



La necesidad de la evolución de la gerencia en el sector de la construcción en Colombia en la cuarta revolución industrial

En el marco del Curso internacional o diplomado titulado:

Project Management & Liderazgo

Celebrado en la ciudad de *Puebla* entre el 28 de 06 del año 2021 y el 23 de 07 del año 2021.

Presentado por:

Paula Alejandra Pedraza Zambrano

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería *Civil*
Cajicá, Colombia

Septiembre de 2021

La necesidad de la evolución de la gerencia en el sector de la construcción en Colombia en la cuarta revolución industrial

Paula Alejandra Pedraza Zambrano

Ensayo científico-académico para obtener el título de:
Ingeniero Civil

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería *Civil*
Cajicá, Colombia

Septiembre de 2021

NOTA DE ADVERTENCIA

“La universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus estudiantes en sus proyectos de trabajo de grado, sólo velará por la calidad académica de los mismos, en procura de garantizar su desarrollo de acuerdo con la actualidad del área disciplinar respectiva. En el caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, el estudiante – autor asumirá toda la responsabilidad y saldrá en defensa de los derechos. Para todos los derechos la universidad actúa como un tercero de buena fe”. (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995)

LA NECESIDAD DE LA EVOLUCIÓN DE LA GERENCIA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Los gerentes de los proyectos relacionados al sector de la construcción en Colombia son profesionales que, inicialmente deben contar con las diez áreas del conocimiento indicadas por el *Project Management Institute* (PMI), las cuales son: gestión de la integración, gestión del alcance, gestión del cronograma, gestión del costo, gestión de la calidad, gestión de los recursos, gestión de comunicaciones, gestión del riesgo, gestión de compras y gestión de involucrados; a través de su PMBOK con el objetivo de ser capaces de desarrollar las actividades que le corresponden a su puesto y que se especifican en el acta de constitución al iniciar cada proyecto; pero en la actualidad deben de adquirir y desarrollar otras habilidades y conocimientos para enfrentarse a los nuevos retos de la industria. Debido a que los gerentes del sector de la construcción en el país tienen a su cargo recursos materiales, económicos, humanos y deben hacer que el proyecto sea exitoso mediante el cumplimiento de la triple restricción que los gobierna a todos, esta es: tiempo, costo y alcance; estos deben ser líderes que se encuentran al día en los temas de la actualidad que determinan los pasos que deben seguir las industrias y sectores económicos en el mundo para permanecer vigentes en el mercado y no perder valor; es por esto que los gerentes deben desenvolverse a la par con la cuarta revolución industrial que está en auge en este momento y que cambiará para siempre las actividades y procesos de la forma como se conocían, especialmente es importante que los gerentes evolucionen y cuenten con los equipos humanos y materiales más actualizados para poder estar a la vanguardia, en particular en un país como Colombia que se encuentra en vía de desarrollo.

El sector de la construcción en Colombia tiene un papel muy importante en el progreso del país y sus actividades repercuten directamente en la economía del mismo, teniendo un impacto positivo sobre esta si se desarrollan de manera exitosa y eficiente, ya que, de acuerdo con la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL, 2018), el sector de la construcción, al ser el que más interrelación tiene con los otros sectores productivos y económicos del país, le dará un impulso a la economía entera si a este se le da un estímulo de la misma manera. Además, CAMACOL (2018) también afirma que la construcción en Colombia es una de las actividades que genera más empleo tanto directo como indirecto, ya que, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2021), la construcción, “como rama de actividad económica participó con el 6,9% de los ocupados” en un total nacional de 20.666 miles de personas en el trimestre móvil mayo – julio del presente año. CAMACOL (2018) también informa que la construcción colabora con la disminución del déficit habitacional, el cual era

presentado por 5,1 millones de familias para marzo del 2021 de acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2021), y, debido a su estrecha relación con el resto de los sectores, mencionada anteriormente, “jalona a muchos sectores productivos” según CAMACOL (2018), al fomentar el desarrollo económico mediante la promoción de la contratación laboral y la inclusión de las empresas pequeñas y medianas, como lo asegura CAMACOL (2019); de esta forma, la dinámica productiva del país se fortalece y promueve el desarrollo económico mediante las relaciones estratégicas que se dan en la industria de la construcción a través de los diferentes eslabones de la cadena de valor de este sector, según CAMACOL (2019).

