forma de administrar la empresa.	73%	18%	0%	9%	0%
Facilita a adaptar la empresa a los estándares internacionales.	82%	18%	0%	0%	0%
Mejorar las relaciones con los clientes.	82%	9%	9%	0%	0%
Mejorar las relaciones con los proveedores.	73%	9%	18%	0%	0%
Facilitar el acceso o Mejorar el posicionamiento en el mercado.	73%	18%	9%	0%	0%
Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados.	82%	9%	0%	9%	0%
Disminuir las devoluciones por inconformidad.	64%	18%	9%	9%	0%
Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios).	64%	27%	0%	9%	0%
Racionalizar el uso y mejorar el uso de los servicios industriales (Energía y Agua).	73%	9%	9%	0%	9%
Incentivar el uso de insumos amigables con el medio ambiente.	64%	36%	0%	0%	0%
Incrementar los ingresos y resultados financieros.	55%	45%	0%	0%	0%
Realizar inversiones para crecimiento empresarial.	64%	36%	0%	0%	0%

Nota. Creación y elaboración del autor.

4.2 Relación entre el uso de las I 4.0 y el Desempeño Empresarial

Los resultados frente a la relación entre el uso actual de las I 4.0 y la percepción de desempeño de la actividad empresarial en las empresas objeto de este estudio, mediante la prueba estadística Chi Cuadrado, se encontró que, no existe relación entre las frecuencias de los ítems de uso “Cadena de valor-integración vertical”, “Cadena de valor-integración horizontal”, “Modelos Negocio digital”, “Portafolio de productos-servicios” y “Desarrollo de productos e Ingeniería” con los 14 ítems de desempeño al disponer y utilizar las tecnología y desarrollos I 4.0; esto se deduce estadísticamente porque los *valores p* referidos en la prueba fueron superiores al valor de referencia 0.05, aceptándose de esta manera la Hipótesis Nula (H_0), para estas relaciones específicas.

Este mismo análisis demostró la existencia de relación estadísticamente significativa entre las frecuencias de uso de las I 4.0 del ítem “Acceso al cliente, canales de venta & marketing”; frente a las de desempeño empresarial de estas tecnologías en los ítems “Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes”, “Mejorar las relaciones con los clientes”, “Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados” y “Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios)”; son estadísticamente significativas, ya que los *valores p* referidos en la prueba fueron inferiores al valor de referencia 0.05, aceptándose de esta manera la Hipótesis Investigativa (H_1), para estas relaciones específicas.

Las demás relaciones entre estas dos variables en referencia a este ítem y los 10 restantes de la variable desempeño, demostraron la no existencia de relación entre las frecuencias.

La prueba Chi Cuadrado demostró que entre las dos variables analizadas, solamente en la relación de uso del área empresarial “Acceso al cliente, canales de venta & marketing” con 4 de los 14 ítems de la variable de desempeño empresarial, existe una relación estadísticamente significativa que hacen referencia a la creación o mejora de productos o servicio, la mejora de las relaciones con los clientes, la reducción y recuperación de insumos y en mejorar las condiciones laborales; frente a las demás relaciones analizadas no existió una significancia relacional. En la tabla 16 se exponen estos resultados.

Tabla 16. Resultados Chi Cuadrado entre las variables Uso de las I 4.0 y Desempeño.

	Cadena de valor-integración vertical	Cadena de valor-integración horizontal	Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios	Desarrollo de productos e Ingeniería	Acceso al cliente, canales de venta & marketing
	<i>V a l o r p</i>				
Cambiar o mejorar los procesos de producción.	0,63	0,53	0,15	0,57	0,85
Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes.	0,94	0,12	0,46	0,68	0,04 *
Cambiar o mejorar la forma de administrar la empresa.	0,70	0,38	0,35	0,58	0,41
Facilita a adaptar la empresa a los estándares internacionales.	0,57	0,20	0,56	0,73	0,11
Mejorar las relaciones con los clientes.	0,94	0,12	0,35	0,68	0,04 *
Mejorar las relaciones con los proveedores.	0,96	0,14	0,35	0,68	0,26
Facilitar el acceso o Mejorar el posicionamiento en el mercado.	0,96	0,42	0,81	0,68	0,12
Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados.	0,94	0,12	0,46	0,68	0,04 *
Disminuir las devoluciones por inconformidad.	0,83	0,56	0,18	0,61	0,33
Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios).	0,55	0,56	0,26	0,75	0,02 *
Racionalizar el uso y mejorar el uso de los servicios industriales (Energía y Agua).	0,94	0,22	0,67	0,59	0,17
Incentivar el uso de insumos amigables con el medio ambiente.	0,57	0,61	0,50	0,54	0,12
Incrementar los ingresos y resultados financieros.	0,48	0,26	0,40	0,18	0,23
Realizar inversiones para crecimiento empresarial.	0,57	0,43	0,16	0,92	0,54
* El resultado de la prueba de chi cuadrado de las frecuencias observadas de sus variables fue significativo.					

Nota. Creación y elaboración del autor.

4.3 Estrategias en Gerencia de Operaciones en I 4.0 para el sector lácteo

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran como las empresas del sector lácteo colombiano vinculado a ASOLECHE, enfrentan retos financieros, tecnológicos, operacionales, gerenciales y de mercado, en la implementación de avances tecnológicos I 4.0 para expandir su negocio; estos resultados revelaron un sector de grandes empresas que enfrentan menores dificultades en comparación con las medianas y pequeñas que tienen mayores retos por sobrepasar.

