

Competencias específicas para el área de dirección de operaciones en la formación de ingenieros industriales en el contexto de la cuarta revolución industrial.

Laura Marcela Acevedo Martínez y Samuel David Rodríguez Pinto

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Industrial

Director

Néstor Raúl Ortiz Pimiento

PhD. en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi mami Adriana por ser mi apoyo incondicional, por creer en mí aún más de lo que muchas veces creo en mí misma; a mis abuelos por ser mis segundos padres, por amarme como a una hija y ser mi soporte y mi ejemplo; a mis tíos por hacer parte importante en mi proceso y estar siempre motivándome a avanzar; a mi prometido con el que he aprendido a crecer y perseverar no importa las dificultades y los obstáculos, y por sobre todo a Dios quién es la razón de mi existir, y por el cuál hoy puedo decir lo he logrado.

Laura Marcela Acevedo Martínez

Dedico este proyecto a mi familia, por ser parte fundamental en mi proceso académico, por estar en cada etapa alentándome a ser como Cristo; a mis abuelos por creer en mí y enseñarme que el que no vive para servir no sirve para vivir; a mi madre por su amor incondicional en todo tiempo, siendo ella un ejemplo de resiliencia y perseverancia; a mis tíos por su paciencia, amor y su dedicación al ministerio; a mi papá por darme la vida, y a mi prometida por decidir por mí, por creer en mí y ser mi apoyo en todo tiempo; y finalmente a Dios, mi motivo de vivir y mi esperanza.

Samuel David Rodríguez Pinto

Agradecimientos

A Dios por ser la razón y el motor de nuestras vidas.

Al profesor Néstor Raúl Ortiz Pimiento, por su dirección, guía y apoyo durante la ejecución de este proyecto.

A nuestras familias por su amor, paciencia y sabiduría durante esta etapa tan importante en nuestra formación.

A nuestras parejas por ser parte fundamental en la realización de este proyecto, por su paciencia, aliento y apoyo.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
Tabla de cumplimiento de objetivos	16
1. Generalidades del proyecto.....	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo General	20
1.2.2 Objetivos Específicos.....	20
1.3. Metodología	21
1.3.1 Primera fase: Revisión de literatura	21
1.3.2 Segunda Fase: Revisión de contenido web asociada a las consultorías y cadenas de suministro.....	21
1.3.3 Tercera fase: Identificación académica	22
1.3.4 Cuarta fase: Elaboración del perfil de egresado en Ingeniería Industrial	22
1.3.5 Quinta Fase: Documentación	23
2. Revisión de Literatura.....	23
2.1 Análisis bibliométrico	23
2.1.1 Ecuación de búsqueda preliminar competencias específicas para la cuarta revolución industrial en el área de dirección de operaciones.	24
2.1.2 Análisis en Software bibliométrico VOSviewer	27
2.2 Revisión de Literatura.....	29

2.3 Marco de Referencia	34
2.3.1 Marco de antecedentes	34
2.3.2 Marco teórico	36
Computación en la nube.....	40
Manufactura Aditiva.	40
Habilidades blandas	45
Habilidades duras	45
Dirección de Operaciones.	46
2.4 Principales aspectos de la Industria 4.0 para la dirección de operaciones	46
3. Revisión contenido web	48
3.1 Revisión contenido web de consultorías especializadas en Dirección de Operaciones. 48	
3.1.1 Accenture	49
3.1.2 Boston Consulting Group.....	50
3.1.3 KPMG	51
3.1.4 McKinsey & Company	52
3.1.5 PricewaterhouseCoopers	53
3.1.6 AlixPartners.....	54
3.1.7 Arthur D. Little.....	55
3.1.8 A.T. Kearney	56
3.1.9 Bain & Company.....	57
3.1.10 Baringa	58
3.2 Herramientas digitales empleadas en consultorías, interventorías y empresas concernientes al área de dirección de operaciones.	59

4. Análisis de las herramientas i4.0 aplicables a la dirección de operaciones	60
4.1 Robots Autónomos:.....	60
4.2 Simulación:	61
4.3 Internet de las Cosas:	62
4.4 Computación en la nube:.....	63
4.5 Manufactura Aditiva:	64
4.6 Realidad Aumentada:	64
4.7 Big Data:	65
5. Identificación académica.....	67
5.1 Identificación académica de universidades internacionales	67
5.1.1 Rankings de universidades	67
5.1.2 Selección de Universidades internacionales	69
5.2 Identificación académica de universidades nacionales.....	85
5.2.1 Universidad de Los Andes	86
5.2.2 Universidad Nacional de Colombia	89
5.2.3 Universidad EIA.....	92
5.2.4 Fundación Universidad del Norte	95
5.2.5 Pontificia Universidad Javeriana.....	97
6. Perfil de egresado	100
6.1 Informe preliminar de competencias relacionadas a la I4.0 en la dirección de operaciones.	100
6.1.1 Macro competencias.....	102
6.1.2 Micro competencias	103

6.2 Validación informe preliminar de competencias	104
7. Conclusiones.....	109
8. Recomendaciones	111
Referencias bibliográficas	113

Lista de Tablas

Tabla 1 Resultados ecuaciones de búsqueda preliminares.....	25
Tabla 2 Filtro por área de estudio y tipo de documento.....	25
Tabla 3 Cantidad de documentos encontrados.....	27
Tabla 4 Ranking Consultorías.....	49
Tabla 5 Servicio de Accenture relacionados con dirección de operaciones	50
Tabla 6 Servicios BCG relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0	51
Tabla 7 Servios de KPMG relacionados con dirección de operaciones	52
Tabla 8 Servicios de McKinsey & Company relacionados con dirección de operaciones	53
Tabla 9 Servicios de PWC relacionados con dirección de operaciones.....	54
Tabla 10 Servicios de AlixPartners relacionados con dirección de operaciones	55
Tabla 11 Servicios Arthur D. Little relacionados con la dirección de operaciones	56
Tabla 12 Servicios de A.T.K relacionados con la dirección de operaciones	57
Tabla 13 Servicios de Bain & Company relacionados con dirección de operaciones	58
Tabla 14 Servicios de Baringa relacionados con dirección de operaciones	59
Tabla 15 Clasificación universidades internacionales	70
Tabla 16 Cursos programa MIT	72
Tabla 17 Competencias relacionadas a la Cuarta Revolución por univ. internacionales	84
Tabla 18 Competencias relacionadas a la Cuarta Revolución por univ. nacionales	99
Tabla 19 Macro competencias.....	102
Tabla 20 Micro competencias	103
Tabla 21 Docentes entrevistados de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales....	104
Tabla 22 Informe final de micro competencias.....	105

Tabla 23 Relación micro competencias con los niveles de la taxonomía de Bloom	106
Tabla 24 Relación cursos dirección de operaciones con micro competencias.....	107
Tabla 25 Relación cursos dirección de operaciones con aspectos relevantes de la I4.0	108

Lista de Figuras

Figura 1 Ecuaciones de búsqueda preliminares	24
Figura 2 Ecuaciones finales de búsqueda.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3 Palabras clave - Tomado de: VOSviewer	28
Figura 4 Países investigadores - Tomado de: VOSviewer	29
Figura 5 Visualización del modelo de competencias – Tomado (Hecklau, 2016).....	34
Figura 6 Capas de una fábrica inteligente - Tomado de (Chen et al, 2018).....	42
Figura 7 Herramientas I4.0 en la cadena de suministro	66
Figura 8 Elementos de la Industria 4.0.....	67
Figura 10 Mejores programas de pregrado en ingeniería industrial en Colombia.....	85
Figura 11 Competencias personales Ingeniero Industrial	94

Lista de Apéndices

Los apéndices se encuentran en la carpeta adjunta.

Apéndice A. Artículo competencias específicas

Resumen

Título: Competencias específicas para el área de dirección de operaciones en la formación de ingenieros industriales en el contexto de la cuarta revolución industrial *

Autor: Laura Marcela Acevedo Martínez, Samuel David Rodríguez Pinto **

Palabras Clave: Competencias específicas, dirección de operaciones, cuarta revolución industrial, I4.0, ingeniería Industrial.

Descripción: La cuarta revolución industrial ha cambiado la forma en la cual el mundo opera, desde como se concibe la tecnología hasta la forma en la que las fabricas ejecutan sus procesos, por tal motivo nace un concepto Industria 4.0, concepto que trae asociado trae nuevas tecnologías y por ende nuevas formas de llevar a cabo tareas. Por tal motivo, este proyecto tiene como objetivo realizar una caracterización de competencias específicas para el área de dirección de operaciones en la formación de nuevos ingenieros industriales bajo el marco de la cuarta revolución industrial. Para ello se realizó una revisión de literatura en bases de datos especializadas para definir aspectos relevantes, conceptos y herramientas de la I4.0 en la dirección de operaciones. Posteriormente, se realizó una búsqueda web sobre las mejores consultorías en dirección de operaciones para determinar qué herramientas emplean y que áreas de la dirección de operaciones tratan en las organizaciones. Seguido a esto, se realizó un análisis de las 5 mejores universidades a nivel mundial en el programa de ingeniería Industrial y las 5 mejores universidades a nivel nacional en esta misma carrera, y se determinó qué competencias afines a la temática adquirirían sus egresados al finalizar su etapa de pregrado.

Y finalmente se definieron las competencias que los ingenieros industriales deben obtener al finalizar su pregrado; competencias que fueron validadas por los docentes del área de dirección de operaciones de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, adscrita a la Universidad Industrial de Santander.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Nestor Raúl Ortiz Pimiento, PhD. Ingeniería.

Abstract

Title: Specific competencies for the area of operations management in the training of industrial engineers in the context of the fourth industrial revolution. *

Author: Laura Marcela Acevedo Martínez, Samuel David Rodríguez Pinto **

Keywords: Specific competencies, operations management, fourth industrial revolution, I4.0, industrial engineering.

Description: The fourth industrial revolution has changed the way in which the world operates, from how technology is conceived to the way in which factories execute their processes, for this reason a concept Industry 4.0 is born, a concept that brings associated with it new technologies and therefore new ways of carrying out tasks. For this reason, this project aims to characterize specific competencies for the area of operations management in the training of new industrial engineers under the framework of the fourth industrial revolution. For this purpose, a literature review was carried out in specialized databases to define relevant aspects, concepts and tools of the I4.0 in operations management. Subsequently, a web search was conducted on the best consulting firms in operations management to determine what tools they use and what areas of operations management they deal with in organizations. Following this, an analysis was made of the 5 best universities worldwide in the Industrial Engineering program and the 5 best universities nationally in this same career, and it was determined which competencies related to the subject would be acquired by their graduates at the end of their undergraduate stage.

And finally, the competencies that industrial engineers should obtain at the end of their undergraduate studies were defined; competencies that were validated by the professors of the operations management area of the School of Industrial and Business Studies, attached to the Universidad Industrial de Santander.

* Bachelor thesis.

** Faculty of Physic-Mechanic Engineering. School of Industrial and Business Studies. Director: Nestor Raúl Ortiz Pimiento. PhD. Engineering

Introducción

La evolución de la humanidad ha traído consigo grandes cambios en todas las áreas de ella, como por ejemplo, la primera revolución industrial, que tuvo origen en Inglaterra, donde su base fue la creación de la máquina de vapor, cuyo desarrollo marcó un antes y un después para la sociedad y su comportamiento en la época. Además de esto, trajo consigo el descenso de la producción artesanal en contraste con el aumento de la producción textil. Posteriormente se vivió la segunda revolución industrial en consecuencia a que los avances tecnológicos producidos en Inglaterra salieron de allí a otras partes del mundo, dando como resultado el acceso a nuevos materiales que eran imposibles de conseguir o poco útiles como el acero, zinc, aluminio, níquel, cobre, entre otros; también se modernizaron los transportes, siendo el ferrocarril el símbolo de esta época; posterior a esta revolución emergió la tercera revolución industrial liderada por Estados Unidos, Japón y la Unión Europea a inicios del siglo XX, cuya base son las nuevas tecnologías de la información y comunicación, así como el desarrollo de energías renovables; todo esto desembocando en la cuarta revolución Industrial, la revolución de la digitalización y automatización.

Esta revolución ha sido el símbolo del crecimiento acelerado del desarrollo humano-tecnológico en todas las áreas del conocimiento, y particularmente en el área de la Industria denominando a este efecto como la Industria 4.0, que ha estado en marcada por un gran número de oportunidades y beneficios como, la producción en masa altamente flexible, reducción de costos o la aparición de nuevos servicios y modelos de negocios, además de la coordinación y optimización en tiempo real de las cadenas de valor (Galati & Bigliardi, 2019), siendo también considerada como la integración de la comunicación tecnológica en un ambiente industrial. Todo

esto ha generado una serie de cambios en la forma en que las compañías operan e incluso cambios desde el corazón de ellas, sus colaboradores.

Estos cambios han traído nuevas necesidades en los colaboradores desde la alta dirección hasta los operarios, cambios principalmente asociados en las habilidades o competencias requeridas para ir a la par de la cuarta revolución industrial, donde las habilidades técnicas son igual de importantes a las habilidades blandas, creando así un perfil integral para cualquier colaborador. Cabe resaltar, que a causa de este nuevo paradigma no solo la industria ha cambiado, también la academia que alimenta a la industria con los nuevos profesionales que salen de ellas, profesionales que deben estar a la vanguardia en las nuevas tecnologías emergentes, profesionales capaces de afrontar la Industria 4.0 a través de las competencias adquiridas en su formación en las aulas de clase y ser el punto clave para la asimilación de esta revolución.

Tabla de cumplimiento de objetivos

Objetivo	Cumplimiento
Identificar los aspectos relacionados con la cuarta revolución industrial y las nuevas tecnologías para la dirección de operaciones.	2.4 Principales aspectos de la Industria 4.0 para la dirección de operaciones
Caracterizar las herramientas digitales empleadas en consultorías, interventorías y en las empresas concernientes al área de dirección de operaciones a través de una revisión de literatura y web.	3.2 Herramientas digitales empleadas en consultorías, interventorías y empresas concernientes al área de dirección de operaciones.
Identificar a nivel nacional e internacional las diferentes competencias manejadas en los perfiles de egresado de la carrera Ingeniería Industrial y como estos están influenciados por la cuarta revolución industrial.	5. Identificación académica
Analizar la información obtenida con el fin de determinar las competencias que debe adquirir un ingeniero industrial para adoptar las nuevas tecnologías de dirección de operaciones.	6.2 Validación informe preliminar de competencias
Realizar un artículo académico de carácter publicable que evidencie los resultados de la investigación.	Apéndice A.

1. Generalidades del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

La cuarta revolución representa un cambio sustancial en la forma en que las personas viven, interactúan con el entorno, trabajan y como se comunican entre ellas, este acelerado cambio ha generado brechas considerables en el conocimiento de las tecnologías que emergen a la par de la revolución. A su vez, la Industria 4.0, término homónimo de la cuarta revolución, pero en el área de la industria hace presencia por primera vez en la feria Hannover de Alemania en el 2011, discusión que planteó como la era de la globalización y digitalización crearía un mundo en el que físico y lo virtual operarían de manera flexible, haciendo énfasis en esta mecánica para los procesos manufactureros. (Schwab, 2013) Esto ocasiona un nuevo paradigma en la producción altamente estudiado debido a la gran influencia de la conexión de internet en los sistemas productivos, en especial a través del Internet de las cosas o IoT. (Rossit, 2019). Cabe resaltar que muchas veces términos como IoT, Identificación de radio frecuencia (RFID), Planeación de recursos empresariales (ERP), fabricación basada en la nube, desarrollo de productos sociales y sistemas ciber físicos; se usan como sinónimos para Industria 4.0, cuando expertos e investigadores han estado de acuerdo en definirlos como los pilares para los avances tecnológicos mejorados y planteados por la cuarta revolución industrial. (Galati & Bigliardi, 2019).

Por otro lado, el estudio de las competencias pertinentes para afrontar la cuarta revolución industrial y los cambios que esta ha traído a la industria ha venido creciendo, donde

es necesario identificar y desarrollar primeramente las disciplinas y las habilidades faltantes requeridas para construir las habilidades pertinentes en la fuerza laboral de la industria 4.0 (Bongomin et al., 2020) . Creando así un nuevo término “Capital Humano 4.0”; este es un alcance holístico de la fuerza laboral, considerando el valor de esta desde diferentes aspectos de requeridos para la adaptación exitosa de la Industria 4.0 (Hecklau et al., 2016). Este nuevo paradigma ocasionará la eliminación de una gran cantidad de trabajos de baja cualificación o con una cantidad mínima de habilidades para su cumplimiento, presentando así una demanda de trabajadores altamente cualificados que cuenten con avanzadas competencias digitales (Csizmadia, 2021). Con esto se establece uno de los principales desafíos de la implementación de la Industria 4.0, la falta de mano de obra calificada y competente, y el requisito de volver a capacitar al personal para adaptarse a las nuevas circunstancias y entorno (Horváth & Szabó, 2019).

De esta manera, considerando la pertinencia del proyecto, se hace necesario realizar este estudio para el área de dirección de operaciones, área que debido a su gran influencia en la formación de Ingenieros Industriales se ve altamente afectada por la Industria 4.0 y los cambios tecnológicos planteados por la misma; para así determinar qué competencias son necesarias formar desde las aulas de clase para que los nuevos profesionales sean competentes en la industria moderna, donde las instituciones las instituciones de educación superior juegan un rol muy importante en la transición necesaria para el movimiento de la Industria 4.0, y son ellas las encargadas de educar y desarrollar las capacidades para la retención de conocimiento entre sus estudiantes para prepararlos para la vida productiva necesaria para cualquier paisaje laboral (Bongomin et al., 2020). De esta forma, las universidades y sus currículos deben adaptarse a las

implicaciones de la Industria 4.0 en la dirección de operaciones, y estar dispuestas a adoptar nuevas capacidades derivadas de otras disciplinas, para así equipar a los futuros Ingenieros Industriales con el conocimiento suficiente y habilidades para permitirles funcionar de manera significativa en la Cuarta Revolución Industrial (Peninsula & Africa, 2016).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar y caracterizar las competencias necesarias que debe adquirir un ingeniero industrial para hacer frente a los cambios producidos por la cuarta revolución industrial y que deben desarrollarse en el área de dirección de operaciones.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los aspectos relacionados con la cuarta revolución industrial y las nuevas tecnologías para la dirección de operaciones.
- Caracterizar las herramientas digitales empleadas en consultorías, interventorías y en las empresas concernientes al área de dirección de operaciones a través de una revisión de literatura y web.
- Identificar a nivel nacional e internacional las diferentes competencias manejadas en los perfiles de egresado de la carrera Ingeniería Industrial y como estos están influenciados por la cuarta revolución industrial.
- Analizar la información obtenida con el fin de determinar las competencias que debe adquirir un ingeniero industrial para adoptar las nuevas tecnologías de dirección de operaciones.
- Realizar un artículo académico de carácter publicable que evidencie los resultados de la investigación.

1.3. Metodología

El proyecto consta de cinco fases para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación:

1.3.1 Primera fase: Revisión de literatura

Esta primera fase, permite conocer un panorama actual sobre la Cuarta Revolución Industrial, sus tecnologías y su influencia en la industria. Para el desarrollo de la revisión de la literatura se establecen ecuaciones de búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science, luego se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para determinar los artículos con mayor relevancia para el desarrollo de la investigación, además de aplicar el principio de bola de nieve para seleccionar los artículos raíz, y finalmente se analiza la literatura recopilada para identificar términos, conceptos, puntos clave y se elabora un escrito con los resultados obtenidos en esta fase.