El sector de la construcción en Colombia se ha visto afectado por hechos como el sucedido en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2010 cuando se dio una desaceleración en la economía colombiana como fruto de la crisis europea que se transmitió desde el mercado externo y afectó el aparato productivo colombiano (CAMACOL, 2019). Otro de los sucesos que afectaron a Colombia fue el ocurrido entre el 2015 y el 2018 cuando se presentaron diferentes situaciones como lo fue el desplome del precio del petróleo, generando que el sector edificador entrara en una fase de ajuste, de acuerdo a lo informado por CAMACOL (2019). Sucesos como los descritos anteriormente generaron que en 2019 el sector edificador no tuviese un repunte sustancial ocasionando que sus sectores encadenados tuviesen un bajo dinamismo también, respecto a lo cual, García (2020) asegura que el PIB sufrió una contracción del 5,6% en el sector de la construcción en el primer semestre del año 2019.

Con la pandemia del Covid-19, a lo largo del año 2020 el sector de la construcción tuvo una participación disminuida significativamente en el total de la economía de Colombia, según CAMACOL (2020), que también informa que el comportamiento de este sector se debe al decrecimiento de - 24,7% en el rubro de actividades especializadas, de - 26,4% en el rubro de obras civiles y de - 27,2% en el rubro de edificaciones.

Como es posible observar en el Gráfico 1, durante el periodo comprendido entre los años 2013 y 2019, la participación del PIB de construcción en Colombia fue en promedio de 7% y disminuyó en un 1,1% de 2019 a comienzos del año 2020. Además, en general, el producto interno bruto (PIB) de Colombia tuvo un decrecimiento anual igual a - 9% en el tercer trimestre del año 2020, y dentro de los sectores que presentaron mayor contracción se encuentra el sector de la construcción con un porcentaje de - 26,3%, junto al comercio con - 20,1% y el entretenimiento con - 29,7% (CAMACOL, 2020).

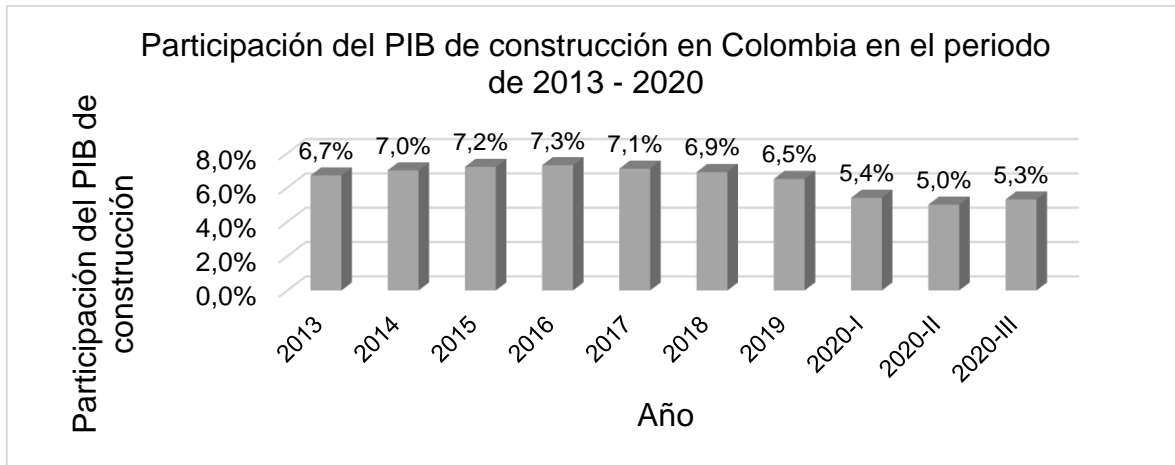


Gráfico 1. Participación del PIB de construcción en Colombia en el periodo de 2013 – 2020. Fuente: Elaboración propia, modificado de CAMACOL (2020).

También, en el 2020, según CAMACOL (2020), el sector de la construcción tuvo una pérdida en el empleo igual a – 192 mil a nivel nacional, debido a la crisis sanitaria cuando muchas obras de construcción se paralizaron por lo que gran parte de los empleados tuvieron que detener sus labores; lo que implica la gran importancia de la reactivación de esta actividad económica al ser generadora de empleo en el país. Lo que comienza a observarse con el crecimiento presentado en la variación anual de los indicadores de coyuntura del sector de la construcción en el II trimestre de 2021 respecto al mismo trimestre de 2020, como se observa en el Gráfico 2:

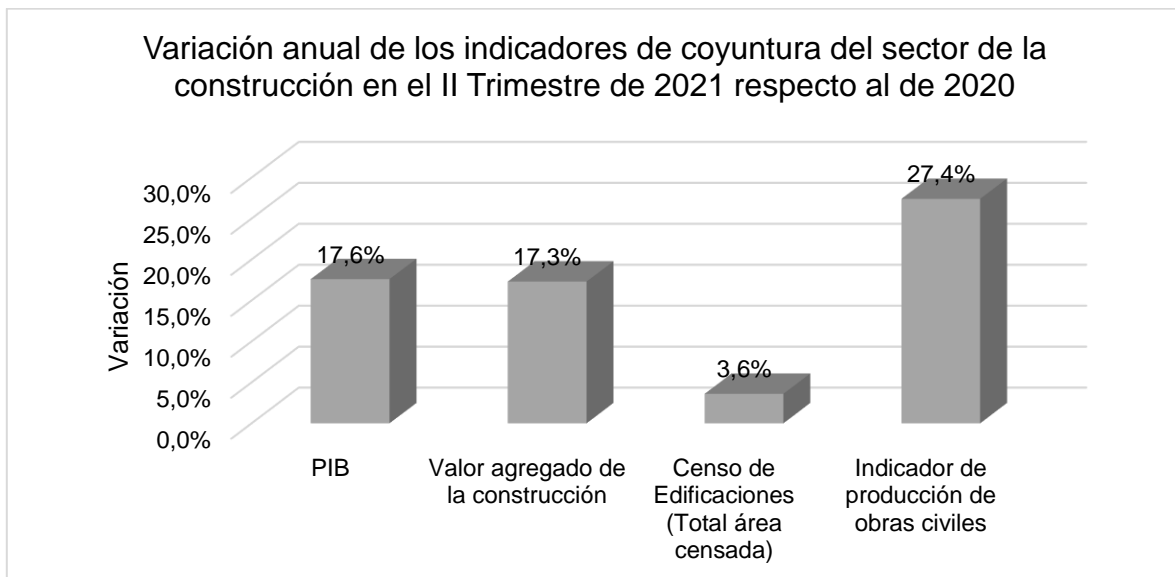


Gráfico 2. Variación anual de los indicadores de coyuntura del sector de la construcción en el II Trimestre de 2021 respecto al de 2020. Fuente: Elaboración propia, modificado de DANE (2021).

Como se evidencia en el Gráfico 2, el cual muestra la variación anual de los indicadores de coyuntura del sector de la construcción en el segundo trimestre del año 2021 tomando como base ese mismo trimestre del año inmediatamente anterior, el cual solo presentó valores negativos de - 15,7%, - 36,9%, -7,1% y -44,2% en el PIB, el valor agregado de la construcción, el censo de edificaciones y el indicador de producción de obras civiles, respectivamente (DANE, 2021); los cambios presentados son de hasta aproximadamente el 30% de diferencia entre un año y otro lo que implica una capacidad de análisis y respuesta rápida por parte de las empresas y personas vinculadas al sector de la construcción, por eso y para que el sector de la construcción continúe siendo un agente relevante en la economía de Colombia, este debe adaptarse a las nuevas tecnologías y cambios que se están realizando en el mundo, además de que las empresas que lo componen y son quienes conforman el éxito y la permanencia de las organizaciones que engrandecen esta área de la economía, deben tener una actitud de resiliencia no solo ante hechos como los descritos previamente sino también frente a situaciones de fuerza mayor y que es imposible controlar o prever como la actual situación de emergencia sanitaria por la pandemia del Covid-19. Lo que implica que no solamente una correcta administración es necesaria, sino que también la adaptación a las nuevas exigencias del mundo y de los mercados son indispensables para sobrevivir y sobresalir en esta industria y el mercado en general, lo que recae en el trabajo de los gerentes que son quienes están a la cabeza del desarrollo de las empresas, proyectos y operaciones en este sector tan indispensable para la economía colombiana.

A lo largo de la historia de la humanidad se ha observado que su evolución se ha dado periódicamente y se han marcado etapas diferenciadas por las nuevas prácticas que se tienen que poner en uso de acuerdo a los cambios que se presentan en el mundo y exigen que los diferentes sectores productivos, económicos y comerciales se adapten para sobrevivir; estas fases se han conocido como Revoluciones Industriales, ya han ocurrido tres y actualmente está ocurriendo la cuarta revolución industrial. Todos estos períodos han sido posibles ya que a la par de la evolución de la humanidad se realizó la de la industria, durante la cual, según García (2020), “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 proceso, lo que “representa un impacto positivo porque se traduce en más eficiencia y aumento de la productividad”. También, de acuerdo con García (2020), la primera revolución industrial se dio entre los años 1760 y 1840, la segunda revolución industrial se dio entre los años 1850 y 1870, la tercera se dio entre los años 1900 y 2006 y, sobre la cuarta revolución industrial se escuchó originalmente en el año 2011 pero solo fue

tratada en público en el Foro Económico Mundial por primera vez en el 2016. Estas revoluciones industriales son descritas por Schwab (2020) así:

La Primera Revolución Industrial utilizó agua y la energía a vapor para mecanizar la producción. La segunda utilizó energía eléctrica para producir en masa. La tercera utilizó la electrónica y las tecnologías de la información para automatizar la producción. Ahora se está construyendo una Cuarta Revolución Industrial sobre la tercera, la revolución digital que ha estado ocurriendo desde mediados del siglo pasado.

Como se anotó anteriormente, en este momento está ocurriendo una revolución tecnológica que, en cuanto a alcance, escala y complejidad es completamente nueva para la humanidad y nunca antes experimentada, de acuerdo con Schwab (2020), quien también afirma que las líneas entre las esferas biológica, física y digital están siendo difuminadas por una fusión de tecnologías que caracterizan a la cuarta revolución industrial, cuyos fundamentos, según García (2020) radican “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 produzcan”; también la cuarta revolución industrial se fundamenta en la virtualización, esto se refiere a la simulación por computador, lo cual ya es 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 eficiente” (García, 2020). El tercer fundamento de la industria 4.0, de acuerdo con la anterior autora citada, es la descentralización de la toma de decisiones, la cual tiene el “propósito de mejorar la producción en la industria” mediante sistemas *cyber* – físicos basados en el análisis de datos que toman decisiones seguras y más precisas para un determinado proceso sin la dependencia de la acción humana. La cuarta revolución industrial también tiene su fundamento en la modularización, la cual, de acuerdo con García (2020), “se basa en que el sistema se divide en módulos, es decir, en diferentes partes”, lo que hace que se optimice la producción y el ahorro energético. Es de destacar la diferencia existente entre las dos últimas revoluciones industriales, ya que la última, como lo afirma Schwab (2020), se está construyendo sobre la tercera. La diferencia entre la tercera y la cuarta revolución industrial es que esta primera trataba solo de digitalización, mientras que la última es una “innovación basada en combinaciones de tecnologías” (Schwab, 2020) y, según García (2020), también tiene la fusión de elementos como automatización de vehículos, sensores, robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, hiperconectividad, internet de las cosas, impresión 3D y almacenamiento de datos en la nube; los cuales están estrechamente relacionados con los pilares de la cuarta revolución industrial, los cuales, según la autora, son el análisis de datos (*Big Data*), la robótica e inteligencia artificial, la simulación, los sistemas ciberfísicos y

ciberseguridad, el *cloud computing* o la nube, la impresión 3D o manufactura aditiva, la realidad aumentada, el *blockchain* o cadena de bloques y el internet de las cosas (IoT).

De entre las principales novedades que presenta esta cuarta revolución industrial, está la de su desenvolvimiento, porque mientras las anteriores revoluciones tuvieron un comportamiento lineal en cuanto a su desarrollo y crecimiento, esta última revolución está evolucionando de forma exponencial, por lo que lo hace a una velocidad mayor de la que lo hicieron las anteriores revoluciones y, según Schwab (2020) “además está alterando casi todas las industrias en todos los países”, debido a que, como lo afirma este autor, arquitectos, ingenieros y diseñadores están combinando fabricación aditiva, diseño computacional, ingeniería de materiales y biología sintética para ser los primeros en “crear una simbiosis entre microorganismos, nuestros cuerpos, los productos que consumimos e incluso los edificios que habitamos”.

Al ser un tema global que incide sobre todos los asuntos de la actualidad, es importante tenerlo en cuenta en el sector de la construcción en Colombia, el cual también debe de evolucionar de acuerdo a esta cuarta revolución industrial, ya que, como también afirma Schwab (2020):

Muchas industrias están viendo la introducción de nuevas tecnologías que crean formas completamente nuevas de satisfacer las necesidades existentes y alteran significativamente las cadenas de valor de la industria existentes. La disrupción también proviene de competidores ágiles e innovadores que, gracias al acceso a plataformas digitales globales para investigación, desarrollo, marketing, ventas y distribución, pueden derrocar a los operadores tradicionales bien establecidos más rápido que nunca al mejorar la calidad, la velocidad o el precio al que se entrega valor.