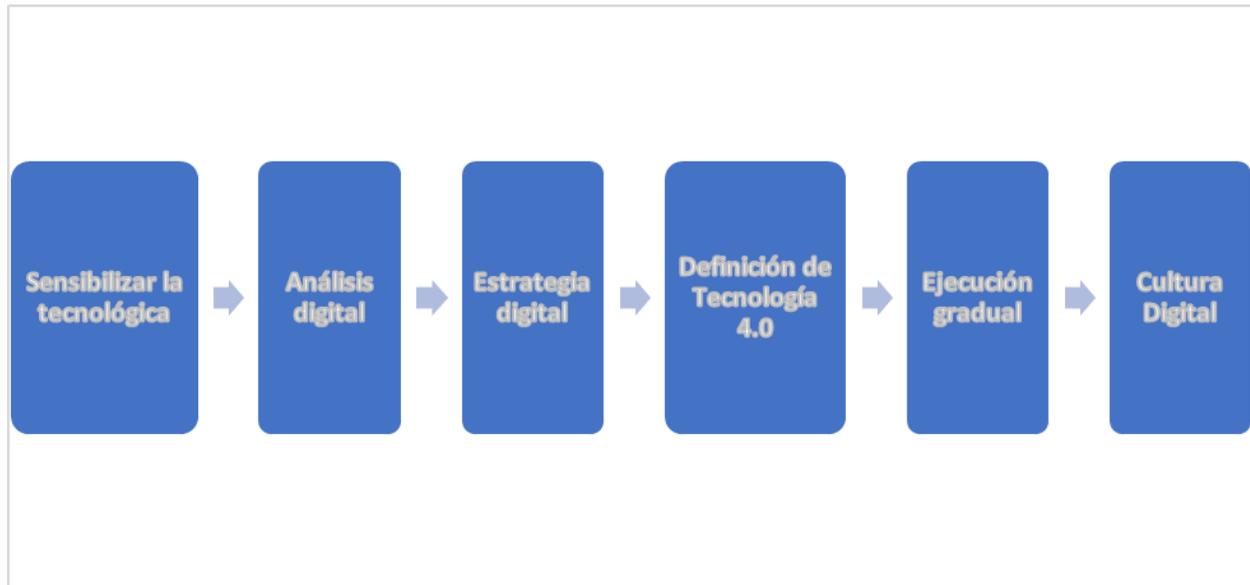
Retos como una mayor incertidumbre frente a la respuesta del mercado y las nuevas tecnologías e incluso, el retorno de la inversión, así como una menor percepción sobre los beneficios de las tecnologías I 4.0 o el atraso en estas en la implementación de las TIC's en las diferentes áreas de estas empresas.

Como consecuencia de los resultados de investigación a continuación se presentan una propuesta de ruta de implementación de las I 4.0 y dos estrategias desde la gerencia de operaciones que contribuyan a mejorar los avances de las I 4.0 en este sector, específicamente las Industrias Lácteas vinculada a ASOLECHE. A continuación, se presenta la ruta de implementación propuesta en este estudio.

4.3.1 El camino hacia la Industria 4.0 para el sector lácteo colombiano: propuesta.

Las I 4.0 han evolucionado significativamente en la industria moderna, Colombia y uno de sus sectores económicos más relevantes, el sector lácteo, requieren desarrollos en esta dirección como forma y camino para su sostenimiento y crecimiento en el mercado; dado que la transformación digital requiere, ante todo, el desarrollo de un plan de acción específico para su implementación; y basados en las mejores prácticas identificadas en la literatura científica (Pessl y otros, 2017) y (Junior, Lemos, & Trabasso, 2019), adaptadas al contexto del sector. A continuación, se presenta una propuesta de estructura para hoja de ruta aplicable a la cadena de suministro, específicamente en campos los de acción: compras, producción, logística y ventas (figura 9).

Figura 9. Ruta de implementación I 4.0.



Nota. Creación y elaboración del autor.

La ruta de implementación propuesta, consiste en la ejecución de seis fases consecutivas e integradas, las cuales se definen de la siguiente forma.

- Fase 1: En un primer acercamiento a la industria.4.0, el cual se denomina sensibilización tecnológica, comenzaremos el camino con un taller de inicio dirigido al personal en todos los niveles de la compañía, así como también a los proveedores (mínimamente proveedores de primer nivel en las empresas manufactureras lácteas, ejemplos ganaderos) y clientes que se verán afectados por la transformación. El objetivo de este taller debe ser alinear el concepto de industrias 4.0, aplicabilidades, principales beneficios logrados con la estrategia y amenazas identificadas en el contexto sectorial, Pessl, et al. (2017), aconseja para esta fase presentar en este espacio el análisis DOFA del proyecto de digitalización.
- Fase 2: Denominada de análisis digital, consiste en examinar y generar un diagnóstico previo de la situación actual expresada en el grado de madurez que tiene cada empresa, en

los campos de acción mencionados anteriormente, en primera instancia de manera individual. Entendiendo el contexto del sector en Colombia y los obstáculos encontrados en el mismo, se hace necesario evaluar en primera medida aspectos relacionados con las infraestructuras tecnológicas. También, se deberán estudiar los sistemas de información disponibles y la ciberseguridad con la que cuenta la compañía. En cuanto a la evaluación de los sistemas de información, se aconseja una revisión escalada de las tecnologías, en este orden de idea, las preguntas deberían iniciarse con sistemas más sencillos como Cloud Computing, pasando luego a sensorica y finalizando con autorización o robótica; abarcando temas de utilización actual, cuán avanzados son, valor agregado percibido entre otros.

Otro aspecto fundamental para esta medición tiene que ver con las competencias laborales, es decir la preparación del personal de la compañía para asumir la transformación.