1.3.2 Segunda Fase: Revisión de contenido web asociada a las consultorías y cadenas de suministro

En esta fase se seleccionan 10 de las mejores consultoras de dirección de operaciones en el mundo a partir de los diferentes rankings internacionales, para esto se diseñará un instrumento en el que se establecerán los puntos a resaltar en cada consultora como técnicas, herramientas o metodologías, para que a través de una herramienta de tendencia analizar la información obtenida. Además de esto, se hará una búsqueda en las bases de datos de Scopus y Wed of Science para cada uno de los tres procesos principales de la cadena de suministro

(abastecimiento, procesamiento y despacho) acerca de cuáles son las tecnologías más empleadas en esos procesos.

1.3.3 Tercera fase: Identificación académica

Para esta fase se seleccionan 5 programas de Ingeniería Industrial en el mundo; esta selección se hará a través de las universidades mejor calificadas en los rankings globales de universidades como el QS World University Ranking, el U.S.News Best Industrial Engineering Programs y el Shanghai Ranking. De igual manera, se seleccionan 5 programas de Ingeniería Industrial a nivel nacional, para esto, se identifican todos los programas de ingeniería del país, luego se verificarán los programas acreditados en alta calidad y se seleccionarán de estas las 5 universidades con mejor calificación en las pruebas saber pro.

1.3.4 Cuarta fase: Elaboración del perfil de egresado en Ingeniería Industrial

En esta fase se realiza la elaboración del perfil del egresado en Ingeniería Industrial a través de un contraste entre la información obtenida de las consultoras y la información de los planes de estudio de las universidades, donde se comparará qué está pasando en el mundo actualmente en el área de la dirección de operaciones y qué se está dando en las universidades, para así, junto a un grupo de expertos que para efectos de esta investigación serán los docentes de las materias dirección de operaciones I y dirección de operaciones II asociados a la escuela de estudios industriales y empresariales (EIEE) de la Universidad Industrial de Santander los que validarán los hallazgos.

1.3.5 Quinta Fase: Documentación

En esta fase final, se consolidan los resultados obtenidos en la investigación en el libro de proyecto y se elabora un artículo académico de carácter publicable donde se planteen los resultados y hallazgos del presente trabajo.

2. Revisión de Literatura

2.1 Análisis bibliométrico

La tecnología ha sido una herramienta presente en todas las áreas del conocimiento, y ahora se ha vuelto fundamental para cualquiera de ellas dada la era en la que se vive actualmente, una era de digitalización y automatización, la era de la cuarta revolución Industrial. Esta revolución ha traído cambios en la forma de hacer las cosas y en cómo se percibe el mundo, por tanto, ha sido indispensable realizar investigaciones que amplíen el panorama de la influencia de esta en los diferentes campos de la ciencia, incluyendo como esta afecta a los colaboradores de las empresas y las empresas en sí.

No obstante, no solo es posible encontrar publicaciones científicas relacionadas a estos tópicos, también se encuentra una gran cantidad de contenido web en el que se puede encontrar variedad de información con respecto a la cuarta revolución industrial y las competencias necesarias para afrontarla, que va desde documentos publicados por universidades, empresas de consultoría, hasta entidades gubernamentales e internacionales, entre otros: documentación que permite observar de manera real y actualizada el panorama de las

competencias que son demandadas por la Industria a los ingenieros industriales recién egresados de la academia y que por lo tanto deben ser desarrolladas desde allí, para que así puedan hacer frente a la cuarta revolución industrial.

Por lo tanto, se plantea una búsqueda de estudios realizados acerca de las competencias requeridas para el área de dirección de operaciones en el contexto de la cuarta revolución industrial en las bases de datos de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de conocer el panorama actual de la dirección de operaciones y como ha sido afectada por la cuarta revolución industrial.

2.1.1 Ecuación de búsqueda preliminar competencias específicas para la cuarta revolución industrial en el área de dirección de operaciones.

Se realiza una búsqueda preliminar de artículos científicos en Web of Science y Scopus que se divide en 3 grandes grupos, el primero sobre la cuarta revolución industrial, el segundo sobre competencias necesarias para esta revolución y el tercero sobre la dirección o administración de operaciones, con el fin de realizar un análisis preliminar para proceder a refinar la ecuación.

Figura 1 Ecuaciones de búsqueda preliminares

Ecuación Web of Science: TS = (("Fourth Industrial Revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "technological revolution") AND ("Skills" OR "Competencies" OR "Abilities") AND ("Operations management" OR "Operations"))

Ecuación Scopus:: TITLE-ABS-KEY (("Fourth Industrial Revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "technological revolution") AND ("Skills" OR "Competencies" OR "Abilities") AND ("Operations management" OR "Operations"))

En la Tabla 1 se aprecia que se obtuvo un total de 41 artículos para Web of Science y 335 para Scopus, de los cuales se encontraron una gran cantidad de documentos con los cuales se creó un panorama actual sobre la cuarta revolución industrial y su incidencia en la dirección de operaciones.

Tabla 1

Resultados ecuaciones de búsqueda preliminares

Base de datos	Web of Science	Scopus
Documentos encontrados	41	335

Posteriormente, se procede a refinar las ecuaciones a los últimos cinco años con el propósito de revisar los artículos más recientes, además de filtrar por áreas de estudio y tipo de documento, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Filtro por área de estudio y tipo de documento

Área de estudio	Tipo de documento
<ul style="list-style-type: none"> • Engineering • Business, Management and Accounting 	<ul style="list-style-type: none"> • Conference Paper • Review

- Decision Sciences
 - Management
 - Engineering Industrial
 - Engineering Manufacturing
 - Automation Control Systems
 - Operations Research Management Science
 - Industrial Relation Labor
 - Editorial Material
 - Article
 - Early Access
-

En la figura 2 se aprecian las ecuaciones finales con los filtros aplicados para su refinamiento, para Web of Science y Scopus.

Figura 2 Ecuaciones finales de búsqueda

Ecuación Web of Science: TS = (("Fourth Industrial Revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "technological revolution") AND ("Skills" OR "Competencies" OR "Abilities") AND ("Operations management" OR "Operations"))

Ecuación Scopus:: TITLE-ABS-KEY ((("Fourth Industrial Revolution" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "technological revolution") AND ("Skills" OR "Competencies" OR "Abilities") AND ("Operations management" OR "Operations"))) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ed")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018))

Finalmente, en la tabla 3 se observa la cantidad final de documentos encontrados al año para las ecuaciones planteadas en la figura 2, junto con el total de documentos a evaluar por su resumen y posteriormente estudiados.

Tabla 3*Cantidad de documentos encontrados*

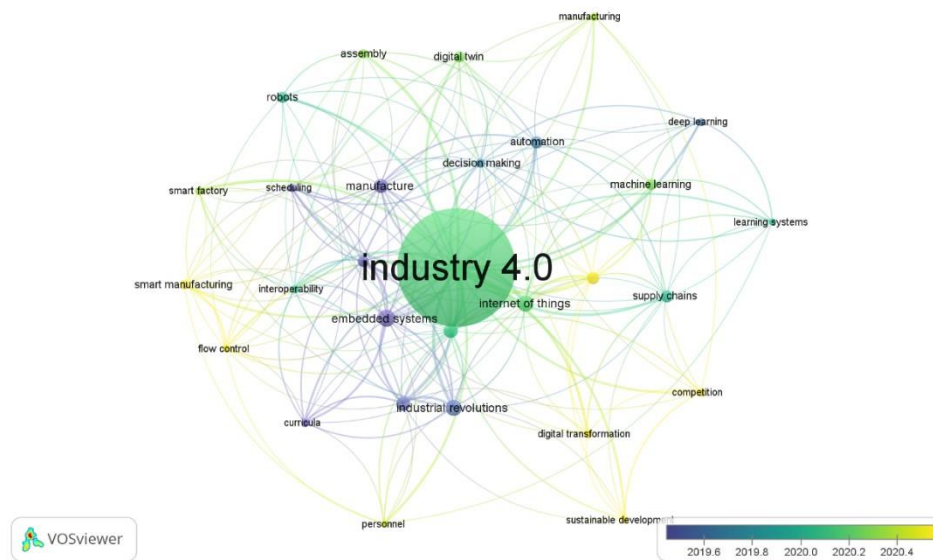
Base de datos	Web of Science	Scopus
2018	1	15
2019	1	42
2020	4	37
2021	7	51
2022	2	59
Total de documentos encontrados	15	204

2.1.2 Análisis en Software bibliométrico VOSviewer

Ambas ecuaciones de búsqueda fueron analizadas en VOSviewer (sin refinarse a los últimos cinco años) para disponer de una mayor ventana de tiempo. En la figura 3 se observan las palabras clave con su ocurrencia y relación. Entre más grande el diámetro de la palabra, más menciones; y entre más enlaces presenta es porque están mayor relacionadas entre sí. Además de esto, se observa como el término “Industry 4.0” es el de mayor ocurrencia y el que mayor correlación presenta con los demás, siendo un resultado esperado por el enfoque de la investigación y la incidencia de la Industria 4.0 en áreas como los sistemas productivos y la fuerza laboral. Por otra parte, se puede ver que desde el 2020 en adelante se empieza a tener en cuenta los sistemas inteligentes de manufactura, internet de las cosas, transformación digital y el flujo de control, entre otros. Esto concuerda con el inicio de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 y las implicaciones que este tuvo en la sociedad y economía, y como las empresas

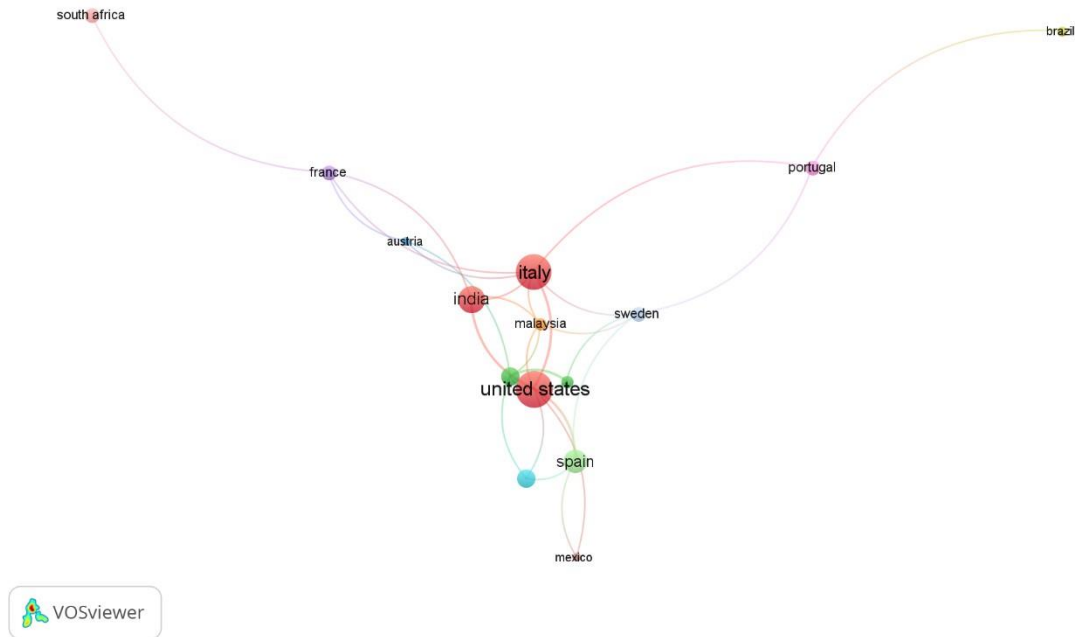
tuvieron que adaptarse a los cambios y a los desafíos que esta produjo en tema de distanciamiento, tecnificación y transformación digital (Agrawal, 2021)

Figura 2 Palabras clave - Tomado de: VOSviewer



En la figura 4 se puede apreciar la relevancia de países como Estados Unidos, Italia e India en cuanto a las investigaciones de este tema. Es de resaltar, que varios países que han realizado investigaciones se encuentran liderando el ranking de preparación para el futuro de la producción, elaborado en el 2018 por el Foro Económico Mundial (Cheryl Martin, 2018). Además de esto, se observa la presencia de dos países suramericanos México y Brasil; siendo México el único país latinoamericano enlistada en la GLN (Global Lighthouse Network), red que integra y a las cadenas de suministro alrededor del mundo que están liderando la transformación hacia la cuarta revolución industrial (4RI) (Alcaraz, 2021), y Brasil que a inicios del 2021 anunció la instalación del primer centro afiliado al Foro Económico Mundial enfocado en la Industria 4.0 (Daturas, 2021)

Figura 3 Países investigadores - Tomado de: VOSviewer



2.2 Revisión de Literatura

La cuarta revolución industrial ha sido ampliamente estudiada y analizada desde su comienzo, y aún más en el área de cómo esta afecta la fuerza de trabajo, dado que en el contexto de las revoluciones industriales es usual que al desarrollarse se gesten nuevos trabajos pero que a su vez otros se pierdan (Baum-Talmor & Kitada, 2022), y en especial para la cuarta revolución, donde la tecnología y los recursos humanos se establecen como las principales fuerzas impulsoras para implementar la industria 4.0, las cuales, también representan sus barreras. (Agrawal, 2021; Csizmadia, 2021)

De esta manera, se ha definido la Industria 4.0 como la creciente digitalización y automatización del entorno de la fabricación, así como la creación de cadenas de valor digitales para permitir la comunicación entre productos, su entorno y socios comerciales (Csizmadia, 2021). Cabe resaltar los elementos físicos y tecnológicos más importantes de esta revolución (Or & Aszl, 2020):

- **M2M (Machine to Machine):** Es el flujo de datos y comunicación entre computadoras sin la intervención humana, para esto será necesario un lenguaje común para así poder comunicarse de manera compatible y hacerse cargo de la gestión de tareas complejas.
- **AI (Inteligencia Artificial):** Usualmente hace referencia a la capacidad de las máquinas para el aprendizaje y pensamiento lógico, dado que en un futuro las máquinas podrán resolver problemas complejos no por su pre-programación, sino por sus propios métodos.
- **Robótica:** Los patrones de largo alcance determinarán el desarrollo de la robótica en un futuro, a partir de los cuales se podrán crear grupos basados en su comportamiento y fábricas basadas en su comportamiento. Además de esto, trabajarán como colaboradores independientes y eficientes al no tener una programación para todo.
- **Computadoras cuánticas:** Es de resaltar, que estas solo existen en la teoría y se diferencian de las tradicionales en que mientras la base de operación de las convencionales es de un bit, con valor de 0 a 1, la base de las computadoras cuánticas es un qubit. Esto le permite a la Industria 4.0 operar una internet de una manera mucho más diversa y compleja.
- **IoT (Internet de las cosas):** Significa una gran cantidad de dispositivos inteligentes interconectados entre sí a través del internet.
- **IoS (Internet de los servicios):** La clave es que las compañías ya no venden solo productos simples, sino servicios integrados en los objetos, dado que los bienes adquiridos

pueden desarrollarse continuamente.

- **5G:** Este tipo de red jugará un rol fundamental en la red móvil, los proveedores de 5G deberán satisfacer la demanda de manera eficiente y especializada.
- **Servicios basados en la nube:** Se puede almacenar una cantidad casi ilimitada de información, que estarán en los servidores o dispositivos de una empresa que provea el servicio. Estos ayudan a la recopilación y centralización de información comercial y ofrecen al mismo tiempo una plataforma para la cooperación abierta de usuarios.
- **Big data:** Es la síntesis de las tecnologías antiguas, aprobadas y nuevas, significa interpretación y procesamiento de grandes volúmenes de datos que cambian a un ritmo elevado. Estos grandes volúmenes se usan principalmente las previsiones en Industria 4.0.
- **Edge computing:** El sistema puede transmitir, en el menor tiempo posible, datos útiles donde sea relevante. Las compañías que manejan este prefiltro de grandes volúmenes de información (big data) en la fuente, inmediatamente se deshacen de la información innecesaria y solo se transmiten los datos necesarios o requeridos.

Con esto, se plantea uno de los aspectos críticos de la Industria 4.0 relacionados a la producción y es la disponibilidad de información en tiempo real para programar de manera óptima los objetivos de los sistemas de manufactura (Dfhfni et al., 2020); donde estos sistemas tienen a crear “Sistemas Físicos Cibernéticos” o CPS por sus siglas en inglés, que indica un sistema plenamente integrado y colaborativo, el cual, es capaz de responder en tiempo real para adaptarse a la dinámica natural del ambiente de la fábrica, a la cadena de suministro, las demandas de los clientes y el mercado. (Engineering & Engineering, 2020). Además, los CPS son representados para algunos investigadores como la epítome de la transformación digital en la

Industria (Szalavetz, 2019). Esto para las empresas representa un reto, dado que hay una brecha entre sus competencias tecnológicas y su capacidad de adaptación y manejo de las nuevas entradas de la introducción de una nueva tecnología.(Zangiacomi et al., 2019).

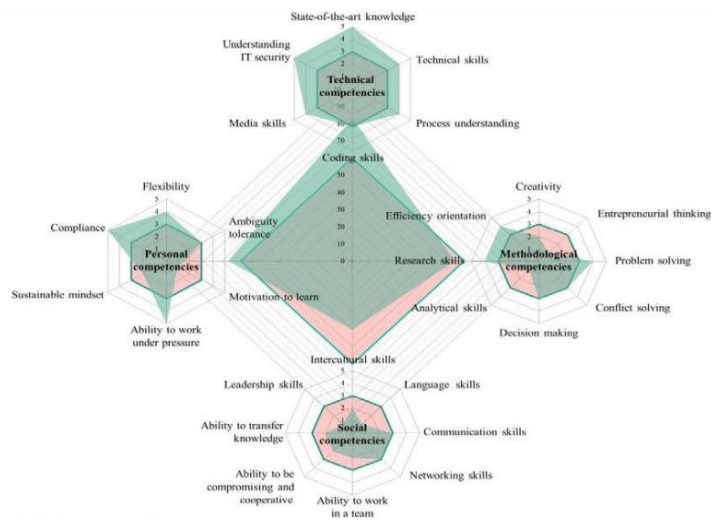
Como resultado de esta creciente digitalización y tecnologías emergentes plantean un enorme efecto en la educación de las personas, donde solos los trabajadores calificados, competentes y altamente educados podrán controlar estas tecnologías. Por tanto, las competencias que presentan y qué tan calificados están las personas serán la llave para el éxito para la adaptación esta (Benešová, 2017), esto bajo un entorno VUCA por sus siglas en inglés “Volátil, Incierto, Complejo y ambiguo” (Dfhfini et al., 2020).

Cabe destacar que los nuevos perfiles de ingenieros que han emergido en el ambiente de la Industria 4.0 requieren una adecuada caracterización de competencias a adquirir (Dfhfini et al., 2020). Las competencias son definidas como el conjunto de habilidades, capacidades y conocimientos, actitudes y motivaciones que un individuo necesita para hacer frente a las tareas, desafíos relacionados con el trabajo de manera efectiva (Hecklau et al., 2016) Para los investigadores fue necesario definir cuales competencias eran necesarias para hacer frente a esta serie de cambios ocasionados por la cuarta revolución industrial, esto a partir de tres cambios principales, la digitalización e integración horizontal y vertical de la cadena de valor, digitalización de las ofertas de productos y servicios, y la digitalización de los modelos de negocio y acceso de los clientes (Wahab et al., 2021). Por tal motivo, se estableció un proceso de tres fases para poder identificar estas competencias. (Hecklau et al., 2016).

