

ENSAYO

EL LIDERAZGO Y LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INGENIERÍA CIVIL

Project Management y Pensamiento Estratégico
DIPLOMADO

Área disciplinar de enfoque

CONSTRUCCIÓN

Por: Andrea Camila Reina

Estudiante Ingeniería civil-UMNG y Diplomado-UCF

CÓD: 7304176



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Ingeniería Civil FAEDIS

Bogotá/2022

Project Management y Pensamiento Estratégico
DIPLOMADO

Este documento forma parte de la aprobación de la Misión Internacional de opción de grado para la UMNG
en convenio con UCF.

Las opiniones dadas en este documento son responsabilidad exclusiva del autor y no determinan
específicamente alguna posición intelectual de la UMNG ni de la UCF.

Project Management y Pensamiento Estratégico
DIPLOMADO

Contenido

Resumen.....	4
Introducción	5
Conclusiones	15
Referencias.....	17

EL LIDERAZGO Y LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INGENIERÍA CIVIL

"No es el más fuerte de las especies el que sobrevive, tampoco es el más inteligente el que sobrevive. Es aquel que es más adaptable al cambio". (Charles Darwin)

Resumen

Uno de los principales propósitos en la gestión de proyectos es la optimización del tiempo operativo y la productividad del proyecto a través de metodologías ágiles, nuevas tendencias o avances tecnológicos de la Industria 4.0, también conocida la Cuarta Revolución Industrial permiten mejorar las prácticas del líder haciéndolo más versátil. El alcance de este documento es enfocar este tema en el campo de la ingeniería civil desde la etapa de planeación y diseño, para potenciar el sector de la construcción.

Por mucho tiempo el sector de la construcción ha sufrido baja productividad debido a que tiende a ser más reacio a estos cambios y a tomar riesgos, mientras que otros sectores de la economía mundial como el sector de las comunicaciones, de transporte o de agricultura, se han transformado adaptándose al progreso de la industria. La disrupción que genera esta cuarta revolución industrial en la construcción es la evolución tecnológica que incluye innovación sistemática, nuevos materiales autosustentables, el Internet de las cosas (IoT), facilitadores de procesos, sistemas ciber-físicos, inteligencia artificial (AI), impresiones 3D, Big Data, el modelado de datos (BIM), que mejoran significativamente la productividad del sector.

Palabras Clave: trabajo en equipo, estrategias de gestión, tendencias tecnológicas, revolución, industrialización de procesos, metodología BIM, innovación, construcción, Big Data, tecnologías emergentes, sustentabilidad, innovación de los empleados, infraestructura consciente.

Introducción

El sector de la construcción abarca dos frentes de acción de acuerdo a sus características, por una parte, la construcción pesada como las obras civiles, industriales, vivienda a gran escala y por otra parte proyectos pequeños como la construcción de vivienda unifamiliar o las conocidas remodelaciones que han tomado fuerza en los últimos años. Es una constante la baja productividad convirtiéndose en uno de los principales problemas que enfrenta el sector de la construcción, lo cual se evidencia en la presencia de fallas operativas, diseños ineficientes, tiempo insuficiente para la planificación y sistematización de procesos, poco interés en la implementación de las últimas tendencias sobre gestión de proyectos, mano de obra poco calificada o la escasez de mano de obra joven, siendo estas algunas de las causas. Teniendo en cuenta el informe estadístico “Reinventado la Construcción” realizado por Barbosa et al. (2017), la industria de la construcción esta fracturada, no es un mercado homogéneo y tiene limitaciones de beneficio en comparación con otros sectores, lo que impide la inversión en tecnología y digitalización que ayudaría a aumentar la productividad en un 50% o 60%.