Como se mencionó previamente, en Colombia la construcción es un sector que jalona a otros por lo que es fundamental que esta no se quede rezagada frente a los nuevos procesos que presenta el futuro y se evidencian hoy en día como los primeros pasos de la cuarta revolución industrial; lo cual es relevante para el país ya que, de acuerdo con García (2020), la economía de este ha sido categorizada como emergente y Colombia es conocida por estar en vía de desarrollo.

Asimismo, es conveniente resaltar, sobre el sector de la construcción lo que manifiesta García (2020) al afirmar que

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 riesgos.

También, Muñoz-La Rivera, Hermosilla, Delgadillo y Echeverría (2021) aseguran que la industria de la construcción es una de las que tiene bajos niveles de productividad e innovación, por lo que, para esta, los nuevos desafíos que requieren de sus ingenieros son muy necesarios: características que estos deberían tener como las que tratan de búsqueda constante de soluciones, de adaptabilidad, con amplios conocimientos, integrador y experimentador, responsable, comunicador y curioso, integrador, colaborador, apasionado, creativo, persistente, desafiante, visionario, con inteligencia de negocios y líder. Esto sumado a lo que trae la cuarta revolución industrial en términos de que busca hacer frente a las tendencias en materia de automatización, modularización, digitalización, movilidad, transparencia, socialización de procesos y productos y colaboración en la red, podría contribuir no solo a que el sector se mantenga en su posición de impulsar a la economía de Colombia sino también a mejorar y optimizar sus procesos, y aumentar su producción de manera eficiente.

Al respecto, y en el contexto del sector de la construcción en Colombia, García (2020) asevera que Sergio Luna Navas, quien es el gerente de Camacol Regional Santander, dice que aunque la formaleta está dentro de la cultura constructiva del país, permitiendo armar edificios rápidamente y evitando gastos de instalación de mampostería, de puntillas, de madera y de mezcla, aún “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”; esto teniendo en cuenta que los procesos que se llevan a cabo en las empresas que hacen parte del sector de la construcción normalmente requieren cantidades considerables de recursos físicos y de mano de obra, lo que los hace tanto riesgosos como costosos (García, 2020). Además de problemas como estos en los ámbitos de seguridad y de economía en las empresas del sector, se encuentra el del medio ambiente, que también es un tema que está sobresaliendo por su importancia y las recientes advertencias sobre la posible irreversibilidad del cambio climático generado como consecuencia de la producción de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el cual es emitido en una cantidad de 640 kg para la producción de una tonelada de cemento, como lo indica Martínez (2019), el cual habla de este y otros gases que son emitidos a la hora de producir una tonelada de cemento, como lo son el óxido de nitrógeno del cual son emitidos 2 kg y el dióxido

de azufre, del cual se emite 1 kg, esto explicado como una de las problemáticas representadas para la construcción de estructuras en concreto al usar el cemento.

Igualmente, García (2020) afirma que en Colombia todavía no se han realizado avances que sean significativos en cuanto a la construcción industrializada, como lo asegura al citar al gerente de Camacol Regional Santander, ya que aún se encuentra la preferencia por “el uso de materiales convencionales dentro del gremio”, lo que demuestra la relevancia en comenzar a dar importantes pasos hacia el progreso mediante la “adquisición de tecnologías de menor costo que impacten significativamente el sector” dice García (2020), quien también informa que Luna Navas asevera “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”.

Mientras tanto, Martínez (2019) opina que se presenta un conjunto de inconvenientes en la construcción habitual de estructuras en concreto, como son la gestión de los residuos, la eficiencia de los trabajos, “la peligrosidad de la actividad para los trabajadores de la construcción, los plazos y costes y las limitaciones de forma”. Este autor también afirma que el sector de la construcción es uno de los que más dificultades tiene al momento de abstenerse de hacer uso de los métodos tradicionales de la construcción. Además, junto a lo descrito anteriormente, el déficit de más de tres millones de viviendas a nivel nacional es otra de las situaciones que coloca a Colombia en los niveles más bajos, a nivel Latinoamérica, en la construcción industrializada, esto es “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 habitacionales” (García, 2020).