La primera fase fue plantear los desafíos emergentes, la segunda fue una deducción lógica de las competencias que harían frente a esos desafíos y, por último, la visualización de las competencias requeridas a través de un instrumento adecuado. Para la primera fase se utilizó el método de análisis PESTEL, donde se analiza el ambiente de la empresa en áreas como la Política, la Economía, el área Social, la Tecnología, el Medio Ambiente y lo Legal, extrayendo de estos conjuntos los desafíos que se van a enfrentar. Así mismo, para la segunda fase los investigadores se analizaron las necesidades de cada área, y cuáles competencias suplirían esas necesidades. Y finalmente, para la tercera fase se creó un instrumento que permitiera conocer cual competencia era necesaria y el valor de esta, de esta manera, se estableció un gráfico de radar donde se evidenciaban las competencias según a cuál área de desafío pertenecían y el valor de estas dentro del conjunto (figura 5).

Además de esto, los investigadores plantearon dos términos adicionales en esta temática, “Reskilling” y “Upskilling”, haciendo referencia al proceso de aprender nuevas habilidades para así poder realizar un trabajo diferente o entrenar a otros para realizar otra labor, y el proceso de aprender nuevas habilidades o enseñar nuevas habilidades respectivamente. (Wahab et al., 2021) Siendo muy importantes estos conceptos debido a que los trabajadores deben estar en constante actualización de sus conocimientos y habilidades para permanecer competitivos y capacitados

Figura 4 Visualización del modelo de competencias – Tomado (Hecklau, 2016)



Es de resaltar que el modelo planteado por Hecklau plantea todas las competencias necesarias, pero para esta investigación se hará énfasis en las competencias técnicas específicamente en el área de Dirección de Operaciones (Hecklau et al., 2016).

2.3 Marco de Referencia

2.3.1 Marco de antecedentes

Por medio de su investigación, Fabian Hecklau (Hecklau et al., 2016) mostró la relevancia que tenía la buena gestión del recurso humano dentro de las empresas que han estado enfrentando a una revolución industrial la cual demanda trabajadores con competencias específicas para nuevos desafíos emergentes, derivados de la automatización y la digitalización; así mismo segmentó dichos desafíos en diferentes áreas, para así proponer las cualidades técnicas, metodológicas, sociales y personales que deben tener las personas que podrán hacer frente al nuevo entorno industrial, administrativo y de mercado que ha traído consigo la industria 4.0, dando como resultado, un modelo de competencias utilizado primeramente en el Instituto

Fraunhofer de Sistemas de Producción y Tecnología de Diseño (Fraunhofer IPK) el cual sirvió para evaluar a los empleados con el fin de realizar un análisis de brechas de competencia para las requeridas en la industria 4.0.

Dicha investigación, fue usada una año después por Andrea Benešová y Jiří Tupa, para mostrar los diferentes requerimientos de cualificación y educación que necesitarían las empresas en su personal para generar una transición gradual de una empresa 3.0 a una 4.0 (Benešová, 2017). Ellos enfocaron su estudio en mostrar las habilidades y cualidades técnicas específicas que serían requeridas en labores como las realizadas por ingenieros de software, analistas de datos y técnicos en electrónica, entre otros, concluyendo en su estudio que cada empresa, grande, mediana o pequeña, deberá buscar desde la gestión del recurso humano un desarrollo en educación, aprendizaje y formación del empleado, traspasando las barreras de sus funciones ya conocidas como lo eran la selección y dotación del personal, y el despido de empleados.

Luego, en el año 2019, Emmanuel Flores en su documento Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0 utilizaría los estudios del mismo Heckalu, y de otros investigadores para condensar dichos conocimientos en tres respuestas a preguntas claves que servirían para el desarrollo y comprensión de un sistema de competencias más sólido, que permitiera estar a la par de la entrada disruptiva que ha traído la industria 4.0 (Flores et al., 2020). Flores presentó tres relevantes aspectos de la industria, primero, como sería la nueva interacción y comunicación para los empleados dentro de una empresa, segundo, cuál sería el mejor término para definir a la nueva fuerza de trabajo que está formándose actualmente, y por

último, mostró cuales son las competencias que serán requeridas para el nuevo cambio de paradigma.

Mientras que Andrea Benešová mostró las cualidades que serán necesarias para el futuro de la industria (Benešová, 2017), Emmanuel Flores condensó dichas cualidades en cinco grupos de competencias, todo esto con la finalidad de entender por qué y para que demandar habilidades específicas al capital humano 4.0 (término que atribuye a la nueva fuerza laboral), las competencias blandas, duras, de inteligencia emocional, digitales y cognitivas son la nueva tipología útil para que los gestores del recurso humano entreguen a las empresas el capital humano que se necesita en la nueva industria.

2.3.2 Marco teórico

En el presente marco teórico se dan a conocer los conceptos necesarios para el entendimiento del desarrollo de este proyecto. Primero se abordarán los términos relacionados a la cuarta revolución industrial y la industria 4.0, después se definirán las tecnologías asociadas a estos como: análisis de big data, robots autónomos, simulación, sistemas de integración horizontal y vertical, internet industrial de las cosas, ciber seguridad, computación en la nube, manufactura aditiva y realidad aumentada; todo esto con el fin de tener un panorama claro en función de la I4.0. Posteriormente, se explorarán conceptos como: sistemas ciber físicos, sistemas de producción ciber físicos, operador 4.0 y fabrica inteligente, después se planteará la diferencia entre los conceptos de habilidad y competencia junto a la definición de competencias

técnicas, habilidades blandas y las habilidades duras. Y para finalizar se planteará la definición de la dirección de operaciones dado que este es el énfasis de la investigación.

- **Cuarta Revolución Industrial.**

Consiste en el proceso que se está dando actualmente en el XXI en virtud de una economía global, acompañada de cambios tecnológicos y de índole cultural, proceso en el que según Klaus Schwab fundador del Foro Económico Mundial se combinan sistemas digitales, físicos y biológicos en pro de la transformación de la humanidad (Schwab, 2013)

- **Industria 4.0.**

El término Industria 4.0 fue primeramente mencionado en la Feria de Hanover en 2011. Después de esto, el gobierno alemán lo adoptó como una iniciativa para revolucionar la industria manufacturera. (Raj et al., 2019) Es una nueva fase de la Cuarta Revolución Industrial, enfocada fuertemente en la interconectividad, automatización, machine learning, y data en tiempo real. (Mofokeng & Mokoena, 2021). De esta manera, la Industria 4.0 implica principalmente la implementación de tecnologías avanzadas de fabricación, como la Impresión 3D, el modelado, la simulación, la virtualización y las tecnologías de gestión de datos. Adicionalmente, en artículos recientes, específicamente publicados en el 2019 y 2020, consideran la Industria 4.0 como la transformación digital de las cadenas de valor. (Ghobakhloo et al., 2021). Con esto es necesario definir las nueve tecnologías principales que se desarrollan en este nuevo paradigma (Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, 2019; Rüßmann et al., 2015)

- **Análisis de Big Data.**

Hay que destacar que el Big Data se caracteriza por el volumen variedad y la velocidad, además de requerir nuevas técnicas para su procesamiento y análisis. De esta manera, se optimiza la calidad de la producción, ahorra energía y mejora el Servicio de los equipos; esta toma de datos se realiza a través de tres fuentes principales (equipos, sistemas de producción y sistemas de gestión empresarial), los cuales se convierten en el estándar para respaldar la toma de decisiones en tiempo real.

- **Robots Autónomos.**

Desde hace varios años los fabricantes de muchas industrias han empleado robots para abordar la realización de tareas complejas, pero a medida que avanza el tiempo estos robots han evolucionado para dar una utilidad mayor. Son cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos, hasta el punto de interactuar entre ellos y trabajar de manera segura junto a los humanos y aprender de ellos, para así, generar una mayor productividad. Siendo estos una herramienta esencial para lograr la precisión y flexibilidad de las operaciones en cualquier compañía. (Bongomin et al., 2020)

- **Simulación.**

Una herramienta ampliamente utilizada en toda la cadena de valor, donde al realizar simulaciones se aprovecharán los datos en tiempo real para reflejar el mundo físico en un modelo virtual, que permite incluir máquinas, productos y humanos. Esto permite que los operadores prueben y optimicen la configuración de las máquinas para el próximo producto en línea en el

mundo virtual antes que en el físico, con el fin de identificar con antelación posibles problemas, evitar desperdicio de costos y de recursos en la producción.

- **Sistemas de integración horizontal y vertical.**

Es una realidad que actualmente la mayoría de los sistemas de las compañías no se encuentran totalmente integrados. Las empresas, proveedores y clientes rara vez están estrechamente vinculadas; tampoco departamentos como ingeniería, producción y servicio. No obstante, mediante la Industria 4.0, las empresas, departamentos, funciones y demás, se volverán mucho más cohesivos a medida que las redes de integración evolucionen y permitan cadenas de valor verdaderamente automatizadas.

- **El Internet de las Cosas (IOT)**

El Internet de las cosas (IoT) permite la comunicación entre todos los dispositivos dentro y fuera de la empresa. Donde más dispositivos (a veces incluidos hasta productos sin terminar) se enriquecerán con computación integrada y se conectarán mediante tecnologías estándar. Cabe resaltar, que el IoT es una red no determinista y abierta en la que los dispositivos son interoperables y capaces de actuar de forma independiente persiguiendo sus propios objetivos (u objetivos compartidos) dependiendo del contexto, las circunstancias o los entornos.

- **Ciber-seguridad.**

Representa uno de los mayores desafíos para las compañías, dado que con el aumento de la conectividad y el uso de diferentes tecnologías provenientes de la Industria 4.0, se tiene la necesidad de proteger la gran cantidad de datos recopilados, almacenados y comunicados a

través de la IIoT. Como resultado, las comunicaciones seguras y confiables, así como la administración de identidades y accesos de máquinas y usuarios son esenciales.

- **Computación en la nube.**

Está relacionada con la infraestructura de las TIC, que permite el acceso a los datos desde diferentes dispositivos. La nube puede tratarse como un servicio y soporte de diseño colaborativo, fabricación distribuida, recolección de innovación, minería de datos, tecnología web semántica y virtualización. Al mismo tiempo, mejorará el rendimiento de las tecnologías, consiguiendo tiempos de reacción de apenas unos milsegundos. Como resultado, los datos y funcionalidad de las máquinas se implementarán cada vez más en la nube, lo que permitirá más servicios basados en datos para los sistemas de producción.

- **Manufactura Aditiva.**

Consiste en un conjunto de tecnologías como la impresión 3D que permiten producir pequeños lotes de productos con un alto grado de personalización al agregar en lugar de eliminar material de un bloque sólido, a través, de la creación de prototipos. Esto genera en las empresas ventajas como la reducción de material de desecho, un lanzamiento más rápido al mercado debido a la rápida creación de los prototipos, una mayor flexibilidad de producción y un menor número de herramientas requeridas.

- **Realidad Aumentada.**

Permite la creación de un entorno virtual en el que los humanos pueden interactuar con máquinas utilizando dispositivos capaces de recrear el espacio de trabajo. Una de sus ventajas es brindar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo, además, de ser una excelente herramienta para realizar entrenamientos.

- **Sistemas Ciber-Físicos (CPS).**

Son sistemas integrados inteligentes, una combinación de electrónica y software, que están conectados al mundo real a través de sensores y actuadores, además, de estar conectados entre sí y con el internet. Así, el mundo físico se fusiona con un mundo virtual a un ciberespacio, que es, según su definición, una combinación de datos digitalizados, creando un universo de información y comunicación conectado a través de internet. (Science, 2021)

- **Sistemas de Producción Ciber-Físicos (CPPS).**

Según Laszlo Monostori los sistemas de producción ciber-físicos consisten en elementos y subsistemas autónomos y cooperativos que se conectan entre sí de manera dependiente de la situación, en todos los niveles de producción, desde los procesos hasta las redes de producción y logística, pasando por las máquinas (Monostori, 2014). Modelar su funcionamiento y también pronosticar su comportamiento emergente, plantea una de tareas básicas y aplicadas, sin mencionar el control de cualquier niveles de estos sistemas. Lo fundamental es explorar las relaciones de autonomía, cooperación, optimización y capacidad de respuesta.

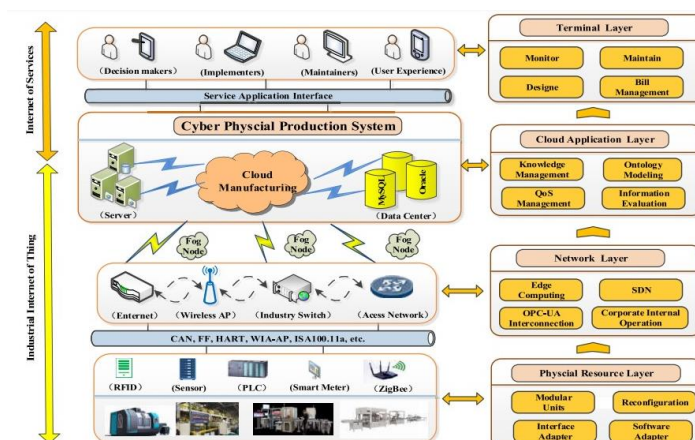
- **Operador 4.0.**

Son aquellos operadores calificados que realizan el trabajo con el apoyo de máquinas; que interactúan con robots colaborativos, sistemas avanzados y sensores; que utilizan la realidad aumentada y virtual, y explotan los beneficios de las tecnologías habilitadoras para comprender la producción a través de información en tiempo real y sensible al contexto. Esta interacción sin duda se verá afectada por la variabilidad del comportamiento humano y su confiabilidad, que puede influir fuertemente en los estándares de seguridad, calidad y productividad. (Valentina et al., 2021)

- **Fábrica inteligente.**

Una fábrica inteligente está basada en la automatización y digitalización de la fábrica, usa las tecnologías de la información para mejorar la gestión de la fabricación y la calidad de los servicios. Además, de representar un sistema de ingeniería, constanding de 3 aspectos principales: interconexión, colaboración y ejecución; aspectos que se suman a 4 capas con tecnologías específicas para cada una, a fin de convertir la fábrica moderna en inteligente (Chen et al., 2018)

Figura 5 Capas de una fábrica inteligente - Tomado de (Chen et al, 2018)



- **Competencias.**

Una competencia es la combinación de atributos, habilidades, destrezas, conocimientos y experiencia de una persona, que son necesarios para desempeñar roles en la vida y en el trabajo (Gerrit Meyer, Bianca Bruing, 2015). De igual manera es importante resaltar la definición que la Universidad Industrial de Santander le ha dado al término competencias en su documento “Referentes institucionales para la creación, la reforma y la modificación de programas académicos”, donde establece que competencia es la capacidad para responder a las exigencias individuales o sociales para realizar una actividad o una tarea desde una combinación de habilidades prácticas y cognitivas interrelacionadas, conocimientos (incluyendo el conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros elementos sociales y de comportamiento que pueden ser movilizados conjuntamente para actuar de manera eficaz. (Martínez & Gamboa, 2021).

En este mismo documento se plantean taxonomías como la taxonomía de Bloom, Dreyfus, SOLO, BOGOYA, FINK, Tobón, y Marzano & Kendall, presentan un conjunto de niveles de desarrollo o dominio jerarquizados en orden de complejidad, y para cada uno de los dominios, proporcionan verbos que permiten enunciar competencias, indicadores de aprendizaje, objetivos de enseñanza e instrucciones de actividades de aprendizaje, tareas evaluativas o tareas de desempeño. (Martínez & Gamboa, 2021).

Es también pertinente resaltar la definición planteada por el Ministerio de Educación Colombiano en el artículo 79364 que dice: “Conjunto de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socio-afectivas y comunicativas), relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores. Por lo tanto, la competencia implica conocer, ser y saber hacer”

- **Competencias técnicas.**

Conjunto de disposiciones cognitivas y actitudinales que desarrolla el capital humano de una organización para interactuar y dominar el uso consciente o inconsciente de las Tecnologías de la Información, la Comunicación y la Colaboración, en lo referido a la apropiación e incubación tecnológica para la innovación en servicios, procesos o productos que generan beneficios y crecimiento para la empresa y se basan estrictamente en el trabajo colaborativo de su personal (Candolfi-arballo et al., 2022). Adicionalmente la Universidad Industrial de Santander plantea aquellas competencias propias de una determinada ocupación o profesión. Tienen un alto grado de especialización, así como procesos educativos específicos, generalmente llevados a cabo en programas técnicos, de formación para el trabajo y educación superior. Es así que quien posee competencias profesionales o técnicas dispone de los conocimientos, destrezas y actitudes necesarias para ejercer una profesión, además de poder revisar los problemas profesionales de forma autónoma y flexible y está capacitado para colaborar en su entorno profesional y en la organización del trabajo. (Martínez & Gamboa, 2021)

- **Competencias digitales.**

La competencia digital es el grado en que una persona está familiarizada con las herramientas y los servicios digitales y es capaz de monitorear el desarrollo digital y su impacto en cualquier entorno. La competencia digital incluye: conocimiento de la búsqueda información, comunicación, interacción y producción digital, habilidades en el uso de herramientas y servicios digitales, entender la transformación que la digitalización conlleva en la sociedad con sus oportunidades y riesgos, y motivación para participar en el desarrollo. (Wiggberg & Pears, 2022)

- **Habilidad.**

Se refiere a la capacidad de una persona para realizar una determinada tarea. (Orazio et al., 2019)

- **Habilidades blandas.**

Algunos autores definen habilidades blandas como habilidades importantes relacionadas con el trabajo que implican poca o ninguna interacción con las máquinas y que se pueden aplicar en una variedad de contextos laborales, esto sugiere que las habilidades blandas son habilidades genéricas; teniendo dos componentes principales: habilidades intrapersonal e interpersonal (Isabel et al., 2021). Por otro lado, también se definen como aquellas que se relacionan más a habilidades sociales y menos al conocimiento teórico, dependiente en la habilidad de los individuos de interactuar con otros. (Albandea; & Gire, 2017). Siendo muchas veces el termino Habilidades blandas o Soft Skills en ingles sinónimos de habilidades fundamentales (Core Skills), habilidades personales (Personal Skills) y habilidades sociales o emocionales.(Boerhannoeddin; & Bakare, 2016)

- **Habilidades duras.**

Las habilidades duras hacen referencia a la experiencia técnica tangible y a los conocimientos necesarios para desempeñar un trabajo . Siendo éstas más fáciles de observar, cuantificar y medir; además, de ser más fáciles de entrenar, adquirir y manejar porque, la mayoría de veces no implican un desaprendizaje o cambio de comportamiento. (Boerhannoeddin; & Bakare, 2016; Isabel et al., 2021)

- **Dirección de Operaciones.**

De acuerdo al Instituto Panamericano de Alta Dirección de Empresas (IPADE Business School) la dirección de operaciones analiza, desde un punto de vista estratégico, la operación, gestión, control y diseño de sistemas operativos, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Asimismo, integra el estudio de procesos operativos, en función de ventajas comparativas, con un acoplamiento logístico capaz de generar valor mediante tecnologías de producto y proceso competitivas

2.4 Principales aspectos de la Industria 4.0 para la dirección de operaciones

De manera que se establecen los principales aspectos relacionados a las nuevas tecnologías generadas por la cuarta revolución industrial para el área de dirección de operaciones, junto a los autores que identifican su importancia junto al por qué de esta.