En gestión de proyectos o *project management* hay un líder. Usualmente su perfil está en la dirección del proyecto y su función en esencia es encargarse que el proyecto cumpla con los objetivos planteados durante la concepción y diseño de éste mismo. A este líder se le conoce como *project manager*. El *project manager* en un proyecto de obra civil debe gestionar y coordinar las tareas asignadas; este ejercicio se hace desde la planeación de obra que se define como la gestión de administrar, coordinar y preparar todos los recursos que requiere el proyecto entre los cuales se

Project Management y Pensamiento Estratégico DIPLOMADO

encuentran recursos financieros, talento humano, equipos, maquinaria y materiales entre otros, estos deben ser organizados para operar anticipadamente en un tiempo y costo determinado, desde la etapa de diseño, ejecución, entrega y mantenimiento, asegurándose que el proyecto se desarrolle en tiempo y calidad optima, certificando el seguimiento y control con la gestión de documentos, elaboración de informes, alertas tempranas, memorias de presupuestos, etc. A su vez, debe establecer un cronograma con estos recursos de acuerdo a su disponibilidad. Como afirma Fardella (2013), el líder dentro de sus habilidades cuenta con una visión estratégica para facilitar el control con una actitud de liderazgo, flexibilidad al cambio, aplicar el aprendizaje organizacional, destreza en priorizar tareas, así como disposición para trabajar en equipo, carácter dinámico, un fuerte sentido del rumbo, carisma y pericia de expresión hacia un grupo, teniendo en cuenta que la comunicación es de vital importancia para agilizar los procesos.

Por lo tanto, en obras de construcción, un *project manager* es el que se conoce en el gremio como director de obra y/o supervisor de proyectos de construcción, que en su condición de líder debe encontrar estrategias para agilizar tareas, optimizar tiempos de entrega y mejorar la calidad de servicios, Es fundamental que este líder este en constante actualización de sistemas de gestión y avances tecnológicos que ofrece la Industria 4.0. Para Barbosa et al. (2017), la productividad podría incrementar hasta 10 veces en el área de la construcción si hace su transición tecnológica hacia la automatización y el uso de los datos, orientando esta idea sobre dos pilares fundamentales para la construcción 4.0: la incorporación de tecnologías emergentes junto con la industrialización de los procesos constructivos.

El objetivo de este documento es identificar la importancia que tienen las nuevas herramientas en cuanto a gestión de proyectos civiles dadas por la 4ta revolución industrial,

Project Management y Pensamiento Estratégico DIPLOMADO

demostrando que su aplicación es imparable, que el liderazgo de los actores que intervienen en los proyectos de infraestructura ejerce un papel fundamental en el éxito de esta misma implementación, los ingenieros deben adquirir nuevas habilidades mejorando sus prácticas de liderazgo.

El tema se desarrolla en tres etapas: primero se abordará el liderazgo como herramienta para mejorar las prácticas y habilidades de los ingenieros civiles en cuanto a gestión de proyectos, seguidamente identificaremos las tendencias más relevantes que ofrece hoy la Industria 4.0 en el sector de la construcción para mejorar la productividad de proyectos civiles, presentando antecedentes donde se han aplicado estas herramientas destacando sus ventajas. Finalmente se hace una deliberación sobre la importancia de la planificación y el control de los proyectos desde su concepción para lograr la optimización y calidad de resultados, situando una posición de reflexión sobre la implementación de este tema en Colombia.

ENSAYO

Mejorar las prácticas de liderazgo en los ingenieros es hoy un tema que indiscutiblemente debe priorizarse en su formación académica. Los ingenieros deben adquirir habilidades de innovación como estrategia de desarrollo de su perfil laboral lo que tácitamente se verá reflejado en la gestión y productividad que es el objetivo principal del éxito de un proyecto. El liderazgo en gestión de proyectos o *project management* para las obras civiles tiene bajo interés por parte del gremio, sin embargo, es un desafío para los líderes en el sector de la construcción lidiar con la presión que genera el ritmo de la evolución tecnológica y los cambios disruptivos a los que se enfrentan las organizaciones. Estos cambios van acompañados con la necesidad de innovar a bajo costo, de optimizar tiempos e incrementar la calidad de los proyectos, así como competir con la creciente demanda del mercado. Al tener que enfrentar retos cada vez más altos y ambiciosos, los ingenieros se ven obligados a utilizar el liderazgo como habilidad en cuanto a la gestión y la etapa de planificación teniendo en cuenta que este es un proceso fundamental que permite tener control para obtener los resultados deseados y propuestos en la concepción del proyecto. El *project manager* utiliza el liderazgo creando una cultura organizacional para los equipos de trabajo. En efecto, Oeij et al. (2021), apoyados con un estudio realizado en Holanda en relación a la exploración del desempeño laboral, con respecto a seguridad psicológica y aprendizaje en equipo, señalan la adopción del liderazgo como una característica cultural de las empresas. Esto motiva al equipo de trabajo a estar activos para resolver problemas mejorando la productividad.