Cómo guía de las tecnologías 4.0 disponibles para el sector lácteo y sus principales proveedores se puede consultar el capítulo 2 de este trabajo en el ítem, 2.2.2 Tecnologías 4.0 en la industria láctea.; y para profundizar en conceptos de niveles de maduración en el ítem 2.3.1(Niveles de madurez del uso de tecnologías 4.0).

- Fase 3: Una vez, se tiene la foto del estado actual, la empresa deberá establecer el estado objetivo y definir una estrategia digital, en este punto la selección de las tecnologías dependerá en gran medida del valor generado por la solución de acuerdo a las necesidades identificadas en el punto anterior; las cuales podrían generalizarse en posibilidades y beneficios derivados de:

Disponibilidad de información en tiempo real.

Rastreo de productos.

Mejora de las operaciones y de los flujos de materiales.

Reducciones en consumo energético.

Reducción en pérdidas de eficiencia.

Aumento en disponibilidad de máquinas.

Nuevas funcionalidades de producto.

Es importante en esta fase construir indicadores medibles que permiten verificar la transición del estado actual al deseado.

- Fase 4: Definición de Tecnologías 4.0, adicional a los posibles beneficios derivados mencionados anteriormente, se deberá considerar una serie de aspectos para la implantación de soluciones personalizadas para cada empresa, entre estas, inversiones, costos, fiabilidad, madurez de la tecnología, seguridad de la información, integración con otros sistemas, legislación local e internacional, entre otras dependiendo las políticas internas de cada compañía. En esta etapa se aconseja también desarrollar prototipos, es decir, probar las nuevas tecnologías a escala mediante centros demostradores que se podrían crearse mediante alianzas estratégicas entre los stakeholders.
- Fase 5: Ejecución gradual, consiste en la formalización de las soluciones seleccionadas. En primera medida se deberá elaborar y poner en marcha el plan de formación en tecnologías y soluciones digitales 4.0; también, revisar resultados de los pilotos y generalizar la adopción de la I 4.0.
- Fase 6: Denominada Cultura digital, esta etapa final, recomendada por Berger, R. (2016) consiste en formar embajadores digitales, los cuales serán claves para acelerar los procesos de transformación dentro de la organización.

Continuando con el cumplimiento de los objetivos propuestos en este estudio, se presentan las dos estrategias I 4.0 para el sector lácteo

4.3.2 Centro Tecnológico Industria 4.0 para el sector Lácteo Colombiano.

Objetivo general:

Desarrollar un Centro Tecnológico en I 4.0 (CT I 4.0) para el sector Lácteo en alianza entre ASOLECHE y alguna institución académica interesada en apoyar a las empresas del sector, para acelerar el aprendizaje y conocimiento de la Industria 4.0.

Objetivos específicos:

- Formar y capacitar a los actores empresariales vinculados al CT I 4.0, en desarrollos tecnológicos e industriales hacia las I 4.0 por medio de cursos, talleres, seminarios, coloquios, congresos y exposiciones empresariales.

- Integrar a los diferentes proveedores de tecnologías I 4.0 nacionales e internacionales con el CT I 4.0 y las empresas vinculadas, con el fin de fomentar la integración de estos con las actividades y objetivos del Centro y las empresas del sector lácteo.
- Desarrollar alianzas de Investigación y Desarrollo (I+D) en referencia a las I.40 entre los programas de la Escuela y las empresas vinculadas al Centro Tecnológico I 4.0 (CT I 4.0), con el objeto de desarrollar nuevas tecnologías o procesos industriales y diversificar o fortalecer los ya existentes.
- Consolidar la cooperación Academia-Empresa por medio de las actividades del CT I 4.0 y las empresas vinculadas en relación a pasantías, prácticas, alianzas estratégicas y cofinanciación de proyectos.
- Aportar a la construcción de políticas y directrices gremiales, institucionales y gubernamentales que permitan el fortalecimiento e implementación de las industrias 4.0 en el sector lácteo colombiano.
- Fortalecer en infraestructura y recursos científicos, económicos y humanos, al Centro Tecnológico I 4.0 de la institución académica interesada con el objeto de cumplir y ampliar sus objetivos y alcances propuestos en esta estrategia.

Acciones:

Para la consecución de los objetivos propuestos, se plantea las siguientes acciones:

Tabla 17. Acciones estrategia 1.

Objetivos	Acciones propuestas
Formar y capacitar a los actores empresariales vinculados al CT I 4.0, en desarrollos tecnológicos e industriales hacia las I 4.0	Diseño e implementación de cursos, talleres y otras formas de capacitación o intercambio de conocimiento promovido desde la Escuela y la Dirección de Extensión y Educación Continuada en: <ul style="list-style-type: none"> • Que son las I 4.0, su desarrollo histórico y contextual • Fomento e implementación en tecnologías I 4.0