Por esto, las empresas del sector de la construcción deben aplicar estrategias de la cuarta revolución industrial que les permitan desarrollar más efectivamente sus procesos y actualizarlos también, como lo asegura García (2020); teniendo como modelo varios casos del mundo que han obtenido resultados exitosos a través de la implementación de dichas estrategias, como por ejemplo el caso de la empresa Drontecnic en España que, para llevar a cabo la inspección de sus construcciones, ha aplicado la tecnología mediante el uso de drones con los cuales desarrollaron este tipo de operaciones en carreteras, edificios de vivienda, viaductos, entre otros. Con este tipo de experiencias observaron que se redujo considerablemente la utilización de andamios y de grúas al tener una mayor facilidad para acceder a las imágenes lo que les permitió realizar una inspección más certera y cercana, lo cual les significó una disminución en los riesgos laborales, así como también en los

costos, y simplificó su trabajo. Una aplicación adicional de las estrategias 4.0 en el sector de la construcción que se han ejecutado es en el área de la fotogrametría, con esto fue posible facilitar la labor de la topografía al realizar modelos en 3D (García, 2020).

Otro de los ejemplos de la utilización de la tecnología y los avances a nivel mundial en favor de la construcción es el descrito por Martínez (2019), el cual trata de morteros de geopolímeros que son aptos para su impresión 3D. Este autor también explica que ya existen otros procesos de impresión 3D con concreto, como lo son *3D Concrete Printing*, *Contour Crafting* y *D-Shape*, los dos primeros son sistemas que están fundamentados en la extrusión de material cementante fresco y el último es un sistema que está basado en la inyección de aglutinante, es decir, que después de depositadas las capas de mortero seco, unas válvulas agregan el agua necesaria para que se presente el fraguado en los lugares especificados, para, a continuación, retirar el material que no fraguó. Y los hitos conseguidos mediante el uso de esta tecnología de impresión 3D, mencionados por Martínez (2019) sirven como ejemplo para Colombia; hitos como los sucedidos en China, donde la empresa Winsun es capaz de construir casas en tan solo un día usando una impresora 3D, “mientras que Andrey Rudenko y su equipo de Total Kuston imprimen un castillo a escala y una suite del hotel Lewis Grand Hotel en Filipinas utilizando la tecnología *Contour Crafting*” (Martínez, 2019). En el municipio de Alcobendas, perteneciente a la comunidad de Madrid, en España, también se desarrolló un proyecto al respecto: allí se imprimió el primer puente peatonal con concreto reforzado con fibras y estuvo a cargo del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña, de acuerdo con Martínez (2019).

Además, respecto a los altos ejecutivos y líderes empresariales, Schwab (2020) asegura que estos “deben comprender su entorno cambiante, desafiar las suposiciones de sus equipos operativos e innovar de manera incesante y continua”.

En cabeza de los gerentes de las empresas y de los proyectos de construcción está el poder de encaminarse a recurrir a los nuevos conocimientos y técnicas que implica la cuarta revolución industrial para no quedar obsoletos. Por ejemplo, Roberto Moreno, el gerente de la constructora Amarilo, líder en construcción de Colombia, afirmó durante su entrevista con la Revista Urbana de CAMACOL, lo siguiente

Desde hace un par de años estamos enfocados en implementar herramientas tecnológicas que nos permitan estandarizar la gestión y tener control de la cadena de valor. Este año pondremos en marcha nuestro sistema integrado de información de todos los procesos. También hemos implementado el

sistema BIM que nos ha generado grandes beneficios por eficiencia y eliminación de reprocesos durante las fases de diseño, coordinación técnica y desarrollo de nuestros proyectos (CAMACOL, 2019).

Esto demuestra que, el gerente además de tener las áreas de conocimiento indicadas por el PMBOK del *Project Management Institute* (PMI), como lo son la gestión de la integración, gestión del alcance, gestión del cronograma, gestión de costes, gestión de calidad, gestión de recursos, gestión de comunicación, gestión de riesgos, gestión de proveedores y gestión de partes interesadas (Hernández y Becerra, 2020), también debe tener una visión holística que le permita dirigir los esfuerzos de su compañía y de sus proyectos hacia los procesos que constituyen la cuarta revolución industrial con “los avances tecnológicos emergentes en campos como la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las cosas, los vehículos autónomos, la impresión 3D, la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia de materiales, el almacenamiento de energía y la computación cuántica” (Schwab, 2020).