Project Management y Pensamiento Estratégico DIPLOMADO

Entonces, el líder debe ser versátil en el sector construcción y tener una visión abierta a la actualización y a los cambios disruptivos que provee la tecnología, promoviendo la transformación digital en los procesos constructivos, adquiriendo nuevas habilidades como mejores prácticas en cuanto gestión, planeación y organización.

Haciendo un breve paso por la historia, en la primera revolución industrial la influencia fue el cambio a la producción “a mano” a la mecanizada por el uso de energía utilizando agua en forma de vapor, luego la segunda trae la producción en masa con la manufactura sistemática, además del uso del combustible y la energía eléctrica. La tercera llega con la tecnología de la información y las telecomunicaciones, lo que antes era análogo se transforma a lo digital y se promueve la producción automatizada. Ahora y lo que promete ser el futuro, viene con la cuarta revolución industrial donde su principal influencia son las tecnologías emergentes. (Almeida. 2019)

La industria 4.0 en la construcción, ofrece nuevas tendencia y estrategias para la ejecución de obras civiles, aunque la industrialización de procesos de construcción en cuanto prefabricados y sistematización de procesos constructivos a gran escala está en auge a nivel global con tecnologías para agilizar tiempos de encofrado, vertimientos, limpieza y reduciendo la producción de residuos, la aplicación e incorporación de tecnologías emergentes es imparable y definitivamente no se puede ir contra la corriente, en consecuencia, el sector debe hacer una reformulación de los modelos de negocio, implementar el uso de inteligencia artificial, la impresión 3D, la basta utilización de vehículos aéreos no tripulado, la realidad aumentada, la nanotecnología, el Big Data etc.

Actualmente los cambios de la industria son más perceptibles, la accesibilidad a nuevas tecnologías es cada vez más rápida, la mayoría de los sectores de la economía mundial han logrado

adaptarse de acuerdo a estas tendencias tecnológicas, sin embargo, el sector de la construcción es uno de los menos desarrollados como lo afirma Barbosa et al. (2017), el crecimiento de la productividad en el sector solo ha aumentado 1% en 20 años y los gastos relacionados con la construcción son alrededor de \$10 billones lo que representa el 13% del PIB a nivel mundial, también plantea que la productividad podría incrementar hasta 10 veces si hace su transición tecnológica hacia la automatización y el uso de los datos, esto con la incorporación de tecnologías emergentes junto con la industrialización de los procesos constructivos.

El gremio se niega a evolucionar y tiene fuerte apego a las herramientas tradicionales tanto en diseño como con los sistemas constructivos tradicionales en fases de cimentación y mampostería. La industria 4.0 ofrece herramientas como: drones para estudio y levantamientos topográficos, robótica y sensores para control de tuberías, el Internet de las cosas (IoT) utilizado en sistemas sanitarios, nuevas tecnologías como la impresión 3D en cuanto producción de prototipos arquitectónicos con la manufacturación aditiva, materiales renovables y autosustentables, la realidad aumentada para el control de procesos a través de aplicaciones para dispositivos móviles al alcance de todo el equipo de trabajo incluso del propio cliente aumentando la competitividad en el mercado, indudablemente son innovación en los últimos años. Sin olvidar las nuevas metodologías que incrementan la productividad abarcando todas las etapas constructivas como la metodología BIM y el uso de BigData. Dando campo al desarrollo de la construcción 4.0.