	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías y avances de las I 4.0 en referencia al sector lácteo • Prototipos y ensayos en I 4.0
Integrar a los diferentes proveedores de tecnologías I 4.0 nacionales e internacionales con el CT I 4.0 y las empresas vinculadas	<p>Desarrollar una plataforma informática a manera de base de datos y de interacción de conocimiento permanente, administrada por el CT I 4.0 y donde las empresas proveedoras y desarrolladoras de tecnologías y servicios I 4.0 interactúen con el Centro y los empresarios.</p> <p>Diseñar y ejecutar actividades de interacción y exposición de conocimiento y tecnologías I 4.0 por parte de las empresas proveedoras en coordinación del CT I 4.0 para la comunidad universitaria y las empresas vinculadas.</p>
Desarrollar alianzas de Investigación y Desarrollo (I+D) en referencia a las I.40 entre los programas de la Escuela y las empresas vinculadas al Centro Tecnológico I 4.0 (CT I 4.0)	Realizar convenios marco entre el CT I 4.0, ASOLECHE y las empresas del sector lácteo para adelantar investigaciones y desarrollos tecnológicos y gerenciales en torno a las industrias I 4.0; con el objeto de desarrollar nuevas tecnologías o procesos industriales y diversificar o fortalecer los ya existentes.
Consolidar la cooperación Academia-Empresa por medio de las actividades del CT I 4.0 y las empresas vinculadas en relación a pasantías, prácticas, alianzas estratégicas y cofinanciación de proyectos.	Dentro de los convenios marco realizados, llevar a cabo acciones de cooperación entre el CT I 4.0 y las empresas vinculadas, para que los estudiantes, grupos de investigación y docentes de la Universidad puedan realizar pasantías, experiencias, ensayos, prototipos y laboratorios en las empresas vinculadas al Centro; donde se establezcan convenios de cofinanciación y cooperación económica.

Aportar a la construcción de políticas y directrices gremiales, institucionales y gubernamentales que permitan el fortalecimiento e implementación de las industrias 4.0 en el sector lácteo colombiano.	Realizar acciones que involucren al CT I 4.0 agremiaciones del sector lácteo, instituciones privadas y públicas, cámaras de comercio, clústeres económicos del sector lácteo entre otros, para aportar en la construcción de políticas que aceleren y promuevan la implementación y desarrollo de las I 4.0.
Fortalecer en infraestructura y recursos científicos, económicos y humanos, al Centro Tecnológico I 4.0 de la institución académica interesada, con el objeto de cumplir y ampliar sus objetivos y alcances propuestos en esta estrategia.	Alianzas con los sectores públicos y privados que permitan el fortalecimiento científico y en recursos del CT I 4.0. Desarrollo de I+D que permitan la obtención de patentes y portafolio de servicios que generen ingresos al CT I 4.0 para su fortalecimiento y crecimiento.

Nota. Creación y elaboración del autor.

4.3.3 *Estrategia de Implementación de Tecnologías y Servicios I 4.0 en el sector lácteo colombiano.*

Objetivo general:

Realizar la implementación de una estrategia I 4.0 en las empresas del sector lácteo vinculadas a ASOLECHE de acuerdo al tipo de empresa y la trayectoria tecnológica que estas hayan alcanzado, de acuerdo a este estudio y sus resultados.

Objetivos específicos:

- Determinar de acuerdo a los resultados del estudio realizado “Industria 4.0 en el sector lácteo, en empresas vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche - ASOLECHE”, el tipo de empresa y su nivel de implementación tecnológica con el objeto de plantear la estrategia adecuada que permita la integración de las I 4.0 en el sector lácteo colombiano.

- Diseñar las acciones correspondientes a la implementación de las I 4.0 en las empresas vinculadas al proyecto de acuerdo a la trayectoria determinada en el estudio realizado.
- Construir un espacio de interacción entre las empresas vinculadas a ASOLECHE, las instituciones académicas interesadas y las empresas proveedoras y desarrolladoras de tecnologías y servicios en industria 4.0, que permita un intercambio de conocimiento, acceso y desarrollo de tecnologías entre los participantes.

Tabla 18. Acciones estrategia 2.

Objetivos	Acciones propuestas
<p>Determinar de acuerdo a los resultados del estudio realizado “Industria 4.0 en el sector lácteo, en empresas vinculadas a la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche -ASOLECHE”, el tipo de empresa y su nivel de implementación tecnológica con el objeto de plantear la estrategia adecuada que permita la integración de las I 4.0 en el sector lácteo colombiano.</p>	<p>De acuerdo al tipo de empresa y trayectoria tecnológica hallada en el estudio realizado, se determina los tipos de grupos de trabajo para la implementación de las I 4.0. Se identifica las limitantes y las oportunidades de cada grupo de trabajo.</p>
<p>Diseñar las acciones correspondientes a la implementación de las I 4.0 en las empresas vinculadas al proyecto de acuerdo a la trayectoria determinada en el estudio realizado.</p>	<p>Se diseña la estrategia de implementación y sus alcances.</p>
<p>Construir un espacio de interacción entre las empresas vinculadas a ASOLECHE, las instituciones académicas interesadas y las empresas proveedoras y desarrolladoras de tecnologías y servicios en industria 4.0.</p>	<p>Creación del espacio de interacción Academia-Empresa con el sector lácteo vinculado a ASOLECHE y las empresas proveedoras y desarrolladoras en I 4.0, que permita un intercambio de conocimiento, acceso y desarrollo de tecnologías entre los participantes.</p>

Nota. Creación y elaboración del autor.

4.4 Discusión y Análisis

Los resultados presentados en el apartado anterior, permiten realizar una discusión y análisis de los mismos en referencia a los objetivos y alcances diseñados en este estudio; de esta forma frente a las características de las empresas del sector lácteo vinculadas a ASOLECHE, se identificó una media en años de funcionamiento de estas en 46 años, resaltando la de menos tiempo de actividad en 10 años y la de más con 75 años de funcionamiento; de igual manera se destaca que al clasificarlas por su número de empleados, el 73% se clasifican como gran empresa por estar conformada con más de 200 empleados, mientras el 27% se encuentran dentro del rango de medianas empresas; en cuanto a su caracterización por tipo de capital, se halló que el 82% están constituidas por capital de inversión nacional, el restante 18% está constituido con capital extranjero.