El primer aspecto a mencionar son los robots autónomos que de acuerdo a (Bongomin et al., 2020) son una tecnología que permite implementar la producción autónoma con mayor precisión, además de permitir trabajar junto a humanos o incluso en lugares restringidos por humanos. Tienen la facultad de cumplir con precisión las tareas asignada, centrándose en la seguridad, la versatilidad y la colaboración, siendo estos elementos importantes para el área de dirección de operaciones.

El segundo aspecto es la simulación , MinTIC establece que es una herramienta que aprovecha los datos en tiempo real para reflejar el mundo físico en un modelo virtual, el que permite identificar con antelación posibles problemas y detectar diferentes tipos de desperdicios

que se puedan presentar en la producción. Además de esto Claudia Chackelson amplia su uso al plantear que pueden ser utilizadas para desarrollar procesos logísticos internos más sólidos en la industria manufacturera y de servicios (Chackelson et al., 2013).

El Internet de las cosas es el siguiente factor relevante, que es de acuerdo al minTIC es una herramienta de gran utilidad para las empresas debido a que permite la comunicación entre todos los dispositivos dentro y fuera de la empresa, permitiendo obtener información en tiempo real que ayude a los directores de operaciones a la toma de decisiones. (Anitha et al., 2022)

Es de tener en cuenta que la computación en la nube es también un factor crucial para la dirección de operaciones en el contexto de la I4.0, dado que mejora el rendimiento de las tecnologías reduciendo considerablemente los tiempos de respuesta, de acuerdo a lo establecido por MinTic (Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, 2019). Además, de ayudar a reducir la necesidad de infraestructura y aumentar la flexibilidad, debido a que las organizaciones pueden ampliar o reducir el uso de recursos según sea necesario (Fu et al., 2021).

De igual manera otro aspecto importante es la fabricación aditiva, siendo esta una herramienta que permite producir reduciendo el índice de desperdicios, además de permitir un alto grado de personalización de los productos, aumentando la flexibilidad de la producción y una reducción del número de herramientas requeridas para los procesos, traduciéndose en una reducción de costos y un mejor aprovechamiento de la infraestructura de las organizaciones (Attaran, 2017; Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, 2019)

Un sexto factor a tener en cuenta es la realidad aumentada dado que permite la creación de un entorno virtual en el que los humanos pueden interactuar con máquinas utilizando dispositivos capaces de recrear el espacio de trabajo, siendo una herramienta efectiva para realizar entrenamientos, así como brindar información en tiempo real a los operadores, además

de brindar asertividad en las operaciones (Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, 2019; Reif, 2010). Siendo algunas de sus aplicaciones más relevantes la carga de vehículos, control de materiales internacionales e instrucciones para la estandarización de materiales según (Kunrath et al., 2023).

Y finalmente el último aspecto a tener en cuenta es el big data, que de acuerdo al Ministerio de las Tecnologías de la información y comunicaciones optimiza la calidad de la producción, ahorra energía y mejora el servicio de los equipos, al recibir información de tres fuentes primordiales (equipos, sistemas de producción y sistemas de gestión empresarial), no solamente esto, también brinda conocimiento sobre rutas, personal y operaciones, siendo así una herramienta muy útil en la dirección de operaciones, de acuerdo a lo establecido por (Rajab et al., 2022).

3. Revisión contenido Web

3.1 Revisión contenido web de consultorías especializadas en Dirección de Operaciones.

Para esta investigación se tuvo en cuenta el ranking realizado por la revista Forbes de las mejores compañías de consultoría de gestión del mundo, para el cual se asoció con la empresa de investigación de mercado Statista, compañía que ha establecido varias listas principales a nivel mundial en el campo de las consultorías de gestión y ha realizado dichos análisis en los EE.UU., Alemania, Francia, Reino Unido, Suiza y Japón. Para determinar la lista de consultorías de gestión, Statista analizó los resultados de estas listas principales y las unificó creando su ranking, resultando en 230 firmas que recibieron la mayor cantidad de recomendaciones; siendo estas

clasificadas de acuerdo con las clasificaciones de estrellas: cinco estrellas para “recomendado con mucha frecuencia”, cuatro estrellas para “recomendado con frecuencia” y tres estrellas para “recomendado”, como se evidencia en la tabla 4.

Tabla 4

Ranking Consultorías

Posición	Compañía
1	Accenture
2	Boston Consulting Group
3	KPMG
4	McKinsey & Company
5	PricewaterhouseCoopers
6	AlixPartners
7	Arthur D. Little
8	A.T. Kearney
9	Bain & Company
10	Baringa

3.1.1 Accenture

Accenture es una empresa multinacional con más de 70 años de experiencia en consultoría que actualmente cuenta con presencia en 200 ciudades de 49 países alrededor del mundo, que enfoca su promesa de valor en cuatro esferas; sostenibilidad, enfoque en el medio ambiente, fortalecimiento de habilidades y el desarrollo de asociaciones.

De esta forma Accenture ha creado diferentes servicios en los que puede trabajar en las compañías relacionados a la Industria 4.0 desde el área de dirección de operaciones como se evidencia en la tabla 5.

Tabla 5

Servicios de Accenture relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Operaciones inteligentes	Simulación y big data.
Operaciones y cadena de suministro	Inteligencia artificial y computación en la nube
Inteligencia digital y servicios de manufactura	Robots autónomos, computación en la nube e inteligencia artificial.

3.1.2 Boston Consulting Group

Boston Consulting Group fue establecida en 1963 y desde esta fecha ha estado a la cabeza en ayudar a las organizaciones en construir un avance en sus procesos de gestión , a través de la colaboración con los clientes, la orquestación de la estrategia y el reconocimiento de dinámicas organizacionales distintivas, los consultores de BCG han guiado a los líderes de la industria para que reconozcan y respondan a su mundo cambiante, ayudándolos a capitalizar las oportunidades emergentes y aprovechar la ventaja competitiva.

Para esta investigación se analizará los servicios que corresponden a la dirección de operaciones asociados a la Industria 4.0 como se evidencia en la tabla 6

Tabla 6

Servicios de BCG relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Transporte y logística	Big data y simulación
Operaciones	Simulación, inteligencia artificial y big data.

3.1.3 KPMG

KPMG fue fundada en 1987 cuando Peat Marwick International and Klynveld Main Goerdeler se unieron dispuestos a enfrentar la revolución industrial, de esta manera se estableció la compañía como una firma global que brinda servicios de auditoría, impuestos y asesoría, con el objetivo de ayudar a otras organizaciones a mitigar los riesgos y aprovechar las oportunidades del entorno.

Es así que en la tabla 7 se puede evidenciar los servicios asociados a la dirección de operaciones con un enfoque a la Industria 4.0.

Tabla 7

Servicios de KPMG relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Adquisiciones	Manufactura aditiva e inteligencia artificial
Cadena de suministro	Big data y robots autónomos.

3.1.4 McKinsey & Company

Fundada en 1926 McKinsey ha operado como una asociación global que combina estrategias audaces y tecnologías transformadoras para ayudar a las organizaciones a innovar de manera más sostenible, lograr ganancias duraderas en el rendimiento y crear fuerzas de trabajo que prosperen ante los cambios venideros en la industria. Con un alcance a 22 tipos de industrias en las que se destacan ingeniería y logística e infraestructura, además de enfocarse en el ámbito digital y operacional de las organizaciones, entre otras.

Es así que en el marco de esta investigación será un punto clave los servicios establecidos que maneja la organización, como se ve en la tabla 8

Tabla 8

Servicios de McKinsey & Company relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Ámbito digital	Big data, inteligencia artificial, internet de las cosas, simulación y robot autónomos.
Ámbito operacional	Simulación y big data.

3.1.5 PricewaterhouseCoopers

PWC es una organización de consultoría y auditoría ubicada en 155 países a nivel mundial comprometidos a solucionar problemas importantes que tengan las organizaciones. Es de destacar que uno de sus enfoques principales es la manufactura industrial pero llevada a un desempeño en el mundo digital, dado que esta está actualmente marcada por una rápida innovación, disrupción global, nuevos modelos de negocios e importantes inversiones digitales, por esto PWC ayuda a imaginar los negocios y su lugar a lo largo de la cadena de valor y evolucionar al futuro. Es así que esta empresa de consultoría está preparada para llevar a las organizaciones a la industria 4.0, donde las nuevas tecnologías están cambiando la forma de fabricar, desde la impresión 3D, la robótica, el Internet industrial de las cosas hasta los vehículos autónomos.

Desde esta perspectiva operacional se han desarrollado herramientas y servicios para impulsar las empresas a esta nueva de la industrial, como se evidencia en la tabla 9

Tabla 9

Servicios de PWC relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Check-In	Inteligencia artificial e internet de las cosas.
Soluciones conectadas	Internet de las cosas y robot autónomos.
Plataforma de geolocalización interior	Internet de las cosas y computación en la nube
Plataforma de perspectivas de terreno	Internet de las cosas y computación en la nube

3.1.6 AlixPartners

Con más de 40 años ayudando a empresas a responder a los desafíos desde la mejora urgente de rendimiento hasta la reestructuración compleja, desde la mitigación de riesgos hasta la transformación acelerada. Sus asociados se especializan en: consultoría en gestión y dirección, planeación estratégica, reestructuración corporativa, estrategias de comercialización, crecimiento empresarial y mejoras en el rendimiento, transformación empresarial y acelera, disputas y riesgo, y consultoría económica. En este periodo AlixPartners se ha especializado en 13 áreas de la industria que son: defensa y aviación, automotriz, bienes de consumo, servicio al cliente, energía y procesos industriales, servicios financieros, cuidado de la salud, inversiones, bienes raíces, restaurantes y hotelería, ventas, tecnología y telecomunicaciones, transporte e infraestructura. Es debido a esto que la compañía presta servicios en consultoría económica, investigación y riesgos,

adquisiciones, mejora del rendimiento, tecnología y digital, liderazgo transformador y cambio y reestructuración.

Es así que se establecen los servicios que corresponden a la dirección de operaciones asociados a la Industria 4.0, como se evidencia en la tabla 10

Tabla 10

Servicios de AlixPartners relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Mejora del rendimiento operativo	Simulación, robots autónomos y big data.

3.1.7 Arthur D. Little

Arthur D. Little es la primera firma de consultoría de gestión del mundo que cuenta con 135 años de experiencia, gracias a su experiencia la firma ayuda a las organizaciones en múltiples industrias a ver el negocio bajo una nueva luz, capitalizando las posibilidades, mientras manejan los desafíos de hoy; entre esas destacan la industria aeroespacial y de defensa, bienes industriales y de servicios, automotriz, químicos, bienes de consumo, servicios financieros, cuidado de la salud, petróleo y gas, inversiones, servicio públicos, telecomunicación y tecnologías de la información, y transporte. Pero para efectos de esta investigación se hará énfasis en el sector de bienes industriales, en la que Arthur D. facilita la adaptación a la hipercompetencia, la versatilidad y volatilidad de la demanda y la alta velocidad del cambio tecnológico.

Es así que en la tabla 11 se aprecian los servicios de dirección brindados por la compañía y su enfoque en la Industria 4.0.

Tabla 11

Servicios de Arthur D. Little relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Agregar valor en toda la cadena	Simulación, robots autónomos y big data.
Futuro de las operaciones (Industria 4.0)	Robots autónomos, simulación, internet de cosas, computación en la nube, fabricación aditiva, realidad aumentada y big data.
Desempeño total de la empresa	Big data, fabricación aditiva y simulación
Gestión de la cadena de suministro	Simulación
Adquisiciones y abastecimiento	Big data
Producción y logística	Fabricación aditiva, simulación y big data.

3.1.8 A.T. Kearney

Operando desde 1926, Kearney es una firma de consultoría de gestión global líder con más de 4200 colaboradores que trabajan en más de 40 países, con un rango de acción en más de 16 áreas de la industria en la que se destaca los bienes de consumo y servicios, el cuál para efectos de esta identificación será uno de los objetos principales a analizar de la compañía.

Debido al cambio del mundo mecánico del pasado al mundo digital, de software y electrónico de hoy, la mejor palabra para definir este suceso es transformación, que es la oferta que planea Kearney en las organizaciones, una transformación integral, que consiste en un plan

considerado y una acción paso a paso, capaz de reevaluar el modelo operativo, reinventar la cadena de suministro o adaptar lo digital.

De este modo la compañía brinda una gama de servicios relacionados a la dirección de operaciones y las nuevas tecnologías de la I4.0, como se evidencia en la tabla 12.

Tabla 12

Servicios de A.T.K relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Transformación de operaciones a gran escala	Simulación y computación en la nube
Integración de operaciones de M&A	Big data y simulación.
Cadenas de suministro resilientes	Internet de las cosas, big data y simulación.
Adquisiciones disruptivas	Internet de las cosas y big data.
Centro de fabricación de excelencia	Internet de las cosas y simulación

3.1.9 Bain & Company

Fundada en 1973 Bain tiene como misión resolver los desafíos de la industria en: estrategia, marketing, organización, operaciones, tecnología de la información, transformación y estrategia digital, análisis avanzado, transformaciones, sostenibilidad, finanzas corporativas y fusiones y geografías. Además de esto la compañía plantea tres resoluciones para todos sus procesos e intervenciones, una mentalidad insurgente, innovación integrada y una cultura colaborativa única.

Bain ayuda a desarrollar un programa completo y sin restricciones para transformar sus operaciones, concentrándose en las oportunidades que maximicen la ventaja competitiva y fortalezcan la conexión entre las operaciones y la estrategia, con esto la empresa ofrece los servicios que se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13

Servicios de Bain & Company relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Cadena de suministro	Robots autónomos e inteligencia artificial
Abastecimiento	Big data y computación en la nube.
Manufactura	Simulación, manufactura aditiva, big data
Funciones de apoyo	Big data.

3.1.10 Baringa

Es una empresa de consultoría alemana que ayuda a las empresas a definir la estrategia, implementar cambios complejos, detectar oportunidades comerciales adecuadas, administrar el riesgo o lograr su propósito y objetivos de sostenibilidad. Su experiencia ha logrado que abarquen varios sectores industriales en los que se encuentran: el sector energético, financiero, de productos y servicios, y el sector público o gubernamental. Esto hace capaz a Baringa a tratar las áreas de servicio, digital, analítica e IA, economía, finanzas y riesgo, excelencia operacional y automatización inteligente, agilidad organizacional, capital humano, cadena de suministro y adquisiciones, transformación tecnológica y subastas.

De esta manera Baringa ofrece los servicios listados en la tabla 14 que se relacionan con la dirección de operaciones.

Tabla 14

Servicios de Baringa relacionados con dirección de operaciones con enfoque a la I4.0

Servicio	Aspecto relacionado con la I4.0
Excelencia operativa y automatización inteligente	Robots autónomos, inteligencia artificial y simulación.
Cadena de suministro y adquisiciones	Simulación y robots autónomos
Transformación tecnológica	Simulación, manufactura aditiva computación en la nube

3.2 Herramientas digitales empleadas en consultorías, interventorías y empresas concernientes al área de dirección de operaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior es posible identificar herramientas digitales como Oracle, Microsoft, Salesforce y SAP (Siendo esta última una herramienta empleada en la escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander en su currículo académico) que son empleadas en consultorías, interventorías y en las empresas concernientes al área de dirección de operaciones, además de herramientas como JumpStar, Kearney's Resilience Stress Test SM y el centro de excelencia de manufactura que son herramientas diseñadas y empleadas particularmente por algunas de las interventoras analizadas en sus servicios enfocados a la dirección de operaciones.

Además de esto, es importante resaltar que las tecnologías de la I4.0 tales como, simulación, manufactura aditiva, computación en la nube, robots autónomos, inteligencia artificial, realidad aumentada, big data y el internet de las cosas están profundamente relacionadas con las herramientas digitales empleadas en estas organizaciones de consultoría e interventoría, dado que en todos los servicios enfocados a la dirección de operaciones brindados por estas las tecnologías I4.0 están inmersas.

4. Análisis de las herramientas I4.0 aplicables a la dirección de operaciones

La cuarta revolución industrial crea un impacto positivo en el sistema de producción debido a la amplia capacidad de varias tecnologías avanzadas de fabricación e información. Es así que las nuevas tecnologías relacionadas a la Industria 4.0 han hecho posible que los directores de operaciones accedan, almacenen y procesen grandes cantidades de datos, recopilados de diferentes fuentes complementarias, tanto internas como externas a los procesos (Gaspar & Julião, 2022). Es por esto que es importante resaltar que las operaciones son un elemento clave para que las empresas obtengan una ventaja competitiva y mejoren el crecimiento, y junto al nuevo paradigma de la Industria 4.0 es necesario plantear los elementos de esta que se han relacionado profundamente con la dirección de operaciones, así como su influencia en el área, los cuales son: robots autónomos, simulación, internet de cosas, computación en la nube, fabricación aditiva, realidad aumentada y big data.

4.1 Robots Autónomos:

Los robots autónomos promueven una innovación radical en varios procesos, como el manejo de inventario, apoyo a los servicios logísticos internos y externos; además de aportar beneficios en la seguridad en el transporte, ya que están controlados por diferentes sensores y regulados por normas técnicas (Gružauskas et al., 2018). Pero una de las ventajas más significativas de usar robots autónomos es que se puede aumentar considerablemente la eficiencia de la cadena de suministro, además de en la dirección de operaciones en procesos de manufactura y servicios, esto a que pueden trabajar las 24 horas al día sin necesidad de descansos y también se pueden implementar rápidamente en nuevas ubicaciones si es necesario. (Shamout et al., 2022) De igual manera, en la dirección de operaciones se estableció el Justo a Tiempo 4.0, el cual permite producir una buena cantidad de producto en el tiempo correcto, en la calidad necesitada y en el precio correcto, para esto la guía automatizada de los vehículos minimiza cualquier desperdicio de tiempo, los RFID ofrece un monitorio continuo de inventario, ayudando a manejar estos de manera eficiente. (Naciri et al., 2022).

4.2 Simulación:

La simulación se utiliza para el desarrollo, proyección y análisis de la cadena de suministro. Esta es una herramienta para la toma de decisiones, en las que tiene diferentes aplicaciones dirección de operaciones, como la simulación picking (Chackelson et al., 2013), simulación cross-docking y simulación para optimización de inventario (Buijs et al., 2016), entre otros. Pero a pesar que la simulación puede ser empleada en cualquier espectro de operaciones, un área particularmente adecuada para ser utilizada es en el transporte y logística, o en

actividades que requieran replanificación de layouts y validación de flujos de producción, contribuyendo a la planificación logística (Da Silva & Kaminski, 2015). La simulación computacional, cuando se alinea con tecnologías como la identificación por radiofrecuencia (RFID), se puede utilizar para desarrollar procesos logísticos internos más sólidos en la industria manufacturera y de servicios (Chackelson et al., 2013). Es por esto que la simulación es una de las herramientas más utilizadas en el diseño de sistemas productivos, pues permite visualizar cualquier situación que se pueda presentar en el diseño, distribución y maquinaria en la planta de producción, para así poder reaccionar a tiempo y de manera efectiva a cualquier situación. (Negahban & Smith, 2014).