Ikuabe et al. (2020), hicieron un estudio sobre la adopción de tecnologías digitales en la industria de la construcción de Sudáfrica y su aplicabilidad en las etapas de los procesos de la construcción, como resultado obtuvieron que las herramientas más utilizadas son el Internet de las

Project Management y Pensamiento Estratégico DIPLOMADO

cosas (IoT) y los sensores. En un nivel medio están los drones, la realidad aumentada y la impresión 3D, mientras que el análisis de BigData, la automatización, la robótica y el modelado de información (BIM) son los menos utilizados.

La metodología BIM, es una metodología que implementa el modelado digital de la información de los proyectos de infraestructura con la interoperabilidad de herramientas tecnológicas para el diseño, la planeación y el control de obras civiles en las diferentes etapas de construcción: diseño, planeación, construcción y operabilidad/mantenimiento. Como trabajo colaborativo es compatible con software ya existentes, así como el ensamble de las tecnologías 4.0. Según La fundación Laboral de la Construcción BIM supone una auténtica revolución que cambia todos los métodos tradicionales con que se trabaja en la arquitectura y la construcción. La modelación de datos imita los procesos reales de la construcción que más allá del 3D es multidimensional. El principal objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo que no es solo visual, si no que, relaciona la base de datos y el diseño 3D de la obra, vinculando: insumos, materiales, recursos, mano de obra, tiempos de ejecución y maquinaria con el modelado real que incluye muros, ventanas, cubiertas, sistema eléctrico, sanitario, sistemas inteligentes y automatizados etc., y a su vez se vincula directamente con los costos, características físicas y técnicas reales que ofrece el mercado mediante BigData, Sí surgen cambios en el modelo, el mercado o los recursos automáticamente se actualiza esta información brindando al líder nuevas alternativas que optimice los procesos y minimice los riesgos. Al permitir hacer estas simulaciones al inicio y en el desarrollo del proyecto, previene imprevistos, agiliza la toma de decisiones en tiempo real, dando mayor control de la obra.

Project Management y Pensamiento Estratégico DIPLOMADO

Entidades como *New York City Department of Buildings* (NYC DOB), que es el departamento que regula los modelos de seguridad de las obras que se ejecutan en la ciudad y desde el 2013 aplican el programa *3D Site Safety Plans Program* donde requieren el uso de BIM para la ejecución de los proyectos, incluyendo un texto guía como manual de uso “*Building Information Modeling Site Safety Submission Guidelines and Standards*”. (Fundación Laboral de la Construcción, 2017). Los resultados han sido de éxito logrando el objetivo de tener mayor seguridad en las obras. Se evidencia que *NYC DOB* puede agilizar su labor de supervisión mejorando la comunicación entre los inspectores de campo y los supervisores de oficina teniendo el control de las obras, optimizando los procesos de revisión de cumplimiento de las normativas y reglamentos antes de la revisión *in situ*. Esto acelera el proceso de modificación y aprobación. Teniendo las aprobaciones más rápido respecto a lo que se hacía tradicionalmente, los riesgos de seguridad se identifican en etapas tempranas optimizando el tiempo de ejecución, la gestión se hace con la implementación de herramientas en línea a través de sitio web del *NYC DOB*. También está dentro de sus requerimientos el uso de Revit para realizar los modelos 3D, estableciendo puntos de referencia en las diferentes etapas de construcción a lo largo del desarrollo de los proyectos para las revisiones en *Navisworks* basadas en software BIM.

Asimismo, en el mundo se imponen nuevos conceptos de maquinarias, como “Atlas Copco” que es una máquina para la demolición de infraestructura que funciona con presión de agua e incorpora la realidad aumentada, además de que convierte el material en polvo para su reutilización lo que reduce significativamente la producción de residuos.