Lo anterior demuestra que estas empresas evaluadas se hallan en un sector en crecimiento y desarrollo, de gran interés para los inversionistas nacionales y extranjeros, lo cual permite determinar, que posee un potencial de crecimiento tecnológico, administrativo y financiero, elementos esenciales para la consecución de desarrollos en I 4.0.

Continuando con este apartado de discusión y análisis de resultados, frente al objetivo de analizar la relación entre el uso de las I 4.0 y los rasgos de la actividad y desempeño empresarial en estas industrias estudiadas, se halló en referencia al estado o fase de integración con la I 4.0, que la mayoría de las empresas estudiadas (55%) se encuentran entre las fases 1 y 2, es decir, que están creando conciencia sobre los retos digitales y proyectando herramientas y recursos para la iniciación de emprendimientos hacia las I 4.0, junto con un 18% que se ubican en las fases de laboratorios y prototipos; solo un 27% cuentan con desarrollos I 4.0 implementados en sus diferentes procesos empresariales e industriales; estos resultados conllevan a visualizar que gran parte de estas industrias se están iniciando en las I 4.0, coincidiendo con los análisis de la CEPAL (2019) para este sector económico, donde destacan que en la actualidad el grado de difusión de estas tecnologías son relativamente bajas, así mismo lo destaca PwC (2016), resaltando además, que el principal obstáculo es la falta de cultura digital y formación educativa en las tecnologías I 4.0.

Los resultados del nivel actual de digitalización e integración de las I 4.0 en las 5 áreas de interés evaluadas, demostraron que todas las áreas se encuentran en un valor nominal próximo a medio,

sobresaliendo con un mayor puntaje entre estas el área de Desarrollo de productos e Ingeniería, siendo la de menor integración hacia las I 4.0 el área de Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios; en los estudios de Dutzler y otros (2016), los resultados en este mismo aspecto de integración de las I 4.0 en la industria láctea tuvieron mayor impacto en las áreas empresariales de Cadena de valor a nivel Horizontal (proveedores, distribuidores, otras empresas y clientes), como en el área de Cadena de valor a nivel Vertical (Desarrollo de producto, compras, producción y logística, arriba y abajo de la jerarquía), demostrando alguna diferencia con los resultados aquí presentados, teniendo en cuenta (como ya se ha mencionado) que todos se encuentran en un rango medio en la evaluación realizada.

Ahora, al analizar este mismo aspecto pero en perspectiva a 5 años, los empresarios revelaron una tendencia más proactiva frente a la integración de sus empresas en I 4.0; resaltando en estos resultados que el área de Modelo Negocio digital, Portafolio de productos/servicios la de más perspectiva, al igual que el área de Acceso al cliente, canales de venta & marketing; en este análisis las áreas de Cadena de valor-integración vertical y Cadena de valor-integración horizontal y Desarrollo de productos e Ingeniería, se hallaron en un indicador nominal de muy alto; lo anterior permite deducir que las expectativas de este sector empresarial si están dirigidas hacia la integración de estas con las tecnologías y desarrollos de las I 4.0.

Este objetivo de caracterización de las I 4.0 en estas empresas, evaluó la percepción sobre la utilidad frente al uso de las I 4.0, cuyos resultados mostraron favorabilidad en tecnologías Sensores para control de procesos y en Servicios de computación en la nube, pero poca favorabilidad en desarrollos como Sistemas de producción basados en realidad aumentada, Sistemas de fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión en 3D, Sistemas de simulación o análisis de modelos virtuales y en Servicios digitales en los productos (Internet de las cosas o Product Service Systems); quedando demostrado lo limitado del uso de las I 4.0 en el sector actualmente, demostrando el atraso en estas empresas hacia estas tecnologías.

Observando los estudios realizados por Espinal, Martínez, & González (2005) e Innpulsa Colombia (2019), donde se concluye que los avances en I 4.0 son perceptibles y viables sólo en las grandes empresas, mientras que en la mediana y pequeña industria se consideran una inversión difícil de recuperar, se podría considerar en parte homologa con los hallazgos de este estudio considerando que un 27% de las empresas evaluadas no son grandes empresas, pero estos

mismos datos demostraron que el 73% son empresas ubicadas entre las grandes principalmente, colocando no solo al factor económico como causa del bajo desarrollo tecnológico de la industria. Pero, al indagar en los empresarios del sector si disponer y utilizar las digitalizaciones y tecnologías I 4.0 y su favorabilidad en las actividades empresariales, los resultados mostraron que en las 14 actividades o desempeños analizados, esta obtuvo una cualificación positiva y muy favorable, destacando criterios como Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes, Facilita a adaptar la empresa a los estándares internacionales, Mejorar las relaciones con los clientes y Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados, entre otros; esta tendencia positiva de visión a futuro integrada a las I 4.0, se asemeja a las perspectivas de la CEPAL (2019) en su estudio de este sector de la economía y las I 4.0, donde postulan a estos desarrollos como alternativa para optimizar la productividad del sector lácteo.

Continuando con este análisis, los resultados frente al objetivo de analizar la relación entre el uso actual de las I 4.0 y la percepción de desempeño de estas en los rasgos de la actividad empresarial en las empresas objeto de este estudio, demostró que solo existe una relación estadísticamente significativa entre el uso de las I 4.0 en avances o desarrollos en Acceso al cliente, canales de venta & marketing y los desempeños empresariales de Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes, Mejorar las relaciones con los clientes, Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados y Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios), en las otras 10 actividades o desempeños esta no tuvo ninguna significancia.

Estos resultados están estrechamente vinculados a la baja integración de las I 4.0 en estas empresas y por ende, su imposibilidad de hallar relaciones significativas en los hallazgos de estas variables.