4.3 Internet de las Cosas:

El Internet de las cosas amplía el espectro de información obtenida por las organizaciones al conectar de manera inteligente con diversos usos industriales, como la adaptación de empresas a empresas inteligente también conocidas como “Smart Factories” aprovechando los sensores inteligentes integrados para obtener datos en tiempo real favoreciendo al procesamiento de información y la toma de decisiones operativas. Es por esto que las operaciones se transforman en operaciones efectivas y versátiles a comparación de las tradicionales que batallan con el almacenamiento y la evaluación de la información. (Anitha et al., 2022)

Además de esto la IoT brinda beneficios para las organizaciones en su cadena de suministro emplear esta tecnología para conectar máquinas, productos y personas en tiempo real y generar datos que pueden ser utilizados en toda la cadena de suministro (Szozda, 2017), incluso al vincular sus máquinas industriales a internet y desarrollar herramientas de recopilación

para el intercambio y análisis de datos, para así mejorar las operaciones y los procedimientos y lograr la reducción de costos y el incremento de la producción. Además, permite a las empresas responder rápidamente ya que las operaciones reciben alertas al instante a través de colaboraciones efectivas (Chackelson et al., 2013).

4.4 Computación en la nube:

La computación en la nube es un modelo para habilitar el acceso a una red conveniente y bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (como redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar y lanzar rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción con el proveedor de servicios (Li et al., 2019). La computación en la nube es un soporte para la creación de plataformas de gestión de servicios de la cadena de suministro ya que favorece la integración entre diferentes puntos de la cadena de suministro como almacenes, proveedores, transportadores y clientes. Siendo su ventaja principal la capacidad de visualizar la generación de datos en tiempo real, proporcionar información para mejorar la gestión de las operaciones de la industria y, por lo tanto, mejorar la cadena de suministro (Chackelson et al., 2013; Kunrath et al., 2023). Además, el uso de la computación en la nube puede ayudar a reducir la necesidad de infraestructura y aumentar la flexibilidad, ya que las organizaciones pueden ampliar o reducir el uso de recursos según sea necesario (Fu et al., 2021). Es importante destacar que puede proporcionar monitoreo continuo y medición del desempeño para reducir el desperdicio, así como brindar un mejor control del proceso y una utilización más eficiente de la mano de obra (Mourtzis et al., 2017). Además de

esto la computación en la nube conduce a una reducción de la necesidad de inversión en equipos y recursos tecnológicos porque el espacio de almacenamiento y la capacidad de procesamiento se contratan según la demanda. También están presentes ganancias relacionadas con la flexibilidad, agilidad y adaptabilidad de uso y análisis de datos. Esta tecnología también facilita la colaboración cliente-proveedor y la comunicación entre las distintas áreas de una organización. (Arnaldo & Junior, 2022)

4.5 Manufactura Aditiva:

La fabricación aditiva se encarga de la fabricación de piezas a partir de un modelo 3D computarizado sólido al que se le va añadiendo material capa por capa (Huang et al., 2013), contribuyendo a la eficiencia de la cadena de suministro porque reduce los costos con los canales de distribución, ya que la impresora puede conectarse directamente al punto de uso (Attaran, 2017). Según (Attaran, 2017), los impactos que genera la fabricación aditiva en la gestión de la cadena de suministro son diversos, como la fabricación en el punto de uso, la reducción del tiempo de entrega, la reducción del stock de productos listos, la reducción del lote económico, entre otros. Es importante resaltar que en la dirección de operaciones la manufactura aditiva permite la eliminación de un gran número de desperdicios dado brinda la posibilidad de producir solo el material necesario para la terminación del producto, alineándose a la metodología lean manufacturing. (Naciri et al., 2022).

4.6 Realidad Aumentada:

La realidad aumentada es una tecnología que superpone imágenes generadas por computadora en la vista del mundo real de un usuario, proporcionando una vista compuesta de los mundos virtual y real y tiene el potencial de revolucionar SCM al proporcionar información en tiempo real sobre los niveles de inventario, el paradero de activos y el estado de los envíos (Palmarini et al., 2018). En la cadena de suministro, la realidad aumentada puede contribuir a la separación de pedidos (picking) en la logística interna. Puede mejorar la visualización de la información y, en consecuencia, la asertividad de la operación (Reif, 2010)). Se espera que el uso de la realidad aumentada en SCM brinde numerosos beneficios, como una mayor precisión y eficiencia en la gestión de inventario, una mayor satisfacción del cliente a través del seguimiento en tiempo real de los envíos y costos reducidos asociados con errores en el cumplimiento. Es de resaltar que la investigación futura debería abordar la realidad aumentada en las siguientes aplicaciones: carga de vehículos, control de materiales internacionales e instrucciones para la estandarización de materiales. (Kunrath et al., 2023). Cabe destacar que la realidad aumentada y realidad virtual facilitan el mantenimiento, la detección, aislamiento y la identificación de fallas que conduce a la prevención de daños colaterales y, por lo tanto, reducen el tiempo de inactividad y mejoran la productividad. (Cirp et al., 2018)

4.7 Big Data:

En SCM, el análisis de big data puede contribuir a la estrategia de precios y la compra de materia prima, ya que se conocen los miembros de la cadena de suministro (Huang et al., 2013). Además, la implementación de tecnologías habilitadoras en la cadena de suministro puede proporcionar una mejor visibilidad de la demanda futura de los clientes, lo que contribuye a mejores pronósticos. (Kunrath et al., 2023).). Otra forma en que se puede usar Big Data en SCM

es optimizar el enrutamiento y el envío. Los macrodatos se pueden utilizar para rastrear el movimiento de mercancías e identificar cuellos de botella e ineficiencias. Esta información se puede utilizar para planificar rutas y horarios de envío más eficientes. Los grandes datos también se pueden usar para mejorar la gestión de inventario, donde la tecnología se puede usar para rastrear los niveles de inventario e identificar patrones en la demanda de los clientes (Koot et al., 2021). Esta información puede ayudar a las empresas a evitar el exceso o escasez de existencias de sus productos. Hay muchas otras formas en que se pueden utilizar los grandes datos para mejorar la SCM. Los ejemplos anteriores son solo algunas de las formas en que se pueden utilizar los grandes datos. Como el volumen de datos sigue creciendo, al igual que las oportunidades de utilizar big data para mejorar la gestión de la cadena de suministro (Koot et al., 2021). Es así que se identifican las herramientas que promueven la inclusión de elementos de la Industria 4.0 en la cadena de suministro como se evidencia en la figura 7

Figura 6 Herramientas I4.0 en la cadena de suministro – tomado de (Koot et al., 2021)

Mechanism identified	Element identified
RFID Supply Chain Architecture in Cloud Environment, Cloud Supply Chain Network, SCLLOUDY	Cloud computing
Inter-organizational collaborative simulation, Hierarchic Structure, Gradient-based, Statistical-based, Meta-model-based e Meta-heuristic	Simulation
Logistic cloud	Internet of Things, Cloud Computing
Big Data Architecture	Big Data
Smart Object Framework	Internet of Things
Cloud Robotics Architecture	Autonomous robots, cloud computing
Cloud of Things	Internet of Things, Cloud Computing, Big Data
Sectionalized Motion Control, Routing Optimization	Autonomous robots

Adicionalmente (Koot et al., 2021) plantea para cada elemento de la I4.0 el proceso en el que se adaptaría de la cadena de suministro como puede evidenciar en la figura 8

Figura 7 Elementos de la Industria 4.0

Element	Basic process of SCOR model
Autonomous robots	Enable, source, planning
Simulation	Enable, source, planning, deliver and production
Internet of Things	Enable, source, planning, deliver and return
Cloud computing	Enable, source, planning, deliver and production
Additive manufacturing	Production
Augmented reality	Source
Big Data	Enable, source, planning and production

Además de esto las aplicaciones de big data mejoran en tiempo real el conocimiento sobre rutas problemáticas, equipos, vehículos, personal y proveedores haciendo que los fabricantes corrijan sus Opciones para garantizar un transporte rápido y sin problemas, siendo así una herramienta valiosa en la dirección de operaciones (Rajab et al., 2022).

5. Identificación Académica

5.1 Identificación académica de universidades internacionales

5.1.1 Rankings de universidades

Los rankings mundiales de universidades son una herramienta que permite conocer el nivel de desempeño de las instituciones de educación superior de acuerdo con su demografía, contribución científica, relaciones internacionales, docencia, innovación, entre otros. Este desempeño representa la capacidad que estas tienen para lograr sus diversos objetivos misionales, y con ello responder a las expectativas de las partes interesadas en la misma, es decir, académicos, estudiantes, empresarios, gobiernos locales y nacionales, estudiantes, egresados, directivos, comunidad local, empresarios (Abello-romero & Mancilla, 2021)

Existen rankings como el Academic Ranking of World Universities (ARWU), Times Higher Education World University Rankings (THE), el Webometrics y el QS World University Ranking (QS), además del Scimago International Ranking (SIR), el Centre for Science and Technology Studies de la Universidad de Leiden, el Best Graduate Schools de la revista U.S News y EduRank el cual es una institución independiente que mide a 14.131 universidades de 183 países con 246 temáticas, los cuales arrojan la clasificación mundial de universidades, además de clasificarlas también por programas académicos; siendo estos los rankings elegidos para esta investigación.

De esta manera se estableció para cada ranking la metodología de elección para estipular el top 10 de universidades más sobresalientes en ingeniería industrial a nivel global, es de resaltar que algunos de estos también se establecen de manera continental dando una información adicional al comportamiento de la carrera en cada zona. Como es el caso del ranking Webometric donde su Top 10 de Universidades el 80% son universidades Norte Americanas, donde se resaltan en las primeras posiciones Harvard, Standford y el MIT; reconocidas instituciones destacadas por su producción académica, notables egresados y su contribución a la sociedad, adicionalmente en este ranking Sur américa se encuentra en la posición número 73 con la universidad de Sao Pablo Brasil, siendo esta la primer cuota de la región, y de Latinoamérica la cuota es dada por la universidad Autónoma de México en la posición 143. Adicionalmente, en la posición número 656 se encuentra la primera universidad colombiana mencionada en el ranking, la universidad de los Andes. O el caso de SCImago donde el 80% de las universidades que se encuentran en el top 10 a nivel global son de origen chino, lo cual tiene coherencia debido a que China desde principios del siglo XXI hasta hoy produce anualmente un aproximado de \$4 billones de bienes anuales, logrando el título de “La gran

fábrica del mundo” (Barría, 2018) esto de la mano con la estrategia que actualmente está implementando el país, “Hecho en china 2025” o también conocida como MIC25, la cual planea establecer a esta nación como una superpotencia industrial líder, y para esto está asegurándose de tener la capacidad de producir tecnologías, innovaciones y sistemas industriales.

De la misma manera Edurank tiene un ranking global en el área de Ingeniería Industrial con un total de 1061 universidades adscritas a esta clasificación, donde las diez mejores de estas están ubicadas en Estados Unidos, China, Holanda y Singapur, con porcentajes del 70%, 10%, 10%, 10% respectivamente.

5.1.2 Selección de Universidades internacionales

Para la selección de universidades se tuvieron en cuenta aquellas que obtuvieran un mayor número de menciones en los distintos rankings. Para esto se consideraron las universidades que se mencionaran de dos a cinco veces, siendo este último número la cantidad máxima de menciones que se pueden obtener, una vez obtenido este conteo se procedió a elegir las 5 universidades con más menciones, no obstante, en el caso de obtener dos universidades con la misma cantidad de menciones, se escogerá la universidad con mayor posición obtenida en sus respectivas clasificaciones mediante una aproximación de estos lugares, así como se muestra en la tabla número 10, donde las universidades resaltadas en gris fueron las seleccionadas para analizar sus planes de estudio y perfiles de egresado en Ingeniería Industrial

Tabla 15

Clasificación universidades internacionales

CLASIFICACIÓN					
UNIVERSIDAD	CANTIDAD DE MENCIONES	MENCIÓN 1	MENCIÓN 2	MENCIÓN 3	POSICIÓN PROMEDIO
MIT	5				
University of California, Berkeley (UCB)	5				
Stanford University	4				
Tsinghua University	3	3	3	1	2,3333333
Harvard University	3	4	3	1	2,6666666
University of Cambridge	3	3	7	2	4
Georgia Institute of Technology	3	1	4	8	4,3333333
Imperial College London	3	10	3	4	5,6666666
Delft University of Technology	2				
Purdue University--West Lafayette	2				

Es de aclarar que debido a la limitada información disponible en la página institucional de Harvard para realizar el análisis se procederá con la siguiente institución la cuál es la universidad de Cambridge

5.1.2.1 MIT

El Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) es una institución privada y mixta de educación superior, famosa por su capacitación e investigación científica y tecnológica. En 1861 fue autorizado por el estado de Massachusetts como institución educativa, su fundador y presidente de ese tiempo William Barton Rogers, había trabajado durante años para fundar una universidad dedicada por completo a la formación científica y técnica, pero el estallido de la Guerra Civil estadounidense retrasó la apertura de la escuela hasta 1865, cuando 15 alumnos se matricularon en las primeras clases, celebradas en Boston. Pero en 1916 se mudó a Massachusetts, con su campus ubicado a lo largo del río Charles.

El MIT ofrece educación de pregrado como de posgrado, con cinco escuelas académicas: Escuela de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales, la Escuela de Administración MIT Sloan y la Escuela de Ciencias, y la Facultad Whitaker de Ciencias de la Salud y tecnología, a pesar ser ampliamente conocido por sus programas en ingeniería y ciencias físicas, otras áreas como la economía, ciencias políticas, estudios urbanos, lingüística y filosofía son respetadas y valoradas. Esto genera que la admisión a la institución sea muy competitiva con un costo total de matrícula de aproximadamente 10.000 dólares.

El Departamento de Ingeniería mecánica, aeronáutica y de manufactura conocido comúnmente como “Mech-e” fue uno de los primeros cursos ofertados cuando se abrió la institución, centrándose principalmente en el estudio de manufactura existente y los principios detrás de su funcionamiento, construcción y operación. En el año 1869 se empezó a enseñar la ingeniería desde otro enfoque más empírico, usando laboratorios de enseñanzas internos y mayores excursiones a sitios industriales y civiles. Ya en 1838 se ofrecieron ingenierías como ingeniería marina, de locomotoras, industrial y arquitectura naval que posteriormente en 1894 se

convirtió en un departamento separado. Pero es 1933 el año que marcó un cambio importante en el curso de este, debido que bajo la dirección de Jerome C. Hunsaker se incorporó el plan de estudios de ingeniería aeronáutica a la ingeniería mecánica enfocándose en cuatro áreas principales: ingeniería biomédica; energía y medio ambiente; servicios humanos, incluido el transporte; y fabricación, materiales y procesamiento de materiales.

Es de esta manera que el programa evoluciona y se transforma a los que es hoy, una amalgama de las áreas ingenieriles de mecánica, aeronáutica y manufactura, como se evidencia en su plan de estudios vigente, en el cual para efectos de esta investigación se analizarán los dos últimos cursos del programa debido a que estos corresponden a las asignaturas de ingeniería industrial como se evidencia en la tabla 16

Tabla 16

Cursos Programa MIT

Fabricación
Procesos y sistemas de fabricación
Resolución de la neutralidad de carbono en el MIT
Control de Procesos de Manufactura
Introducción a los Sistemas de Manufactura
Seminario Profesional en Manufactura Global e Innovación & Emprendimiento
Gestión de Ingeniería
Ética para ingenieros
Gestión en Ingeniería
Temas Avanzados y Materias Especiales
Dando forma a la fabricación del futuro: tecnología, innovación y ecosistemas

Con esto, es factible identificar qué competencias son requeridas para estas asignaturas y cuales se desarrollan en las mismas, donde algunas pueden ser genéricas como trabajo en equipo, y otras técnicas como: habilidad para entender la calidad de un producto como una relación de costo/flexibilidad/física, habilidad para desarrollar soluciones prácticas que puedan dar respuesta a las necesidades de la industria, capacidad de utilizar de manera óptima las nuevas herramientas tecnológicas en los procesos de manufactura, habilidad para modelado estadístico y control en procesos de fabricación, administrar de inventarios, solucionar problemas de colas, caracterizar de cuellos de botella, analizar procesos y sistemas lineales y dinámicos, planear y programar fábricas. Algo a destacar es que la asignatura de “Dando forma a la fabricación del futuro: tecnología, innovación y ecosistemas” se discuten ampliamente que las tecnologías de fabricación digital permitirán nuevos productos transformarán las plantas de producción, mejorarán la sostenibilidad y crear nuevos empleos bien remunerados

5.1.2.2 Berkley

La Universidad de California, Berkeley, es una universidad pública de investigación ubicada en Berkeley, California. Fundada en 1868 como la Universidad de California, es la primera universidad con concesión de tierras del estado y el primer campus del sistema de la Universidad de California. Sus catorce universidades y escuelas ofrecen más de 350 programas de grado e inscriben a 31,000 estudiantes de pregrado y 12,000 estudiantes de posgrado. Berkeley está clasificada entre las mejores universidades del mundo según las principales publicaciones educativas. Esta institución es internacionalmente reconocida por su excelencia académica reflejada en treinta y dos premios nobel obtenidos por su alumnado y 140 miembros de la Académica Nacional de Ciencias pertenecientes a su claustro.

De Berkeley destaca su biblioteca la cual cuenta con doce millones de volúmenes, la calidad de los laboratorios de investigación y el alcance de sus investigaciones y publicaciones, caracterizadas por su naturaleza interdisciplinar.

Además de esto, una de sus más reconocidas facultades es la Facultad de Ingeniería, la cual es mundialmente conocida por ser líder en educación en ingeniería

De acuerdo al profesor y jefe del departamento Alper Atamuk la meta de este es avanzar a través del IEOR en las tecnologías que transforman y alimentan la economía, debido a la facilidad que hoy en día se tiene en la recopilación y el procesamiento de grandes cantidades de datos se vuelven más fáciles, la demanda de toma de decisiones automatizada basada en datos está aumentando rápidamente, convirtiéndose en una ventaja para las organizaciones la respuesta rápida a los cambios en la oferta y la demanda, administrar mejor los costos y riesgos, y a mejorar la eficiencia de sus operaciones. Con esto en mente el departamento de Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones forja profesionales capaces de elaborar soluciones innovadoras para sistemas comerciales e industriales, que incluye atención médica, cadena de suministro, energía, finanzas y gestión de riesgos.

Es así que el departamento planteó cinco objetivos para que su alumnado alcance una alta calificación en:

1. Modelado y análisis de una amplia gama de problemas de decisión a nivel de sistemas relacionados con la eficiencia económica, la productividad y la calidad
2. Desarrollo y uso creativo de métodos analíticos y computacionales para resolver estos problemas.
3. Recopilación y análisis de datos, y uso de métodos analíticos y computacionales para resolver estos problemas.

4. Comprensión y análisis de la certidumbre
5. El departamento espera que sus graduados adquieran las habilidades, antecedentes y conocimientos más amplios necesarios para ser un profesional eficaz en una economía global que cambia rápidamente.

Además de plantear las habilidades que los ingenieros industriales graduados de Berkeley adquirirán en su formación académica:

1. Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
2. Capacidad para diseñar y realizar experimentos, analizar e interpretar datos.
3. Capacidad para diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas.
4. Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios (Trabajo en Equipo)
5. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
6. Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
7. Habilidad para comunicarse efectivamente.
8. Comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social.
9. Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente.
10. Conocimiento de temas contemporáneos.
11. Capacidad para utilizar técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería.
12. Reconocer la necesidad y poseer la capacidad de participar en el aprendizaje permanente.
13. Comunicarse oralmente y por escrito.