Los líderes actuales y futuros del sector de la construcción, así como gerentes de empresas de esta área y directores de proyectos, deben poseer características, competencias y habilidades que les permitan sobresalir y sobrevivir en este “nuevo paradigma de digitalización y automatización de los procesos de fabricación” que representa la Industria 4.0 y que “propone la implementación de entornos de trabajo inteligentes, ampliamente interconectados, automáticos, robotizados y sistematizados a alto nivel” de acuerdo con Muñoz-La Rivera *et al.* (2021); por lo que, según los autores citados previamente, se necesitarán ingenieros con “amplias habilidades digitales, aprendizajes ágiles, trabajo en equipo, resolución de problemas, comunicación efectiva e innovación”, ya que “profesionales dinámicos e innovadores serán la clave para la integración de los sistemas de producción, la eficiencia de la interacción humano – sistemas automáticos, y la solución de nuevos problemas que surgirán asociados a estos sistemas de producción” (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Con estos nuevos horizontes que trae la Cuarta Revolución Industrial se podría evitar incluso el principal problema por el que pasa un gerente según Gómez (2021), el cual trata de que este puede tener información inadecuada, incompleta, falsa y sesgada respecto al o los proyectos que esté manejando, por lo que no puede rendir cuentas sobre información que no es suya y las decisiones que tome teniendo como base esta información poco confiable podrían significar errores que conlleven a pérdidas de todo tipo en un proyecto, no solo de tiempo y costos, sino también, incluso de calidad y recursos materiales y humanos. Es aquí donde se encuentra la importancia de los aportes de la Cuarta Revolución Industrial donde se pueda tener

acceso a todas las especificaciones y entregables de un proyecto en el sector de la construcción, además de que los profesionales relacionados con este tendrán las habilidades previamente mencionadas y tendrán una capacidad técnica y, según Muñoz-La Rivera *et al.* (2021) “tendrán que ser capaces de analizar los fallos, superar los constantes cambios, aprender nuevas tareas y centrarse en la resolución de problemas”, por lo que para el éxito de su desarrollo en la Industria 4.0 será necesario el desarrollo profesional y la capacitación continua.

Por eso, García (2020) propone “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” y agrega que se debe pensar en la manera de aumentar la competitividad e incrementar la conectividad, y en “cómo generar las capacidades para usar esas nuevas tecnologías”. Dentro de estas estrategias, se encuentra la de planeación del ciclo de vida del proyecto, la cual tiene como pilar de la cuarta revolución industrial el *cloud computing* y la impresión 3D; también se encuentra la capacitación a los líderes de las empresas del sector de la construcción mediante el uso de la inteligencia artificial como pilar de la industria 4.0; otra de las estrategias propuestas es la transformación digital a través del *cloud computing* y el internet de las cosas o IoT por sus siglas en inglés (Internet of Things); una estrategia más es la de innovación con el uso de sistemas cyber – físicos; además de la modernización con la inteligencia artificial; el modelo de gestión del control administrativo con los sistemas cyber – físicos; y, el marketing digital con el internet de las cosas y el *cloud computing* (García, 2020).

CONCLUSIONES

Como líderes, los gerentes de las empresas y los proyectos que están relacionados al sector de la construcción en Colombia, deben ser quienes comiencen y fomenten la aplicación de las distintas tecnologías y nuevas modalidades de desarrollo de proyectos y procesos que han y están siendo implementadas por diversos actores de los sectores económicos y comerciales tanto a nivel nacional como internacional; que están siguiendo los últimos avances pertenecientes a la cuarta revolución industrial que, desde hace unos años, demostró que la evolución de la humanidad permite obtener mayor provecho de las diversas actividades que son desarrolladas por las personas en todos los ámbitos; actividades que, en el sector de la construcción ya fueron comprobadas como exitosas, de gran alcance y que brindan la posibilidad de mantener la calidad mediante procesos que optimizan recursos y tiempo, además de la mano de obra, al ofrecer mayores facilidades de adelanto con la misma calidad.

En la importancia que representa el sector de la construcción en términos de economía colombiana, radica la relevancia de que este se sobreponga a los sucesos imprevistos que se presentan y desaceleran su desarrollo productivo y económico, afectando no solo el avance de obras, proyectos y procesos, sino también a la gran cantidad de personas que están vinculadas con el desarrollo de esta actividad económica, al ser un dinamizador en este aspecto en el país y ser el que tiene más interrelación con el resto de los sectores productivos en Colombia.

Además de solucionar problemas como los descritos, se debe preparar debidamente para enfrentar los nuevos retos impuestos por la Industria 4.0 que lo obligarán a apartarse de responder ante situaciones ya conocidas de la manera tradicional para, en lugar de esto, innovar para crear soluciones y generar resultados rápidos y eficientes, que no solo saquen al sector de la construcción en Colombia del grupo de los que están catalogados como los que tienen más bajos niveles de productividad, poca innovación y escasa explotación de la tecnología, a ser uno de los que encabezan las listas de aporte a la economía nacional y generación de empleo, por su eficiencia y practicidad a la hora de mostrar frutos.