Todo lo expuesto en este apartado, permite aceptar la hipótesis investigativa propuesta en este estudio, que hace referencia a que las empresas del sector lácteo colombiano vinculadas a ASOLECHE, en referencia a su integración con los desarrollos en I 4.0 y la relación que esto implica en su desempeño empresarial, se encuentran en fases iniciales con desarrollos básicos en digitalización y con perspectivas hacia su implementación para mejorar su competitividad y desempeño empresarial en el sector.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En fundamento con lo expuesto y presentado en este trabajo investigativo, se con ha llegado a las siguientes conclusiones:

Los resultados demostraron que las empresas evaluadas, de acuerdo a sus años de actividad, cantidad de colaboradores internos y tipo de inversión, se hallan en un sector en crecimiento y desarrollo, de gran interés para los inversionistas nacionales y extranjeros, con un potencial de crecimiento tecnológico, administrativo y financiero, que puede permitir la consecución de desarrollos en I 4.0.

Así mismo, se concluye que en referencia al estado o fase de integración con la I 4.0, la mayoría de las empresas estudiadas (55%) se encuentran entre las fases 1 y 2, creando conciencia sobre los retos digitales y proyectando herramientas y recursos para la iniciación de emprendimientos hacia las I 4.0.

También se considera el nivel actual de digitalización e integración de las I 4.0 en las 5 áreas de interés evaluadas, en un valor nominal próximo a medio, sobresaliendo con un mayor puntaje entre estas el área de Desarrollo de productos e Ingeniería, siendo la de menor integración hacia las I 4.0 el área de Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios principalmente.

De la misma manera, frente a la perspectiva a 5 años de los empresarios frente a la integración de sus empresas en I 4.0, están dirigidas hacia la integración con las tecnologías y desarrollos de las I 4.0, resaltando en estos resultados que el área de Modelo Negocio digital, Portafolio de productos/servicios y el área de Acceso al cliente, son las de mayor perspectiva.

Igualmente, se concluye que la percepción sobre la utilidad frente al uso o proyección de uso de las I 4.0 en estas empresas, es limitado en el sector actualmente, el atraso hallado en estas empresas por el bajo desarrollo tecnológico de la industria, se causa por diversos factores como el desconocimiento y la falta de capacitación en el tema; y no solo el económico como causa directa.

Frente a la posibilidad de disponer y utilizar las digitalizaciones y tecnologías I 4.0 y su favorabilidad en las actividades empresariales, los resultados mostraron que existe una cualificación positiva y muy favorable, posicionando a estos desarrollos como alternativa para optimizar la productividad del sector lácteo.

Finalmente se concluye, que la relación entre el uso actual de las I 4.0 y la percepción de desempeño de estas en los rasgos de la actividad empresarial, solo existe entre avances o desarrollos en Acceso al cliente, canales de venta & marketing y los desempeños empresariales de Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes, Mejorar las relaciones con los clientes, Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados y Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios), en las otras no se halló ninguna significancia, debido a la baja integración de las I 4.0 en estas empresas.

A manera de Recomendaciones, la autora de este trabajo de investigación propone:

Realizar este estudio con una población más amplia, donde se pueda integrar otras agremiaciones del sector lácteo, con el fin de profundizar y generalizar los resultados en esta área de estudio, de esta manera promover el conocimiento de las Industrias 4.0 (I 4.0) en este sector tan importante de la economía colombiana.

6 REFERENCIAS

- Agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional de Colombia. (s.f.). La Cuarta Revolución Industrial . (iNNpulsas, Ed.) *Innpulsa*. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de https://www.innpulsacolombia.com/sites/default/files/innpulsa_la_conversacion.pdf
- Álvarez, W. (2014). *¿Es la innovación en la Pymes colombianas una estrategia?* Bogotá: Especialista en Gerencia en Comercio Internacional de la Universidad Militar Nueva Granada.
- ASOLECHE. (2018). *Documento de Análisis Económico Sectorial: Edición Número 3*. Bogotá: ASOLECHE. Obtenido de <https://asoleche.org/documento-analisis-sectorial/#>
- Ato, M. (1995). *Tipología de los diseños cuasiexperimentales*. Madrid: Síntesis.
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13), Article 6-13. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Berger, R. (2016). *España 4.0: el reto de la transformación digital de la economía*. Madrid: Roland Berger.
- Bohórquez, N., Buitrago, A., Joya, M., Montaña, X., & Rivera, H. (2012). *Análisis estructural de sectores estratégicos: sector productos lácteos*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario. doi: 0124-8219
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119-190.
- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. *Inter-American Development Bank*, 174.
- Camara de Comercio de Bogotá. (julio de 2018). *¿Cómo va el sector lácteo?* Bogotá, Colombia. Recuperado el 28 de febrero de 2020, de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-Lacteo-de-Bogota-Region/Noticias/2018/Julio-2018/Como-va-el-sector-Lacteo>
- Celedon, W., Torres, S., Valverde, E., García, Y., & Cantillo, E. (23 - 27 de julio de 2012). Analisis comparativo de la competitividad y productividad en el sector lacteo de america latina y el mundo. *Tenth LACCEI*, 1-9.