La construcción 4.0 optimiza la mano de obra mejorando la eficiencia de los procesos de las actividades y la seguridad física del personal, esto con metodologías de planeación, sistemas

constructivos modulares y la automatización de procesos constructivos. Al respecto Diez (2016) dice que

(...) en el proyecto europeo Smart Site, liderado por la empresa suiza Ammann, está desarrollando un sistema de gestión inteligente de obras para la construcción y mantenimiento de infraestructuras de carretera que integra sensores, tratamiento de información y modelos 5D o BIM. Este sistema resuelve en tiempo real imprevistos en la cadena de suministro del material con el que se hacen las carreteras. Por ejemplo, un atasco en la carretera para el camión que transporta el material o un descenso repentino de la temperatura en la puesta en obra. (p. 2)

En este caso específico se reafirma que la coordinación de los medios tecnológicos es un sistema de apoyo para la toma de decisiones, por ejemplo, optimizando los procesos de suministro de material para la concesión de una vía. La interoperabilidad de los medios humanos con la tecnología que ofrece la cuarta revolución industrial debe ser una iniciativa de cambio. La toma de decisiones en tiempo real es un concepto que parece básico pero que es una constante en la resolución de conflictos en los grupos de trabajo que por lo general retrasa los procesos constructivos. Es del líder encontrar estas metodologías, para involucrar a las personas, motivar y ser oportunos en el momento de tomar decisiones, introduciendo las tecnologías 4.0.

A cerca de la aplicación de la construcción 4.0 en Colombia y en general en los países latinoamericanos se percibe una posición más reacia y temerosa al cambio. La adopción de estas tecnologías ha sido lenta. De acuerdo con Bass (1990) que argumenta que siendo el liderazgo un fenómeno universal, las creencias en las que se desenvuelve el líder influye en su forma de ejecución. En consecuencia, el líder se forma con unas actitudes definidas por su entorno social.

Por lo tanto, el colombiano naturalmente por su arraigo cultural arriesga poco, escatima en gastos y por la presencia de corrupción en los mercados, no hay interés de inversión en estas nuevas tecnologías y prefiere quedarse con lo tradicional sin asumir riesgos. Como afirma Trevik y Nilsson (2017) la baja adopción de tecnologías digitales en el sector construcción incrementa la problemática de la productividad no solo en la planeación y diseño del proyecto si no que, también en la operabilidad y mantenimiento del mismo, disminuyendo calidad, rentabilidad y la vida útil de las obras.

En algunos países se ha implementado la metodología de modelado de datos como estrategia para obtener licitaciones. Como ya se mencionó en Estados Unidos se viene aplicando en Nueva York, incluso en países como España lo están implementando como requerimiento para adjudicar contratos en obras públicas. El Ayuntamiento de Madrid definió un plan para la contratación de infraestructura de movilidad en la ciudad que incluye además del uso de la metodología BIM, el cumplimiento obligatorio de las normas medioambientales de España junto a un plan energético y de gestión de residuos utilizando tecnologías emergentes.

Para Colombia, el cambio no puede ser una perspectiva lejana, el conocimiento de las diversas herramientas tecnológicas que ofrece la cuarta revolución industrial en el sector de la construcción tiene gran importancia en *project management*. El ingeniero civil como líder de proyectos debe formarse y actualizarse adoptando estas habilidades, que como ya se ha reiterado, conlleva a beneficios sustanciales que derivan al aumento de la productividad y al desarrollo de infraestructura de un país.

Conclusiones

El sector de la construcción continúa empleando métodos tradicionales, que para la cuarta revolución industrial se consideran arcaicos para la operabilidad de las diferentes etapas de la construcción. El resultado es la baja productividad en relación a la economía mundial respecto a otros sectores del mercado, esta situación no se mantendrá por mucho tiempo, pues la competitividad obliga a la rápida adopción de estas tecnologías emergentes.