14. Considere a los humanos y las organizaciones en el diseño de sistemas.

5.1.2.3 Stanford

La universidad de Stanford, es una institución norte americana enfocada en el descubrimiento, creatividad e innovación ubicada en el área de la Bahía de San Francisco, fundada por el ex gobernador de California Leland Stanford y su esposa Jane Lathrop Stanford en 1891 con el objetivo de crear una universidad no sectaria, mixta y asequible para producir graduandos educados y proactivos, enseñados en artes, tecnología e ingeniería que cambian constantemente dado los avances que día a día se producen.

Es de resaltar que la historia de la institución no ha sido fácil, debido a que se ha enfrentado a desastres naturales en 1906 ocasionando la pérdida de 2 personas y fallas considerables en la infraestructura de varios edificios de la institución, además de tener problemas financieros en sus primeros años a causa de la muerte de su fundador. Con todo esto, la institución siguió funcionando gracias al liderazgo de Jane Lathrop y es en la década de 1920 cuando el futuro presidente de EEUU y ex alumno de la universidad Herbert Hoover profesionaliza la operaciones universidad, además de fundar un instituto para la recopilación de material político mundial, conocida hoy en día como la Biblioteca y Archivos Hoover, también siendo el líder de la creación de Escuela para graduados de negocios, siendo estas dos instituciones líderes mundiales en sus respectivos campos.

Cabe destacar que la universidad ha sido pionera en muchas investigaciones y proyectos, siendo resaltados el desarrollo del tubo de vacío de ultra frecuencia Klystron, un oscilador de audio de presión, la creación del “Stanford Research Park” para albergar empresas dirigidas en

innovación. Todo esto ha desembocado que Stanford comprenda hoy siete escuelas y 18 institutos interdisciplinarios con más de 16.000 estudiantes, 2.100 docentes y 1.800 becarios postdoctorales, siendo reconocida en 2016 por el presidente de Estados Unidos de ese momento Barak Obama “como un lugar que celebra nuestra capacidad como seres humanos para descubrir, aprender, construir, cuestionar, reimaginar, crear nuevas formas de conectarnos y trabajar juntos”.

La misión del programa de pregrado en Ciencias de la Administración e Ingeniería es proporcionar a los estudiantes los fundamentos del análisis de sistemas de ingeniería para que puedan planificar, diseñar e implementar sistemas complejos de administración económica y técnica. Durante este programa los estudiantes participan en cursos básicos en modelado matemático, análisis de sistemas, teoría organizacional, optimización, probabilidad, estadística, ética, informática y economía, lo que converge en la creación del proyecto final de último año. Siendo así líderes en ingeniería, negocios y políticas públicas.

Cabe destacar que una de las fortalezas del departamento es la investigación en ingeniería, la cual está integrada con su programa educativo a nivel de pregrado, maestría y doctorado: los graduados del programa reciben capacitación como ingenieros y futuros líderes en tecnología, política e industria. Las actividades de investigación y docencia se complementan con un programa de divulgación que fomenta la transferencia de ideas al entorno de Silicon Valley y más allá. Donde todos sus programas están centrados en 3 principios: profundidad en los fundamentos conceptuales y analíticos, cobertura integral de áreas funcionales de aplicación,

y la interacción con otros departamentos de Stanford, la industria de Silicon Valley y organizaciones de todo el mundo.

Los fundamentos analíticos y conceptuales incluyen análisis de decisiones y riesgos, sistemas dinámicos, economía, optimización, ciencia organizacional y sistemas estocásticos. Las áreas funcionales de aplicación incluyen el espíritu empresarial, las finanzas, la información, el marketing, el comportamiento organizacional, la política, la producción y la estrategia. Las asociaciones cercanas con otros departamentos de ingeniería y con la industria enriquecen los programas al brindar oportunidades para aplicar métodos de MS&E a problemas importantes y al motivar nuevos desarrollos teóricos a partir de la experiencia práctica. Los programas de MS&E también brindan una base para contribuir a otras áreas, como la biotecnología, la política de defensa, la política ambiental, los sistemas de información y las telecomunicaciones. De esta forma cabe resaltar que el departamento prepara a los estudiantes para una variedad de trayectorias profesionales, que incluyen banca de inversión, consultoría de gestión, gestión de instalaciones y procesos, o para la escuela de posgrado en ingeniería industrial, investigación de operaciones, negocios, economía y política pública.

Es de esta manera que se plantearon los siguientes resultados esperados en los estudiantes de pregrado al culminar su etapa de formación académica:

1. Aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería
2. Diseñar y realizar experimentos
3. Diseñar un sistema o componentes para satisfacer las necesidades deseadas
4. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

5. Utilizar técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería
6. Funcionar en equipos multidisciplinarios
7. Comunicarse efectivamente
8. Reconocer la necesidad y demostrar la capacidad de participar en el aprendizaje permanente
9. Obtener los antecedentes necesarios para la admisión a los mejores programas profesionales de posgrado en ingeniería o negocios
10. Comprender la responsabilidad profesional y ética
11. Obtener la educación amplia necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social para obtener un conocimiento de los temas contemporáneos pertinentes al campo de la ciencia de la gestión y la ingeniería

5.1.2.4 Tsinghua

La universidad de Tsinghua fue fundada en 1911 con el nombre de “Colegio Imperial Tsing Hua”, la escuela pasó a llamarse "Colegio Tsing Hua" en 1912, y la sección universitaria se fundó en 1925. Pero fue en 1928 donde se adaptó el nombre "Universidad Nacional Tsing Hua".

Es de destacar que en esta nueva era, la era de la digitalización Tsinghua profundiza en el modelo educativo, estableciendo un enfoque tripartito “fomentar valores, desarrollar competencias e impartir conocimientos” para así mejorar la educación integral para todos los miembros de su comunidad, además de aprovechar los mecanismos de evaluación para construir una competencia innovadora de clase mundial, fortalecer la ecología y la cultura académica,

mejorar las capacidades de gobierno y adoptar un papel de liderazgo para hacer mayores contribuciones al desarrollo nacional y mundial.

La ingeniería industrial en la Universidad de Tsinghua se inició en la década de 1990. El programa de posgrado en ingeniería industrial se lanzó en 1993, siendo este el primer programa de maestría en China, y luego el programa de pregrado en 1997. Pero fue en 2001 cuando se estableció el Departamento de Ingeniería Industrial con catorce miembros de la facultad. El Dr. Gavriel Salvendy, profesor de ingeniería industrial en la Universidad de Purdue y miembro de la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos, fue nombrado profesor presidente y director fundador del departamento. Desde entonces, se ha convertido en un programa de ingeniería industrial líder en China.

El Departamento de Ingeniería Industrial incluye tres institutos: Investigación de Operaciones y Ciencia de Datos, Operación de Sistemas y Gestión Digital, Factores Humanos e Interacción Humano-Sistemática, constando con 11 profesores, 19 profesores asociados, 5 profesores asistentes y 2 profesores eméritos. Además de destacar su rama investigativa que cubre las principales subespecialidades relacionadas con la ingeniería industrial, incluida la gestión de ingeniería, la investigación de operaciones, la logística y la gestión de la cadena de suministro, la ingeniería de sistemas, la ciencia de los servicios, los factores humanos y la ergonomía, y la ingeniería de calidad y confiabilidad.

De esta manera se determina el objetivo del Departamento de Ingeniería Industrial, el cual es establecer una reputación global como una institución educativa y de investigación de clase mundial. El departamento ha adoptado un nuevo paradigma de educación en ingeniería con énfasis en la creatividad y la capacitación práctica a través de una enseñanza innovadora y ha reconfigurado el plan de estudios de acuerdo con los estándares de los mejores programas de

ingeniería industrial. Siendo así catalogado entre los 5 mejores programas de ingeniería industrial del mundo, mediante la revisión internacional de programas académicos de educación superior. Proporcionando una educación dinámica e interdisciplinaria, permitiendo a los estudiantes establecer una base sólida tanto en tecnología ingenieril y la ciencia de la gestión.

Es por esto que se establecieron cuatro objetivos educativos del programa, los cuales son:

1. Emplear teorías de ingeniería industrial y habilidades analíticas y de gestión para aumentar la eficiencia y la calidad y reducir el costo de los sistemas industriales y de servicios
2. Demostrar habilidades de pensamiento crítico reconocidas por pares, mentalidad de innovación, perspectiva de sistema, habilidades de comunicación y organización para promover la mejora de procesos o sistemas;
3. Asumir roles gerenciales y de liderazgo en sus carreras profesionales o programas de posgrado mientras trabajan en equipos interculturales y multidisciplinarios;
4. Actuar con responsabilidad global, profesional y ética y adaptarse al rápido desarrollo social y tecnológico a través del aprendizaje permanente.

Con el fin de formar profesionales con las siguientes competencias:

1. capacidad de aplicar los principios de las matemáticas, la ciencia y la ingeniería
2. capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como para analizar e interpretar datos experimentales
3. la capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas dentro de limitaciones realistas
4. la capacidad de funcionar en equipos multidisciplinarios
5. una habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

6. comprensión de la responsabilidad profesional y ética
7. habilidad para comunicarse efectivamente por escrito, hacer presentaciones orales y comunicaciones interpersonales/de equipo
8. comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social
9. reconocimiento de la necesidad del aprendizaje permanente y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente
10. conocimiento de los problemas contemporáneos;
11. capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería

5.1.2.5 Cambridge

La universidad de Cambridge fue fundada en 1209 siendo esta la cuarta universidad más antigua del mundo y uno de los principales centros académicos, y una comunidad autónoma de académicos. La institución cuenta con más de 20.000 estudiantes de todo el mundo, con más de 12.000 empleados, 31 facultades y 150 departamentos, facultades, escuelas y otras instituciones; siendo esta una confederación de escuelas, facultades y departamentos, pero es de aclarar que estos se rigen por sus propios estatutos y reglamentos. Entre estas instituciones adscritas se encuentran las seis escuelas de la universidad: la escuela de artes y humanidades, Ciencias Naturales, Medicina Clínica, Humanidades y Ciencias Sociales, Física, y Tecnología; donde en esta última se encuentra la facultad de Ingeniería, donde se encuentra el programa de manufactura y gestión.

El programa de manufactura y gestión se remonta a 1950 cuando Gran Bretaña era una potencia Industrial, donde en aquellos días era norma que los graduados de ingeniería ingresaran a la industria como “aprendices graduados” pero en un periodo de hasta dos años. Esto generó frustración en los recién graduados, ocasionando que Sir William Hawthorne convenciera a sus colegas John Reddaway y David Marples (suscritos a Cambridge) a idear algunos cursos industriales breves para graduados, estos incluían conferencias, discusiones y visitas al sitio y analizaron cómo operaba una empresa completa: cómo organizaban su diseño de ingeniería, control de producción, bienestar y marketing. Esta estrategia fue bien recibida, y ocasionó que la universidad le pidiera a Reddaway que elaborara un plan para un curso similar en estilo y contenido que durara un año, a este se le conoció como el plan Reddaway; pero lamentablemente no había suficiente dinero para ejecutarse y se archivó por un periodo aproximado de diez años. Hasta que en 1966 el curso superior de Métodos y Gestión de la Producción se puso en marcha al año siguiente, con su primera matrícula de 12 alumnos. Con una duración de un año calendario completo y diseñado para emular las tareas y disciplinas profesionales en lugar de las de los estudiantes, el curso involucró una intensa serie de proyectos reales de dos a tres semanas en fábricas de todo el país, intercalados con conferencias de profesionales y académicos.

Todo esto conllevó a que en 1988 oficialmente se nombrara como MET (Manufacturing Engineering Tripos) y el cual proporciona una base teórica sólida en tecnología de fabricación, ingeniería de fabricación y gestión empresarial, junto con la experiencia repetida de poner la teoría en práctica a través de una serie de proyectos. Estableciendo que sus egresados desarrollan habilidades invaluable en liderazgo, resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación; lo que genera un espíritu de trabajo en equipo e iniciativa.

Estas habilidades adquiridas en MET tienen como objetivo preparar a los estudiantes para futuros roles de liderazgo en negocios de tecnología, fabricación y empresa. Haciendo hincapié en habilidades universales: comunicación, liderazgo, resolución de problemas y cómo “hacer que las cosas sucedan”. Tanto que según Richard Archer, CEO de Automation Partnership el valor de los graduados está en las altas habilidades técnicas combinadas con una experiencia “más suave” en gestión de proyectos, personas y gestión financiera.

Con todo esto es posible deducir las competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones para cada universidad como se evidencia en la tabla 17

Tabla 17

Competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones por universidades internacionales

Competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones	
Universidad	Competencia
MIT	- Utiliza de manera óptima las nuevas herramientas tecnológicas en los procesos de manufactura
Berkley	- Diseña un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas. -Utiliza técnicas, y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería.

Stanford	- Utiliza técnicas, y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería.
Tshinghua	- Utiliza técnicas, y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería.

Es de resaltar que la universidad de Cambrige no se encuentra en la tabla dado que las competencias planteadas en su página web corresponden a competencias genéricas, las cuales no serán consideradas en esta investigación.

5.2 Identificación académica de universidades nacionales

De acuerdo al Ministerio de Educación Nacional Colombiano y el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior en su base de datos por programas académicos se encuentran registradas 253 Instituciones de Educación Superior que ofertan Ingeniería Industrial en su currículo, de las cuales 42 están acreditadas en alta calidad. Es de resaltar que de acuerdo al Ranking de la revista Dinero 2021 en los resultados de las pruebas saber Pro los 9 mejores programas de programas de pregrado en ingeniería industrial son los evidenciados en la figura número 10.

Figura 8 Mejores programas de pregrado en ingeniería industrial en Colombia

Ranking	Universidades	Sede
1	Universidad de Los Andes	Bogotá
2	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
3	Universidad Eia	Medellín
4	Fundación Univ. del Norte	Barranquilla
5	Pontificia Univ. Javeriana	Bogotá
6	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
7	Universidad de La Sabana	Chía
8	Pontificia Univ. Javeriana	Cali
9	Universidad Eafit	Medellín

Que para efectos de la investigación se escogieron las 5 primeras universidades de este ranking que estén acreditadas en alta calidad para analizar su perfil de egresado y las asignaturas planteadas en sus planes de estudio para conocer de manera detallada lo que están ofertando a los futuros ingenieros.

5.2.1 Universidad de Los Andes

La universidad de los Andes fue fundada del 16 de noviembre de 1948 por un grupo de jóvenes visionarios liderados por Mario Lazema Pinzón, siendo la primera institución de educación superior en Colombia de carácter laico e independiente de los partidos políticos, ajena a defender los intereses de algún grupo social o económico. Todo esto enmarcó el nacimiento de la universidad con el fin de crear un nuevo país, no solamente brindar un servicio educativo.

Cabe destacar que la universidad de Los Andes es una institución autónoma, independiente e innovadora que propicia el pluralismo, la tolerancia y el respeto de las ideas; que busca la excelente académica e imparte a sus estudiantes en formación crítica y ética para afianzar en ellos la conciencia de sus responsabilidades sociales y cívicas, así como su compromiso con el entorno, de acuerdo a lo establecido en su Misión Institucional.

De igual forma es importante resaltar que la institución es la única institución privada del país cuya acreditación ha sido renovada por el máximo periodo posible, diez años, por el Ministerio de Educación Nacional, mediante la resolución 582 del 9 de enero de 2015, además de recibir acreditaciones internacionales como la entregada por la Engineering Accreditation Commission de ABET a ocho programdas de pregrado de la facultad de ingenierías desde 2010. No obstante, también fue acreditada por la AACSB (The Association to Advance Collegiate

Schools of Business), la acreditación EQUIS (European Quality Improvement System) y AMBA (Association of MBAs),

El programa de Ingeniería Industrial ofrecido por la universidad de los Andes, es de carácter interdisciplinario y encuentra su campo de acción en el análisis, la síntesis, el diseño y la creación y el manejo óptimo de sistemas de transformación de bienes y servicios, a fin de emplear de manera adecuada en dichos sistemas, los recursos humanos, técnicos, materiales, económicos y de información. Declarando que el Ingeniero Industrial UniAndino es quien aplica las ciencias básicas y sociales, los métodos y herramientas propias de la ingeniería y las técnicas de transformación, en la creación de nuevas empresas y en la búsqueda de soluciones viables a los problemas de la organización. Además. Contribuye a ilustrar y enriquecer el proceso de toma de decisiones y facilitar así al logro de metas que redunden en beneficio de la organización o sistemas objeto del estudio, de las personas que lo constituyen, de los usuarios o beneficiarios, y de la comunidad social en general.

De esta manera, se han establecido tres objetivos educacionales del programa en las que se enfatizan las habilidades profesionales que los egresados demuestran en su ejercicio profesional un tiempo después de graduados; estos objetivos son:

1. Aplicar metodologías de ingeniería industrial y de sistemas para identificar y formular problemas con el fin de diseñar e implementar soluciones para administrar y mejorar sistemas y organizaciones.
2. Agregar valor a los sistemas, organizaciones y comunidades por su liderazgo, trabajo en equipo y comunicación efectiva, actuando de acuerdo con las responsabilidades éticas, sociales y profesionales y las implicaciones sostenibles de su trabajo.

3. Autoaprendizaje continuo para adaptarse a los cambios tecnológicos, ambientales, organizacionales y sociales.

A su vez se plantearon las competencias a lograr al final del desarrollo de los cursos de la carrera de Ingeniería Industrial, los cuales se han definido de la siguiente manera:

1. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
2. Habilidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de la salud pública, seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
3. Habilidad para comunicarse efectivamente con diferentes audiencias.
4. Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en la práctica de la ingeniería y elaborar juicios informados en los que se debe considerar el impacto de soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
5. Habilidad para trabajar efectivamente en equipo cuyos miembros proporcionan liderazgo, generan un ambiente colaborativo e incluyente, establecen metas, planean actividades y alcanzan objetivos.
6. Habilidad para desarrollar y conducir apropiadamente experimentación, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para elaborar conclusiones.
7. Habilidad para adquirir y aplicar nuevo conocimiento según sea necesario, usando estrategias de aprendizaje apropiadas.

Además de esto es de resaltar que en su plan de estudios se enseñan materias como principios de optimización, probabilidad y estadística 1, modelos probabilísticos, probabilidad y

estadística 2 y simulación, estos enfocados en la investigación de operaciones y estadística; donde su objetivo es fortalecer y explotar las destrezas de análisis y síntesis de los estudiantes, quienes serán capaces de comprender, analizar y manejar herramientas cuantitativas, mediante el desarrollo de una alta capacidad de modelaje matemático. Incluye la formación en contenidos y herramientas de modelaje matemático propios de un enfoque de Ingeniería orientado hacia la investigación de operaciones. Los métodos cuantitativos que se desarrollan, la flexibilidad y la interdisciplinariedad que se emplea permiten la conceptualización teórica y la formación práctica necesarias para adelantar procesos de mejoramiento en la industria basados en la investigación aplicada.

