

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL
PARA HACER MÁS EFECTIVOS LOS PROCESO DE LAS EMPRESAS DEL
SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA.

KAREN DAYANA GARCÍA LÓPEZ
CÓDIGO: 536633

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2020

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL
PARA HACER MÁS EFECTIVOS LOS PROCESO DE LAS EMPRESAS DEL
SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA.

KAREN DAYANA GARCÍA LÓPEZ
CÓDIGO: 536633

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR
FLOR NANCY DÍAZ PIRAQUIVE
Doctora en Ingeniería Informática: Sociedad de la Información y el Conocimiento
CODIRECTOR
YASSER MURIEL PEREA
Magister de Sistemas y Computación

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2020



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de Aceptación

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica de Colombia para optar al título de ingeniero Industrial.

FLOR NANCY DÍAZ PIRAQUIVE
Director

Jurado 1

Jurado 2

Revisor Metodológico

Bogotá. 12 de junio, 2020

AGRADECIMIENTOS

En Primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de haber podido estudiar una carrera profesional, oportunidad que no todas las personas tienen. Agradezco también a mi familia, quienes estuvieron en toda la trayectoria de mi carrera apoyándome incondicionalmente y por ello, les quiero agradecer dejando en este trabajo mis más sinceros agradecimientos.

Finaliza una etapa en mi vida, la cual tuve que atravesar con muchas dificultades, pero que, a fin de cuentas, en este momento es un logro más que he alcanzado y que me motiva a trazar nuevas metas con la confianza de que las voy a alcanzar también. También quiero agradecer a la Universidad Católica de Colombia por haberme permitido ser parte de su proceso académico y a los profesores que dedicaron su tiempo para orientarme en este trabajo, la Dra. Flor Nancy Díaz Piraquive y al Mag. Yasser Muriel Perea, gracias por brindarme su conocimiento.

DEDICATORIA

Tuve que pasar por mil obstáculos dificultades, pero al final todo esto no fue en vano, valió la pena. No solo fue mi esfuerzo si no el de toda mi familia el cual veo recompensando. Este trabajo lo dedico a mi familia.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.2.1 Descripción del Problema.	24
1.2.2 Formulación del Problema.	26
1.3 OBJETIVOS	26
1.3.1 Objetivo General.	26
1.3.2 Objetivos Específicos	26
1.4 JUSTIFICACIÓN	26
1.5 DELIMITACIÓN	29
1.5.1 Espacio.	29
1.5.2 Tiempo.	29
1.5.3 Contenido.	29
1.5.4 Alcance.	29
1.6 MARCO REFERENCIAL	30
1.6.1 Marco Teórico	30
1.6.1.1 Mejora Continua.	30
1.6.1.2 Kaizen.	32
1.6.1.3 Cadena de suministro.	33
1.6.1.4 Enfoques del modelado para la cadena de suministro de la construcción.	34
1.6.2 Marco Conceptual	35
1.6.2.1 Metodología PDCA para la mejora de procesos.	35
1.6.2.2 Cuarta revolución industrial.	36
1.6.2.3 TIC's.	37
1.6.2.4 Robótica.	37
1.6.2.5 Robótica industrial.	38
1.6.3 Marco Legal.	38
1.7 METODOLOGÍA	41
1.7.1 Tipo de Investigación.	41
1.7.2 Fuentes de Información.	42
1.7.2.1 Fuentes Primarias.	42
1.7.2.2 Fuentes Secundarias.	42
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	42
2. CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION	44
2.1 CONTEXTO GENERAL DEL SECTOR EN COLOMBIA	44
2.1.1 Historia de la construcción en Colombia.	44

2.1.2	Importancia del sector de la construcción en Colombia.	45
2.1.3	Características del sector de la construcción en Colombia.	46
2.1.4	Desempeño del sector construcción y sus encadenamientos sectoriales.	47
2.1.5	Empresas del sector de la construcción en Colombia.	49
2.2	CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION	51
2.3	ACTORES PARTICIPANTES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION	52
2.4	IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO	53
2.5	ROL DE LOS ACTORES EN LA CADENA DE SUMINISTRO	54
3.	ESTADO ACTUAL DE UTILIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL POR PARTE DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	58
3.1	DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA	58
3.1.1	Tipo de muestreo.	58
3.1.2	Muestra:	58
3.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS	58
3.2	APROXIMACIÓN DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS CON LAS TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	62
3.3	SÍNTESIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS	68
3.4	DOFA	70
4.	DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN	72
4.1	FUNDAMENTOS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	72
4.1.1	Instantánea.	72
4.1.2	Virtualización.	72
4.1.3	Descentralización de la toma de decisiones.	73
4.1.4	Modularización.	73
4.2	PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	73
4.2.1	Análisis de datos BIG DATA.	73
4.2.2	Robótica – Inteligencia artificial.	73
4.2.3	Simulación.	74
4.2.4	Sistemas ciberfísicos- Ciberseguridad.	74
4.2.5	Cloud computing o la nube.	75
4.2.6	Impresión 3D o manufactura aditiva.	75
4.2.7	Realidad aumentada.	75
4.2.8	Blockchain o cadena de bloques.	75
4.2.9	Internet de las Cosas (IoT).	76
4.3	ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL PROPUESTOS PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	76

4.3.1 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Planeación y diseño” de la cadena de suministro de la construcción.	76
4.3.2 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Provisión mano de obra” de la cadena de suministro de la construcción.	78
4.3.3 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Proveedor de insumos” de la cadena de suministro de la construcción.	79
4.3.4 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Transporte y logística” de la cadena de suministro de la construcción.	80
4.3.5 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Construcción” de la cadena de suministro de la construcción.	81
4.3.6 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Interventoría”.	82
4.3.7 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Mercadeo y ventas”.	83
4.4 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	84
5. CONCLUSIONES	85
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	86
7. BIBLIOGRAFÍA	87
8. ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronograma de actividades	29
Tabla 2. Marco legal aplicable	38
Tabla 3. Ranking de las empresas más grandes en Colombia del sector de la construcción.	50
Tabla 4. Participantes de la cadena	52
Tabla 5. Descripción de las empresas y cargos encuestados.	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Infografía Centro para la Cuarta Revolución Industrial en Medellín	23
Figura 2. Gráfico de la variación acumulada de doce meses de la producción y los despachos nacionales de cemento gris	24
Figura 3. Ciclo de PHVA	30
Figura 4. Conformación de la robótica	37
Figura 5. Diseño metodológico	43
Figura 6. Cadena de suministro del sector de la construcción en Colombia.	51
Figura 7. Proceso de la cadena de suministro en la que participan las empresas encuestadas	61
Figura 8. Respuesta a la pregunta tienen conocimiento de qué es la cuarta revolución industrial o industria 4.0	63
Figura 9. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Planeación y diseño.	64
Figura 10. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Provisión mano de obra.	64
Figura 11. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Proveedor de insumos.	65
Figura 12. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Transporte y Logística.	65
Figura 13. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Construcción.	66
Figura 14. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Interventoría.	66
Figura 15. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso de Mercadeo y ventas.	67
Figura 16. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso clientes.	67
Figura 17. Percepción de las empresas encuestadas respecto a que sus proveedores usen tecnologías 4.0 en sus procesos de producción.	68
Figura 18. Fase del desarrollo de un proyecto en la que las empresas encuestadas ven oportunidad de involucrar las tecnologías 4.0	69

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Actores y roles de la cadena de suministro.	54
Cuadro 2. Matriz DOFA	71
Cuadro 3. Estrategias 4.0 proceso “Planeación y Diseño”	77
Cuadro 4. Estrategias 4.0 proceso “Provisión mano de obra”	78
Cuadro 5. Estrategias 4.0 proceso “Proveedor insumos”	79
Cuadro 6. Estrategias 4.0 proceso Transporte y logística	80
Cuadro 7. Estrategias 4.0 proceso Construcción	81
Cuadro 8. Estrategias 4.0 proceso Interventoría	82
Cuadro 9. Estrategias 4.0 proceso Mercadeo y Ventas	83

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de entrevista	91

GLOSARIO

BENCHMARKING: es un proceso continuo por el cual se toma como referencia los productos, servicios o procesos de trabajo de las empresas líderes, para compararlos con los de la propia empresa y posteriormente realizar mejoras e implementarlas.

ESTRATEGIA: se define como un plan para dirigir un asunto y se compone de una serie de actividades planificadas, las cuales orientan a la toma de decisiones y a su vez permite conseguir mejores resultados. El propósito principal de una estrategia es alcanzar un objetivo siguiendo un camino diferente, innovador o metódico.

INDUSTRIA 4.0: trata de los procesos, mecanismos, tecnologías, métodos, etc derivados de la Cuarta Revolución Industrial

INNOVACIÓN: cambio que introduce una o varias novedades, sea generando un producto nuevo o modificando unos ya existentes con el fin de actualizarlos y/o mejorarlos.

PROCESO: serie de actividades realizadas siguiendo un orden. Estas actividades se dirigen a un objetivo específico o finalidad en un determinado tiempo.

TECNOLOGÍA: conjunto de elementos, instrumentos, procedimientos y/o recursos técnicos empleados en un determinado campo o sector.

ACRONIMOS

4G: cuarta generación de tecnologías.

ANIF: Asociación Nacional de Instituciones Financieras

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

IoT: internet of things (internet de las cosas)

IP: internet Protocol (Protocolo de internet)

ISO: International Organization for Standardization, 'Organización Internacional de Estandarización

NFPA: National Fire Protection Association

PIB: Producto interno bruto

PYMES: pequeñas y medianas empresas

RETIE: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas

RTC: revolución científico-tecnológica

SMART TV: televisión inteligente

SMARTCITY: ciudad inteligente

SMARTPHONE: teléfono inteligente

WEF: World economic forum (Foro económico mundial)

RESUMEN

Teniendo en cuenta que el sector de la construcción es uno de los aliados más importantes que jalona la economía del país, y que nos encontramos frente a la tendencia de la cuarta revolución industrial, se vio la necesidad de poder determinar qué estrategias 4.0 pueden aplicarse al sector de la construcción, de tal manera que el sector pueda tener una evolución e innovación. El propósito de este trabajo es definir las estrategias de la cuarta revolución industrial que permitan hacer más efectivos los procesos de las empresas del sector de la construcción.

Para esto fue necesario identificar la cadena de suministro del sector de la construcción civil en Colombia, dentro de lo cual se generó un contexto general del sector, considerando la historia, la importancia que tiene la construcción en el país, sus principales características y el desempeño frente a los encadenamientos con otros sectores productivos y la industria. Así mismo, se definieron los actores y sus roles dentro de la cadena de suministro, conociendo de esta forma los procesos que la componen.

Posteriormente, se aplicó una encuesta a 52 empresas del sector de la construcción, conociendo de esta forma la aproximación que estas empresas tienen con la cuarta revolución industrial y que tecnologías 4.0 están usando actualmente en cada uno de los procesos que conforman la cadena de suministro del sector de la construcción. Esto permitió generar un panorama de cómo están estas empresas frente a la revolución 4.0 y de esta forma generar a través de una matriz DOFA las diferentes estrategias 4.0 que pueden transformar sus procesos.

Finalmente, se definieron los pilares de la cuarta revolución industrial y se propusieron las estrategias 4.0 que se pueden aplicar a cada proceso que conforma la cadena de suministro del sector de la construcción, describiendo las tecnologías aplicables, las posibles aplicaciones y sus beneficios.

PALABRAS CLAVE: Tecnología, Revolución Industrial, Construcción Civil, Innovación, Proceso.

ABSTRACT

Taking into account that the construction sector is one of the most important allies that marks the country's economy, and that we are facing the trend of the fourth industrial revolution, the need was seen to be able to determine which 4.0 strategies can be applied to the construction sector, so that the sector can have an evolution and innovation. The purpose of this work is to define the strategies of the fourth industrial revolution that will make the processes of companies in the construction sector more effective.

For this it was necessary to identify the supply chain of the civil construction sector in Colombia, within which a general context of the sector was generated, considering the history, the importance of construction in the country, its main characteristics and the performance compared to linkages with other productive sectors and industry. Likewise, the actors and their roles within the supply chain were defined, thus knowing the processes that comprise it.

Subsequently, a survey was applied to 52 companies in the construction sector, knowing in this way the approach that these companies have with the fourth industrial revolution and what 4.0 technologies are currently using in each of the processes that make up the supply chain of the construction sector. This allowed to generate an overview of how these companies are facing the 4.0 revolution and thus generate through a DOFA matrix the different 4.0 strategies that can transform their processes.

Finally, the pillars of the fourth industrial revolution were defined and 4.0 strategies were proposed that can be applied to each process that makes up the supply chain of the construction sector, describing the applicable technologies, possible applications and their benefits.

KEYWORDS: Technology, Industrial Revolution, Civil Construction, Innovation, Process.

INTRODUCCIÓN

Haciendo una revisión histórica de la evolución humana, se evidencia que la misma ha marcado su avance mediante las revoluciones industriales, las cuales han generado progreso en las ramas de la mecánica, técnica, tecnológica y cibernética. Actualmente nos encontramos inmersos en la transición de la cuarta revolución industrial, la cual se da como resultado del dinamismo de las tecnologías, así como de la combinación de sistemas digitales y físicos, mejorando la calidad y el modus vivendi del ser humano¹. En este sentido, la filosofía en el ámbito laboral y en los procesos del mundo deben transformarse; por una parte, los métodos de enseñanza y aprendizaje deben empezar a superar lo convencional y avanzar hacia el uso de herramientas digitales, la inteligencia artificial y el análisis de datos debe empezar a apoyar los procesos de las personas altamente competitivas; por otra parte, los procesos que hacen parte de las cadenas de suministro de los diferentes sectores económicos y productivos de un país deben innovar, adaptarse y responder a las exigencias de los nuevos cambios que se dan a través de las tecnologías 4.0².

Tal y como lo afirma Wilmer López³, decano de la Universidad Sergio Arboleda, la sociedad está inmersa en un proceso de digitalización que cada vez es más acelerado; cada día encontraremos más dispositivos tales como sensores, robots, transferencia de datos, etc. Esto trae consigo una mayor productividad y uso cotidiano de la información. Toda esta tendencia conlleva a que se generen factores positivos que representan un desafío para los diferentes sectores productivos y que solo son aprovechados por quienes son capaces de innovar y adaptarse. Colombia es un país en vía de desarrollo y su economía esta categorizada como emergente, sin embargo, ha venido dando pasos importantes en la incorporación al mundo 4.0, lo cual representa una oportunidad para no quedar rezagada a estos cambios.

Dentro de los sectores productivos del país que se encuentran con poco desarrollo en aspectos de innovación e incorporación de estrategias de la cuarta revolución industrial se encuentra el sector de la construcción, el cual aún utiliza técnicas, métodos y conocimientos antiguos, que no le permiten tener una evolución gradual hacia la construcción industrializada, la cual trae ventajas de ahorro de tiempo, menos desperdicio de materiales y reducción de los diferentes riesgos⁴.

¹ LOPEZ, Wilmer. Cuarta revolución industrial: ¿qué es el mundo 4.0? [En línea]. Bogotá. [Citado 20 febrero, 2020]. Disponible en internet: <https://www.usergioarboleda.edu.co/noticias/cuarta-revolucion-industrial-que-es-el-mundo-4-0/>

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ DIARIO VANGUARDIA [En línea]. Construcción industrializada va a paso lento en Colombia. Bucaramanga: Colombia [19 junio 2016] - [Citado 20 febrero de 2020]. Disponible en internet:

Desde esta perspectiva, es urgente iniciar una búsqueda de las estrategias más convenientes de la cuarta revolución industrial que apliquen a las empresas del sector de la construcción y que permitan actualizar y desarrollar de manera más efectiva sus procesos. De esta forma, con este trabajo se pretende presentar las diferentes estrategias de la Revolución 4.0 que se pueden aplicar a cada uno de los procesos que desarrollen las empresas del sector de la construcción en Colombia y la conveniencia de hacer parte de esta tendencia tecnológica, vista desde la aplicación de las estrategias 4.0 en cada uno de los procesos que componen la cadena de suministro del sector de la construcción, el cual es “el aliado más importante para jalonar la economía del país”, según el Foro de Construcción y Política Pública realizado por la Cámara Colombiana de la Construcción en el año 2018⁵.

El documento está organizado de la siguiente manera, en primer lugar, se encuentran los antecedentes, el problema y la justificación. A continuación, se encuentran la delimitación, marco de referencia, y los aspectos metodológicos. Posteriormente, se muestra el desarrollo de los objetivos. Finalmente, se muestran las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

<https://www.vanguardia.com/economia/nacional/construccion-industrializada-va-a-paso-lento-en-colombia-OGVL362693>

⁵ CONSTRUCTORES Y CONSULTORES S.A.S. [En línea]. Importancia del sector construcción en la economía colombiana. Cali. [14 septiembre 2018] - [Citado 20 febrero, 2020]. Disponible en internet: <http://aygconstructores.com/importancia-del-sector-construccion-en-la-economia-colombiana>

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El término “cuarta revolución industrial” se escuchó en el año 2011, pero como tal por primera vez en público en el año 2016, dentro del marco del Foro Económico Mundial; en esta oportunidad fue Klaus Schwab quién usó el término. En este evento se presentaron nuevas formas de desarrollo de la tecnología. También se presentó la fusión de elementos tecnológicos actuales y las que hacen parte de la Revolución 4.0, tales como: (Blockchain, robótica, nanotecnología, inteligencia artificial, internet de las cosas, hiperconectividad, impresión 3D, sensores, almacenamiento de datos en la nube y automatización de vehículos)⁶.

La historia de la humanidad data de cuatro revoluciones industriales, la primera surge entre los años 1760 a 1840. La base de esta revolución fue la máquina de vapor, sobre la cual se fundamentó el desarrollo que vino propiciado como consecuencia de esta revolución. Esta invención se pudo realizar gracias a algunos elementos clave, como la disponibilidad de combustible, sobresaliendo el carbón y el hierro⁷.

La segunda revolución industrial surge entre los años de 1850 a 1870, así como el inicio de la Primera Guerra Mundial en el año 1914. Este periodo fue marcado notablemente por cambios sociales y económicos muy vertiginosos para la época, puesto que se aceleró el proceso industrial, esto generó cambios en la sociedad y en su forma de vida. Surge un nuevo sistema de producción, el cual se organiza teniendo en cuenta la producción en serie, cadena de montaje y electricidad, es decir, en el marco del modelo de Taylor. La fabricación en cadenas de montaje se implementó para el año 1914 en la fábrica de Ford, creando el primer carro unicolor⁸.

La Tercera revolución industrial surge entre los años 1900 a 2006, una era planteada por Jeremy Rifkin, en la cual surge lo científico-tecnológico (RCT). Esta revolución se asentó sobre nuevas tecnologías de la información y la

⁶ BBC, News. Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos) [En línea]. [Citado 20 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>.

⁷ SOBRE HISTORIAS. La revolución industrial: causas, desarrollo y consecuencias [En línea] [Citado 20 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://sobrehistoria.com/todo-sobre-la-revolucion-industrial/>

⁸ SALORT, Salvador. Revoluciones industriales, trabajo y Estado del Bienestar: la gran ruptura mundial contemporánea. Madrid, España. Sílex Ediciones, 2012. p. 57.

comunicación, así como en las innovaciones que permiten el desarrollo de energías renovables. La conversión de edificios en infraestructura inteligente que permite convertirse en plantas de energía, innovación en los medios y procesos de almacenamiento de energía, medios de transporte más eficientes y menos contaminante (vehículos eléctricos, híbridos, entre otros), conversión de las tecnologías convencionales en lo smart: smartcity (ciudad inteligente), smartphone, smartgrid (distribución inteligente de energía), smart TV etc.⁹.

A pesar de que en Colombia existen aún algunos sectores económicos tardos en cuanto a la implementación de la cuarta revolución industrial, en el mes de febrero de 2019, el director general de la Red de Centros para la Cuarta Revolución Industrial, MuratSonmez, confirmó junto al presidente Iván Duque, que Medellín fue elegida como la sede del primer Centro para la Cuarta Revolución Industrial en la región, no solo para Colombia, sino para toda América Latina¹⁰.

El objetivo de este Centro es generar una plataforma de discusión de ética, valores y regulaciones que puedan girar alrededor de las tecnologías y/o desarrollos de la Cuarta Revolución Industrial y su enfoque está direccionado a desarrollar marcos legales y políticas públicas para apoyar tanto a Colombia, como a países latinoamericanos en la ejecución de proyectos que basen su desarrollo en la implementación de los siguientes pilares: Inteligencia Artificial, Blockchain e Internet de las Cosas¹¹.

Colombia ahora cuenta con una capital de la innovación, la ciudad de Medellín y por ende, es la ciudad que invierte más recursos en esta área. Actualmente, destina 2,14% de su PIB en actividades de Tecnología, ciencia e Innovación. También cuenta con 1.690 empresas que están clasificadas dentro de la economía naranja, además de poseer el centro de innovación y desarrollo, el cual fomenta el tejido empresarial en cuanto al desarrollo de la Revolución 4.0¹².

⁹ RIFKIN, Jeremy. La Tercera Revolución Industrial. Santos Mosquera, Albino. España: Paidós, 2011. p. 397.

¹⁰ RENGIFO, Sylvia. Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Colombia en la Cuarta Revolución Industrial. [En línea]. [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/Colombia-en-la-Cuarta-Revolucion-Industrial.aspx>

¹¹ Ibid.

¹² DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Los seis proyectos que ya tiene el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Medellín: Internet de las cosas para mejorar la movilidad está entre las iniciativas. Bogotá: Colombia [24 enero 2019] - [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/los-seis-proyectos-que-ya-tiene-el-centro-para-la-cuarta-revolucion-industrial-de-medellin-2819364>

En la actualidad, el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Medellín cuenta con seis proyectos. El primero se enfoca en mejorar los procesos y efectividad de las entidades de control usando inteligencia artificial, para identificar irregularidades en el sistema como evasión de impuestos, contrabando, cobros o recobros indebidos. El segundo proyecto busca el fortalecimiento de la gestión de la seguridad ciudadana y la reducción de la criminalidad, mediante el uso de inteligencia artificial. El tercer programa busca expandir la cobertura de la banda ancha en el territorio nacional, de la mano con el Ministerio de las TIC, para establecer políticas que permitan implementar esta infraestructura¹³.