- CEPAL. (2019). *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*. Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.
- Consejo Nacional Lácteo. (2010). *Acuerdo de competitividad de la cadena láctea colombiana*. Bogotá: CNL.
- Dalenogare, L., Benitez, G., Ayala, N., & Frank, A. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.
- Domingo Galindo, L. (2016). The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology. 94. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2396477>
- Dutzler, H., Schmaus, B., Schrauf, S., Nitschke, A., & Hochrainer, P. (24 de octubre de 2016). Industria 4.0: Oportunidades y desafíos para productos de consumo y empresas minoristas. (PWC, Ed.) *Strategy & analysis*, 4-22. Recuperado el 29 de febrero de 2020, de <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/industry-4-retail/industry-4-0-rc.pdf>
- Espinal, C., Martínez, H., & González, F. (2005). La cadena de los lácteos en Colombia: Una mirada global a su estructura y dinamica 1991 - 2005. *Observatorio Agracadenas Colombia*(74), 5-30. Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6345/1/2005112162250_caracterizacion_lacteos.pdf
- FAO. (2020). *FAO.org*. Recuperado el 26 de febrero de 2020, de <http://www.fao.org/dairy-production-products/socio-economics/the-dairy-chain/es/>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81. Recuperado el 02 de 01 de 2021, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2020.1712487?journalCode=tpc20>
- FEDEGAN. (30 de julio de 2019). *Contexto Ganadero*. (L. Vergara, Ed.) Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de <https://www.contextoganadero.com/regiones/si-le-interesa-asi-puede-participar-en-el-cluster-lacteo-bogota-region>
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*,

- 31(4), 669-686. Recuperado el 29 de 10 de 2020, de <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Guo, M., & Song, W. (2019). The growing U.S. bioeconomy: Drivers, development and constraints. *New Biotechnology*, 49, 48-57. doi:10.1019/j.nbt.2018.08.005
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1998). *Metodología de la Investigación 4ta. Ed.* México: McGraw Hill.
- Huidobro, M. A. M., Vera, A. C., & Aranda, M. (2020). Estrategias del sector público y privado para la implementación de la Industria 4.0 en México. Undefined. /paper/Estrategias-del-sector-p%C3%BAblico-y-privado-para-la-de-Huidobro-Vera/c5f0022dec692bc09809b7622229160dbf2dae5c
- Huawei. (2016). Industry 4.0 – An international comparison Huawei and the Handelsblatt Research Institute present a study on the competitiveness of China, Germany, Japan and the USA. Recuperado el 7 de 10 de 2020, de <https://www.huawei.com/nz/news/2016/6/Germany-%20Industry-4-Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>. (s. f.). Recuperado 11 de abril de 2021, de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- Innpulsa Colombia. (24 de mayo de 2019). *Innformate*. Recuperado el 123 de octubre de 2019, de <https://innpulsacolombia.com/innformate/33-empresas-colombianas-empiezan-su-camino-hacia-la-cuarta-revolucion-industrial>
- Junior, A., Lemos, G., & Trabasso, L. (2019). Proposal of a Method for the Implementation of the Industry 4.0-Aircraft Final Assembly Domain. *Linköping University Electronic Press*(162), 199-209.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0. Working Group.*
- Lara, M., Saucedo, J., Marmolejo, J., & Salais, T. (2017, octubre 4). Caracterización de modelo de negocio en el marco de industria 4.0.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

- Mazziotti, P. (2019). La robótica en el campo: Sistemas de ordeño. 11, 8-11.
- Miranda, J., ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019). Sensing, smart and sustainable technologies for agri-food 4.0. *Computers and industry*, 108, 21-36. doi:101016/j.compind.2019.02.002
- Mojica, F., Trujillo, R., Castellanos, D., & Bernal, N. (2007). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana*. Bogotá: Giro Editores Ltda. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6330/1/200831311504_L%C3%A1cteos.pdf
- Mosconi, F. (2015). *The New European Industrial Policy: Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance*. Routledge.
- Ortiz, C., Uribe, J., & Vivas, H. (2009). Transformación industrial, autonomía tecnológica y crecimiento económico: Colombia 1925-2005. *Archivos de economía*, 352, 1-57.
- Pessl, E., Sorko, S., & Mayer, B. (2017). Roadmap Industry 4.0—implementation guideline for enterprises. *International Journal of Science, Technology and Society*, 5(6), 193-202.
- PWC. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. 36.
- Rodriguez, L. (2018). *Industria 4.0: Abriendo la puerta a nuevas oportunidades para la industria de alimentos y bebidas*. Ciudad de Panamá, Panamá. Recuperado el 30 de enero de 2020, de https://assets.tetrapak.com/static/pasp/documents/industria%204.0_espa%C3%B1ol.pdf
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 2158244016653987. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Hompe, H., & Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies*. Munich: Herbert Utz. Acatech study.

ANEXOS

Anexo A.

CUESTIONARIO

Estrategias I 4.0 y actividad empresarial en la industria láctea

Objetivo: Obtener información relacionada con el uso de estrategias 4.0 y su relación con la actividad empresarial en las empresas del sector lácteo.

PARTE 1. Información de la empresa

Origen de la inversión de la empresa: Extranjero: _____. Nacional_____

Número de trabajadores en la empresa: menos de 50 ____, entre 51 y 200 ____, más de 201 ____

Años de actividad de la empresa: _____

PARTE 2.