Esto implica que los responsables en los diferentes proyectos que se lleven a cabo, que son quienes toman las decisiones importantes, sean ingenieros que no solamente conozcan la parte técnica y teórica de los procesos que se deben adelantar sino que tengan una visión holística que permita llevar al sector y a sus empresas al futuro; por lo que han de adquirir nuevos conocimientos y desarrollar características y habilidades en el mundo de la digitalización, la virtualización, el análisis de datos (Big Data), innovación y el manejo de diferentes sistemas y equipos de avanzada tecnología, para estar a la vanguardia de los cambios y las

nuevas exigencias que se presentan cada día, con el propósito de mantenerse vigentes en el mercado y mantener su valor comercial y diferenciador en este.

Es por esto que, los gerentes, al ser quienes están ubicados en las partes más altas de los organigramas de empresas y proyectos, han de implementar en cada uno los grupos de procesos para la gerencia de un proyecto, como son la iniciación, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, también conocido como ciclo de vida de un proyecto, los mecanismos y equipos de trabajo pertinentes y más aptos para determinadas labores con el fin de optimizar recursos, costos y tiempo, llegando al alcance determinado requerido por los clientes quienes, cada vez exigen menores tiempos de ejecución y entrega final pero manteniendo la misma calidad; por lo que se debe procurar entonces la optimización de los procesos, que deben ser actualizados, modificados y encaminados hacia el futuro, con el máximo aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y económicos, con el fin de obtener mayores utilidades o ganancias que beneficien a las empresas, al sector en general y a la economía del país permitiendo el desarrollo de este que se ve evidenciado en la presentación de la urbanidad de sus ciudades con las obras públicas, civiles y de infraestructura; para que el sector de la construcción, los diferentes ámbitos que lo componen y la cadena de valor que significa, no queden obsoletos y rezagados ante un mundo que es cada vez más competitivo, moderno, tecnológico e innovador.

REFERENCIAS

Cámara Colombiana de la Construcción. (2018). *El sector constructor y su cadena de valor pueden ser el aliado más importante para jalonar la economía del país*. Recuperado de <https://camacol.co/comunicados/impulsar-el-sector-constructor-es-impulsar-toda-la-econom%C3%AD-roberto-junguito>

Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). *La importancia de los encadenamientos productivos en el sector de la construcción*. Recuperado de https://camacol.co/sites/default/files/info-sectorial/Informe%20economico%20106%20VF_0.pdf

Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). AMARILO líder en construcción de espacios y calidad de vida. *Urbana: Revista de la construcción sostenible*, 32-35. Recuperado de <https://camacol.co/revista-urbana/80/mobile/index.html#p=35>

Cámara Colombiana de la Construcción. (2020). *Los pasos hacia la reactivación de la economía colombiana*. Recuperado de https://camacol.co/sites/default/files/info-sectorial/Informe%20Econ%C3%B3mico%20109%20VF_%20Formato%202.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (08 de septiembre de 2021). Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción IEAC). Recuperado el 08 de septiembre de 2021 de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion>

Departamento Nacional de Planeación. (17 de marzo de 2021). *Aval del CONPES a crédito para mejorar la vivienda de 12.706 hogares*. DNP – Departamento Nacional de Planeación. Recuperado el 28 de agosto de 2021 de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Aval-del-CONPES-a-credito-para-mejorar-la-vivienda-de-12-706-hogares.aspx>

García K. (2020). *Definición de estrategias de la Cuarta Revolución Industrial para hacer más efectivos los procesos de las empresas del sector de la construcción en Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24864/1/536633%20Garc%c3%ada%20L%c3%b3pez.pdf>

Gómez, M. (2021). *Módulo IV. Desarrollo de proyectos: Determinación del Proyecto* [Diapositiva de Power Point].

Hernández, J. y Becerra S. (2020). *Implementación de un documento guía con la comunidad para el seguimiento a la gerencia de proyectos de vías terciarias en cuanto al alcance, tiempo y costo, relacionados con el PMBOK* (Trabajo de grado de maestría). Recuperado de

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25621/1/PROYECTO_551421_551439.pdf

Martínez J. (2019). *Desarrollo de morteros con geopolímeros para la impresión 3D* (Tesis de maestría). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Recuperado de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/16769>

Muñoz-La Rivera, F.C., Hermosilla, P., Delgadillo J. y Echeverría D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Formación Universitaria*, 14(2), 75-84. doi: 10.4067/S0718-50062021000200075 <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v14n2/0718-5006-formuniv-14-02-75.pdf>

Schwab, K. (2020). La Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy*, 1(1), 06-10. doi: 10.52749/fh.v1i1.1