El cuarto programa, pretende mejorar la movilidad ciudadana, a partir del pilar denominado Internet de las cosas. Esta tecnología es una de las propuestas estratégicas que se han formulado para optimizar las rutas, tiempos y disponibilidad del transporte urbano, mejorando así la calidad tanto del servicio, como de la seguridad de los usuarios. También, generarán una propuesta más llamativa para los usuarios, quienes migrarán del uso de vehículo particular, a usar este servicio, representando también disminución de la contaminación.

El quinto programa se basará en el uso de la tecnología del Blockchain. Se ha fijado el poder entablar un convenio entre el Centro de la cuarta revolución industrial y el Estado colombiano para el establecimiento de políticas públicas que le permita a los ciudadanos adoptar los servicios digitales que les pueda ofrecer las ramas judiciales y gubernamentales, por ejemplo: elecciones, comparendos, antecedentes jurídicos, historias clínicas, impuestos o servicios de notarías, entre otros. Así mismo, se quiere desarrollar también esta tecnología en el sistema de catastro, para fomentar el manejo transparente de datos relacionados con los bienes y la propiedad de los ciudadanos.

Se proyecta que estas tecnologías mejoren el recaudo de impuestos, de tal manera que se facilite la gestión de los entes gubernamentales y los trámites por parte de los ciudadanos¹⁴. (ver figura 1).

¹³ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Los seis proyectos que ya tiene el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Medellín: Internet de las cosas para mejorar la movilidad está entre las iniciativas. Bogotá: Colombia [24 enero 2019] - [Citado 21 febrero 2020]. <https://www.larepublica.co/economia/los-seis-proyectos-que-ya-tiene-el-centro-para-la-cuarta-revolucion-industrial-de-medellin-2819364>

¹⁴ Ibid.

Figura 1. Infografía Centro para la Cuarta Revolución Industrial en Medellín



Fuente. Foro Económico Mundial. Los seis proyectos que ya tiene el centro para la cuarta revolución industrial de Medellín. [En línea]. Bogotá. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/los-seis-proyectos-que-ya-tiene-el-centro-para-la-cuarta-revolucion-industrial-de-medellin-2819364>

De forma específica, se han desarrollado desde el ámbito académico trabajos de grado en los que se definen algunas estrategias de la cuarta revolución industrial para algunos sectores de la economía. El proyecto de grado titulado “Definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en Bogotá, aplicables a pymes en Colombia” el estudiante Manuel Felipe González García de la Universidad Católica de Colombia realza la importancia de implementar estrategias de la cuarta revolución industrial como un foco de oportunidades, principalmente para las PYMES, las cuales por su tamaño son más flexibles y esto les permite adaptarse a los cambios más fácil que las grandes empresas, siempre y cuando las conozcan y decidan aprovecharlas¹⁵.

Así mismo, ya se pueden evidenciar casos exitosos en la implementación de estrategias 4.0 en el sector de la construcción. Tal es el caso de la empresa Drontecnic de España, quienes han aplicado la tecnología a través de drones en la inspección de construcciones como: edificios de vivienda, viaductos, carreteras, entre otros. La facilidad de acceder a imágenes que permiten tener una inspección

¹⁵ GONZALEZ, Manuel. Definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en Bogotá, aplicables a pymes en Colombia. Bogotá. 2019. p. 59-62

más cercana y certera, reduce considerablemente el uso de grúas y andamios, lo que simplifica el trabajo y disminuye los riesgos laborales, así como los costos. Otra aplicación de las estrategias 4.0 al sector de la construcción es la fotogrametría, la cual permite realizar modelos 3D facilitando la labor topográfica¹⁶.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del Problema. El sector de la construcción en Colombia ha estado deprimido desde 2015. Hay varios indicadores que permiten analizar la problemática del sector de la construcción. Por una parte, la producción y venta de cemento gris y concreto. Por otro lado, el área aprobada en licencias de construcción. Y finalmente, el movimiento de los créditos hipotecarios en los bancos¹⁷- Ver figura 2.

Figura 2. Gráfico de la variación acumulada de doce meses de la producción y los despachos nacionales de cemento gris



Fuente. DANE. Diario DINERO. Construcción sigue postrada. [En línea]. Bogotá. Disponible en internet: <https://www.dinero.com/economia/articulo/sector-construccion-en-la-economia-colombia-2017/247364>

¹⁶ SANTAMARIA, Laura. Los robots llegan también a la construcción 4.0 [en línea]. [Citado 01 junio 2020]. Disponible en: <https://www.e-volucion.es/2016/12/robots-llegan-tambien-construccion-40>

¹⁷ DIARIO DINERO. [En línea]. Construcción sigue postrada: Habría una luz al final del túnel en Vivienda de Interés Social. Bogotá: Colombia [07 junio 2017] – [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.dinero.com/economia/articulo/sector-construccion-en-la-economia-colombia-2017/247364>

También se puede evidenciar un déficit de más de tres millones de viviendas a nivel nacional, colocando esta situación al país entre los últimos lugares en Latinoamérica en la construcción industrializada, es decir, el desarrollo en cuanto a las tecnologías y procesos que permitan edificar proyectos de forma prefabricada y por partes para luego realizar un ensamble y conformar edificios y complejos habitacionales¹⁸.

Así mismo, en el primer semestre del año 2019 el PIB sufrió una contracción de 5,6% en el sector de la construcción, en especial, por la caída de 8,8% de las edificaciones residenciales. Esta situación no pudo compensar el alza de 8,5% que experimentó la construcción de carreteras y de otras obras de ingeniería civil¹⁹.

Para Sergio Luna Navas²⁰, gerente de Camacol Regional Santander, si bien la formaleta está dentro de nuestra cultura constructiva y permite armar edificios de manera rápida evitando gastos de mezcla, madera, puntillas e instalación de mampostería, falta de todas maneras mucho por implementar respecto a la actividad de la construcción industrializada, que trae ventajas de ahorro de tiempo y menos desperdicio de materiales.

En Colombia no se han hecho avances significativos en la construcción industrializada, como asegura Luna Navas, encontrándose aún la preferencia en el uso de materiales convencionales dentro del gremio. De allí la relevancia en empezar a dar unos pasos importantes en la adquisición de tecnologías de menor costo que impacten significativamente el sector. También afirma que no está mal el uso del ladrillo, puesto que se han hecho cosas importantes respecto al ahorro en infraestructura, eficiencia y sustitución de materiales, pero es consciente de que se puede hacer abriendo la puerta a otras tecnologías.²¹.

Desde esta perspectiva, se evidencia la importancia que tiene el sector de la construcción como impulso de la economía del país y de otros sectores económicos, lo cual genera la necesidad y la urgencia en investigar y definir las estrategias de la cuarta revolución industrial que pueden apoyar los procesos generales de este sector, para que siga siendo uno de los pilares de la economía nacional sin quedar rezagado a los nuevos cambios.

¹⁸ DIARIO VANGUARDIA [En línea]. Construcción industrializada va a paso lento en Colombia. Bucaramanga: Colombia [19 junio 2016] - [Citado 20 febrero de 2020]. Disponible en internet: <https://www.vanguardia.com/economia/nacional/construccion-industrializada-va-a-paso-lento-en-colombia-OGVL362693>

¹⁹ DIARIO LA REPÚBLICA [En línea]. El PIB del primer trimestre solo creció 2,8% por freno en la construcción. Bogotá: Colombia [16 mayo 2019] – [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/el-pib-del-primer-trimestre-solo-crecio-28-por-freno-en-la-construccion-2862349>

²⁰ DIARIO VANGUARDIA, Op. Cit.

²¹ Ibid.

Adicionalmente, los procesos de las empresas del sector de la construcción, suelen requerir de cantidades considerables de mano de obra, y recursos físicos, lo cual los hace costosos y riesgosos.

1.2.2 Formulación del Problema. ¿Qué pilares de la cuarta revolución industrial permiten hacer más efectivos los procesos de las empresas del sector de la construcción?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Definir estrategias de la cuarta revolución industrial que permitan hacer más efectivos los procesos de las empresas del sector de la construcción en Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar la cadena de suministro del sector de la construcción.
- Identificar el estado actual de utilización de estrategias de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas del sector de la construcción.
- Diseñar estrategias de la cuarta revolución industrial que permiten mejorar los procesos de las empresas del sector de la construcción en Colombia.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La Cuarta Revolución Industrial se ha definido como “la convergencia de las nuevas tecnologías en el ámbito biológico, físico y digital, fenómeno que genera nuevos tipos de interacciones humanas. A su vez, los humanos están descubriendo otros relacionamientos con los sistemas de producción”²².

Daniel Gómez²³, economista sénior de finanzas, competitividad e innovación del Banco Mundial habló en el foro LR y la Universidad Nacional acerca de los retos

²² DIARIO LA REPÚBLICA [En línea]. Competitividad y conectividad, entre los desafíos de la Cuarta Revolución Industrial. Bogotá: Colombia [21 febrero 2018] – [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/competitividad-capacidades-y-conectividad-desafios-la-cuarta-revolucion-industrial-2601701>

²³ Ibid.

que se vienen y que la sociedad deberá asumir para afrontar los nuevos cambios y tendencias. El experto señaló que la Revolución 4.0 se caracteriza por la multiplicidad de los actores y la combinación de tecnologías.

Gómez²⁴ también advierte que respecto a varios aspectos relacionados con la producción van a sobrevenir cambios importantes en tecnología y por esto es importante estar preparados, hay que pensar en cómo aumentar la competitividad, cómo generar las capacidades para usar esas nuevas tecnologías y cómo incrementar la conectividad con elementos y flujos de conocimientos globales.

Por otra parte, uno de los puntos críticos desarrollado en el marco del Foro Construcción y Política Pública, realizado por la Cámara Colombiana de la Construcción, corresponde a los retos a los que se enfrenta la construcción respecto a la financiación de vivienda y en sí, al desarrollo del sector. También se resaltó la importancia de generar una política pública sectorial, que se configure como mecanismo dinamizador del sistema productivo del país²⁵.

De acuerdo con Roberto Junguito²⁶, ex ministro de Hacienda y Crédito Público, el sector de la construcción es el que más interrelación tiene con el resto de los sectores productivos; por lo tanto, este sector es un impulsador de toda la economía del país. Este sector realza su importancia por ser una de las actividades que más empleo directo e indirecto genera; también aporta a la disminución del déficit habitacional y jalona a muchos otros sectores que se involucran en su cadena de suministro.

Además de todas estas posturas, Colombia tiene un reto importante que tiene que ver con la revolución y actualización de sus sectores económicos, ya que el hecho de que Medellín haya sido escogida como una de las ciudades más innovadoras del mundo es una gran responsabilidad, pero también una oportunidad para avanzar en las iniciativas de innovación que se originen desde el ámbito laboral, institucional y gubernamental. Inicialmente, desde el centro de la cuarta revolución industrial se trabaja en tres áreas fundamentales que aprovechan las tecnologías 4.0: la primera corresponde a Inteligencia Artificial, la segunda a Internet de las Cosas y la tercera a Blockchain.

La orientación que se le ha dado al centro no va a ser únicamente el estudio desde el punto de vista de políticas públicas, sino también desde la aplicación en los casos

²⁴ CONSTRUCTORES Y CONSULTORES S.A.S. [En línea]. Importancia del sector construcción en la economía colombiana. Cali. [14 septiembre 2018] - [Citado 20 febrero, 2020]. Disponible en internet: <http://aygconstructores.com/importancia-del-sector-construccion-en-la-economia-colombiana>

²⁵ Ibid.

²⁶ Ibid.

reales dentro de la sociedad, lo cual se traduce al impacto de estas tecnologías en el sector empresarial. No cabe duda de que esta es una gran oportunidad para impulsar de forma innovadora y efectiva el crecimiento de la inversión en los emprendimientos que se centren en la Revolución 4.0²⁷.

La ministra de las tecnologías de la información y las comunicaciones Sylvia Constain²⁸, en su artículo “*Colombia en la Cuarta Revolución Industrial*” indica que los avances en el sector permiten llegar a una sociedad más equitativa y con mejores oportunidades. El IoT permite impulsar el desarrollo de ciudades inteligentes, las cuales traen numerosos beneficios para los habitantes y para el medio ambiental.

A través de la Inteligencia artificial se pueden generar iniciativas para la lucha contra la corrupción de formas más imparciales y efectivas. En cuanto al uso del Blockchain, se puede configurar como una herramienta de intercambio de información que permita hacer una gestión más efectiva y certera de los servicios de salud, educación y justicia para los ciudadanos; en conclusión, todo lo que trae la Revolución 4.0 se puede trabajar para construir un mejor país.

Desde esta perspectiva, y teniendo en cuenta que el sector de la construcción ha presentado un decrecimiento en los últimos 2 años respecto a su participación en el PIB²⁹, urge la necesidad de identificar qué estrategias de la cuarta revolución industrial pueden apoyar cada uno de los procesos generales que hacen parte de las empresas del sector de la construcción en Colombia.

Adicional a encontrar las estrategias 4.0, es importante definir los procesos en los que, de forma progresiva, se pueda actualizar este sector bajo la industria 4.0, garantizando una mejor inmersión en las tecnologías identificadas.

²⁷ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Los seis proyectos que ya tiene el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Medellín: Internet de las cosas para mejorar la movilidad está entre las iniciativas. Bogotá: Colombia [24 enero 2019] - [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/los-seis-proyectos-que-ya-tiene-el-centro-para-la-cuarta-revolucion-industrial-de-medellin-2819364>

²⁸ RENGIFO, Sylvia. Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Colombia en la Cuarta Revolución Industrial. [En línea]. [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/Colombia-en-la-Cuarta-Revolucion-Industrial.aspx>

²⁹ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. El PIB del primer trimestre solo creció 2,8% por freno en la construcción. Bogotá: Colombia [16 mayo 2019] – [Citado 21 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/economia/el-pib-del-primer-trimestre-solo-crecio-28-por-freno-en-la-construccion-2862349>

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio. El espacio donde se desarrollará el proyecto de investigación será en la ciudad de Bogotá, Colombia.

1.5.2 Tiempo. El tiempo para la realización del presente trabajo de grado se expresa en el siguiente cronograma (véase la tabla 1).

Tabla 1. Cronograma de actividades

FASE	ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Primera Fase	Marcos del proyecto	03-02-2020	14-02-2020
	Identificar los procesos generales del sector de la construcción.	17-02-2020	28-02-2020
Segunda Fase	Identificar el estado actual de utilización de estrategias de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas del sector de la construcción.	02-03-2020	20-03-2020
Tercera Fase	Diseñar estrategias de la cuarta revolución industrial que permiten mejorar los procesos de las empresas del sector de la construcción en Colombia.	30-03-2020	08-04-2020
	Edición final del trabajo de grado		

Fuente. El Autor

1.5.3 Contenido. El contenido de este proyecto consta, en una primera fase, la identificación de la cadena de suministro del sector de la construcción. En una segunda fase se diagnosticará las posibles aplicaciones de las estrategias 4.0 en cada uno de los procesos generales que desarrollen al menos 20 empresas que pertenecen al sector, mediante la aplicación de una encuesta. En una tercera fase se describirán las estrategias que pueden hacer más efectivos los procesos generales de las empresas del sector de la construcción. Finalmente, se relacionarán las estrategias 4.0 que pueden mejorar los procesos de las empresas del sector de la construcción.

1.5.4 Alcance. Determinación de los procesos generales del sector de la construcción a los cuales sea conveniente aplicar las estrategias de la cuarta revolución industrial identificadas para mejorar sus procesos.

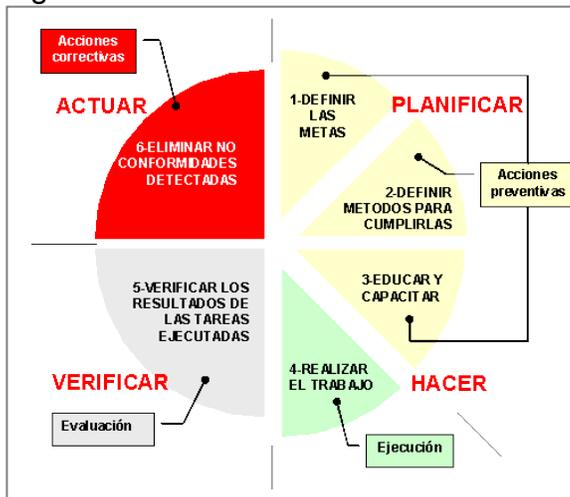
1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Marco Teórico

1.6.1.1 Mejora Continua. es un enfoque orientado a la mejora de procesos, se basa en la necesidad de revisar continuamente las causas de las fallas o los problemas; trabaja también en la reducción de costos por oportunidad, la racionalización, minimización y otros aspectos que en conjunto generan una optimización. Existen diversos autores que han hecho aportes al concepto de mejora continua; sin embargo, es William Edwards Deming, quien introdujo la herramienta más utilizada para implementar un sistema de mejora continua, conocida como el Ciclo PHVA o conocido también como PDCA por sus siglas en inglés³⁰.

Deming empleó el Ciclo PHVA como método introductorio en todas las capacitaciones que brindó a las empresas japonesas. Este ciclo ha recorrido el mundo como símbolo indiscutido de la Mejora Continua. La Norma ISO 9000:2015 basa su esquema de mejora continua en el Ciclo PHVA³¹- Ver figura 3.

Figura 3. Ciclo de PHVA



Fuente. GARCÍA, Manuel. Mejora continua de la calidad en los procesos. [En línea]. Lima, Perú. Disponible en internet: <http://www.blog-top.com/el-ciclo-phva-planear-hacer-verificar-actuar/>

³⁰ RAMIREZ, Luisa. Propuesta de mejoramiento del proceso de seguimiento a los requerimientos gestionados por el área de procesos tecnología en la empresa elite flower. Bogotá: Universidad Católica. 2019. p. 24

³¹ GARCÍA, Manuel; QUISPE, Carlos; RÁEZ, Luis. Mejora continua de la calidad en los procesos. Lima: Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Industrial Data, vol. 6, núm. 1, agosto, 2003, pp. 89-94

Dentro del contexto de un sistema de gestión, el ciclo PHVA es un elemento que está en pleno movimiento y es aplicable a cada uno de los procesos. Se desarrolla bajo los preceptos de la planificación, implementación, verificación, control y seguimiento y mejora continua, tanto para los productos como para los procesos del sistema de gestión³².

El ciclo PHVA se explica de la siguiente forma:

Planificar:

- Asignación de tareas y responsabilidades a la gente correcta
- Recopilación de información
- Comprender las necesidades de los clientes
- Estudiar los procesos involucrados
- Desarrollar un plan de trabajo y entrenar al personal

Hacer:

- Implementar el plan de trabajo
- Verificar que se esté atacando las causas de las fallas y/o problemas
- Registrar los datos de la mejora

Verificar:

- Analizar los datos registrados
- ¿Se alcanzaron los resultados planteados?
- Entender y documentar los hallazgos
- Revisar las causas de las fallas y/o problemas
- Cuál fue el aprendizaje
- Que queda pendiente por resolver

Actuar:

- Implementar la mejora al correspondiente proceso
- Comunicar las mejoras a todo el personal de la empresa
- Identificar nuevas fallas y/o problemas

³² GARCÍA, Manuel; QUISPE, Carlos; RÁEZ, Luis Mejora continua de la calidad en los procesos. Perú. Industrial Data, vol. 6, núm. 1, agosto, 2003, p. 92

1.6.1.2 Kaizen. El término Kaizen, es una palabra de origen japonés que significa “mejoramiento”, que va de pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales. De esta manera, la definición del Kaizen se constituye como un elemento de gestión organizacional en el que participan todos los empleados de la empresa e impactan directamente en la mejora de los procesos³³.

La mejora continua se convirtió en el pilar fundamental para el desarrollo y evolución de lo que ahora se conoce como gestión de la calidad. Por otro lado, los japoneses dieron un gran aporte al concepto de la mejora continua y lo impulsaron a través del KAIZEN. Este concepto proviene de dos ideogramas japoneses: “KAI” que significa cambio y “ZEN” que significa para mejorar. Así se puede decir que KAIZEN es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”, como comúnmente se le conoce³⁴.

Cuando se implementa el KAIZEN se ven unidos conocimientos y técnicas propios de la Ingeniería Industrial, así como del comportamiento Organizacional. También existen conocimientos que provienen del área de presupuestos y costos, administración de Operaciones, Mantenimiento, Calidad, Productividad, Innovación y Logística entre otros³⁵.

La implementación del Kaizen parte del reconocimiento de problemas. Si no se reconoce ningún problema, tampoco se reconoce la necesidad de mejora. En un contexto general, el confort y la complacencia son los principales enemigos de Kaizen. El Kaizen está encaminado en la identificación de problemas y enfatiza en el proceso para la resolución de estos³⁶.

Entre las características específicas del Kaizen se tiene:

- Involucrar de forma participativa a todos los trabajadores a través de las sugerencias.
- Teniendo en cuenta que cada uno de los trabajadores de la empresa tiene sólo una parte de la información, debido a la experiencia que tiene para cumplir con su tarea, el ejercicio recobra más importancia por el trabajo en equipo.
- Generar las mejoras orientadas a los procesos, puesto que son los procesos los que deben ser mejorados antes de que se obtengan los resultados esperados.
- Su implementación solo requiere de herramientas sencillas.

³³ GARCÍA ALCARAZ, Jorge. Kaizen Planning, Implementing and Controlling. México. 2017. p.16.