5.2.2 Universidad Nacional de Colombia

La Universidad Nacional de Colombia fue creada en 1867 por medio de la expedición de la Ley 66 del Congreso de la República, como un ente universitario con plena autonomía vinculado al Ministerio de Educación Nacional, con régimen especial, de carácter público y perteneciente al Estado. Cuyos fines principales es contribuir a la unidad nacional, en su condición de centro de vida intelectual y cultural abierto a todas las corrientes de pensamiento y a todos los sectores sociales, étnicos, regionales y locales; formando profesionales e investigadores sobre una base científica, ética y humanística, dotándolos de una conciencia crítica que les permita actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo contemporáneo, así como liderar creativamente procesos de cambio. Contando con nueve sedes a lo largo del territorio colombiano ubicadas en la Amazonia, Bogotá D.C, en el Caribe, Valledupar, Manizales, Medellín, Arauca, Palmira y Tumaco, pero para esa investigación se

observará a la sede de Bogotá dado que esta es la se encuentra en el ranking de pruebas saber pro.

La Ingeniería Industrial tiene sus antecedentes en la antigua sección de Administración y Programación, Unidad Académica adscrita al Departamento de Ingeniería Química. A finales de los 80 cambia su denominación a Gestión Industrial y se le encomienda la formación de los estudiantes de las carreras de Ingeniería en las áreas de Ingeniería Económica, Preparación y Evaluación de Proyectos. Fundamentos de Economía, Administración de Empresas y líneas de profundización. Se desarrolla una línea de profundización en Ingeniería y Gestión de Plantas y una segunda línea en Gestión y Economía de Empresas.

En febrero de 1999 (Acta 003, Resolución 032 A) El consejo de la facultad crea y organiza la Unidad de Ingeniería Industrial y la adscribe a la Vice decanatura Académica. De esta manera, el programa académico de Ingeniería Industrial está concebido con el objeto de formar profesionales idóneos para el diseño y la gestión de procesos de producción de bienes o servicios y con capacidad de analizar la problemática tecnológica y el desarrollo industrial del país, para así Ofrecer un programa de alto estándar académico, comprometido con el desarrollo industrial a través de actividades de docencia, investigación y extensión. Ser un referente académico de los programas de Ingeniería Industrial, al desarrollar una docencia activa conducente a estimular y desarrollar en los estudiantes su capacidad creativa para aplicar adecuadamente los conocimientos científicos y tecnológicos de su profesión y capacitarlo para abordar de manera autónoma procesos de autoformación.

Con todo esto, se elaboró el perfil del profesional egresado de la Universidad Nacional en Ingeniería Industrial, el cual deberá sobresalir en los siguientes aspectos:

1. Conocimiento de los principios científicos y tecnológicos que demanda la formación como ingeniero, con lo cual el ingeniero industrial estará en capacidad de enfrentar los cambios tecnológicos y su aplicación en el campo profesional.
2. Énfasis en el estudio de los sistemas de producción industrial, apoyado en el conocimiento de las tecnologías modernas de la automatización industrial.
3. Preparación multidisciplinaria que le permita integrar conocimientos en el campo de la computación, la investigación operacional y los criterios de ingeniería económica en la evaluación de alternativas para la toma de decisiones sobre mejora de sistemas existentes o en la implementación de nuevos proyectos de inversión.
4. Orientación hacia la gestión de la tecnología en los procesos relacionados con la transferencia, innovación, mejora y negociación.
5. Formación social y humanística, que conlleve al análisis y comprensión del contexto social, económico, natural y político y desarrolle la capacidad de comunicación clara y convincente y la actitud para el trabajo en equipo.

Además de contar con las siguientes habilidades al finalizar su proceso académico:

1. Definir y coordinar el proceso de manufactura de un producto, especificando los recursos y la tecnología requeridos.
2. Planear, programar y controlar la producción.
3. Diseñar y operar sistemas de información para la gestión de procesos industriales.
4. Modernizar las tecnologías de producción, utilizando herramientas tales como la automatización, producción flexible y robótica.

5. Diseñar sistemas de logística y distribución tanto de procesos productivos, como de abastecimiento, comercialización o retorno de productos al final del ciclo de vida.
6. Diseñar y mejorar métodos de trabajo.
7. Realizar estudios de localización y distribución de plantas.
8. Diseñar e implementar sistemas integrados de calidad en empresas industriales.
9. Diseñar y administrar sistemas de mantenimiento.
10. Realizar estudios de factibilidad técnica y económica de proyectos.
11. Participar con otros ingenieros en la ejecución de proyectos industriales.

Cabe resaltar que, en su malla curricular, se destaca un grupo de asignaturas enfocadas en la producción y operaciones, las cuales son: seguridad industrial, taller de ergonomía e ingeniería de métodos, taller de ingeniería de la producción, taller de diseño de plantas, logística, control y gestión de calidad, control de calidad y sistemas de gestión, y control estadístico de calidad.

5.2.3 Universidad EIA

La universidad EIA, antes conocida como la Escuela de Ingeniería de Antioquia fue fundada el 14 de febrero de 1978 por un grupo de ingenieros provenientes del sector universitario, empresarial, y gubernamental. Su propósito fue la creación de una institución de educación superior para impartir la docencia en ingeniería de manera con excelencia académica, en un ambiente de convivencia, enlazado con una formación ética y el desarrollo de valores propios.

Debido a esto se estableció su misión institucional, en la que se dispone la formación integral de profesionales de la más alta calidad en sus programas de pregrados y postgrado, fomentar la investigación y la interacción con el entorno, con lo cual procura el desarrollo tecnológico, económico, cultural y social de la nación. Además, de promover la visión global, la internacionalización, la creatividad, el trabajo en equipo, el mejoramiento de la calidad de la vida y el respeto por el medio natural, atendiendo los principios de la ética y la justicia.

La universidad cuenta con tres escuelas, la escuela de ingeniería y ciencias básicas, la escuela de ciencias económicas y administrativas, y la escuela de ciencias de la vida; y es en la escuela de ingeniería donde está ubicado el programa de ingeniería industrial el cuál fue acreditado en alta calidad el 25 de julio de 2022 con un periodo de vigencia de 8 años.

EIA ha establecido que el ingeniero industrial egresado de la institución ha asumido el compromiso de aportar a la competitividad del país, a partir del desarrollo de las organizaciones y de la sociedad en general, contribuyendo al bienestar humano e impactando positivamente la eficiencia y la eficacia de los sistemas de producción de bienes y la prestación de servicios. Siendo formado desde la academia con pensamiento analítico, creativo y crítico, espíritu emprendedor y capacidad para trabajar en equipo, fundamentados en la innovación, el mejoramiento continuo, la normalización e interacción de la cadena de suministro de las organizaciones, contribuyendo desde la gestión integral de la red de valor al desarrollo de país en un entorno globalizado y atendiendo a los principios de la ética, la justicia y la responsabilidad social.

Es así que la alta dirección del programa de ingeniería industrial establece las competencias que adquirirán los ingenieros en el transcurso de su estadía en la institución,

seccionadas en competencias personales y competencias profesionales como se muestra a continuación:

Figura 9 Competencias personales Ingeniero Industrial

COMPETENCIAS PERSONALES			
Trabajo en equipo	Comunicativa	Pensamiento sistémico	Creatividad
Realizar actividades conjuntas con un propósito común y con una contribución productiva donde se intercambia información, se asumen responsabilidades, se resuelven conflictos y se toman decisiones para lograr los resultados esperados.	Expresar con claridad y coherencia las ideas o argumentos a través de medios escritos, orales o gráficos de acuerdo con el propósito comunicativo, las normas del lenguaje y el respeto a los derechos de autor y comprender el significado y el sentido del mensaje textual, discursivo o gráfico conducente a lograr un proceso comunicativo efectivo, en español y en inglés.	Resolver problemas, que apoyan la toma de decisiones personales y profesionales, mediante la identificación del sistema, su contexto, sus partes, sus interrelaciones y su comportamiento dinámico, y la determinación de los elementos estructurales claves sobre los que se debe actuar para resolver el problema.	Generar ideas nuevas para mejorar el desempeño individual y colectivo

Las competencias profesionales están subdivididas por áreas del conocimiento siendo éstas logística integral, operaciones en organizaciones de bienes y servicios, económico – administrativa, modelos y simulación, socio – humanística, investigación y ciencias básicas.

Logística Integral: Integrar y optimizar las actividades, procesos y sistemas que contribuyen al flujo de información y materiales en las diferentes organizaciones mejorando su capacidad de respuesta de acuerdo con las exigencias del consumidor y estándares del mercado.

Operaciones en organizaciones de bienes y servicios: Diseñar y optimizar procesos y sistemas para la producción de bienes y prestación de servicios en las organizaciones bajo los estándares de calidad requeridos para el logro de la productividad y competitividad organizacional

Económico - Administrativa: Planear, organizar, implementar y evaluar procesos y proyectos de ingeniería considerando los aspectos técnicos, económicos y financieros, el talento, los requerimientos legales y ambientales y el correspondiente análisis de los impactos.

Modelos y simulación: Desarrollar modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema cuya complejidad requiere de técnicas avanzadas del modelado y la aplicación de herramientas de simulación.

Socio – Humanística: Integrar el análisis crítico del contexto social y cultural a las propuestas de solución a problemas de interés local y global, conformes a la ética y las leyes, con responsabilidad social, compromiso ambiental y valoración de las identidades culturales y del aporte de otras culturas.

Investigación: Identificar problemas relacionados con el área de formación y proponer o participar en su solución, mediante la búsqueda, recolección y análisis sistemático de la información necesaria.

Ciencias básicas: Analizar y modelar soluciones básicas relacionadas con la ingeniería y situaciones de la vida real mediante la aplicación de las leyes, los principios y las teorías de las ciencias naturales y las matemáticas, con el apoyo de herramientas gráficas e informáticas.

5.2.4 Fundación Universidad del Norte

La universidad del Norte fue fundada entre 1959 y 1966, en medio del ambiente de crecimiento económico y de progreso que vivía Barranquilla en esa época, exactamente el 11 de julio de 1966, la universidad inició sus labores académicas con 58 estudiantes y 10 profesores

para los ciclos básicos de Administración de Empresas e Ingeniería, y en 1970 recibe aprobación para desarrollar en su totalidad el programa de Administración de Empresas., además de lograr la aprobación del programa de Psicología, y en 1973 se inaugura la ciudadela universitaria. Para la década de los ochenta ya se encontraban funcionando los programas de Administración de Empresas y Tecnología, Relaciones Industriales y Análisis de Costos, Medicina, y las Ingenierías Mecánica e Industrial, además de iniciar el programa de ingeniería civil. Es así que año tras año la universidad del Norte avanza y progresa, obteniendo su acreditación nacional por el ministerio de educación, además de ser acreditada por el Consejo Nacional de Acreditación, CNA, en 1999 en su programa de Ingeniería Industrial, convirtiéndose en el primer programa de pregrado en ser acreditado en la costa, y el segundo es esta área a escala nacional, y es hasta 2016 cuando la universidad por medio del programa Ecocampus, se integra a la alianza mundial Universidades por el medio Ambiente, red que conforman 680 instituciones de educación superior en el mundo, y que tiene presencia en 102 países.

El programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Norte se crea como respuesta a las necesidades de los sectores productivos de contar con personal calificado. “Formar un profesional idóneo para el desarrollo de la región”, ha sido la intención principal del programa, estableciendo de esta manera su misión principal, la cual es ser un formador de profesionales integrales con alta preparación técnica y humanística, comprometidos con el desarrollo económico y social de la región y al país con proyección global, esto a su vez establece los resultados que los estudiantes obtendrán al finalizar su ciclo académico:

1. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería, aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.

2. Habilidad para aplicar el diseño de ingeniería en la obtención de soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando salud pública, seguridad, y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
3. Habilidad para comunicarse efectivamente con un rango de audiencias.
4. Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y construir juicios informados en los que se consideren los impactos de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
5. Habilidad para funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros, colectivamente, proporcionen liderazgo, creen un ambiente colaborativo e inclusivo, establezcan metas, planifiquen tareas y cumplan objetivos.
6. Habilidad para desarrollar y llevar a cabo experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y utilizar juicios basados en principios de ingeniería para generar conclusiones.
7. Habilidad para adquirir y aplicar nuevo conocimiento según sea necesario, utilizando estrategias apropiadas de aprendizaje.

5.2.5 Pontificia Universidad Javeriana

La Pontificia Universidad Javeriana es una institución católica de educación superior, fundada y regentada por la Compañía de Jesús, que ejerce la docencia, la investigación y el servicio con excelencia proponiendo la formación integral de personas que sobresalgan por su alta calidad humana, ética, académica, profesional y por su responsabilidad social.

Cabe resaltar que el desarrollo de la Universidad se divide en dos periodos, uno de ellos en la época colonial, comprendido 1623 y 1767, y el otro periodo es el contemporáneo, iniciado en 1930, hasta hoy en día.

El programa de Ingeniería Industrial de la Javeriana está construido para enseñar a diseñar, optimizar, y gestionar sistemas de producción integrada y de prestación de servicios; en donde se desarrollan capacidades para integrar de manera efectiva personas, información, materiales, equipos, procesos y energía. Es importante mencionar que este programa está acreditado por ABET y cuenta con acreditación de alta calidad por 8 años, a partir del 30 de noviembre de 2021. Su misión es formar ingenieros industriales con sentido de propósito, al servicio de la sociedad, que sean capaces de generar impactos reales positivos en las organizaciones en las cuales participan.

De esta manera su plan de estudios se divide en 8 grandes áreas del conocimiento: matemáticas, ciencias básicas (físicas), métodos cuantitativos, manufactura y procesos, gestión, producción y logística, institucionales y proyecto CDIO, que para efectos de esta investigación se observará el área de producción y logística, en la que se imparten las materias de ergonomía y factores humanos, fundamentos de operaciones, modelo de sistemas logísticos, planeación y programación de las operaciones, gestión y control de calidad, éstas tienen como énfasis el uso de herramientas para la planeación estratégica, táctica y operativa de operaciones de producción y logística., además de tener un semillero enfocado en la Industria 4.0.

Con todo esto es posible consolidar las competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones para cada universidad como se evidencia en la tabla 18

Tabla 18

Competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones por universidades nacionales

Competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones	
Universidad	Competencia
Universidad Nacional de Colombia	<ul style="list-style-type: none"> -Planea, programa y controla la producción. - Diseña y operar sistemas de información para la gestión de procesos industriales. - Moderniza las tecnologías de producción. -Utiliza herramientas tales como la automatización, producción flexible y robótica. - Diseña e implementa sistemas integrados de calidad en empresas industriales.
Universidad EIA	<ul style="list-style-type: none"> -Diseña y optimiza procesos y sistemas para la producción de bienes y prestación de servicios en las organizaciones. - Desarrolla modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema. - Conoce técnicas avanzadas del modelado y herramientas de simulación.
Pontificia Universidad Javeriana	<ul style="list-style-type: none"> -Usa herramientas para la planeación estratégica, táctica y operativa de operaciones de producción y logística.

Es importante mencionar que en la tabla no se encuentra la universidad de los Andes ni la Fundación Universidad del Norte, debido a que las competencias planteadas para sus egresados no están relacionadas a con la cuarta revolución industrial en la dirección de operaciones a pesar de estas ser competencias técnicas.

6. Perfil de Egresado

El perfil de egresado corresponde a los atributos, conocimientos, habilidades y actitudes que tendrán los egresados de un programa, de tal forma que sean indicativos de la actividad profesional y de la formación integral alcanzada (Resolución MEN No. 021795, noviembre 19 de 2020, pág. 7) Es por esto que en este capítulo se presentará una metodología para la creación del perfil del egresado en ingeniería industrial, donde a través de un grupo de discusión, se establecerán las competencias relacionadas a la Industria 4.0 en dirección de operaciones que deben desarrollar los egresados de Ingeniería Industrial, dado que a partir de esta dinámica es posible nutrir la información respecto a la temática.

6.1 Informe preliminar de competencias relacionadas a la I4.0 en la dirección de operaciones.

Es importante tener en cuenta que las competencias se desarrollan en los individuos, a partir de procesos de formación, o de manera experiencial a lo largo del desarrollo profesional, por este motivo se hace pertinente plantear como formular las competencias asociadas a los

resultados de aprendizaje de acuerdo a lo estipulado por la Universidad Industrial de Santander en su documento Referentes institucionales para la creación, la reforma y la modificación de programas académicos. (Martínez & Gamboa, 2021).

El primer ejercicio que se debe hacer es definir a partir del perfil del egreso y los resultados de aprendizaje del programa, cuáles serán las competencias genéricas, ciudadanas y específicas que le permitirán al estudiante al terminar el programa, conocer y demostrar los resultados de aprendizaje esperados. El resultado de esta primera parte es un conjunto de macro competencias que se validan con un proceso de comparación y contraste con los perfiles profesionales requeridos en la sociedad. De acuerdo a esta metodología las Guías de Orientación para la Evaluación de Competencias en las pruebas Saber Pro del Icfes son referentes posibles para determinar las macro competencias a desarrollar; donde las pruebas de estado se tiene el módulo de diseño de sistemas productivos y logísticos para los programas de Ingeniería Industrial y afines, en el cual se evalúan 3 competencias las cuales son:

- Identifica y formula un problema de diseño a partir de una situación contextualizada, basada en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.
- Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.
- Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

El segundo ejercicio que se debe realizar es derivar de las macro competencias, un nivel mayor de discriminación de estas, listando las micro competencias que se enfoquen al desarrollo del ser, el saber y el hacer, las cuales se incorporan como metas formativas en los programas de las actividades académicas. Es decir, contar al final con un listado de micro competencias clasificadas en cognitivas (pertinentes al saber), procedimentales (pertinentes al hacer) y actitudinales (pertinentes al ser).

6.1.1 Macro competencias

De acuerdo a lo anterior y a las competencias establecidas por las universidades internacionales y nacionales, es posible plantear las macro competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones por universidades nacionales como se evidencia en la tabla 19.

Tabla 19

Macro competencias

Macro competencias
Utiliza técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería.
Diseña y optimiza procesos y sistemas para la producción de bienes y prestación de servicios en las organizaciones bajo los estándares de calidad requeridos para el logro de la productividad y competitividad organizacional
Aplica el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas

con consideración de la salud pública, seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

6.1.2 Micro competencias

De la misma manera es posible plantear las micro competencias relacionadas con la cuarta revolución industrial en dirección de operaciones por universidades nacionales como se evidencia en la tabla 20.

Tabla 20

Micro competencias

Micro competencias

Planea, programa y controla la producción. *Hacer-procedimental*.

Diseña sistemas de información para la gestión de procesos industriales. *Saber-cognitiva*

Opera sistemas de información para la gestión de procesos industriales. *Hacer-procedimental*

Moderniza las tecnologías de producción. *Hacer-procedimental*

Desarrolla modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un

Continuación Tabla 20

Conoce técnicas avanzadas del modelado y herramientas de simulación *Saber-cognitiva*

Utiliza herramientas tales como la automatización, producción flexible y robótica. *Hacer-procedimental*

6.2 Validación informe preliminar de competencias

La validación del informe preliminar de competencias tanto el de macro competencias como el de las micro competencias se dividió en dos fases; en la primera se realizaron entrevistas individuales con un grupo de seis (6) expertos en dirección de operaciones que para efectos de la investigación fueron los docentes de esta área de la escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander como se evidencia en la tabla número 21. Siendo ellos aproximadamente el 50% de los docentes, esto con el fin de darles un contexto acerca de la investigación y mostrarles los resultados preliminares de tal forma que pudieran realizar observaciones desde su área específica de estudio.