Estrategia y cultura Digital de la empresa

Instrucciones para diligenciar el cuestionario (Preguntas 4-5):

A continuación, usted encuentra varios enunciados relacionados con los niveles de digitalización e integración. Por favor, lea cada enunciado y de manera espontánea e indique la puntuación que considera se aplica para la empresa, según la escala de 1 a 5, donde:

- 5= Alto
- 3= Medio-Alto
- 3= Medio
- 2= Medio-Bajo
- 1= Bajo

4. ¿Cómo clasificaría el nivel actual de digitalización e integración I4?0, en las siguientes áreas en su empresa?:	1	2	3	4	5
1- Cadena de valor-integración vertical: Relacionado con funciones internas, como compras,					

producción y logística, arriba y abajo de la jerarquía					
2- Cadena de valor-integración horizontal: Relacionado con la cadena de valor, incluidos proveedores, distribuidores, otras empresas y clientes					
3-Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios					
4-Desarrollo de productos e Ingeniería					
5-Acceso al cliente, canales de venta & marketing					

5. Qué niveles de digitalización e integración se espera para su empresa en los próximos cinco años?	1	2	3	4	5
1- Cadena de valor, integración vertical: Relacionado con funciones internas, como compras, producción y logística, arriba y abajo de la jerarquía					
2- Cadena de valor, integración horizontal: Relacionado con la cadena de valor, incluidos proveedores, distribuidores, otras empresas y clientes					
3-Modelos Negocio digital, Portafolio de productos y servicios					
4-Desarrollo de productos e Ingeniería					
5-Acceso al cliente, canales de venta & marketing					

Opción Única
Berger (2016)

7. En qué fase de la estrategia de digitalización se encuentra su empresa?	Señala con una X
1- Sensibilidad digital: Crear conciencia sobre los retos digitales. Anclar esta toma de conciencia en la gestión e incorporación en el ADN corporativo	
2- Visión digital: Definir una estrategia digital (hoja de ruta y objetivos). Alinear herramientas y recursos. Establecer un ecosistema de socios relevantes.	
3- Laboratorio digital y prototipos: Desarrollar prototipos. Alinear IT. Probar nuevas aplicaciones y tecnologías. Lanzar un centro demostrador.	
4- Campos de prueba digital: Empujar iniciativas hacia adelante. Invertir en Start-ups prometedoras	
5- Organización y procesos digitales: Redefinir estructuras organizativas. Definir y probar procesos digitales.	
6- Cultura y procesos digitales: Formar embajadores digitales. Acelerar la transformación dentro de la organización.	

¿En qué fase de la estrategia de digitalización se encuentra su empresa?:*

***Para contestar esta pregunta, lea atentamente los fundamentos en cada una de las fases, propuestas por Roland Berger (2016):**

Fase 1- Sensibilidad digital: Crear conciencia sobre los retos digitales. Anclar esta toma de conciencia en la gestión e incorporación en el ADN corporativo.

Fase 2-Visión digital: Definir una estrategia digital (hoja de ruta y objetivos). Alinear herramientas y recursos. Establecer un ecosistema de socios relevantes.

Fase 3- Laboratorio digital y prototipos: Desarrollar prototipos. Alinear IT. Probar nuevas aplicaciones y tecnologías. Lanzar un centro demostrador.

Fase 4- Campos de prueba digital: Empujar iniciativas hacia adelante. Invertir en Start-ups prometedoras

Fase 5- Organización y procesos digitales: Redefinir estructuras organizativas. Definir y probar procesos digitales.

6- Cultura y procesos digitales: Formar embajadores digitales. Acelerar la transformación dentro de la organización.

PARTE 3. Uso de tecnologías y Beneficios

Instrucciones para diligenciar el cuestionario (pregunta 5-6):

A continuación, usted encuentra varios enunciados relacionados con la utilización de estrategias 4.0 en la empresa y las relaciones que estas estrategias tienen con la actividad de su empresa. Por favor, lea cada enunciado y de manera espontánea e indique la puntuación que considera se aplica para la empresa, según la escala de 1 a 5, donde:

- 5= Totalmente de acuerdo
- 4= Parcialmente de acuerdo
- 3= Indiferente
- 2= Parcialmente en desacuerdo
- 1= Totalmente en desacuerdo

5. ¿Considero útil en la empresa disponer de?	1	2	3	4	5
2-Sensores para control de procesos.					
3-Monitoreo y control remoto de la producción.					
5-Sistemas de producción basados en realidad aumentada.					
6-Automatización digital con sensores de identificación de productos y condiciones operativas y líneas flexibles.					
7-Sistemas integrados de ingeniería para el desarrollo y fabricación de productos.					
8-Sistemas de fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión en 3D.					
9-Sistemas de uso de etiquetas para la identificación de productos y/o equipos.					

10-Sistemas de simulación o análisis de modelos virtuales para diseño y puesta en marcha de la producción.					
11-Sistemas de recolección, procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos.					
12-Servicios de computación en la nube					
13-Servicios digitales en los productos ("Internet de las cosas" o Product Service Systems).					
14-Sistemas relacionados con automatización o digitalización de procesos (Blockchain, inteligencia artificial).					
15-Sistemas de geolocalización.					
16-Sistemas de ciberseguridad.					

6. Disponer y utilizar en la empresa, las tecnologías antes mencionadas contribuyen a:	1	2	3	4	5
17-Cambiar o mejorar los procesos de producción					
18-Crear nuevos productos o servicios o mejorar significativamente los ya existentes					
19-Cambiar o mejorar la forma de administrar la empresa.					
22-Facilita a adaptar la empresa a los estándares internacionales.					
23-Mejorar las relaciones con los clientes.					
24-Mejorar las relaciones con los proveedores.					
25- Facilitar el acceso o Mejorar el posicionamiento en el mercado.					
27-Reducir los niveles de desperdicios y/o Recuperar insumos desechados.					

28-Disminuir las devoluciones por inconformidad.					
32-Mejorar las condiciones laborales (ambiente de trabajo y salarios).					
35- Racionalizar el uso y mejorar el uso de los servicios industriales (Energía y Agua) Racionalizar el uso y mejorar el tratamiento de agua residual.					
37-Incentivar el uso de insumos amigables con el medio ambiente.					
40-Incrementar los ingresos y resultados financieros					
42-Realizar inversiones para crecimiento empresarial.					

Gracias por su colaboración