³⁴ INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS. Herramientas para la mejora de la calidad. Uruguay. 2009. p. 107

³⁵ Ibid. p. 107

³⁶ Ibid. p. 108

- La resolución de problemas apunta a la causa-raíz y no a los síntomas o causas más visibles.
- Se construye la calidad del producto y/o servicio contemplando en el diseño los requerimientos que satisfagan las necesidades del cliente³⁷.

La teoría kaizen, de mejora continua, es pertinente para el sector de la construcción ya que, este ha sido un sector resistente al uso de tecnología, por tanto las mejoras deben de ser graduales y progresivas.

1.6.1.3 Cadena de suministro. Se considera como el flujo de materiales para el desarrollo de determinada actividad, este va desde las materias primas, pasando por trabajos en progreso, almacenamientos o bodegajes, hasta llegar al producto terminado. Este flujo de mercancías abarca desde el proveedor hasta el consumidor final³⁸.

En segundo lugar, tenemos el flujo de información, por ejemplo, la confirmación de pedido o despacho. Además, también hay flujos inversos, los cuales pueden tener la forma de³⁹:

- Bienes, como productos con defectos de calidad o productos obsoletos.
- Información, como comentarios de los clientes.
- Material de embalaje, como cartones exteriores.
- Equipo de transporte, como jaulas, paletas o contenedores.

También existe el flujo inverso de fondos. Este es el dinero que fluye de regreso a la cadena de suministro. En última instancia, el proveedor del proveedor quiere que se le pague por la entrega de sus productos.

Los materiales muestran una serie de actores y procesos involucrados, dentro de los cuales actúan dos fuerzas en esta cadena de bienes, información y fondos⁴⁰:

- Suministro de producto
- Demanda del cliente

³⁷ INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS. Herramientas para la mejora de la calidad. Uruguay. 2009. p. 108

³⁸ SCOTT, Colin; LUNDGREN, Henriette; THOMPSON, Paul. Guide to Supply Chain Management. New York: USA. 2011. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. p. 1.

³⁹ Ibid. p. 2.

⁴⁰ Ibid. p.2

1.6.1.4 Enfoques del modelado para la cadena de suministro de la construcción. El modelado de la cadena de suministro de la construcción es un tema que se ha investigado principalmente desde principios de los años noventa. El objetivo es explorar cómo se pueden transferir los conceptos de fabricación al contexto de la construcción para mejorar la eficiencia de la producción y reducir el tiempo y costo del proyecto⁴¹.

Las descripciones iniciales del estudio de caso y la implementación parcial han sido reportadas por muchos investigadores, especialmente aquellos asociados con el International Group for Lean Construction (IGLC). Sus hallazgos han mostrado soluciones perspicaces y sugerencias para la mejora, que demuestran además la utilidad de modelar la producción más allá de los límites de la actividad de la construcción⁴².

El modelado actual del proceso de la construcción es algo más amplio que el modelo tradicional, el cual se basaba en un análisis de operaciones. Los términos como amortiguación, variabilidad e incertidumbre aún no son comunes entre gerentes del sector con experiencia. Sin embargo, la ineficiencia del proceso de producción de la construcción es a menudo causada por una mala planificación de la producción (que incluye decisiones sobre los retrasos) y una planificación limitada sobre el impacto de la producción fuera del sitio y la variabilidad de la entrega.

Actualmente, una de las prácticas más usadas es mantener grandes cantidades de inventario en los sitios de trabajo para reducir el riesgo de demoras en producción y entrega del proyecto (estrategia de desacoplamiento). Sin embargo, este material requiere espacio en el sitio, recursos para gestionarlo, y representa, en la mayoría de los casos, una inversión innecesaria⁴³.

Otra práctica tradicional es la formulación de turnos optimistas, los cuales no incluyen las pérdidas de tiempo, esto para proteger la incertidumbre (por ejemplo, producción y entrega de materiales). Además, las herramientas de programación consideran supuestos de capacidad infinita que no son reales y necesitan más investigación. Se cree que el modelado de la cadena de suministro puede guiar a los gerentes para asignar mejor y diferentes tipos de planificación que incluyen problemas de incertidumbre de su producción⁴⁴.

⁴¹ O'BRIEN, William; FORMOSO, Carlos; VRIJHOEF, Ruben; LONDON, Kerry. Construction Supply Chain Management. New York: USA. 2009. Taylor & Francis Group. p. 2

⁴² Ibid. p. 3

⁴³ Ibid. p. 3

⁴⁴ Ibid. p. 4

Dentro de los enfoques de la modelación de la cadena de suministro del sector de la construcción se recomiendan los siguientes⁴⁵:

- Proyectos compuestos de múltiples cadenas de suministro.
- Análisis de los problemas en la configuración del proyecto de construcción.
- Revisión exhaustiva de las capacidades y necesidades.

1.6.2 Marco Conceptual

1.6.2.1 Metodología PDCA para la mejora de procesos. Para facilitar los procesos de mejora continua, es necesario que se empleen las cuatro fases que componen el Ciclo de Deming⁴⁶.

- **Plan.** Se establecen los objetivos y procesos necesarios para alcanzar los resultados de acuerdo a lo proyectado (objetivos y/o metas). También hace parte de la mejora continua la confianza, integridad y exactitud de la información. Se puede comenzar a pequeña escala para probar los posibles efectos.

- **Desarrollar.** Implementar el plan, ejecutar el proceso, hacer el producto. En esta etapa también se recopilan los datos para el mapeo y análisis de los próximos pasos. Esta etapa amerita cuidado en su desarrollo, ya que no se puede constituir como la causa raíz.

- **Check - evaluación.** Se evalúan los resultados de la implementación y se comparan con los resultados esperados, los cuales quedaron plasmados en el plan. Esto permite determinar cualquier diferencia.

En esta etapa se buscan las desviaciones derivadas de la evaluación del plan y se verifica el alcance de la etapa siguiente. Los gráficos de los datos facilitan la observación de las tendencias a lo largo de la aplicación del PDCA, convirtiendo los datos requeridos en información que servirá para el ajuste.

- **Apalancamiento.** En esta etapa se toman los hallazgos y se traducen en acciones correctivas sobre aquellos resultados que no fueron los previstos, es decir, las diferencias entre los datos reales y los esperados. Se analizan las diferencias que resultaron de la evaluación para determinar su causa raíz y el lugar de las diferencias para incluir la mejora del producto y/o proceso⁴⁷.

⁴⁵ O'BRIEN, William; FORMOSO, Carlos; VRIJHOEF, Ruben; LONDON, Kerry. Construction Supply Chain Management. New York: USA. 2009. Taylor & Francis Group. p. 4

⁴⁶ Ibid. p. 4

⁴⁷ METODOS. Metodología PDCA – Ciclo Deming. [En línea]. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://metodoss.com/metodologia-pdca-ciclo-shewhart-deming/>

1.6.2.2 Cuarta revolución industrial. es un proceso de desarrollo e innovación tecnológica e industrial y está vinculada con la digitalización y actualización de los procesos y medios de producción, avanzando y mejorando en la forma de hacer las cosas⁴⁸.

Se comenzó a hablar de este concepto en el año 2011, y se configuró como un elemento clave en el desarrollo de las fábricas inteligentes, a las cuales se les atribuye una mayor adaptabilidad a las necesidades de la producción y la optimización y eficiencia de los recursos⁴⁹. La Cuarta Revolución Industrial o Revolución 4.0 es hasta ahora el último eslabón de las anteriores revoluciones industriales (primera, segunda y tercera). Es importante definir los pilares sobre los cuales esta revolución se ha fundamentado:

- El IoT o internet de las cosas.
- Los sistemas ciber-físicos.
- Big Data.
- Blockchain
- Inteligencia artificial o Robótica
- La impresión 3D
- La realidad aumentada
- Simulación y modelación
- El Cloud Computing

La inteligencia artificial, materializada principalmente en la robótica, es considerada como una de las ramas de la Revolución 4.0 más vanguardistas e innovadora en el ámbito de la ingeniería y juega un papel importante en el contexto industrial y de procesos. Se proyecta que tecnologías como los drones, la realidad aumentada, la simulación, la nanotecnología y la impresión 3D, sirvan para modernizar y optimizar diferentes aspectos de las sociedades actuales. En sectores como la industria de alta precisión, la medicina, o cualquier relación laboral se verá reflejado un importante impacto con esta nueva revolución industrial⁵⁰.

Sin embargo, es necesario reconocer como sociedad que, aunque estos elementos suponen la base de la Revolución 4.0, estos ya se encuentran consolidados y que de hecho actualmente estamos inmersos en este proceso⁵¹.

⁴⁸ SELVA, Vicent. [En línea]. Cuarta Revolución Industrial. 2019. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://economipedia.com/definiciones/cuarta-revolucion-industrial.html>

⁴⁹ Ibid.

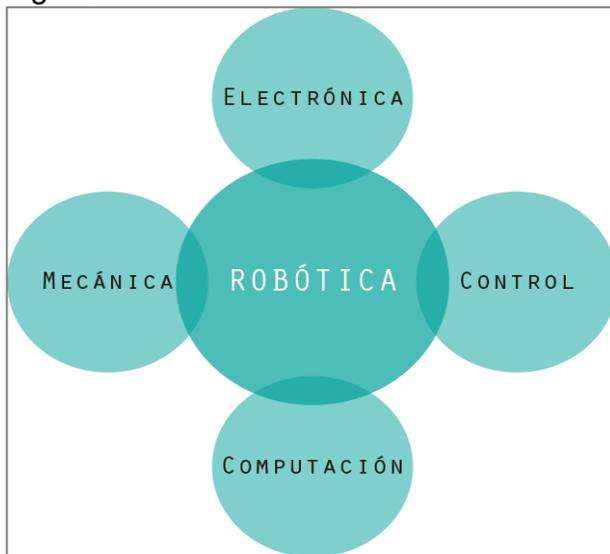
⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Ibid.

1.6.2.3 TIC's. Son las tecnologías de Información y Comunicación (TICs), representan al conjunto de herramientas relacionadas con la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de la información. Las TIC's se han convertido en el mejor aliado del emprendimiento, tanto en nuevos proyectos y conceptos como en lo tradicional. Las TICs permiten entrelazar las diferentes formas en las que se comunica el mundo, optimizando tiempo y distancia, sus herramientas más usadas obedecen al hardware y software⁵².

1.6.2.4 Robótica. La robótica es una rama interdisciplinaria de la ingeniería. Su característica interdisciplinaria se desprende de las ingenierías electrónica, eléctrica, mecánica, y ciencias de la computación. La robótica es la materialización de la inteligencia artificial y estudia el diseño, la manufactura y las posibles aplicaciones de máquinas automáticas en diferentes procesos con cierto grado de inteligencia, las cuales son capaces de realizar funciones controladas, pudiendo reemplazar las actividades de una persona”⁵³ - Ver figura 4.

Figura 4. Conformación de la robótica



Fuente. Hernández, Gustavo. [En línea]. ¿Qué es la robótica? (Introducción a la robótica y microcontroladores). México, 2019. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <http://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=733>

⁵² CLARO. [En línea]. ¿Qué son las TIC? Y ¿Por qué son tan importantes? Colombia, 2019. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.claro.com.co/institucional/que-son-las-tic/>

⁵³ HERNÁNDEZ, Gustavo. [En línea]. ¿Qué es la robótica? (Introducción a la robótica y microcontroladores). México, 2019. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <http://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=733>

1.6.2.5 Robótica industrial. Esta rama se encarga del diseño de robots o mecanismos autómatas que realizan tareas relacionadas con los procesos de ensamble y manufactura de componentes a nivel industrial. Las aplicaciones más comunes que le han dado a esta rama son: ensamble de vehículos, clasificación de componentes, ensamble preciso de componentes electrónicos, empaquetado de alimentos, control de calidad, entre otros. El propósito de este tipo de tecnología es la reducción de costo y tiempo de producción, así como la reducir de errores por manufactura humana y mejora de los procesos⁵⁴.

1.6.3 Marco Legal. A continuación, se relacionan algunas de las normas legales que rigen a las empresas del sector de la construcción Colombia, así como algunas que pueden llegar a afectar de una forma directa o indirecta el proyecto. (Véase la tabla 2).

Tabla 2. Marco legal aplicable

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	DESCRIPCIÓN
Ley 9 de 1989	Congreso de la república	A través de esta norma se dicta la reglamentación relacionada con los entonces planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de tierra. En esta norma igualmente se establecen los criterios y definiciones relacionadas con el espacio público y sus elementos constitutivos, su destinación, planes de renovación urbana, marco general para las infracciones urbanísticas, entre otros ⁵⁵ .
Ley 388 de 1997	Congreso de la República	Modifica la Ley 9 de 1989 y es aquella mediante la cual se armonizan las normas urbanísticas, medioambientales y en general de desarrollo urbano en Colombia. Así pues, dicha norma establece 3 principios fundamentales para el desarrollo sostenible del suelo en Colombia ⁵⁶ .

Fuente. El Autor

⁵⁴ HERNÁNDEZ, Gustavo. [En línea]. ¿Qué es la robótica? (Introducción a la robótica y microcontroladores). México, 2019. [Citado 22 febrero 2020]. Disponible en internet: <http://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=733>

⁵⁵ PROCOLOMBIA. Manual legal de construcción en Colombia. Colombia: MINTIC. p. 4

⁵⁶ *ibid.*. p. 4

Continuación (Tabla 2).

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	DESCRIPCIÓN
Decreto 1077 de 2015	Ministerio de Vivienda	<p>Esta tal vez es una de las normas más importantes para el desarrollo urbano de Colombia, ya que es a través de la cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. En dicho decreto (Título 6), podrán encontrarse aspectos relacionados con el trámite para la solicitud de licencias, sanciones, entre otros.</p> <p>Es la norma principal en donde se definen las clases de licencias urbanísticas, sus modalidades, términos de las solicitudes, categorías, procedimientos, citación a vecinos, intervención de terceros, recursos, vigencia de las licencias, entre otros⁵⁷.</p>
Normas NFPA – NEC y Código Nacional de Incendios vigentes	National Fire Protection Association or NFPA	<p>La National Fire Protection Association or NFPA por sus siglas en inglés, es una asociación sin fines de lucro con reconocimiento a nivel mundial que se dedica a desarrollar códigos y normas de protección contra incendios y seguridad humana, brindar datos técnicos sobre el problema del fuego y los incendios, así como consejos para la prevención y protección de los mismos⁵⁸.</p>
El Código Eléctrico Nacional vigente, norma ICONTEC 2050	ICONTEC	<p>La Norma Técnica NTC 2050 o Código Eléctrico Colombiano, es de obligatorio cumplimiento y lo ha sido a lo largo de los últimos 20 años, está respaldado por varias normas reglamentarias que dan a entender la obligatoriedad del RETIE en las instalaciones eléctricas de las diferentes construcciones.</p>

Fuente. El Autor

⁵⁷ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Decreto 1077 DE 2015. Colombia, 2015
⁵⁸ NFPA. Como saber el significado de NFPA y sus antecedentes. [En línea]. 2014. [Citado 23 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-antecedentes>

Continuación (Tabla 2).

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	DESCRIPCIÓN
El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE vigente - Resolución No. 90708 de 30 de agosto de 2013 expedida por el Ministerio de Minas y Energía (RETIE).	Ministerio de minas y energía	<p>El RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) es un documento técnico-legal para Colombia expedido por el ministerio de Minas y energía.</p> <p>Este consolida los principales parámetros que se deben tener en cuenta para que una instalación eléctrica sea lo más segura posible. El RETIE fue creado por el Decreto 18039 de 2004, del Ministerio de Minas y Energía y su objetivo principal es establecer medidas que garanticen la seguridad de las diferentes formas de vida y la preservación del medio ambiente, previniendo, mitigando, controlando y eliminando los riesgos de origen eléctrico.</p>
Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico vigente, RAS – 2000, Resolución 1096 del 17 de noviembre de 2000.	Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia.	Reglamenta los requisitos técnicos en cuanto a las etapas de diseño, planeación, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.
Norma Técnica Colombiana NTC 4595	ICONTEC	Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares para Colegios.
Resolución 14881 de 1983	Ministerio de Salud	Reglamentación para accesibilidad a discapacitados
Resolución 2400 de 1979.	Ministerio de trabajo	Legislación de Seguridad Industrial Salud Ocupacional. Análisis y aplicación de las normas de Construcción y Adecuación en Salud Ocupacional, según
Ley 373 de 1997	Ministerio de Ambiente	Normas Ambientales, Uso eficiente y racional del agua para construcciones.

Fuente. El Autor.

Continuación (Tabla 2).

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	DESCRIPCIÓN
NSR - 10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes que aplique de acuerdo con los diseños aprobados vigente, NSR-10 y sus decretos reglamentarios, complementarios y cualquier otra norma vigente que regule el diseño y construcción sismo resistente en Colombia. ⁵⁹
NSR – 10 Título J y k	MAVDT.	Requisitos de protección contra incendios en edificaciones. Requisitos complementarios ⁶⁰

Fuente. El Autor

1.7 METODOLOGÍA

1.7.1 Tipo de Investigación. El tipo de investigación a utilizar es la descriptiva, la cual define, clasifica, cataloga o caracteriza el objeto de estudio, además lo que se busca es establecer específicamente las propiedades y características de las personas, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis⁶¹. Con el fin de resolver las problemáticas y retos que hoy día presenta el sector de la construcción en Colombia respecto a la cuarta revolución industrial.

Este método consiste en la recopilación de la información del sector, la cual nos permitirá tener una idea clara de cómo se encuentra y su situación actual. Las ventajas que tiene esta metodología es que es fácil, se puede sacar en un corto tiempo y puede llegar a ser económica⁶².

⁵⁹ COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR10. Colombia.2010.

⁶⁰ *Ibíd.* p. j1-j31

⁶¹ MENDEZ Álvarez, Carlos Eduardo, Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Pág. 122-136.

⁶² ÁVILA, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación. Edición electrónica. México: 2006. Disponible en internet: www.eumed.net/libros/2006c/203/

El trabajo de investigación se desarrollará bajo el enfoque de una investigación cualitativa, la cual es definida por Sampieri⁶³ en el libro *Metodología de la Investigación* como un enfoque de origen cuantitativo que representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, por lo cual cada fase depende de la anterior y no se puede adelantar ninguna, puesto que no se puede eludir pasos.

Mientras se va configurando la idea y ésta va siendo delimitada, se van derivando los objetivos y las preguntas de la investigación. Posteriormente se va construyendo el marco teórico que argumenta la idea; de las preguntas que se generan se establecen hipótesis y se determinan algunas variables y se formula un plan para probarlas. Las variables formuladas se miden en un contexto específico y se analizan los resultados obtenidos mediante métodos estadísticos. Finalmente se generan unas conclusiones respecto a las hipótesis.

1.7.2 Fuentes de Información. Para desarrollar este proyecto se utilizarán fuentes primarias y secundarias, a continuación, se describen.

1.7.2.1 Fuentes Primarias. Para obtener la información de una forma más confiable y acertada, se realizará una encuesta a los líderes o representantes de los procesos de una muestra de 20 empresas del sector de la construcción.

Posteriormente, se tabularán los datos y se analizará de tal forma que brinden una línea base para el diagnóstico en el uso de estrategias 4.0 en los correspondientes procesos generales de dicha muestra de empresas.

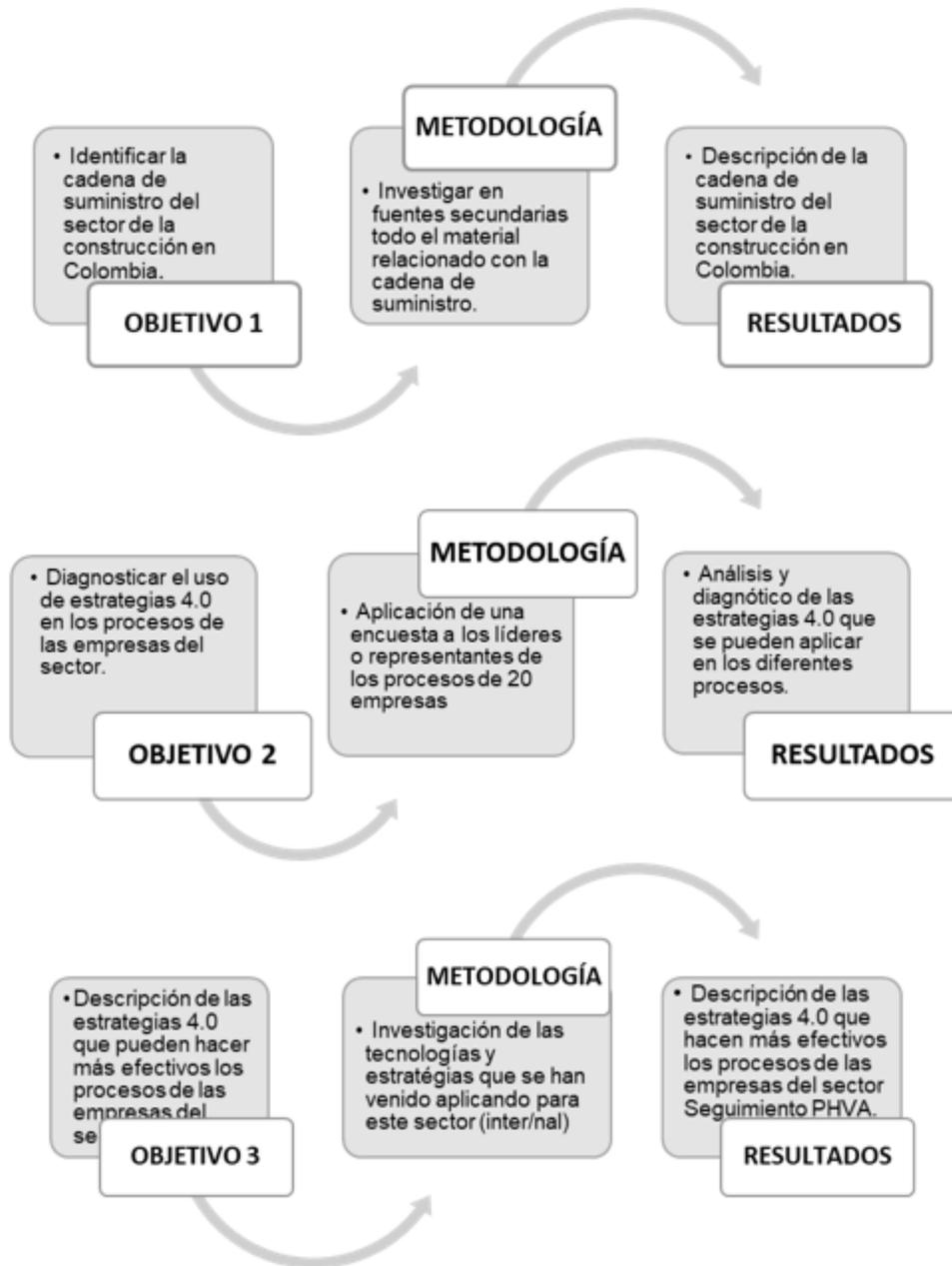
1.7.2.2 Fuentes Secundarias. Las fuentes de información que se utilizaran son las bases de datos proporcionadas por la Universidad Católica de Colombia, al igual que las estadísticas proporcionadas por el DANE, Cámara de comercio de Bogotá, también se utilizaran fuentes de información como los principales periódicos del país, por último, se tendrán presentes investigaciones relacionadas con el tema y realizadas por parte de otras universidades en el país.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se definen las metodologías a emplear y los resultados para cada una de los objetivos planteados para el proyecto – Ver figura 5.