Tabla 21

Docentes entrevistados de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Docente	Asignatura
Edwin Alberto Garavito	Diseño de sistemas productivos y simulación de
Continuación Tabla 21	sistemas productivos
Juan Felipe Reyes	Dirección de Operaciones I y II
William Vargas	Dirección de Operaciones I y II
Frank Nicolás Delgado	Ingeniería de Calidad
Jorge Rueda	Logística Integral
Juan Pablo Pimiento	Logística Integral

Cabe resaltar que 3 de estas reuniones se hicieron de manera presencial en el edificio de EEIE, la primera el día jueves 2 de febrero del año 2023 en la que asistieron los docentes Juan Felipe Reyes y Jorge Rueda, la segunda se realizó el día jueves 23 de febrero del mismo año con el profesor Edwin Alberto Garavito. Las tres reuniones posteriores se realizaron vía Zoom los días martes 21 de febrero y el jueves 2 de marzo, con los docentes William Vargas, Juan Pablo Pimiento y Frank Nicolás Delgado respectivamente. Reuniones que con la autorización previa de los entrevistados fueron grabadas para su posterior análisis.

Posterior a esto se realizó un grupo de discusión de manera asincrónica debido a la dificultad de poder reunir a los docentes de manera presencial dado que los horarios que manejan no facilitan este proceso, de esta manera se envió un video al correo electrónico de cada uno de los expertos en el que se expusieron los cambios realizados en los resultados preliminares de las macro y micro competencias con base a los comentarios recibidos en la fase de entrevistas, cambios que estuvieron enfocados principalmente en las micro competencias como se evidencia en la tabla 22.

Tabla 22

Informe final de micro competencias

Micro competencias

Planea, programa y controla la producción. *Hacer-procedimental*.

Diseña sistemas de información para la gestión de procesos industriales. *Saber-cognitiva*

Opera sistemas de información para la gestión de procesos industriales. *Hacer-procedimental*

Adapta las tecnologías de producción de acuerdo a las necesidades de las organizaciones.

Hacer-procedimental

Desarrolla modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema *Saber-cognitiva*

Conoce técnicas avanzadas del modelado y herramientas de simulación *Saber-cognitiva*

Utiliza herramientas tales como la, producción flexible y robótica. *Hacer-procedimental*

De igual manera a raíz de las entrevistas realizadas fue necesario definir el nivel de experticia de cada micro competencia a partir de la taxonomía de Bloom, la cual ha evolucionado hasta definir seis niveles de pensamiento en las cuales las competencias pueden ser comprendidas siendo en orden ascendente: recordar, comprender, aplicar, analizar, hasta el nivel más alto que es crear; niveles en los que estarán definidas las micro competencias planteadas en esta investigación como se muestra la tabla 23, para así plantear un nivel en el que los futuros ingenieros industriales deben ubicarse en cada una de ellas al finalizar su etapa de pregrado.

Tabla 23

Relación micro competencia con los niveles de la taxonomía de Bloom

Micro competencias	Nivel en la taxonomía de Bloom
Planea, programa y controla la producción.	Evaluar
Diseña sistemas de información para la gestión de procesos industriales.	Aplicar
Opera sistemas de información para la gestión de procesos	Aplicar

industriales.

Adapta las tecnologías de producción de acuerdo a las necesidades de las organizaciones. Analizar

Desarrolla modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema Evaluar

Conoce técnicas avanzadas del modelado y herramientas de simulación Comprender

Utiliza herramientas tales como la, producción flexible y robótica. Aplicar

Con todo esto se vio evidente la importancia de relacionar estas micro competencias planteadas en función de los cursos dictados en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales que pertenecen al área de Dirección de Operaciones como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Relación cursos dirección de operaciones con micro competencias

Curso	Micro competencias
Dirección de Operaciones I	Micro competencias 4 y 5
Dirección de Operaciones II	Micro competencias 1 y 5
Seguridad y Salud en el Trabajo	Micro competencia 5
Ingeniería de Calidad	Micro competencia 4 y 5

Diseño de sistemas productivos	Micro competencia 1,3 y 7
Logística Integral	Micro competencia 2 y 5
Simulación de sistemas productivos	Micro competencia 2 y 6

No obstante, a partir del análisis de los aspectos relevantes de la I4.0 en la dirección de operaciones es importante proponer una relación de estos con los cursos actuales del área de la escuela de Estudios Industriales y Empresariales como se evidencia en la tabla 25, ahora bien esta relación no implica que actualmente estos aspectos se involucren en los respectivos cursos dictados pero se deja a consideración de los docentes, proponiendo un desafío importante a los docente del área al considerar la inclusión de estos aspectos dentro de las asignaturas

Tabla 25

Relación cursos dirección de operaciones con aspectos relevantes de la I4.0

Curso	Aspectos
Dirección de Operaciones I	Simulación, Computación en la nube y manufactura aditiva
Dirección de Operaciones II	Simulación, IoT, manufactura aditiva, realidad aumentada y big data.
Seguridad y Salud en el Trabajo	Simulación, computación en la nube y big data.
Ingeniería de Calidad	Simulación, IoT y realidad aumentada.

Diseño de sistemas productivos	Simulación, realidad aumentada, IoT, robots autónomos y computación en la nube
Logística Integral	Simulación, robots autónomos, computación en la nube, IoT y computación en la nube
Simulación de sistemas productivos	Simulación, IoT y realidad aumentada

7. Conclusiones

- Con base a la información obtenida a través de la revisión de literatura y del análisis web se pueden definir que los aspectos de la Industrial 4.0 más relevantes para la dirección de operaciones son: robots autónomos, simulación, internet de las cosas, computación en la nube, manufactura aditiva, realidad aumentada y big data.
- Se estableció como resultado de esta investigación tres (3) macro competencias enfocadas a la dirección de operaciones que los ingenieros industriales deben obtener al finalizar su proceso académico que son: Utiliza técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería para la práctica de la ingeniería; Diseña y optimiza procesos y sistemas para la producción de bienes y prestación de servicios en las organizaciones bajo los estándares de calidad requeridos para el logro de la productividad y competitividad organizacional; y para finalizar Aplica el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de la

salud pública, seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

- Se determinan siete micro competencias que los ingenieros industriales obtendrán al finalizar su pregrado enfocadas en la dirección de operaciones, las cuales son: Planea, programa y controla la producción; diseña sistemas de información para la gestión de procesos industriales; opera sistemas de información para la gestión de procesos industriales; adapta las tecnologías de producción de acuerdo a las necesidades de las organizaciones; desarrolla modelos sistemáticos para representar, predecir y analizar el comportamiento de un sistema; conoce técnicas avanzadas del modelado y herramientas de simulación y finalmente utiliza herramientas tales como la producción flexible y robótica.
- A partir de las entrevistas realizadas a los docentes del área de dirección de operaciones se puede concluir la importancia de llevar a las aulas de clase los aspectos relacionados a la I4.0 de manera que los estudiantes tengan conocimiento de ellas y poder tener un acercamiento a las mismas de manera práctica y pertinente, aun cuando esto represente un reto para los docentes al generar la necesidad de replantear la metodología en la que imparten sus asignaturas para poder poner uso estas herramientas.

8. Recomendaciones

Finalmente, es pertinente presentar algunas recomendaciones con el fin de enriquecer la investigación y proponer una discusión acerca de la importancia de la Industria 4.0 en el área de dirección de operaciones y como esta debe estar presente en la metodología de los docentes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

- . Se recomienda a partir de esta investigación que los docentes del área de dirección de operaciones puedan revisar los contenidos de cada asignatura y plantear una metodología en la que puedan hacer uso, presentar o implementar las herramientas asociadas a la I4.0 para que al empezar la vida profesional los egresados estén familiarizados con las diferentes herramientas que usan las compañías y puedan aportar en las organizaciones a las cuales de vinculen.
- Siendo esta investigación una herramienta útil en el proceso de acreditación (ABET) por la que el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander está pasando en el presente año, es pertinente analizar las competencias planteadas en este documento dado que se alinean a los parámetros establecidos por esta acreditación en los que se resaltan la aplicación del diseño de ingeniería, identificación y solución de problemas de ingeniería, y la aplicación de nuevos conocimientos ingenieriles según las necesidades de entorno.
- Así mismo, es relevante la importancia de seguir investigando sobre esta temática para que de esta forma la preparación de los futuros ingenieros industriales se haga de manera

actualizada e integral para que al culminar su formación de pregrado sean competentes en el ejercicio de su profesión.

Referencias Bibliográficas

- Abello-romero, J. B., & Mancilla, C. (2021). *Evaluación del desempeño de las universidades : el aporte de los rankings*. 18, 55–75.
- Agrawal, M. (2021). *COVID 19: Un punto de inflexión para la Industria 4.0*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/covid-19-an-inflection-point-for-industry-40/es-CL>
- Albandea, I., & Gire, J.-F. (2017). *The effect of soft skills on French post- secondary graduates ' earnings*.
- Alcaraz, M. A. (2021). *México: parte de la élite de la Cuarta Revolución Industrial*. Business Insider México. https://businessinsider.mx/mexico-parte-cuarta-revolucion-industrial-mckinsey-company_opinion/
- Anitha, G., Manoharan, A., Manoharan, H., & Ganesan, P. (2022). *A Survey of Security Issues in IIoT and Fault Identification using Predictive Analysis in Industry 4 . 0*. 70(12), 99–108.
- Arnaldo, A., & Junior, B. (2022). *Adoption of Industry 4 . 0 technologies : an analysis of small and medium-sized companies in the state of São Paulo , Brazil*. 303341, 1–23.
- Attaran, M. (2017). Additive Manufacturing: The Most Promising Technology to Alter the Supply Chain and Logistics. *Journal of Service Science and Management*, 10(03), 189–206. <https://doi.org/10.4236/jssm.2017.103017>
- Barría, C. (2018). *No más zapatillas, ropa y juguetes baratos: cómo es el ambicioso plan “Made in China 2025” con el que Pekín quiere conquistar el mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43888013>
- Baum-Talmor, P., & Kitada, M. (2022). Industry 4.0 in shipping: Implications to seafarers' skills

- and training. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13(May 2021), 100542. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100542>
- Benešová, A. (2017). *Requirements for Education and Qualification of People in Industry*. 11(June), 2195–2202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Boerhannoeddin, R. I. A., & Bakare, K. K. (2016). *The effect of soft skills and training methodology on employee performance*. <https://doi.org/10.1108/EJTD-08-2016-0066>
- Bongomin, O., Gilibrays Ocen, G., Oyondi Nganyi, E., Musinguzi, A., & Omara, T. (2020). Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0. *Journal of Engineering (United Kingdom)*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4280156>
- Buijs, P., Danhof, H. W., & Wortmann, J. H. C. (2016). Just-in-Time Retail Distribution: A Systems Perspective on Cross-Docking. *Journal of Business Logistics*, 37(3), 213–230. <https://doi.org/10.1111/jbl.12135>
- Candolfi-arballo, N., Hualde-alfaro, A., & Avitia-carlos, P. (2022). *The Evaluation of Technological Competencies among Leaders of the Renewable Energy Industry : The Case of SMEs in Baja*.
- Chackelson, C., Errasti, A., Ciprés, D., & Lahoz, F. (2013). Evaluating order picking performance trade-offs by configuring main operating strategies in a retail distributor: A Design of Experiments approach. *International Journal of Production Research*, 51(20), 6097–6109. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.796421>
- Chen, B., Wan, J., Shu, L. E. I., & Member, S. (2018). Smart Factory of Industry 4 . 0 : Key Technologies , Application Case , and Challenges. *IEEE Access*, 6, 6505–6519. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>
- Cheryl Martin. (2018). *Readiness for the future of production report 2018*. World Economic

Forum. https://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf

- Cirp, P., Cirp, P., Lean, A., Conference, D., Kühn, A., Stief, P., Dantan, J., Etienne, A., & Siadat, A. (2018). ScienceDirect ScienceDirect management 28th CIRP conjunction A new methodology to analyze the functional and physical architecture of existing products for an assembly oriented family identification. *Procedia CIRP*, 72, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Csizmadia, T. (2021). *Influence of Industry 4 . 0 technologies on corporate operation and performance management from human aspects*. <https://doi.org/10.1108/MEDAR-02-2021-1214>
- Da Silva, G. C., & Kaminski, P. C. (2015). Application of digital factory concepts to optimise and integrate inventories in automotive pre-assembly areas. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(6), 607–615. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.881552>
- Datasur. (2021). *Brasil: Gobierno anuncia primer Centro Afiliado para la 4a Revolución Industrial*. <https://www.datasur.com/en/brasil-anuncia-primer-centro-afiliado-para-la-4a-revolucion-industrial/>
- Dfhfini, F., Miranda, S. S. De, Aguayo-gonz, F., & Salguero-g, J. (2020). *Life Cycle Engineering 4 . 0 : A Proposal to Conceive Manufacturing Systems for Industry 4 . 0 Centred on the human force*.
- Engineering, C., & Engineering, C. (2020). *Reviewing Cyber-Physical System as a Part of Smart Factory in*. 48(2), 103–117. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.2992606>
- Flores, E., Xu, X., & Lu, Y. (2020). Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 687–703.

<https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0309>

Galati, F., & Bigliardi, B. (2019). Computers in Industry Industry 4 . 0 : Emerging themes and future research avenues using a text mining approach. *Computers in Industry*, *109*, 100–113. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.018>

Gaspar, M., & Julião, J. (2022). *Impacts of Industry 4 . 0 on Operations Management : Challenges for Operations Strategy*. 57–61.

Gerrit Meyer, Bianca Bruing, P. N. (2015). *Employee Competences in manufacturing companies - an expert survey*.

Ghobakhloo, M., Fathi, M., & Iranmanesh, M. (2021). Industry 4 . 0 ten years on : A bibliometric and systematic review of concepts , sustainability value drivers , and success determinants. *Journal of Cleaner Production*, *302*, 127052. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127052>

Gružasuskas, V., Baskutis, S., & Navickas, V. (2018). Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. *Journal of Cleaner Production*, *184*, 709–717. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.302>

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, *54*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>

Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, *146*(June), 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>

Huang, S. H., Liu, P., Mokasdar, A., & Hou, L. (2013). Additive manufacturing and its societal

- impact: A literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(5–8), 1191–1203. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4558-5>
- Isabel, S., Zapata, M., Pablo, J., Calderón, R., Robledo, C., Maria, A., & Jaramillo, A. (2021). Soft skills , do we know what we are talking about ? In *Review of Managerial Science* (Issue 0123456789). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00474-9>
- Koot, M., Mes, M. R. K., & Iacob, M. E. (2021). Computers & Industrial Engineering A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. *Computers & Industrial Engineering*, 154(June 2020), 107076. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107076>
- Kunrath, T. L., Dresch, A., & Veit, D. R. (2023). Supply chain management and industry 4.0: A theoretical approach. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 20(1), 1–24. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.1263.2023>
- Martínez, O. P., & Gamboa, S. C. (2021). *REFERENTES INSTITUCIONALES PARA LA CREACIÓN, LA REFORMA Y LA MODIFICACIÓN DE PROGRAMAS ACADÉMICOS*.
- Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (2019). Aspectos básicos de la Industria 4.0. *Oficina Asesora de Planeación y Estudios Sectoriales*.
- Mofokeng, M., & Mokoena, T. (2021). *Measuring the Impact of Fourth Industrial Revolution on the Modern Operations Management Systems in the Modern South African Banking Industry*. 948–957.
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems : Roots , expectations and R & D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Mourtzis, D., Fotia, S., & Boli, N. (2017). Complexity within Mass Customization and Industry

- 4 . 0 Environment. *23rd ICE/IEEE International Technology Management Conference*, 1207–1213.
- Naciri, L., Mouhib, Z., Gallab, M., Nali, M., Abbou, R., & Kebe, A. (2022). ScienceDirect ScienceDirect. *Procedia Computer Science*, 200(2021), 394–406. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.238>
- Negahban, A., & Smith, J. S. (2014). Simulation for manufacturing system design and operation : Literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(2), 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.12.007>
- Or, T., & Aszl, L. (2020). *Industry 4 . 0 from a few aspects , in particular in respect of the decision making of the management / Will the new industrial revolution change the traditional management functions ?/*. 11, 140–146. <https://doi.org/10.1556/1848.2020.20020>
- Orazio, D. L., Schiraldi, M. M., & Vincenzi, M. (2019). *Competences in operations management : a literature review*. 336–343.
- Palmarini, R., Ahmet, J., Roy, R., & Torabmostaedi, H. (2018). Robotics and Computer – Integrated Manufacturing A systematic review of augmented reality applications in maintenance. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 49(March 2017), 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002>
- Peninsula, C., & Africa, S. (2016). *INDUSTRIAL ENGINEERING CURRICULUM IN INDUSTRY 4.0 IN A SOUTH AFRICAN CONTEXT S.M. Sackey 1 & A. Bester 2 ** *ARTICLE INFO*. 27(December), 101–114.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Beatriz, A., Sousa, L. De, & Rajak, S. (2019). Barriers to the Adoption of Industry 4.0 Technologies in the Manufacturing Sector: An Inter-Country Comparative Perspective. *International Journal of Production Economics*.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>

Rajab, S., Afy-Shararah, M., & Salonitis, K. (2022). Using Industry 4.0 Capabilities for Identifying and Eliminating Lean Wastes. *Procedia CIRP*, 107(2021), 21–27.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.004>

Reif, R. (2010). *Evaluation of an Augmented Reality Supported Picking*. 29(1), 2–12.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01538.x>

Rossit, D. A. (2019). *An Industry 4 . 0 approach to assembly line resequencing*.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4 . 0 : The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.

Schwab, K. (2013). *The Fourth Industrial Revolution*.

Science, A. C. (2021). *CYBER-PHYSICAL SYSTEMS TECHNOLOGIES AS A KEY FACTOR IN THE PROCESS OF INDUSTRY 4 . 0 AND SMART MANUFACTURING*. 17(4), 84–99.

<https://doi.org/10.23743/acs-2021-31>

Shamout, M., Ben-Abdallah, R., Alshurideh, M., Alzoubi, H., Al Kurdi, B., & Hamadneh, S. (2022). A conceptual model for the adoption of autonomous robots in supply chain and logistics industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(2), 577–592.

<https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.11.006>

Szalavetz, A. (2019). Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 145(July 2017), 384–395.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.027>

Valentina, D. P., Valentina, D. S., Salvatore, M., Stefano, R., Valentina, D. P., & Stefano, R. (2021). Smart operators : How Industry 4 . 0 is affecting the worker ' s performance in manufacturing contexts. *Procedia Computer Science*, 180(2019), 958–967.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.347>

Wahab, S. N., Rajendran, S. D., & Yeap, S. P. (2021). *UPSKILLING AND RESKILLING REQUIREMENT IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN INDUSTRY FOR THE FOURTH INDUSTRIAL*. 17(3), 399–410.

Wiggberg, M., & Pears, A. (2022). *Defining Digital Excellence : Requisite Skills and Policy Implications for Digital Transformation*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3171924>

Zangiacomi, A., Pessot, E., Fornasiero, R., Sacco, M., Zangiacomi, A., Pessot, E., Fornasiero, R., & Bertetti, M. (2019). The Management of Operations Moving towards digitalization : a multiple case study in manufacturing. *Production Planning & Control*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631468>