⁶³HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill Educación. México. 2014. p. 4.

Figura 5. Diseño metodológico



Fuente. El Autor

2. CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION

2.1 CONTEXTO GENERAL DEL SECTOR EN COLOMBIA

2.1.1 Historia de la construcción en Colombia. A través de la historia, se denotan distintas etapas de transformación tanto de la arquitectura, como de la construcción en Colombia. Se puede evidenciar el caso de la época precolombina en la que se emplearon materiales tales como la madera y algunas fibras vegetales, pero que por su composición con el tiempo han venido desapareciendo, sumado al acontecimiento de la colonización. Sin embargo, algunas estructuras en piedra han permanecido, caracterizadas principalmente por redes complejas de terrazas y escaleras hechas por los Tayronas. Un de los ejemplos más representativos es la Ciudad Perdida localizada en la Sierra Nevada de Santa Marta⁶⁴.

La evolución de este periodo se dio por la llegada de los españoles en los tiempos de la colonización, puesto que ellos trajeron consigo la idea del ladrillo en la construcción y el azulejo en la arquitectura, los cuales fueron introducidos en los principales desarrollos de infraestructura de la época. En cuanto al modelo de urbanización se seguía un patrón dictado por la corona, en el que el centro era constituido por las plazas mayores, rodeadas de la iglesia y los ayuntamientos⁶⁵.

Este tipo de arquitectura se puede evidenciar aun en la mayoría de ciudades y pueblos de Colombia, por ejemplo, Villa de Leyva, Popayán, Barichara, Monguí, Mompox y muchos más. Años después, llegan nuevas tendencias con el renacentismo, influenciadas por italianos, franceses e ingleses. En Colombia, la arquitectura moderna se conoció después de la Segunda Guerra Mundial, y tuvo su mayor auge después de la década de los sesenta⁶⁶.

Se sabe que los trabajos más destacados para Colombia aparecen a mediados de los años ochenta. Algunas investigaciones desarrolladas al interior de varias escuelas de arquitectura y otras por el sector privado y de agrupaciones profesionales, han dado pasos importantes en materia de recopilar una historia de la construcción, pero aún no es un logro tangible. Esta situación no ha permitido consolidar un “estado del arte” en el que se reconozca el grado de desarrollo de la construcción en Colombia, impidiendo, entre otras cosas, la conformación de redes académicas de orden local o nacional⁶⁷.

⁶⁴ PRESTAN, Carlos. Sector industrial en Colombia: Sub.sector construcción. Bogotá, 2017. p. 3

⁶⁵ *Ibíd.* p. 3

⁶⁶ *Ibíd.* p. 3

⁶⁷ *Ibíd.* p. 4

A pesar de que la evolución en términos económicos y avance tecnológico del sector de la construcción en Colombia no ha sido equiparable al desarrollo del mismo sector en países del primer mundo, es importante resaltar que se han ido presentando importantes cambios en la construcción de edificios, viviendas, parques industriales, empresas y otros tipos de infraestructura, que han venido demostrando las transformaciones en los últimos años. Estas transformaciones han colocado al país como uno de los líderes en desarrollo, técnica e innovación en el sector⁶⁸.

2.1.2 Importancia del sector de la construcción en Colombia. De acuerdo con Roberto Junguito⁶⁹, ex ministro de Hacienda y Crédito Público, el sector constructor es el que más interrelación tiene con el resto de los sectores. En este sentido, si se le da un impulso a la construcción, en consecuencia, se le dará un impulso a toda la economía. Es una actividad que genera empleo directo e indirecto y aporta a la disminución del déficit habitacional, además que jalona muchos de los sectores productivos del país. También indica que el principal reto del gremio es mostrar la importancia del sector constructor en la economía y de esta forma justificar los apoyos al mismo.

La industria de la construcción y el sector Industrial han ido de la mano por mucho tiempo, relación que ha permitido modernizar las instalaciones físicas de muchas empresas. Esta estrecha correlación que existe entre las empresas constructoras y su incidencia en el desarrollo industrial ha hecho que el sector de la construcción sea clave para el desarrollo económico del país en los últimos años debido a su gran dinamismo. Así mismo, se constituye como uno de los sectores más importantes y de mayor incidencia por su estrecha vinculación con la creación de infraestructuras básicas y complejas, tales como: puentes, carreteras, puertos, plantas de energía eléctrica, plantas de tratamiento y potabilización de agua, hidroeléctricas, termoeléctricas, presas, construcciones industriales y comerciales, perforación de pozos, plantas petroquímicas y de refinación, entre muchas más⁷⁰.

La mitad de los sectores productivos que hacen parte de la economía nacional se relacionan de una u otra forma con el sector de la construcción, bien sea en el rol de proveedores, transporte y logística, o incluso como clientes. La industria constructora es, por lo tanto, un elemento básico para el desarrollo del entorno económico del país. Este sector proporciona soluciones para el diseño de

⁶⁸ PRESTAN, Carlos. Sector industrial en Colombia: Sub.sector construcción. Bogotá, 2017. p. 3

⁶⁹ CONSTRUCTORES Y CONSULTORES S.A.S. [En línea]. Importancia del sector construcción en la economía colombiana. Cali. [14 septiembre 2018] - [Citado 20 febrero, 2020]. Disponible en internet: <http://aygconstructores.com/importancia-del-sector-construccion-en-la-economia-colombiana>

⁷⁰ PRESTAN, op. cit, p. 4

estructuras sólidas, dentro de las cuales se garantiza una óptima utilización de los recursos, permitiendo que las organizaciones cumplan con éxito su actividad económica⁷¹.

También es importante la gestión que el sector debe hacer sobre la adecuada explotación de los recursos naturales y la incorporación de tecnologías avanzadas para la minimización de los impactos ambientales. Esto se ha constituido como uno de los factores determinantes en el éxito de cualquier estrategia de desarrollo que se aplique al sector de la construcción y a la industria en general⁷².

2.1.3 Características del sector de la construcción en Colombia. La actividad constructora en Colombia se divide en dos grandes ramas: la de la edificación, que primordialmente se dedica a soluciones de vivienda; y la de las obras civiles de infraestructura. Estas últimas, se dividen en públicas y privadas. Adicionalmente, dentro de la cadena de suministro del sector es importante considerar las empresas que se relacionan en forma indirecta, tales como las que fabrican porcelana sanitaria, las ladrilleras, las cementeras, las de terminados en madera, las de pinturas, las de acero, entre muchas más⁷³.

El comportamiento del sector de la construcción presenta ciclos de expansión y contracción. Estos ciclos se relacionan con algunas variables enmarcadas dentro de la demanda del producto, las tasas de interés y la disponibilidad de recursos financieros, así como de las políticas que apliquen al sector y que sean ejecutadas por el gobierno en ese momento⁷⁴.

El sector de la construcción en Colombia presenta ciertas características, la cuales son de gran importancia. Dentro de estas se encuentra:

- La construcción como negocio presenta una gran ciclicidad, repercutiendo en las oscilaciones del PIB.
- Las cifras representativas por la venta de los proyectos, sumado a la dilatación en los periodos de pago, posibilitan la obtención de beneficios financieros.

⁷¹ PRESTAN, Carlos. Sector industrial en Colombia: Sub.sector construcción. Bogotá, 2017. p. 5

⁷² Ibid. p. 4

⁷³ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Estudio económico del sector de la construcción. Bogotá, Colombia. 2017. [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet en: https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Ley%20de%20transparencia/Contrataci%C3%B3n/Contratos%20adjudicados%20para%20la%20vigencia%20actual/Modelo%20de%20Pliegos/Modelos%20de%20pliegos%20de%20condiciones%20idu%202017/01%20ESTUDIO%20DEL%20SECTOR%20-%20OBRA%202017%20V4.pdf

⁷⁴ Ibid.

- La dependencia de los proyectos de vivienda a las ventas provoca un afán de crecimiento y una gestión de la cartera para garantizar una rentabilidad suficiente a la constructora.
- El afán de crecimiento representa un mayor endeudamiento. Sin embargo, a pesar de que de igual manera debe pagar sus obligaciones por endeudamiento, los resultados financieros son superiores al resto de sectores debido a que es un sector que está en constante movimiento.
- El sector es generador de empleo para un gran número de trabajadores, convirtiéndose en una variable importante para la economía nacional.
- Las constructoras medianas que son especialistas en un conocimiento concreto presentar índices de rentabilidad más elevados.
- La actividad exportadora resulta menor que el resto de sectores debido a que los productos que surgen del sector no son transportables.
- Las constructoras medianas deben profundizar en las estrategias organizacionales que les permite innovar en sectores como mantenimiento de carreteras, transportes y logística, generación de energía, gestión de las obras destinadas al suministro de los servicios públicos.
- Las empresas constructoras deben crear estrategias que les permita asumir una posible insostenibilidad de las actividades de edificación, ya que, si bien el sector inmobiliario sigue estable en el país, otras economías han demostrado que no se garantiza el mantenimiento de una actividad tan elevada durante mucho tiempo⁷⁵.

2.1.4 Desempeño del sector construcción y sus encadenamientos sectoriales.

El DANE reveló que para el primer trimestre del año 2018 el PIB en Colombia se había incrementado en 2,2% respecto al año anterior. Aunque este dato fue superior en comparación al 1,3 del mismo periodo del año inmediatamente anterior, este no cumplió con las expectativas del mercado, las cuales eran del 2,4% y de las proyecciones hechas por ANIF, las cuales eran del 2,5%. Además, el desempeño de sectores como el agro, la industria y la construcción no dejaron mucho que desear.⁷⁶

⁷⁵ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Estudio económico del sector de la construcción. Bogotá, Colombia. 2017. [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet en: https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Ley%20de%20transparencia/Contrataci%C3%B3n/Contratos%20adjudicados%20para%20la%20vigencia%20actual/Modelo%20de%20Pliegos/Modelos%20de%20pliegos%20de%20condiciones%20idu%202017/01%20ESTUDIO%20DEL%20SECTOR%20-%20OBRA%202017%20V4.pdf

⁷⁶ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Desempeño sector construcción y sus encadenamientos sectoriales. Bogotá: Colombia [25 julio 2018] – [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/desempeno-sector-construccion-y-sus-encadenamientos-sectoriales-2752867>

Como se veía venir, el sector de la construcción siguió presentando marcadas contracciones de hasta -8.6% anual en el primer trimestre del año 2018, siendo el sector con más bajo desempeño dentro de las cifras del PIB. Esta cifra estuvo representada por la caída en las obras civiles (-6,4% vs. +5,7%), como en las obras minero-energéticas (-10,1%) y de infraestructura vial (-4,3%); así como en las edificaciones (-9,2% vs. -1,7%)⁷⁷.

También se evidenció una contracción en el sector edificador, el cual hace parte de la construcción del PIB, contrayéndose en -3,9% anual durante el primer trimestre del año 2018. Esto se dio como consecuencia del bajo desempeño del sector residencial, sumado a la caída del sector no residencial, el cual tuvo caídas de hasta -5,8% anual en el primer trimestre del año 2018⁷⁸.

Es evidente que el debilitamiento del sector constructivo se ha reflejado en los niveles de producción industrial de algunos sectores que se interrelacionan con la construcción, así como la presencia de fuertes encadenamientos productivos que han venido jugando en contra de la industria desde el año 2017. Así lo manifiesta la Encuesta Mensual Manufacturera, al corte de abril de 2018, en donde uno de los sectores con peor desempeño fue el de productos metálicos, cuyos niveles de producción industrial cayeron a -3% anual (vs. +6,9% un año atrás)⁷⁹.

En este orden le siguió el sector de productos de vidrio, el cual presentó una contracción de -1,1% en el promedio anual del año 2018 (vs. 0% de un año atrás). Por otra parte, el sector de minerales no metálicos tuvo una leve recuperación, pero sin regresar al plano positivo con una caída de -2,9% (vs. -7,7% del año anterior). Por último, la producción de hierro y acero fue la única que logró una fuerte recuperación al llegar a tasas de +7,4% (vs. -6,5%)⁸⁰.

Por su parte, las cifras relacionadas con las importaciones se recuperaron durante el período 2017-2018, generando un efecto positivo en la apreciación cambiaria de 3,3% en 2017 y 2,5% en 2018. Es el caso de las importaciones de productos metálicos las cuales se expandieron a +23,4% anual correspondientes al año 2018 (vs. -6,2% un año atrás)⁸¹.

Así mismo, en lo que correspondió al sector de hierro y acero, las importaciones

⁷⁷ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Desempeño sector construcción y sus encadenamientos sectoriales. Bogotá: Colombia [25 julio 2018] – [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/desempeno-sector-construccion-y-sus-encadenamientos-sectoriales-2752867>

⁷⁸ *Ibíd.*

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ *Ibíd.*

⁸¹ *Ibíd.*

crecieron +14,8%, mientras que las de los productos no metálicos lo hicieron +8,8%. Los dos sectores tuvieron un crecimiento considerable. En contraste, las importaciones de productos de vidrio se deterioraron -6,7% (vs. -5,3%). Por último, las ventas de ferreterías, que constituyen el sector del comercio minorista conexas a la construcción, se contrajeron a -5,2% para el año 2018 (vs. -5% un año atrás), esto como resultado del ingreso de grandes superficies y la baja demanda de insumos por parte del sector de construcción⁸².

Analizando todos los resultados del desempeño del sector de la construcción, se evidencia un fuerte encadenamiento entre el comportamiento del sector y sus sectores conexos industriales y de comercio al por menor. Dicho encadenamiento fue muy positivo en 2014-2015, cuando la construcción crecía a +12,1% y luego pasó a tener efectos negativos en 2017 y en lo corrido de 2018.

En este año hay un agravante adicional y es que lo poco que está demandando el sector constructor está siendo suplido por el mercado internacional, impidiendo una recuperación pronta de la industria local de estos insumos⁸³.

De forma prospectiva, ANIF proyecta una leve recuperación para el sector constructor, con una expansión del +0,2% anual durante el año 2018 (vs. -2% en 2017), pasando al plano positivo y dando algún impulso a la demanda de insumos de los sectores conexos. Este leve, pero mejor desempeño del sector provendría del avance en la ejecución de las concesiones 4G impulsando las obras civiles en un +3,6% anual al cierre del año 2018⁸⁴.

2.1.5 Empresas del sector de la construcción en Colombia. La desaceleración que se evidenció por parte del sector de la construcción para el año 2018 no representó un obstáculo para que las empresas que integran la industria de la ingeniería, lograran generar ingresos por \$20,33 billones, cifra que significó un crecimiento de 17,6% respecto al año 2017⁸⁵.

⁸² DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Desempeño sector construcción y sus encadenamientos sectoriales. Bogotá, Colombia [25 julio 2018] – [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/desempeno-sector-construccion-y-sus-encadenamientos-sectoriales-2752867>

⁸³ Ibid.

⁸⁴ Ibid.

⁸⁵ DIARIO LA REPÚBLICA. [En línea]. Solo cuatro compañías constructoras entre las más grandes tuvieron pérdidas en 2018. Bogotá, Colombia [27 mayo 2019] – [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.larepublica.co/empresas/solo-cuatro-companias-constructoras-tuvieron-perdidas-en-2018-2866325>

Este dato quedó evidenciado en el informe de la Superintendencia de sociedades⁸⁶ en el cual se muestran las 1.000 empresas más grandes de Colombia. Es importante analizar que, dentro de este informe, las empresas del sector de la construcción aparecen desde el puesto 131, es decir que ninguna se posicionó dentro de las 100 más grandes – ver tabla 3.

Tabla 3. Ranking de las empresas más grandes en Colombia del sector de la construcción.

POSICIÓN	RAZON SOCIAL	CIUDAD DOMICILIO	ACTIVIDAD	INGRESOS OPERACIONALES 2018*	TOTAL ACTIVOS 2018
131	CONSTRUCCIONES EL CONDOR S.A	MEDELLÍN	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	\$ 970.185.482	\$ 2.331.430.099
140	CONSTRUCTORA CONCRETO S.A.	MEDELLÍN	Construcción de proyectos de servicio público	\$ 935.510.751	\$ 2.917.066.263
146	AMARILO SAS	BOGOTÁ	Construcción de edificios residenciales	\$ 926.459.364	\$ 2.417.733.105
178	CONSTRUCTORA COLPATRIA SA	BOGOTÁ	Construcción de edificios residenciales	\$ 778.692.045	\$ 2.074.360.213
223	MINCIVIL SA	BOGOTÁ	Construcción de otras obras de ingeniería civil	\$ 646.584.761	\$ 1.154.705.452
234	ESTUDIOS Y PROYECTOS DEL SOL S.A.S.	BOGOTÁ	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	\$ 612.082.785	\$ 1.670.626.093
242	CONSTRUCTORA CAPITAL MEDELLIN S.A.S	MEDELLÍN	Construcción de edificios residenciales	\$ 582.923.789	\$ 575.811.712
245	CSS CONSTRUCTORES SA	CHÍA	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	\$ 579.415.496	\$ 2.032.356.464
283	ELECTRICAS DE MEDELLIN INGENIERIA Y SERVICIOS S.A.S	BOGOTÁ	Construcción de proyectos de servicio público	\$ 504.381.556	\$ 754.165.601
310	JARAMILLO MORA SA	CALI	Construcción de edificios residenciales	\$ 460.120.046	\$ 600.954.625
314	ARQUITECTURA Y CONCRETO S.A.S	MEDELLÍN	Construcción de edificios residenciales	\$ 457.849.028	\$ 2.179.991.232
333	CAMARGO CORREA INFRA PROJETOS S.A SUCURSAL	MEDELLÍN	Construcción de otras obras de ingeniería civil	\$ 432.950.453	\$ 188.164.628
351	CONSTRUCTORA CAPITAL BOGOTA SAS	BOGOTÁ	Construcción de edificios residenciales	\$ 419.029.105	\$ 1.094.437.281
360	SACYR CONSTRUCCION COLOMBIA SAS	BOGOTÁ	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	\$ 408.456.700	\$ 503.887.788
378	URBANIZADORA MARIN VALENCIA S.A.	BOGOTÁ	Construcción de edificios residenciales	\$ 375.788.223	\$ 1.028.940.605
426	ODINSA S.A.	MEDELLÍN	Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica	\$ 326.989.973	\$ 2.364.803.548
434	Constructora Bolívar Bogotá S.A.	BOGOTÁ	Construcción de edificios residenciales	\$ 321.673.581	\$ 2.125.606.725
449	VIA 40 EXPRESS S A S	BOGOTÁ	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	\$ 305.567.058	\$ 439.271.809
454	CONALVIAS CONSTRUCCIONES SAS	CALI	Construcción de otras obras de ingeniería civil	\$ 299.754.032	\$ 889.730.993
473	MORELCO S.A.S.	BOGOTÁ	Construcción de otras obras de ingeniería civil	\$ 286.914.911	\$ 280.605.261

Fuente. SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Información financiera de las 1.000 empresas más grandes por ingresos operacionales* para el año 2018. [En línea]. Bogotá, 2019. Disponible en internet: <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2019/Informacion-financiera-1000-empresas-mas-grandes.aspx>

⁸⁶ SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Información financiera de las 1.000 empresas más grandes por ingresos operacionales* para el año 2018. [En línea]. Bogotá, 2019. [Citado 28 febrero 2020]. Disponible en internet: <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2019/Informacion-financiera-1000-empresas-mas-grandes.aspx>

2.2 CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION

La evolución del sector de la construcción hacia un nivel de exigencia mayor por parte de clientes y participantes ha venido implicando una necesidad de crear una cadena de suministro para cada proyecto constructivo de forma concreta, en cuya gestión juegan un papel muy importante dos factores: los flujos de información y la tecnología asociada⁸⁷.

Así mismo, la cadena de suministro para la industria de la construcción conlleva varias y diferentes actividades o procesos que involucran a muchas personas, clientes y empresas que se deben relacionar correctamente para una coordinada interrelación de todos los elementos. Las empresas de construcción deben tener una organización que no sea compleja pero sí que busque el cumplimiento de las distintas funciones en cooperación de todos los participantes.

A pesar de que la cadena de suministro para la construcción se configura por proyecto, en términos generales se puede esquematizar para el sector de la construcción en Colombia como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Cadena de suministro del sector de la construcción en Colombia.



Fuente. El Autor

⁸⁷ FERNANDEZ, Ana; GÓMEZ, Victor; PRODA, Bernardo. La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción. Burgos, España. 2008. p. 1718.

2.3 ACTORES PARTICIPANTES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION

Cada etapa del modelo de la cadena de suministro propuesto integra varias redes de colaboración y trabajo conjunto de los participantes, que contribuyen al logro de su objetivo.

Para el sector de la construcción en Colombia se han definido algunos de los actores principales para cada etapa del modelo de la cadena de suministro. (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Participantes de la cadena

PLANEACIÓN Y DISEÑO	PROVISIÓN MANO DE OBRA	PROVEEDOR INSUMOS	TRANSPORTE Y LOGÍSTICA	CONSTRUCCIÓN	MERCADEO Y VENTAS
<p>Cliente</p> <p>Director de Proyectos</p> <p>Consultor Calidad/Seguridad</p> <p>Arquitectos</p> <p>Ingenieros Civiles</p> <p>Ingenieros Eléctricos</p> <p>Ingenieros Industriales</p> <p>Instituciones Financieras</p> <p>Aseguradoras</p> <p>Interventoría</p>	<p>Proveedores mano de obra</p>	<p>Proveedores de insumos</p>	<p>Transportadores</p>	<p>Cliente</p> <p>Director de Proyectos</p> <p>Ingeniero Residente</p> <p>Diseñador</p> <p>Arquitectos</p> <p>Ingenieros Civiles</p> <p>Ingenieros Eléctricos</p> <p>Ingenieros Industriales</p> <p>Mano de obra calificada</p> <p>Mano de obra obrera</p>	<p>Cliente</p> <p>Proveedores de mercadeo, publicidad y ventas</p>

Fuente. El Autor

2.4 IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Resulta relevante el flujo de la información dentro de la cadena de suministro, más aún al tratarse del sector de la construcción por las obras civiles de interés que esta conlleva en su desarrollo. Es fundamental considerar la información como la clave del éxito de todo proceso⁸⁸.

Para que el flujo de información en los procesos asociados a la cadena de suministro del sector de la construcción haya tomado tal relevancia, tuvo que atravesar por una evolución en la tecnología asociada a ella. Para esto, se tuvo que utilizar mejores tecnologías portátiles que permitieron producido un aumento del orden de la duplicidad en cifras en poco tiempo⁸⁹.

En las últimas décadas, ha revolucionado la forma en la que las empresas manejan la información. Hasta la década de los ochenta se manejaba aún el papel para el tránsito de información, pero la vertiginosa aceleración de las tecnologías de la información, han permitido adoptar una nueva cultura, dentro de la cual los directivos valoran la información como un recurso tangible dentro de sus procesos, ya que esta puede ser comprada, distribuida y manipulada. En este sentido, es importante validar las diferentes categorías de la información de la cadena de suministro del sector de la construcción⁹⁰:

- Normas y procedimientos estandarizados, como normas ISO, RETIE, CFPA, Sismo-Resistencia, etc.
- Detalles de fabricación (por ejemplo, esquemas y dibujos).
- Catálogos de productos y marcas
- Especificación de materiales
- Información de presupuestos y precios
- Especificaciones estándar
- Especificaciones de construcción
- Guía de diseño y buenas prácticas
- Seguridad y salud
- Gestión de la calidad

Esta clasificación permite apreciar que en todas las etapas de la cadena de suministro se va a asociar diferentes tipos de información, y que del manejo de dicha información dependerá en buena parte el éxito del proyecto de construcción.

⁸⁸ FERNANDEZ, Ana; GÓMEZ, Victor; PRODA, Bernardo. La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción. Burgos, España. 2008. p. 1720.

⁸⁹ Ibid. p. 1721.

⁹⁰ Ibid. p. 1721.

2.5 ROL DE LOS ACTORES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Cuadro 1. Actores y roles de la cadena de suministro.

ACTOR	ROL
Planeación y diseño	<p>La planeación consiste en la organización de las actividades que se desarrollarán para alcanzar el objetivo, que en este caso es determinado por el proyecto de construcción. Una vez que el proyecto recibe luz verde, se necesita un plan sólido para guiar al equipo, así como para tenerlo a tiempo y dentro del presupuesto. Dentro de la planeación de un proyecto se orientan las actividades pertinentes para la obtención de recursos, financiamiento y adquisición de los materiales necesarios. Dentro de la planificación también se determina el equipo de trabajo, el recurso humano, materiales, manejo del riesgo, comunicar los beneficios a las partes interesadas y administrar a los proveedores⁹¹.</p> <p>La planificación también prepara a los equipos para los obstáculos que puedan encontrar a lo largo del proyecto y les ayuda a comprender el costo, el alcance y el calendario del trabajo. Engloba toda la planeación del ciclo de vida del proyecto.</p> <p>Por otra parte, el diseño es una de las áreas donde más trabajo tiene la ingeniería civil. Son el arquitecto y el diseñador quienes se encargan de crear la estructura y darle las proporciones correctas. Por principio de cuentas, el diseño estructural se encarga de investigar qué puede ofrecer un material y cuáles características lo convierten en único, así como los costos que tendrá y sus propiedades, tales como aislamiento térmico y acústico, impermeabilidad, entre otras. El diseño estructural se compone de los siguientes cinco elementos⁹²:</p> <p>Estructuración: se proponen ubicaciones y dimensiones que permitan afinar un proyecto. Análisis: se utilizan programas computacionales que brindan los desplazamientos y elementos mecánicos de los componentes de la estructura. Diseño: cuando ya se poseen los elementos mecánicos, se proporcionan las dimensiones y armados de los miembros de la estructura. Dibujo: se arman los planos. Memoria de cálculo: se mencionan las cargas vivas y muertas, así como ejemplos de diseño.</p>
Provisión mano de obra	<p>La mano de obra engloba al colectivo de personas que son capaces de poner sus conocimientos al servicio del desarrollo del proyecto.</p> <p>Sin mano de obra no hay producción, y sin producción no es posible alcanzar los objetivos del proyecto ni los tiempos de entrega. Absolutamente todo tiene un proceso de creación en la que directa o indirectamente la mano de obra está implicada.</p> <p>El concepto “mano de obra” puede clasificarse, pudiendo diferenciar así entre mano de obra directa o indirecta. La mano de obra directa es aquella que está involucrada en áreas como la producción de un bien o la prestación de algún servicio, pudiendo incluir en esta clasificación a los obreros u operarios que hacen posible la construcción del proyecto.</p> <p>Asimismo, la mano de obra indirecta es aquella que se encarga de la administración de las empresas que fabrican estos bienes o servicios.</p>

Fuente. El Autor

⁹¹ FONTECHA, Ruben. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: Guía del PMBOK. 2017. p. 82

⁹² FONTECHA, Ruben. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK. 2017. p. 82

Continuación (Cuadro 1).

ACTOR	ROL
Proveedor de insumos	<p>Los proveedores son un elemento inicial de la cadena de abastecimiento, por lo que el éxito de una empresa está, en cierta medida, condicionado a la buena elección de estos.</p> <p>En el caso de tener varios proveedores esto “provoca entregas de diferente calidad; cada proceso productivo tiene su propia variabilidad, lo que hace que los suministros difieran unos de otros”. Ello debido a que la calidad es responsabilidad del proveedor, quien antes de hacer las entregas directamente a la línea de producción de la empresa cliente, debe verificar que los componentes cumplan las especificaciones señaladas. Por tal razón, es importante que se haga seguimiento a los proveedores.</p> <p>Por el contrario, tener pocas fuentes de suministro también trae consigo algunos riesgos, de los cuales el más importante es la dependencia mutua, pues “las relaciones intensas favorecen la confianza y evitan susceptibilidades, haciendo más fácil la cooperación en la resolución de problemas. Una fuente única de suministros no tendrá incentivos para invertir en mejoras de proceso o tecnología de productos”⁹³.</p>
Transporte y Logística	<p>Como ya sabemos, el transporte se encarga del desplazamiento de productos de un lugar a otro, pero hoy en día sus actividades pasan a formar parte de las operaciones logísticas por las demandas de los clientes, ampliando sus labores para un completo servicio en base a la oferta y demanda. Motivo por el cual el transporte dentro de una cadena de suministro debe tener un gran valor corporativo, porque mediante este los productos o mercadería se trasladan de un lugar a otro, a través de una planificación que favorezca a la satisfacción del cliente.</p> <p>Es así que la logística y el transporte van de la mano, ya que la primera se encarga de gestionar los flujos para que el transporte llegue a su destino, realizando tareas estratégicas de planificación, y por su parte, la segunda ejecuta dichos planes para una optimización del servicio y llegar al propósito de satisfacer al cliente.</p> <p>Existen diferentes medios de transporte que pueden realizar los envíos de forma aérea, marítima y terrestre, pero sin duda alguna la utilización de estos transportes dependerá de tres factores importantes: La distancia entre el origen y el destino, la oferta de transporte y el destino final del transporte⁹⁴.</p>
Construcción	<p>Si bien los proyectos de infraestructura se generan a partir de la ingeniería civil, es en la construcción que se materializa el proyecto planeado y diseñado, siendo este el principal aporte de la construcción a la cadena de suministro. Así mismo, los proyectos de tipo arquitectónico, se caracterizan por un alto grado de complejidad, algo que queda de manifiesto desde su concepción, pero requieren de la construcción para verlos materializados. Algunos elementos que deben ser gestionados dentro de la construcción obedecen a:</p> <p>Simultaneidad de tareas y acciones. Las obras son de gran envergadura, lo cual supone que las tareas se realicen al mismo tiempo.</p>

Fuente. El Autor

⁹³ CHARNES, A.; COOPER, W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Reserach,, 429-444.

⁹⁴ ROJAS, Rodrigo. Logística: La importancia del transporte en la cadena logística. [En línea]. En: MBA & Educación ejecutiva. [28 febrero 2014] – [Citado 16 abril 2020]. Disponible en internet: <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/la-importancia-del-transporte-en-la-cadena-logistica>

Continuación (Cuadro 1).

ACTOR	ROL
Construcción	<p>División por etapas. Cada tarea se subdivide en otras de carácter secundario o terciario. Incluso, en algunos casos pueden ser consideradas como pequeños proyectos en sí mismos dentro del megaproyecto de obra civil.</p> <p>Elevados costes de ejecución. El tamaño del proyecto incide directamente en la cantidad de los materiales y los recursos técnicos y humanos. En casi todos los casos, se habla de presupuestos de millones de dólares, razón por la cual se debe garantizar la eficiencia y la eficacia de la construcción en el desarrollo del proyecto.</p> <p>Diseño a largo plazo. Salvo cuando se trata de una obra puntual, la gran mayoría de proyectos de obra civil se diseñan para ser ejecutados a largo plazo, generalmente meses o años. Parte fundamental para gestionar toda vez que no se puede incurrir en pólizas por incumplimiento de tiempos.</p> <p>Dirección por niveles. Además, no es suficiente la dirección y la supervisión de una sola persona. Se necesitan varios responsables que actúen como gestores de pequeñas parcelas dentro del megaproyecto.</p>
Interventoría	<p>La Interventoría de Construcción es el conjunto de funciones desempeñadas para llevar a cabo el control, seguimiento y apoyo en el desarrollo de un contrato de obra y, así, asegurar su correcta ejecución y cumplimiento. Esto implica operar dentro de los términos establecidos, las normas vigentes y las cláusulas estipuladas en cuanto a calidad, tiempos y costos⁹⁵.</p> <p>Las actividades de la Interventoría de Construcción son técnicas y administrativas. El interventor, por lo tanto, vigilará que el constructor cumpla con lo establecido en el contrato, y solicitará los ensayos y/o pruebas adicionales cuando lo considere oportuno.</p> <p>Principales actividades técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificación y exigencia del cumplimiento de la Licencia de Construcción. • Seguimiento a los planos y estudios técnicos y arquitectónicos aprobados. • Control de las especificaciones de materiales. • Control y ensayos técnicos. <p>Pruebas de las instalaciones, la puesta de la maquinaria y equipos especiales. Control en Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Ambiental. Principales actividades administrativas. Control de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programación. • Presupuesto. • Financiero y de anticipos. • Garantías y pólizas. • Prestaciones Sociales. • Inventarios y almacén. • Interventoría mensual.

Fuente. El Autor

⁹⁵ GORBANEFF, Yuri; GONZALEZ, Juan; BARÓN, Leonardo. ¿Para qué sirve la interventoría de las obras públicas en Colombia?. p.417

Continuación (Cuadro 1).

ACTOR	ROL
<p>Mercadeo y ventas</p>	<p>Los bienes inmuebles son unos de los productos más costosos del mercado, puesto que son bienes raíces y por ende su precio es muy elevado. Por tal razón, el plan estratégico de marketing y ventas realza su importancia dentro de la cadena de suministro de la construcción, más aún cuando se trata de proyectos de vivienda.</p> <p>En este sentido, el mercadeo en la construcción o para empresas constructoras (ya sean pequeñas, grandes o medianas) es la clave para su negocio y para dar un cierre perfecto a la cadena de suministro, ya que mediante el plan de mercadeo se puede atraer nuevos clientes y aumentar así, tanto sus ventas como sus utilidades o ganancias.</p> <p>Los propietarios y gerentes de empresas de construcción del primer mundo lo saben y por esa razón dedican mucho tiempo, dinero y esfuerzo en la innovación y mejora constante de sus actividades comerciales, porque de esa manera logran evitar las crisis, pueden crecer constantemente y pueden tener finanzas saludables que les permiten vivir tranquilos y disfrutar de los beneficios sin las frustraciones que traen bajos resultados financieros que son ocasionados por bajas ventas y bajas utilidades⁹⁶.</p>

Fuente. El Autor

⁹⁶ MONTES, Cristian; VELÁSQUEZ, Maurer; ACEROM Felipe. Importancia del Marketing en las Organizaciones y el Papel de las Redes Sociales. Bogotá. [En línea]. [Citado 17 abril 2020]. Disponible en internet: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10709/ART%C3%8DCULO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

3. ESTADO ACTUAL DE UTILIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL POR PARTE DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

3.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

3.1.1 Tipo de muestreo. Para seleccionar las empresas a encuestar se utilizó el método no probabilístico denominado muestreo por conveniencia, en el cual el investigador incluye en la muestra a personas u organizaciones que están disponibles y demuestran voluntad para participar en el estudio. Este tipo de muestreo es pertinente en los casos en los que hay restricción de acceso a la información⁹⁷.

Se considera pertinente esta técnica de muestreo para este estudio dada las restricciones que hay de acceso a la información por la emergencia sanitaria dada por la pandemia del COVID 19.

3.1.2 Muestra: Para el desarrollo de este capítulo se aplicó una encuesta (Anexo 1) a 52 empresas, las cuales mostraron voluntad para cooperar con el estudio y las cuales son actores dentro de la cadena de suministro del sector de la construcción.

Esta encuesta la respondieron personas de diferentes cargos dentro de la organización, pero que tienen que ver con la toma de decisiones dentro de la compañía.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS

En la tabla 5 se describen las empresas que colaboraron con la encuesta de conocimiento y utilización de tecnologías de la cuarta generación – Ver tabla 5.

⁹⁷ JOHNSON, Burke; CHRISTENSEN, Larry. Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches. United States of America. 2014. p. 263.

Tabla 5. Descripción de las empresas y cargos encuestados.

Nombre de la empresa	Cargo que responde la encuesta	Parte de la cadena de suministro en la que participa
SERVIMETERS SA	Ingeniero	Interventoría
PROCOLCIVIL SAS	Director de Proyectos	Planeación y Diseño
MORELCO	Ingeniero	Planeación y diseño
ADECCO	Responsable de Gestión	Planeación y diseño
D&C LA PUNTADA IDEAL S.A.S	Representante Legal	Mercadeo y Ventas
JURÍDICO.LEY	Representante Legal	Cliente
CONALTURA	Director de Proyectos	Construcción
CONSTRUCTORA BOLIVAR SA	Director de Proyectos	Construcción
O.A.C. SUMINISTROS Y MONTAJES.	Contratista	Construcción
CONSTRUCTORA LAS GALIAS SA	Ingeniero	Construcción
EL COMPRADOR	Ventas	Proveedor de insumos
GSA COLOMBIA S.A.S.	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
APLIKAR SOLUCIONES INDUSTRIALES SAS	Administración	Mercadeo y Ventas
SIGNOS ARQUITECTURA	Director de Proyectos	Construcción
METALES LA UNIÓN	Gerente	Proveedor de insumos
AMECO COLOMBIA SAS	Compras	Proveedor de insumos
CASAGRES	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
PREFLEX	Director de Proyectos	Transporte y logística
STOR INGA	Almacén	Transporte y logística
SKINCO	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
ULTRA CEM	Gerente	Proveedor de insumos
OPEN MARKET	Ingeniero	Transporte y logística
CONSTRUCTORA AUROS	Director de Proyectos	Construcción
CONSTRUCTUM	Administración	Planeación y diseño
FH CONSTRUCTORA	Marketing	Mercadeo y Ventas
ALIAR INVERSIONES Y PROYECTOS LTDA	Compras	Construcción
GRUPO MACANA	Director de Proyectos	Mercadeo y Ventas
CONSTRUCTORA COLPATRIA S.A	Director de Proyectos	Cliente

Fuente. El Autor

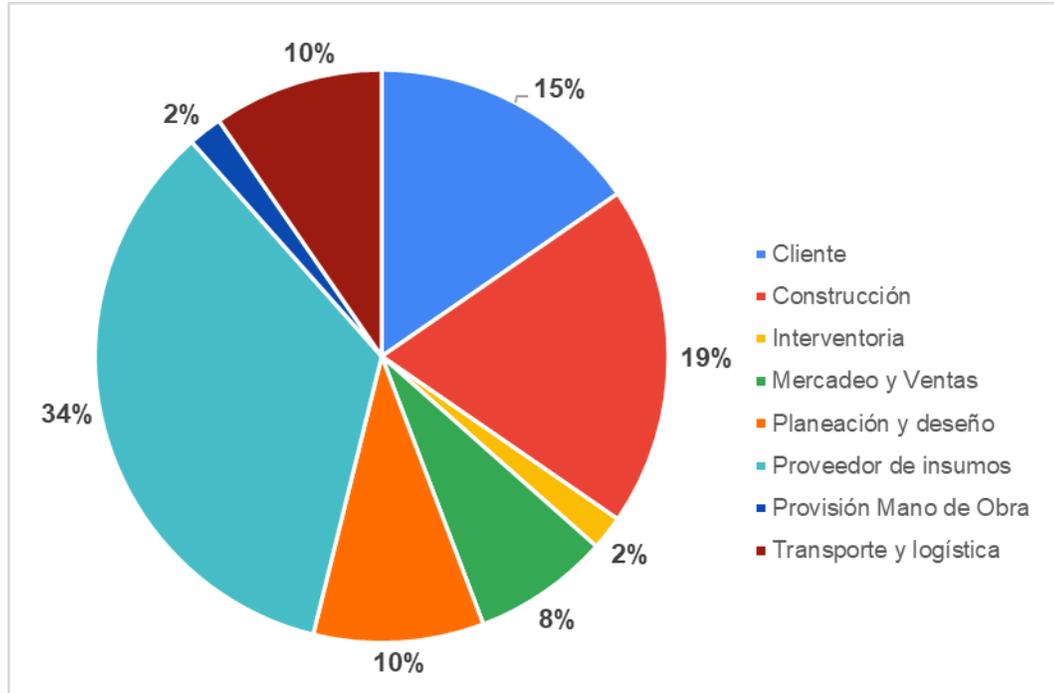
Continuación (Tabla 5).

Nombre de la empresa	Cargo que responde la encuesta	Parte de la cadena de suministro en la que participa
CONSTRUCTORA CONCRETO SA	Director de Proyectos	Construcción
KPMG SAS	Administración	Cliente
FINCONSTRUIR COLOMBIA SAS	Administración	Construcción
TAKAMI SA	Director de Proyectos	Cliente
COLTANQUES SAS	Interventor	Cliente
DIACEMENTOS	Gerente	Proveedor de insumos
A&G INDUSTRIAL SAS	Gerente	Construcción
EQUIPOS Y LOGÍSTICA DEL CARIBE	Gerente	Proveedor de insumos
SENA	Director de Proyectos	Provisión Mano de Obra
FERRETERÍA ANDRÉS MARTINEZ	Administración	Proveedor insumos
MONTACOL SAS	Gerente	Proveedor de insumos
AJOVER SA	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
PLATIENTIBAS	Almacén	Proveedor de insumos
LADRILLERA PRISMA	Compras	Proveedor de insumos
ISMOCOL SA	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
SIKA COLOMBIA SAS	Director de Proyectos	Proveedor de insumos
PANTOS LOGÍSTICS COLOMBIA SAS	Logística	Transporte y logística
ARENAS MEJÍA	Arquitecto	Cliente
TECUR SAS	Gerente	Cliente
VANY PLAS	Gerente	Transporte y logística
HANASKA COLOMBIA	Compras	Cliente
CORONA COLOMBIA	Ingeniero	Proveedor de insumos
AR CONSTRUCCIONES	Director de Proyectos	Planeación y diseño
IMPOFER	Ventas	Proveedor de insumos

Fuente. El Autor

Como se muestra en la tabla 5, se pudo obtener una muestra representativa de algunas de las empresas que hacen parte del sector de la construcción y que participan en alguno de los procesos de la cadena de suministro.

Figura 7. Proceso de la cadena de suministro en la que participan las empresas encuestadas



Fuente. El Autor

Como se puede evidenciar en la figura 6, las empresas que más participaron de la encuesta con un 34% se encuentran dentro de la cadena de suministro como proveedores, siendo un actor representativo toda vez que para el sector de la construcción se manejan innumerables proveedores que atienden el suministro de los diferentes insumos y materiales para la obra.

Seguidamente, tenemos una participación del 19% de empresas que hacen parte de la cadena de suministro en el proceso de construcción, actor fundamental también puesto que son los encargados de materializar el proyecto.

También se tuvo una participación importante por parte de los clientes, quienes hicieron parte del consenso en un 15%. Este es otro de los actores fundamentales de la cadena de suministro, puesto que son ellos quienes finalizan la cadena de suministro y de la misma manera la hacen sostenible por medio del intercambio económico por el bien o servicio.

Se encuentran en un porcentaje de participación del 10% las empresas que tienen que ver con los procesos de Planeación y diseño y Transporte y logística. Si bien esto no quiere decir que en todo el entorno del sector de la construcción se maneje de esta manera, si es necesario ver que la participación de las empresas que

manejan estos aspectos representa una menor cantidad que las que suministran actividades primarias en la cadena de suministro, como se pudo observar en los porcentajes más altos.

Con un 8% de participación se encuentran las empresas que participan en la cadena de suministro en el proceso de Mercadeo y ventas, actor de la cadena que permite generar las estrategias y mecanismos para la venta de los proyectos o para la pauta publicitaria cuando se habla de obras de infraestructura pública.

Finalmente, tenemos la participación de la interventoría y de la provisión de mano de obra. Estas participaron con un 2% de la totalidad de encuestados. Esto se debe a que estas empresas se contratan normalmente para una sola función, bien sea para la intervención y vigilancia del cumplimiento de los contratos de las obras y para el suministro de personal en los diferentes proyectos.

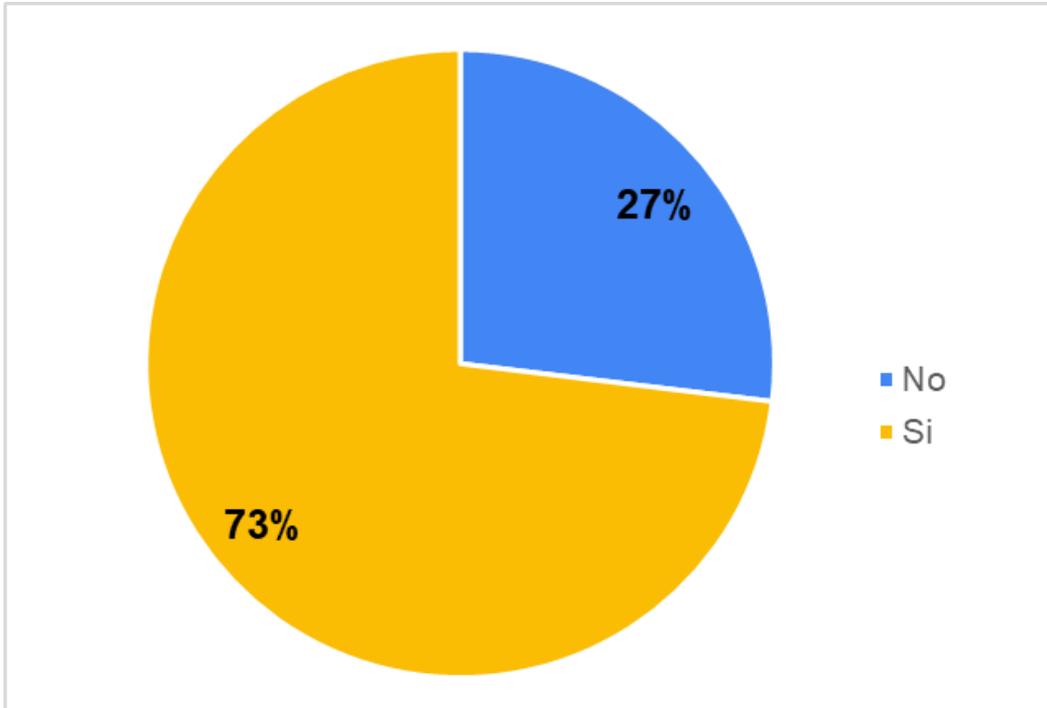
Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede generar una conclusión parcial, en la que se puede evidenciar que los diferentes actores de la cadena de suministro de la construcción tienen más participación en los procesos que generan las actividades que permiten materializar el proyecto de obra, tales como los proveedores y la construcción.

3.2 APROXIMACIÓN DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS CON LAS TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Conforme a la información suministrada en las encuestas, se analizó la aproximación que tienen las diferentes empresas encuestadas con las tecnologías de la cuarta revolución industrial, dependiendo el proceso con el que participan en la cadena de suministro.

Se preguntó a las empresas encuestadas si tienen conocimiento de qué es la cuarta revolución industrial o industria 4.0, a lo cual respondieron:

Figura 8. Respuesta a la pregunta tienen conocimiento de qué es la cuarta revolución industrial o industria 4.0



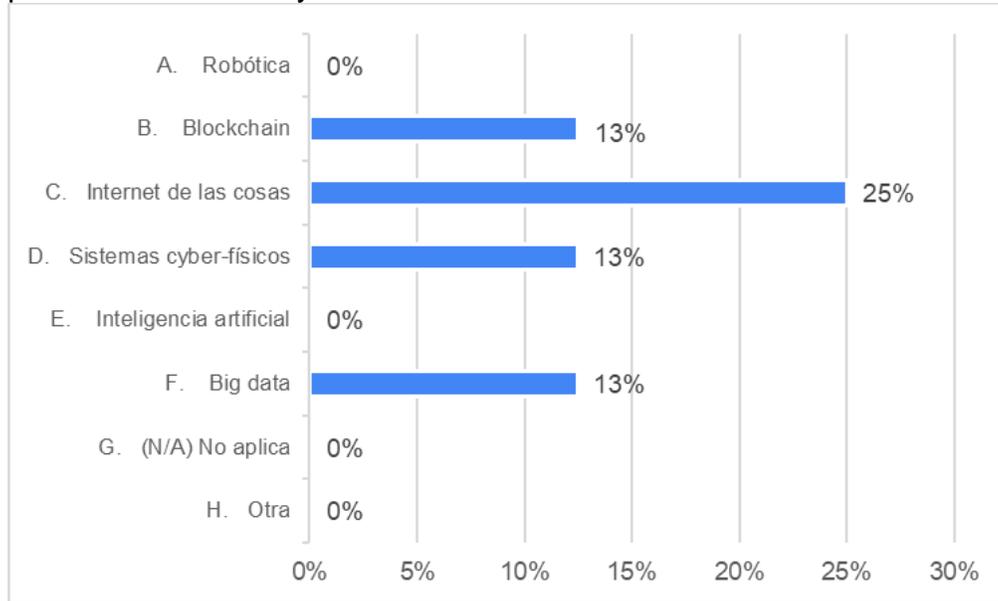
Fuente. El Autor

La figura 7 ilustra que el 73% de las empresas encuestadas conocen acerca de la cuarta revolución industrial, mientras que el 27% indica que no conoce este concepto.

Es probable que el porcentaje de desconocimiento de lo que es la cuarta revolución industrial 27% corresponda a algunas empresas que por las características de su negocio no hayan escuchado acerca de esta tendencia, ni la hayan tenido que emplear en alguno de sus procesos.

En cuanto a cuáles son las tecnologías de la cuarta revolución industrial que las empresas encuestadas usan para el desarrollo de sus actividades, teniendo en cuenta su participación en la cadena de suministro, estas respondieron lo siguiente:

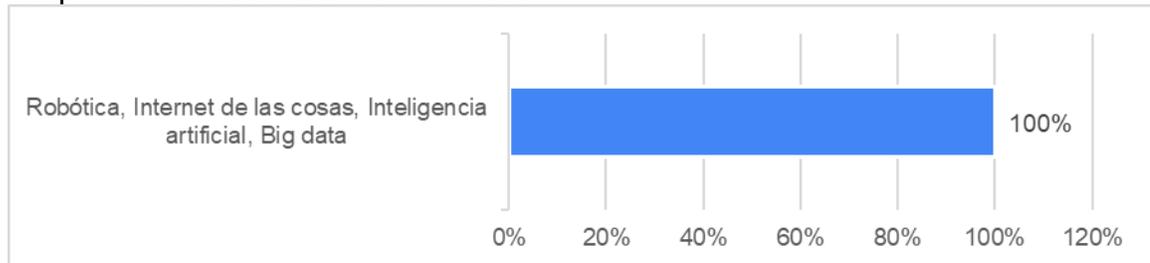
Figura 9. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Planeación y diseño.



Fuente. El Autor

En la figura 8 se puede observar que de las empresas encuestadas que hacen parte del proceso de Planeación y Diseño el 25% de ellas utiliza en alguno de sus procesos la tecnología correspondiente al Internet de las cosas, mientras que un 13% el Blockchain, otro 13% utiliza los sistemas cyber-físicos y el último 13% hace uso del Big Data.

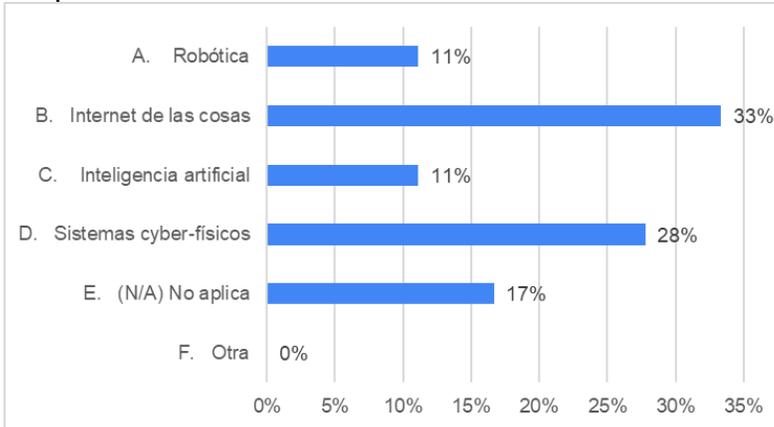
Figura 10. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Provisión mano de obra.



Fuente. El Autor

En la figura 9 solo se contó con una empresa que contribuyó con la encuesta y que pertenece al proceso de Provisión de mano de obra, a lo cual respondió a esta pregunta con el uso de la robótica, el internet de las cosas, la inteligencia artificial y Big Data.

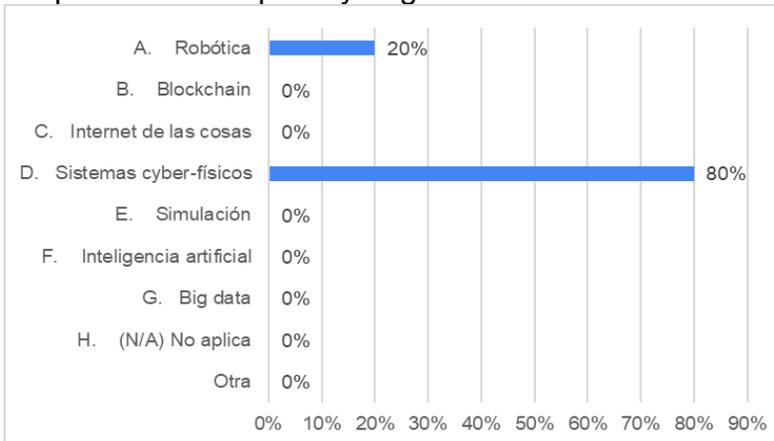
Figura 11. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Proveedor de insumos.



Fuente. El Autor

En la figura 10 se evidencia que el 33% de las empresas del proceso Proveedores de insumos en la cadena de suministro de la construcción usan la tecnología de Internet de las cosas. Por otro lado, el 28% de estas empresas utilizan los sistemas cyber-físicos; el 11% utiliza la robótica y 11% la Inteligencia artificial. Es importante observar que el 17% de las empresas encuestadas pertenecientes a este proceso no aplican ninguna tecnología de la cuarta revolución industrial.

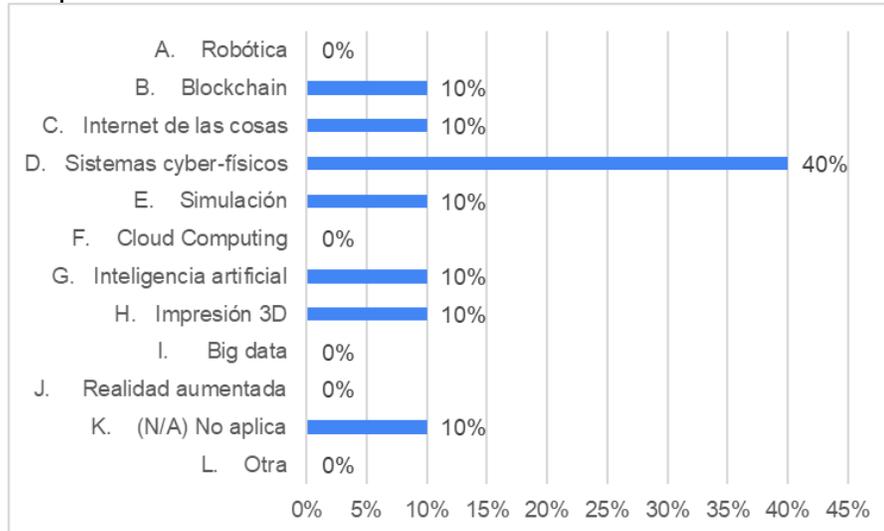
Figura 12. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Transporte y Logística.



Fuente. El Autor

La figura 11 ilustra que el 80% de las empresas encuestadas pertenecientes al proceso de Transporte y logística aplican la tecnología de sistemas cyber-físicos. El 20% de las empresas aplican la robótica, principalmente en el manejo de montacargas.

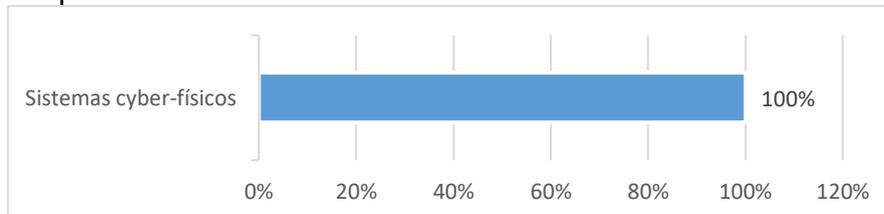
Figura 13. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Construcción.



Fuente. El Autor

Como se puede observar en la figura 12, el 40% de las empresas encuestadas que hacen parte del proceso de construcción en la cadena de suministro utilizan la tecnología correspondiente a los sistemas cyber-físicos. El 50% de las empresas están repartidas cada una con el 10% de participación, en las que se usa el Blockchain, el internet de las cosas, la simulación, la inteligencia artificial y la impresión 3D correspondientemente. Por otra parte, hay una empresa que corresponde al 10% que no aplica ninguna tecnología de la cuarta revolución industrial.

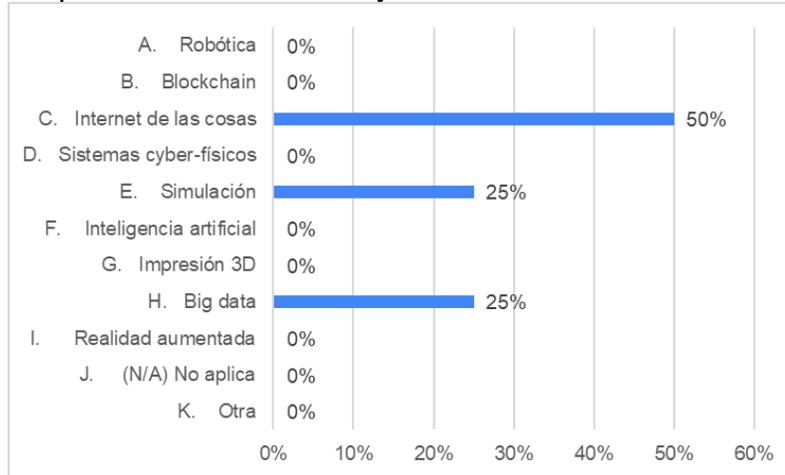
Figura 14. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso Interventoría.



Fuente. El Autor

En la figura 13 se contó solo con una empresa que contribuyó con la encuesta y que pertenece al proceso de Interventoría, a lo cual respondió a esta pregunta con el uso de los sistemas cyber-físicos.

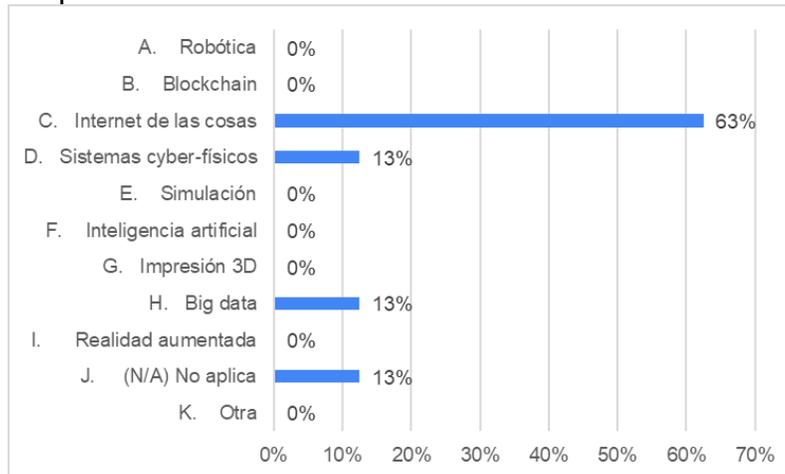
Figura 15. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso de Mercadeo y ventas.



Fuente. El Autor

En la figura 14 se puede observar que el 50% de las empresas que hacen parte del proceso de Mercadeo y ventas de la cadena de suministro utilizan dentro de alguno de sus procesos el internet de las cosas. El 25% de las mismas utilizan la simulación y el otro 25% utiliza la Big Data.

Figura 16. Tecnologías de la cuarta revolución industrial usadas en las empresas del proceso clientes.



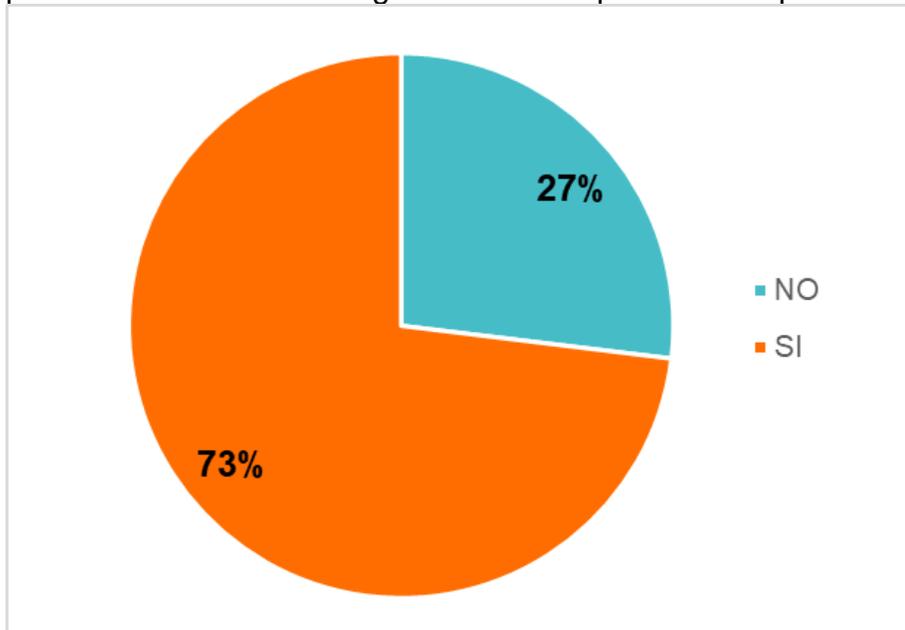
Fuente. El Autor

En la figura 15 en cuanto a las empresas encuestadas que corresponden a los clientes, estas refirieron que el 63% de ellas usan el internet de las cosas, un 13% usan los sistemas cyber-físicos, otro 13% usan la Big Data y el 13% restante no utilizan este tipo de tecnologías.

3.3 SÍNTESIS DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS

En esta parte se quiso saber la percepción que tienen las empresas encuestadas respecto al uso de tecnologías de la cuarta revolución industrial por parte de sus proveedores. Así mismo, se indagó acerca del proceso en el que ellos ven conveniente implementar las tecnologías 4.0 y si ven la oportunidad de la utilización de éstas en el sector de la construcción.

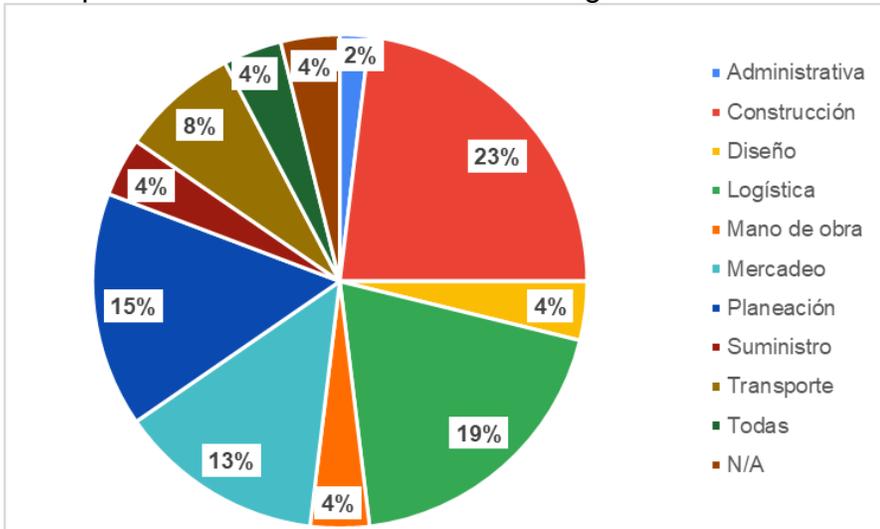
Figura 17. Percepción de las empresas encuestadas respecto a que sus proveedores usen tecnologías 4.0 en sus procesos de producción.



Fuente. El Autor

En la figura 16 el 73% de las empresas encuestadas indicaron que la percepción frente a sus proveedores es que sí usan tecnologías de la cuarta revolución industrial dentro de sus procesos. Por otra parte, el 27% restante indicaron que su percepción frente a sus proveedores es que no las usan.

Figura 18. Fase del desarrollo de un proyecto en la que las empresas encuestadas ven oportunidad de involucrar las tecnologías 4.0



Fuente. El Autor

En la figura 17 de las 52 empresas encuestadas, el 23% de ellas ven la oportunidad de involucrar las tecnologías de la cuarta revolución industrial en la fase de construcción. El 19% opina que hay oportunidad de involucrar las tecnologías 4.0 en la fase de la logística y el 15% indican que hay oportunidad de involucrarlas en la fase de planeación.

Por otra parte, el 15% opina que hay oportunidad de involucrar las tecnologías de la cuarta revolución industrial en la fase de Planeación de un proyecto de construcción, el 13% ven la oportunidad en la fase de Mercadeo.

En proporciones más pequeñas, se encuentra que el 4% de las empresas ven oportunidad en la fase de suministro, otro 4% en la fase de mano de obra y otro 4% de las empresas ven la oportunidad en la fase de diseño.

Finalmente hay quienes opinan que en todas las fases del proyecto hay oportunidad con la opinión del 4% de las empresas y otras que, por su parte, 4% de ellas. Que opinan que no aplica, Finalmente, el 2% de las empresas encuestadas indican que la oportunidad de involucrar tecnologías 4.0 está en la fase de la administración del proyecto de construcción.

3.4 DOFA

Tomando como línea base el análisis externo (Capítulo 2) y el análisis interno (Capítulo 3) del sector de la construcción en Colombia, se sintetizará el diagnóstico correspondiente al uso de las tecnologías 4.0 dentro de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades de dicho sector, empleando una matriz DOFA.

El resultado de este análisis brinda a las empresas que hacen parte de la cadena de suministro del sector de la construcción un panorama para formular sus propias estrategias que les permita aprovechar sus fortalezas, prevenir los riesgos que sobrevengan de sus debilidades, utilizar sus oportunidades de forma anticipada y prepararse o prevenir el efecto de sus amenazas respecto a la inmersión a la cuarta revolución industrial - Ver Cuadro 2.

Cuadro 2. Matriz DOFA

<p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p>	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p>
	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS FO</p>
<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS DO</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS DA</p>
<p>F1: Gran cantidad de empresas dentro del sector de la construcción.</p> <p>F2: Existe una gran participación de proveedores en la cadena de suministro.</p> <p>F3: La mayoría de empresas participan en la cadena de suministro del sector de la construcción están aplicando en alguno de sus procesos la tecnología del internet de las cosas.</p>	<p>O1: Colombia es líder en desarrollo, técnica e innovación por sus avances en el sector a nivel Latinoamérica.</p> <p>O2: El sector constructor es el que más interrelación tiene con el resto de los sectores.</p> <p>O3: Una de las actividades que más empleo directo e indirecto genera.</p> <p>O4: El desarrollo industrial ha hecho que el sector de la construcción sea clave para el desarrollo económico del país.</p> <p>O5: Las elevadas cifras de ventas y la dilatación en los periodos de pago y cobro posibilitan la obtención de importantes beneficios financieros.</p> <p>O6: La permanente ciclicidad del sector ha llevado a las constructoras a una etapa de expansión, con el propósito de garantizar fuentes de ingresos recurrentes.</p> <p>O7: El porcentaje de penetración de internet en Colombia es relativamente alto, 60%, comparado con otros de la región.</p> <p>O8: Las tecnologías 4.0 ya han sido aplicadas con éxito en otros sectores</p> <p>O9: Tecnologías asequibles</p> <p>F1-F2-O2: Generar una alianza entre las diferentes empresas que participan en la cadena de suministro del sector de la construcción para generar sinergias que permitan fortalecer el sector y otros sectores de la economía.</p> <p>F3-O1-O4: Diseñar una alternativa en la que se involucren las empresas del sector y el centro de la cuarta revolución industrial para generar nuevos avances en el uso de las tecnologías 4.0 en los procesos de la cadena de suministro del sector.</p> <p>F4-O6-O9: Aprovechando la expansión del sector de la construcción en el país, es buen momento para que las empresas PYME y grandes hagan un proceso de inmersión más profundo hacia la innovación de sus procesos.</p>	<p>A1: El entorno económico del país no proporciona soluciones para el diseño de una estructura sólida que garantice una óptima utilización de los recursos de las compañías para que éstas cumplan con éxito la ejecución de los proyectos.</p> <p>A2: La inadecuada explotación de los recursos naturales y el aumento del impacto ambiental</p> <p>A3: Algunos componentes de la cadena no tienen tecnología avanzada.</p> <p>A4: El volumen de negocio de la construcción presenta una gran ciclicidad, amplificando las oscilaciones del PIB.</p> <p>A5: La actividad en el exterior resulta menor que el resto de sectores, debido a que los productos que realiza no son transportables.</p> <p>A6: altos costos del sector</p> <p>A7: Las actividades implican alto riesgo.</p> <p>F1-A1: Generar como gremio un modelo financiero al que se le apliquen las tecnologías 4.0 (Poe ejemplo Blockchain) y en el que sea sostenible el presupuesto de los proyectos, más aún de las obras públicas.</p> <p>F2-A2: Las empresas deben iniciar una reconversión de sus procesos basados en economía lineal por tecnologías de economía circular, que les permita ser ambientalmente sostenibles.</p> <p>F3-A3 – A7: Aprovechando que la mayoría de las empresas ya saben que son las tecnologías 4.0, empezar a destinar un rubro para la actualización de la empresa en este aspecto, involucrando talento humano y tecnológico para ello.</p>
<p>D1: Todavía se encuentran empresas que hacen parte de la cadena de suministro del sector de la construcción que no conocen ni manejan una tecnología 4.0.</p> <p>D2: Las empresas de la cadena de suministro de la construcción aún no destinan un recurso para identificar y utilizar las diferentes tecnologías 4.0 que pueden mejorar u optimizar procesos en sus organizaciones.</p> <p>D3: Las tecnologías 4.0 que se están usando en las empresas del sector de la construcción aún no son tan sofisticadas como en otros países.</p>	<p>D1-O2-O3: Generar como gremio una alianza con el sector de la educación de tal manera que los trabajadores y directivos del sector de la construcción empiecen a tener un acercamiento teórico-practico con las tecnologías de la cuarta revolución industrial.</p> <p>D2-O5: Como gremio es importante que se proponga un beneficio económico para aquellas empresas que por su capital o poca utilidad no pueden iniciar procesos de reconversión o inmersión a las tecnologías 4.0.</p>	<p>D3-A4: Es importante generar estrategias conjuntas entre las empresas del sector de la construcción que permitan planificar las actividades de mitigación del riesgo económico, para lo cual pueden hacer uso de otras tecnologías 4.0, por ejemplo, la simulación o la realidad aumentada en temas de gestión de riesgos.</p> <p>D3-A5: Realizar un estudio de mercado de los productos y servicios que ofrecen las empresas del sector de la construcción en Colombia y que se puedan comercializar en otros países, usando aplicaciones, redes sociales u otra forma de tecnología 4.0. más innovadora.</p> <p>D2-A6: Para mitigar la amenaza que se pueda presentarse en el sector de la construcción a causa de la insostenibilidad de alguna de sus líneas de negocio, es importante formular estrategias que amplíen e innoven las líneas de mercado del sector.</p>

Fuente. El Autor.

4. DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las encuestas y la síntesis desarrollada en la matriz DOFA, se evidencia que hasta ahora se están aplicando las tecnologías 4.0 en algunos procesos de la cadena de suministro de la construcción, pero que aún no abarcan todos los pilares de la cuarta revolución industrial, factor que puede acelerar el crecimiento del sector.

Por tal razón, en este capítulo se proponen las estrategias 4.0 para cada proceso de la cadena de suministro del sector de la construcción, las cuales pueden permitir un desarrollo más acelerado de dichos procesos y, de forma sinérgica, un crecimiento potencial para el sector de la construcción en Colombia. Para esto es importante reconocer los fundamentos y pilares de la cuarta revolución industrial.

4.1 FUNDAMENTOS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Durante la evolución de la industria se fueron desarrollando los sistemas de producción inteligentes, los cuales consisten en la unión de las tecnologías físicas y digitales y la integración de todas las etapas de desarrollo de un producto o proceso, lo cual representa un impacto positivo porque se traduce en más eficiencia y aumento de la productividad⁹⁸. Dentro de los fundamentos de la cuarta revolución industrial se encuentran:

4.1.1 Instantánea. Este fundamento radica en el seguimiento y análisis de datos en tiempo real, garantizando mayor asertividad en la toma de decisiones. Su principal aplicación es saber todas las etapas del proceso en el momento en que se produzcan⁹⁹.

4.1.2 Virtualización. La simulación por ordenador es ya una realidad, sin embargo, el desarrollo de las tecnologías 4.0 proponen ir un poco más allá mediante la monitorización remota de los procesos de producción con el fin de evitar posibles fallos y hacer la red de producción más eficiente¹⁰⁰.

⁹⁸ JOYARES, Luis. Industria 4.0: La cuarta revolución industrial. Alfaomega. España, Granada. 2017

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Ibid.

4.1.3 Descentralización de la toma de decisiones. Con El propósito de mejorar la producción en la industria, los sistemas cyber-físicos toman decisiones basadas en el análisis de datos, sin depender de la acción humana, tomando la decisión más segura y más precisa para el proceso.

4.1.4 Modularización. Este fundamento se basa en que el sistema se divide en módulos, es decir, en diferentes partes. De esta forma, una máquina producirá de acuerdo con la demanda, garantizando que solo utilizará los recursos necesarios para realizar cada tarea, lo que conlleva a la optimización de la producción y ahorro energético¹⁰¹.

Para apoyar y desarrollar los fundamentos de la cuarta revolución industrial, existen algunos pilares tecnológicos que impulsan la evolución de la industria 4.0.

4.2 PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

4.2.1 Análisis de datos BIG DATA. Con Esta tecnología se analizan y administran grandes cantidades de datos, permitiendo un mayor rendimiento en la optimización de procesos industriales, mejorando el consumo de energía y la calidad de la producción en empresas que saben cómo utilizar este paradigma tecnológico¹⁰².

4.2.2 Robótica – Inteligencia artificial. El uso de robots en la industria no es una estrategia nueva, sin embargo, en la industria 4.0 estos obtienen nuevas habilidades más allá de sus predecesores, ya que ahora logran incorporar nuevas capacidades para realizar sus actividades sin la supervisión humana. Dentro de sus principales atributos se encuentra la capacidad para trabajar de forma automatizada y coordinar una serie de tareas productivas. Además de reducir los costos, la robótica representa una herramienta de optimización de los procesos productivos¹⁰³.

¹⁰¹ JOYARES, Luis. Industria 4.0: La cuarta revolución industrial. Alfaomega. España, Granada. 2017

¹⁰² Ibid.

¹⁰³ Ibid.

4.2.3 Simulación. Esta tecnología es esencial para garantizar la calidad y la eficiencia en el desarrollo de productos, ayuda a las empresas en el desarrollo y perfeccionamiento de los mismos. Con ayuda de una computadora, los profesionales pueden realizar diferentes análisis como: “análisis estáticos, dinámicos, de fluidos, térmicos, electromagnéticos y acústicos entre otros, que proporcionan beneficios como la reducción del tiempo en la elaboración de proyectos, aumento de la productividad, facilidad en la detección de fallas y ayuda en la identificación de soluciones”¹⁰⁴.

En la industria 4.0, la simulación se puede utilizar más ampliamente teniendo disponible las informaciones de la planta, analizando datos en tiempo real, lo que reduce el mundo físico y el virtual. Esta tecnología les permite a los operadores probar y optimizar la configuración de las máquinas para el siguiente producto en la línea de producción virtual antes de un cambio real, ahorrando tiempo y dinero.

4.2.4 Sistemas ciberfísicos- Ciberseguridad. Los sistemas ciberfísicos son un mecanismo controlado o monitoreado por algoritmos basados en computación y estrechamente integrados con Internet. En estos sistemas los componentes físicos y el software están profundamente entrelazados, donde cada elemento opera en diferentes escalas espaciales y temporales¹⁰⁵.

Dentro de algunos ejemplos de los sistemas ciberfísicos están: el sistema de red eléctrica inteligente, sistemas de automóvil autónomo, sistemas de monitoreo médico, sistemas de control del proceso, sistemas de robótica, domótica y pilotos automáticos aeronáuticos. Es importante recalcar que los sistemas ciberfísicos tienen un enfoque multidisciplinario, fusionando la cibernética, mecatrónica y la ciencia de diseño y de proceso.

Por su parte, la ciberseguridad hace parte de estos sistemas y realiza su importancia toda vez que al implementarse la industria del futuro en todas las empresas implica que todas sus áreas estén conectadas y por eso es que la ciberseguridad es un elemento clave para proteger los sistemas y los datos de las amenazas potenciales y fallos que pueden causar problemas en la producción o en la protección de la información de ataques cibernéticos¹⁰⁶.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ EQUIPE ESSS. Conozca los pilares de la Industria 4.0. [En línea]. [25 enero 2017] – [Citado 25 abril 2020]. Disponible en internet: <https://www.esss.co/es/blog/los-pilares-de-la-industria-4-0/>

¹⁰⁶ Ibid.

4.2.5 Cloud computing o la nube. Bajo este modelo tecnológico se está permitiendo sostener el desarrollo de la industria de 4,0. Cada vez son más las tareas relacionadas con la producción de bienes y servicios que requieren el uso de aplicaciones y datos compartidos entre diferentes ubicaciones y sistemas más allá de los límites de los servidores de la empresa. La operación y almacenamiento en la nube ofrece una gran reducción en el costo, el tiempo y la eficiencia de cualquier proceso¹⁰⁷.

4.2.6 Impresión 3D o manufactura aditiva. Este pilar implica la producción de partes o elementos elaborados a partir de capas de material superpuestas, típicamente en forma de polvo, para obtener un modelo 3D del diseño computarizado. Esta estrategia se puede usar para crear productos y construcción de dibujos complejos, permite ver la materialización de un proyecto antes de su ejecución, y de esta forma replantear el diseño o tomar nuevas decisiones.

4.2.7 Realidad aumentada. Este es uno de los pilares menos desarrollados en el sector de la construcción en Colombia, pero la realidad aumentada es compatible con una gran variedad de aplicaciones y servicios en diferentes campos como la medicina y la educación. Aplicado a las necesidades de la industria, la realidad aumentada puede ser incluida en los procesos de inducción técnica y de manejo seguro para evitar accidentes mediante el uso de gafas de realidad virtual enfocadas a la gestión y el funcionamiento de algunas máquinas y a la mejora de los procedimientos de trabajo.

4.2.8 Blockchain o cadena de bloques. Esta tecnología es una base de datos compartida que funciona como un libro para el registro de operaciones de compra-venta o cualquier otra transacción. Consiste en un conjunto de registros que están en una base de datos compartida on-line en la que se registran mediante códigos las operaciones, cantidades, fechas y participantes.

Al utilizar claves criptográficas y al estar distribuido por muchos ordenadores (personas) presenta ventajas en la seguridad frente a manipulaciones y fraudes. Una modificación en una de las copias no serviría de nada, sino que hay que hacer el cambio en todas las copias porque la base es abierta y pública¹⁰⁸.

¹⁰⁷ Ibid.

¹⁰⁸ INFOTECNOLOGY. ¿Qué es blockchain, la tecnología que viene a revolucionar las finanzas?. [En línea]. [12 agosto 2016] – [Citado 25 abril 2020]. Disponible en internet en:

4.2.9 Internet de las Cosas (IoT). Este pilar obedece a la conexión entre la red de los objetos físicos, entornos, vehículos y máquinas a través de dispositivos electrónicos que permite la recogida y el intercambio de información. En la industria la IoT representa diferentes tecnologías que antes estaban desconectadas y ahora están interconectadas a través de una red basada en IP, siendo esta una de las bases del crecimiento digital.

Así mismo, este concepto pretende que un mayor número de dispositivos se añaden y se conectan por medio de estándares de tecnología, permitiendo que los dispositivos de campo para comunicarse e interactuar unos con otros como controladores sean más centralizados¹⁰⁹.

Por tanto, la cuarta revolución industrial no se limita a ningún sector productivo. La tendencia en el uso de estas tecnologías es un conjunto que integra todas las cadenas de suministro y hace que la sociedad tenga un beneficio colectivo para que se incluya en este nuevo proceso. Esta transformación digital se empieza a volver un factor obligatorio y un paso importante para el desarrollo de cualquier sector productivo.

4.3 ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL PROPUESTAS PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la encuesta, se proponen las siguientes estrategias de la cuarta revolución industrial, las cuales son pertinentes acorde a los hallazgos que se pudieron evidenciar en cuanto al uso de las mismas por parte de las empresas del sector de la construcción encuestadas.

4.3.1 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Planeación y diseño” de la cadena de suministro de la construcción. Es importante tener claro que en este proceso se desarrolla el plan para la dirección del proyecto de construcción y por eso es necesario definir, preparar y coordinar todos los componentes y consolidarlos en un plan integral que facilite la dirección del proyecto y le permita establecer las fases, recursos y resultados del desarrollo del mismo hasta alcanzar el objetivo propuesto.

<https://www.infotechnology.com/online/Que-es-blockchain-la-tecnologia-que-viene-a-revolucionar-las-finanzas-20160810-0001.html>

¹⁰⁹ <https://www.esss.co/es/blog/los-pilares-de-la-industria-4-0/>

El beneficio clave de este proceso es la producción de un documento comprensivo que defina la base para todo el trabajo del proyecto y el modo en que se realizará el trabajo. Este proceso se lleva a cabo una única vez dentro de la cadena de suministro o en puntos predefinidos del proyecto.

En este sentido, teniendo en cuenta los elementos que hacen parte de este proceso, se sugieren las siguientes estrategias 4.0:

Cuadro 3. Estrategias 4.0 proceso “Planeación y Diseño”

ESTRATEGIA PROPUESTA	Planeación del ciclo de vida del proyecto.
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Cloud computing Impresión 3D
POSIBLES APLICACIONES	Administración y manejo de muchos datos, visualización anticipada del proyecto, comunicación asertiva entre todos los actores del proyecto, reuniones efectivas a distancia
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Constructoras
BENEFICIOS	Toma de decisiones acertadas. Ahorro en tiempo y dinero Información descentralizada Control de los cambios de decisiones Aseguramiento de la ejecución del proyecto.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	DotProject, permite realizar seguimiento a los proyectos, en ámbito global, costos anuales a través de suscripción.

Fuente. El Autor

4.3.2 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Provisión mano de obra” de la cadena de suministro de la construcción. Este proceso comprende el esfuerzo y/o conocimiento, tanto físico como mental, que una persona o grupo de personas pueden aportar para llevar a cabo una tarea de la actividad productiva. En este proceso también se involucra el costo que genera contratar a las personas que realizan una determinada tarea, puesto que es uno de los rubros más grandes de los que se deben destinar en el proyecto. Una de las características predominantes de la mano de obra en Colombia es que la fuerza de trabajo está representada por personas que no cuentan con altos estándares académicos y por ende el índice de accidentalidad es muy grande oportunidad para un desarrollo estratégico que contemple las tecnologías 4.0¹¹⁰. En el cuadro 4 se presentan las estrategias 4.0 aplicables a este proceso:

Cuadro 4. Estrategias 4.0 proceso “Provisión mano de obra”

ESTRATEGIA PROPUESTA	Capacitación a los líderes de las empresas del sector de la construcción
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Inteligencia artificial
POSIBLES APLICACIONES	Selección de personal calificado, maniobras peligrosas y trabajos de alto riesgo, optimización de tiempos en tareas repetitivas, trabajos de precisión, gestión de la seguridad y salud en el trabajo, inducciones a puestos de trabajo y manejo de maquinaria.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Recurso humano
BENEFICIOS	Reducción de los costos por selección de personal. Selección del personal mejor calificado. Rendimiento en los tiempos de producción. Integridad en la ejecución de múltiples tareas. Reducción de índices de accidentalidad. Reducción del riesgo laboral de la compañía.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	Tecnología o herramientas en las que el proceso, tendría que incurrir.

Fuente. El Autor

¹¹⁰ https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/83088/revista-RAD_Llovera.pdf

4.3.3 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Proveedor de insumos” de la cadena de suministro de la construcción. El desarrollo de proveedores dentro de una cadena de suministro, sea la que sea, representa una gran estrategia en la mejora de los procesos de una empresa, o en sí, de un sector económico. La importancia del fortalecimiento de los proveedores permite mejorar las ventajas competitivas, tanto de ellos, como de las empresas que contratan el suministro de sus productos y servicios. El desarrollo de estrategias 4.0 en este proceso, permite crear una red que de forma sinérgica hala otros procesos dentro de la cadena de suministro y de esta forma, se empieza a ver la evolución de un sector que aún sigue utilizando métodos poco evolucionados, con riesgo a quedar rezagado por el desarrollo tecnológico con el que se mueve el mundo día a día¹¹¹.

A continuación, se relacionan las estrategias 4.0 que se sugieren para el proceso de Proveedores de insumos (Véase cuadro 5):

Cuadro 5. Estrategias 4.0 proceso “Proveedor insumos”

ESTRATEGIA PROPUESTA	Transformación digital
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Cloud computing, Internet de las cosas
POSIBLES APLICACIONES	Automatización de procesos, anticipación en la entrega de productos y servicios, gestión de la calidad, transporte y logística.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Suministro de insumos.
BENEFICIOS	Aumento de las ventajas competitivas. Optimización de sus propios procesos. Versatilidad para adaptarse a los cambios vertiginosos de las tendencias del mercado. Incrementar la calidad de productos y procesos. Aumento de la credibilidad y preferencias de sus clientes.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	SAP, software es gratis por tiempo de prueba, costos mensuales o anuales a través de suscripción ampliando la plataforma de servicio.

Fuente. El Autor

¹¹¹ GONZALEZ, Luis. El impacto del desarrollo de proveedores en la cadena de suministros. [En línea]. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, 2014. [Citado 25 de abril 2020]. Disponible en internet:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13483/EL%20IMPACTO%20DEL%20DE%20SARROLLO%20DE%20PROVEEDORES%20EN%20LA%20CADENA%20DE%20SUMINISTROS.pdf;jsessionid=530265378CF2F0D29A4D6FE0DE361E08?sequence=1>

4.3.4 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Transporte y logística” de la cadena de suministro de la construcción. Según Acosta de Valencia¹¹²: “El transporte de carga es una actividad fundamental en el aparato productivo colombiano ya que es el sector que permite que un producto llegue al consumidor final, genere la circulación de bienes y dinamice la economía”. Es evidente que el transporte hace parte fundamental de la economía ya que integra las principales actividades productivas y de consumo del país, y por lo tanto, los costos de transporte juegan un papel determinante en el precio final de todo proyecto. Así mismo, es importante tener presente que el medio de transporte que predomina en Colombia es el terrestre, por este medio se transporta alrededor del 80% de la carga del país y que los costos del transporte son altamente representativos en la cadena de suministro¹¹³.

Desde esta perspectiva, el transporte y la logística tienen muchos aspectos por mejorar, siendo este el momento en el que se evalúen las estrategias 4.0 que permitirán tener una evolución, principalmente del transporte terrestre.

Cuadro 6. Estrategias 4.0 proceso Transporte y logística

ESTRATEGIA PROPUESTA	Innovación
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Sistemas cyber-físicos
POSIBLES APLICACIONES	Rastreo de carga en tiempo real. Aseguramiento de las condiciones de calidad de la carga, supervisión y trazabilidad del producto. Actualización de la flota vehicular. Aplicación de las normas de tránsito para la prevención de accidentes. Sistemas domóticos desarrollados en vehículos para gestión energética.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Transporte y logística
BENEFICIOS	Mejora de la gestión y operación, incremento de la satisfacción del cliente, reducción de la accidentalidad vial, aseguramiento de la calidad de la carga, implementación de las tecnologías 4.0 como evolución del transporte de carga, agilización en los tiempos de entrega.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	Costos mensuales o anuales a través de suscripción.

Fuente. El Autor

¹¹² ACOSTA DE VALENCIA, Zenaida. Regulación de los servicios de transporte en Colombia y comercio internacional. Bogotá: Colombia. 2004. p.40

¹¹³ Ibid. p. 40

4.3.5 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Construcción” de la cadena de suministro de la construcción. La construcción como proceso es en donde se materializa lo que se ha diseñado y planificado en el proyecto. Es en este proceso es donde se emplean casi todos los recursos gestionados tanto en la planificación como en la provisión de mano de obra y en el transporte. Por ende, es uno de los procesos más críticos de la cadena de suministro y uno en los que más beneficios se pueden ver al implementar las estrategias 4.0. En el cuadro 7 se sugiere la aplicación de algunas tecnologías 4.0.

Cuadro 7. Estrategias 4.0 proceso Construcción

ESTRATEGIA PROPUESTA	Modernización
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Inteligencia artificial
POSIBLES APLICACIONES	Maquinaria de construcción robotizada, automatización de procesos, trabajos de alto riesgo, transporte de cargas más pesadas en obra, trazabilidad de las operaciones.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Construcción - Ejecución
BENEFICIOS	Actualización de avances y reportes de obra en tiempo real, la integración máquina-humano reduce los costos en las empresas y permite mayor eficiencia operativa, lo que se traduce en la generación de ingresos, reducción de los riesgos por desfases del presupuesto y por accidentalidad en la obra.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	Tecnología o herramientas en las que el proceso, tendría que incurrir.

Fuente. El Autor

4.3.6 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Interventoría”. En este proceso se realiza el control integrado de la ejecución y entrega del proyecto de construcción; es el proceso que revisa todos los acuerdos definidos en el contrato y en la planificación y diseño del proyecto. Así mismo, aprueba y supervisa todos los cambios, fechas y entregables, documentos del proyecto que comunican las decisiones. El beneficio clave de este proceso es que permite que los cambios documentados dentro del proyecto sean considerados de una manera integrada y simultáneamente aborda el riesgo general del proyecto, el cual a menudo surge de cambios realizados sin tener en cuenta los objetivos o planes generales del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.

Dentro de este proceso también se ve la oportunidad de aplicar las estrategias 4.0, más aún que corresponde al proceso rector de la cadena de suministro que vela por el estricto cumplimiento de lo contratado – ver cuadro 8.

Cuadro 8. Estrategias 4.0 proceso Interventoría

ESTRATEGIA PROPUESTA	Modelo de gestión del control administrativo
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	sistemas cyber-físicos
POSIBLES APLICACIONES	Construdata, contratación con el estado, intervención de proyectos de alto riesgo financiero, ambiental, social, seguridad y salud en el trabajo del interventor.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Supervisión y manejo administrativo.
BENEFICIOS	Reducir el riesgo a que se presente corrupción en la contratación y ejecución del proyecto. Entrega oportuna de los informes de gestión. Criterios menos subjetivos e imparciales en la evaluación de los procesos a intervenir.
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	Software especializado como Construdata que ayuda a la presentación de informes tiene un costo para compañías entre 10 y 49 empleados de

Fuente. El Autor

4.3.7 Estrategias 4.0 propuestas para el proceso “Mercadeo y ventas”. El mercadeo o marketing es, dentro de los procesos de la cadena de suministro de la construcción, el que está más avanzado en materia de implementación de estrategias 4.0, puesto que con el pasar de los días, los mercados son más complejos y dinámicos, en un entorno menos predecible y volátil, lo que exige que cada organización se diferencie por el servicio y sus estrategias de ventas y captura de clientes. Las empresas deben ofrecer una rápida respuesta no sólo en la disponibilidad de productos nuevos sino también en la reducción de los tiempos de entrega.

En este sentido, el mercadeo y las ventas son el cierre de la cadena de suministro de la construcción, y por ende es necesario que este proceso esté actualizado respecto a las nuevas tendencias del mercado y de la forma de ver las cosas. En el cuadro 9 se presentan algunas estrategias 4.0 que se sugieren para complementar el avance que el marketing ha tenido en cuanto a la cuarta revolución industrial.

Cuadro 9. Estrategias 4.0 proceso Mercadeo y Ventas

ESTRATEGIA PROPUESTA	Marketing digital
PILARES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	Internet de las cosas Cloud computing
POSIBLES APLICACIONES	Chatbot integrados a redes sociales y dispositivos móviles, por ejemplo: api.ai, motion.ai, smooch.io. Realidad aumentada para vivir la experiencia del proyecto de vivienda.
BENEFICIOS	Nuevas experiencias del comprador, lo cual incentiva la confiabilidad entre constructor-cliente. Referencia de experiencias que favorecen a la empresa constructora.
CATEGORÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	Marketing y ventas
PROVEEDORES Y COSTOS ASOCIADOS	Costos mensuales o anuales a través de suscripción.

Fuente. El Autor

4.4 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Para transferir los resultados de la investigación a las empresas del sector de la construcción y a la sociedad se propone:

- Publicación del trabajo en el repositorio institucional de la universidad católica de Colombia RIUCaC.
- Es necesario que los directivos socialicen con sus equipos de trabajo este trabajo.
- A futuro, se someterá un artículo con los resultados de la investigación para publicar en evento nacional.

5. CONCLUSIONES

- Dentro de la caracterización del sector de la construcción en Colombia, se pudo evidenciar la importancia que tiene este en la economía del país y en el impulso de otros sectores económicos.
- Se pudo evidenciar la importancia de la cadena de suministro del sector de la construcción toda vez que interrelaciona todos los procesos que hacen posible la realización de un proyecto; por ende, se debe trabajar en todos y cada uno de los actores que participan en ella para que el sector como tal tenga una evolución.
- Analizando la caracterización de algunas empresas que hacen parte de la cadena de suministro del sector de la construcción, se pudo determinar que, si bien la mayoría de empresas conocen qué es la cuarta revolución industrial, un porcentaje cercano al 30% no conocen ni aplican estrategias 4.0 en sus procesos.
- Al cruzar las fortalezas y debilidades de las empresas encuestadas del sector de la construcción y cruzarlas con las oportunidades y amenazas del medio externo en cuanto a la cuarta revolución industrial, se pueden observar una cantidad importante de estrategias, que de estudiarse a fondo pueden generar una gran oportunidad para el desarrollo del sector de la construcción en el país.
- Se definieron todos los pilares de la cuarta revolución industrial, lo cual permite contemplar de una forma más clara las tecnologías 4.0 que las empresas del sector de la construcción pueden aplicar a sus procesos.
- Las estrategias 4.0 sugeridas para cada uno de los actores de la cadena de suministro del sector de la construcción pueden llegar a optimizar, transformar e innovar muchos procesos, representando innumerables beneficios a los empresarios, quienes contribuirían significativamente a la revolución del sector.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Aprovechar la tendencia de la digitalización de la educación para generar alianzas entre el gremio del sector de la construcción y las entidades de educación intermedia y superior.
- Se recomienda a los líderes del sector de la construcción asistir a capacitaciones y entrenamientos con enfoque de la cuarta revolución, de forma constante y frecuente.
- Realizar de forma constante benchmarking respecto a empresas líderes en la construcción a nivel mundial, tomando como referencia los resultados que hayan tenido al momento de implementar alguna de las estrategias 4.0.
- Se recomienda que la industria de la construcción aproveche las directrices del Centro de la Cuarta Revolución Industrial que hay en Colombia para que pueda incorporar las buenas prácticas y tecnologías 4.0 al sector.
- Se recomienda que los empleados de la parte operativa del sector de la construcción, se capaciten en temas de la tendencia de la cuarta revolución industrial, ya que muchos empleos de este tipo serán reemplazados por máquinas, por tanto, deben capacitarse en otras actividades relacionadas con el sector de la construcción para que en el futuro sean empleables.
- Los trabajos futuros que se pueden generar a partir de este proyecto, se pueden enfocar hacia la característica más llamativa de esta revolución, la cual corresponde a la digitalización de la información. Con esto se sobreviene una demanda de investigación y desarrollo que ofrece oportunidades para los profesionales técnicamente cualificados, con formación multidisciplinar para entender y trabajar con una variedad de tecnologías que puedan ofrecer múltiples beneficios a los diferentes sectores económicos.

7. BIBLIOGRAFÍA

AVILA, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación. México: Eumed, 2006. 203 p. ISBN-10: 84-690-1999-6

CHARNES, A.; COOPER, W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. Londres. 1978. 444 p. ISBN: 2348-4519

COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Decreto 1077. (26, mayo, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá D.C.: El ministerio, 2015. 821 p.

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente. Requisito NSR10. Bogotá D.C.: La comisión, 2010.

CONGRESO DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN. (12: 3-5, septiembre, 2008: Burgos, España). La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción. Burgos. 2008. 1718 p.

FERNANDEZ, Ana; GÓMEZ, Víctor; PRODA, Bernardo. *La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid España. 2008. p. 1718.

FONTECHA, Rubén. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: Guía del PMBOK. USA: Project Management Institute, Inc. 2017. 756 p. ISBN: 978-1-62825-194-4

GARCÍA, Jorge. Kaizen Planning, Implementing and Controlling. México: Oropesa-Vento, 2017. 314 p. ISBN: 978-3-319-47747-3

GARCÍA, Manuel; QUISPE, Carlos & RÁEZ, Luis. Mejora continua de la calidad en los procesos. En: Industrial data. 2014, Vol 6, nro 1, pp. 89-94. ISSN: 1810-9993.

GONZÁLEZ, Manuel. Definición de estrategias de adopción de la cuarta revolución industrial por parte de las empresas en Bogotá, aplicables a PYMES en Colombia. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial. 2018. 143 p.

GORBANEFF, Yuri; GONZALEZ, Juan & BARÓN, Leonardo. ¿Para qué sirve la interventoría de las obras públicas en Colombia? *Revista de Economía Institucional*. 2011, Vol. 13, nro 24. p. 413-428. ISSN: 2346-2450

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos & BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill Educación, 2014. p. 613. ISBN: 978-607-15-0291-9.

HERNÁNDEZ, Gustavo. ¿Qué es la robótica?: Introducción a la robótica y microcontroladores. EN: Comunicaciones secretaria de comunicaciones y transportes [seriado en línea]. 2017, noviembre, 20. Recuperado de: <http://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=733> el 22 de febrero de 2020.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Estudio económico del sector de la construcción. Proyectos de conservación y/o construcción de infraestructura vial y de espacio público. Bogotá: IDU; 2017. [En línea]. Recuperado en 2020-02-27. Disponible en: https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Ley%20de%20transparencia/Contrataci%C3%B3n/Contratos%20adjudicados%20para%20la%20vigencia%20actual/Modelo%20de%20Pliegos/Modelos%20de%20pliegos%20de%20condiciones%20idu%202017/01%20ESTUDIO%20DEL%20SECTOR%20-%20OBRA%202017%20V4.pdf

INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS. Herramientas para la mejora de la calidad. Uruguay: UNIT; 2009. [En línea]. Recuperado en 2020-03-20. Disponible en: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>

JOHNSON, Burke; CHRISTENSEN, Larry. Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches. 5th ed. Los Angeles: Sage Publications, 2014. 263 p. ISBN 978-1-4522-4440-2.

LÓPEZ, Wilmer. Cuarta revolución industrial: ¿qué es el mundo 4.0?. En: UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA COLOMBIA. [sitio web]. Bogotá: La universidad. [Consulta 20 febrero 2020]. Artículo y video. Disponible en: <https://www.usergioarboleda.edu.co/noticias/cuarta-revolucion-industrial-que-es-el-mundo-4-0/>

MENDEZ, Carlos. Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación. 3ª ed. Bogotá: McGraw-Hill, 2001. 246 p. ISBN: 958-41-02036.

MONTES, Cristian; VELÁSQUEZ, Maurer; ACEROM Felipe. Importancia del Marketing en las Organizaciones y el Papel de las Redes Sociales. UNIVERSIDAD

LIBRE. [sitio web]. Bogotá: La universidad. [Consultado 17 abril 2020]. Artículo. Disponible en internet: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10709/ART%C3%8DCULO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Como saber el significado de NFPA y sus antecedentes. EN: La revista de la National Fire Protection Association [seriado en línea]. 2014, octubre, 06. Recuperado de: <https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-antecedentes>

O'BRIEN, William; FORMOSO, Carlos; VRIJHOEF, Ruben; LONDON, Kerry. Construction Supply Chain Management. 1ª ed. New York: CRC Press, 2009. 518 p. ISBN-13: 978-1420047455

PRESTAN, Carlos. Sector industrial en Colombia: Sub-sector construcción. EN: Gestipolis. [sitio web]. 2018, febrero, 02. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/analisis-del-sector-la-construccion-colombia/>

RAMIREZ, Luisa. Propuesta de mejoramiento del proceso de seguimiento a los requerimientos gestionados por el área de procesos tecnología en la empresa elite flower. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería industrial. 2019. 75 p.

RED+NOTICIAS. [sitio web]. Bogotá: Claro telecomunicaciones. ¿Qué son las TIC? y ¿Por qué son tan importantes? [Consulta: 22 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.claro.com.co/institucional/que-son-las-tic/>

RENGIFO, Sylvia. Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Colombia en la Cuarta Revolución Industrial. EN: MINISTERIO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. [sitio web]. Bogotá: El ministerio. [Consulta 21 febrero 2020]. Artículo. Disponible en: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/Colombia-en-la-Cuarta-Revolucion-Industrial.aspx>

RIFKIN, Jeremy. La Tercera Revolución Industrial. EN: Boletín Mexicano de Derecho Comparado [seriado en línea]. 2017, nro 150, pp. 1457-1462. ISSN: 0041-8633. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42753815014> de 21 de febrero de 2020.

SALORT, Salvador. Revoluciones industriales, trabajo y Estado del Bienestar: la gran ruptura mundial contemporánea. España: Sílex Ediciones, 2012. 311 p. ISBN: 9788477375647

SANTAMARIA, Laura. Los robots llegan también a la construcción 4.0 [sitio web]. En: evolución transformación & negocio digital. [Consultado 01 junio 2020]. Disponible en: <https://www.e-volucion.es/2016/12/robots-llegan-tambien-construccion-40>

SCOTT, Colin; LUNDGREN, Henriette; THOMPSON, Paul. Guide to Supply Chain Management. 2ª ed. USA: Springer, 2011. 228 p. ISBN-13: 978-3319771847.

SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Información financiera de las 1.000 empresas más grandes por ingresos operacionales para el año. [En línea]. Bogotá: 2019. [Consulta 28 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2019/Informacion-financiera-1000-empresas-mas-grandes.aspx>

8. ANEXOS

Anexo A. Formato de entrevista

ENCUESTA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA ADOPCIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

Con esta encuesta se pretende hacer un diagnóstico del uso actual de estrategias o tecnologías de la cuarta revolución industrial en los diferentes procesos del sector de la construcción en Colombia. Sus respuestas serán manejadas de forma confidencial y con absoluta reserva, de tal manera que no se verá afectado de forma personal ni corporativa; por el contrario, la sinceridad de sus repuestas representará un insumo valioso para analizar tendencias, tecnologías usadas, avances tecnológicos y de proceso. Esto permitirá proponer estrategias que permitan incrementar la competitividad de las empresas del sector.

PROTECCION DE DATOS: Los datos voluntariamente aportados por usted y registrados en este formulario serán tratado de acuerdo con la ley de protección de datos personales, ley 1581 de 2012, y utilizados únicamente como apoyo al trabajo de investigación."

OBJETIVOS DE LA ENCUESTA:

- Identificar los procesos o actividades en los que más se han incorporado estrategias o tecnologías de la cuarta revolución industrial.
- Conocer los avances que se han tenido en las empresas del sector de la construcción gracias al uso de las estrategias.

INTRODUCCIÓN

La Cuarta Revolución Industrial supone el último capítulo, hasta el momento, de las diferentes revoluciones industriales (primera, segunda y tercera) que ha vivido la Humanidad (SELVA, Vicent). La cuarta revolución industrial está fundamentada en los siguientes pilares:

- Big Data y Análisis de Datos.
- Blockchain (Transacciones)
- Simulación.
- Sistemas cyber físicos (un proceso que integra



la computación con los procesos físicos).

- Internet de las Cosas (IoT)
- Cloud Computing
- Impresión 3D
- Inteligencia artificial – asistentes virtuales, robots, maquinaria autónoma, entre otros.
- Realidad aumentada

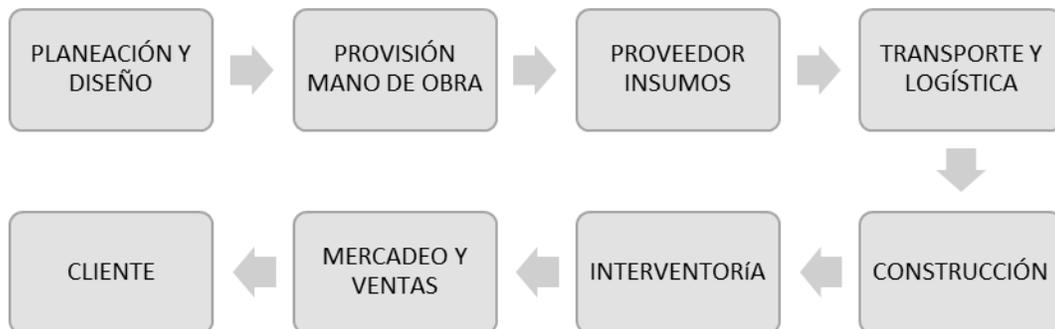
Nombre de la Organización:

Nombre y apellidos:

Cargo en la organización:

Correo electrónico:

CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



A continuación, encuentra los procesos genéricos del sector de la construcción en Colombia de acuerdo al marco de referencia de la cadena de suministro. Por cada uno de ellos por favor indique si utiliza, o no soluciones o estrategias de la cuarta revolución industrial. En aquellos en que lo hace, por favor describa las funcionalidades e impacto de la solución.

¿A qué parte de la cadena de suministro pertenece la empresa a la que usted pertenece?

¿Conoce usted qué es la cuarta revolución industrial o industria 4.0?

- A. Si
- B. No

¿En la actividad de planeación y diseño de los proyectos de construcción se usan algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Blockchain
Internet de las cosas
Sistemas cyber-físicos
Inteligencia artificial
Big Data
(N/A) No aplica
Otra

¿En la actividad de proveer el servicio de mano de obra usted utiliza algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Internet de las cosas
Inteligencia artificial
Big Data
(N/A) No aplica
Otra

¿En la actividad para proveer insumos en los proyectos de construcción se usan algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Internet de las cosas
Sistemas cyber-físicos
Inteligencia artificial
(N/A) No aplica
Otra

¿En la actividad de transporte usted usa algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Blockchain
Internet de las cosas
Sistemas cyber-físicos
Simulación
Inteligencia artificial
Big Data
(N/A) No aplica
Otra

¿En la actividad de construcción usted usa algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Blockchai
Interner de las cosas
Sistemas cyber-físicos
Simulación
Cloud Computing
Inteligencia artificial
Impresión 3D
Big Data
Realidad aumentada
(N/A) No aplica, Otra

¿En la actividad de mercadeo y ventas usted usa algunas de las siguientes tecnologías?

Robótica
Blockchai
Interner de las cosas
Sistemas cyber-físicos
Simulación
Inteligencia artificial
Impresión 3D
Big Data
Realidad aumentada
(N/A) No aplica, Otra

¿Cree usted que sus proveedores usan tecnologías 4.0 en sus procesos de producción?

- A. Si
- B. No
- C. Cuales?

¿En qué fase del desarrollo de un proyecto cree usted que puede involucrar las tecnologías 4.0?

Si usted ve alguna oportunidad de utilización de la cuarta revolución industrial en el sector de la construcción, por favor indique cual _____

¡Gracias por su ayuda, sus respuestas contribuyen a generar mejoras para el sector!