Se evidencia a través de la historia que los países latinoamericanos tienden a adoptar los cambios que llegan con las revoluciones industriales de forma más lenta. Es imperativo establecer sistemas integrados de gestión de proyectos. Los ingenieros civiles deben tener formación en industria 4.0 aportando mejores líderes de proyecto que involucren y motiven a los equipos de trabajo en la adopción y capacitación del uso de nuevas tecnologías como parte de las metodologías de diseño y planeación en la construcción. Asimismo, es trascendente la inversión de automatización e industrialización de procesos, el uso de la robótica, el Internet de las cosas (IoT), los drones, la impresión 3D, el modelado de datos, son herramientas básicas hoy en día para aumentar la productividad del sector.

La tecnología ya existe y está disponible para su uso, el cambio está en la actitud de los ingenieros frente a la adopción de estas habilidades como mejores prácticas de liderazgo en pro de los proyectos de infraestructura civil, optimizando los procesos y mejorando la calidad de su labor. Para lograrlo se debe fortalecer el proceso de formación profesional de los ingenieros civiles como punto de partida de adopción en implementación de estas tecnologías en la realidad laboral. De las lecturas realizadas para escribir este ensayo, surgen cuestionamientos alrededor de los aspectos abordados, se requiere de más investigación, ¿el sector de la construcción está preparado para

Project Management y Pensamiento Estratégico
DIPLOMADO

adoptar tecnología 4.0? ¿los ingenieros civiles están preparados para aplicar la construcción 4.0?, el verdadero reto es que las universidades replanteen sus planes curriculares de pregrado haciendo énfasis en estos temas y en las certificaciones de posgrado como motivación para los ingenieros del futuro. Que las empresas constructoras inviertan en capacitar a su personal en liderazgo, metodologías de gestión y en tecnologías emergentes. A nivel gubernamental en países latinos que se normalicen estas tendencias que ya se está implementando en países de Europa y Estados Unidos, así como invertir en investigación y promoción.

Referencias

Almeida, Alexandre. 2019. *Impacto de la cuarta revolución industrial en la industria de la construcción*. RPP Noticias. Recuperado en agosto del 2022, de <https://rpp.pe/columnistas/alexandrealmeida/impacto-de-la-cuarta-revolucion-industrial-en-la-industria-de-la-construccion-noticia-1174467>.

Barbosa Felipe, Woetzel HoustonJonathan, Mischke Shanghai Jan, Ribeirinho Maria João, Sridhar Mukund, Parsons Matthew, Bertram Nick & Brown Stephanie. 2017. *Reinventing construction: A route to higher Productivity*. En colaboración con práctica de proyectos de capital e infraestructura de McKinsey&Company. Informe para McKinsey Global Institute. Research. Insight. Impact.

Bass, Bernard M. 1990. *From transactional to transformational leadership: learning to share the vision*. *Organizational Dynamics*. Publicado por Elsevier Inc. Edición No. 3. Volumen 18, paginas 19-31.

Diez, David. 2016. Artículo “Las obras, factorías del futuro”. Para noticias Heraldo de España. Recuperado en agosto del 2022 en <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2016/12/21/las-obras-factorias-del-futuro-1149321-310.html>

Fardella Rozas José Salvador. 2013. *Habilidades estratégicas del líder*. Recuperado en agosto del 2022, de <https://www.gestiopolis.com/habilidades-estrategicas-del-lider/>.

Fundación Laboral de la Construcción. 2017. Artículo “*Un ejemplo de la aplicación de BIM en Seguridad y Salud: New York City Department of Buildings*”. Blog, entorno BIM.

Recuperado en agosto del 2022 de <https://blog.entornobim.org/ejemplo-la-aplicacion-bim-seguridad-salud-new-york-city-department-of-buildings/>

Matthew Ikuabe, Douglas Aghimien, Clinton Aigbavboa y Ayodeji Oke. 2020. *Explorando la adopción de la tecnología digital en las diferentes fases de los proyectos de construcción en Sudáfrica*. Actas de la Conferencia Internacional sobre Ingeniería Industrial y Gestión de Operaciones Dubai, Emiratos Árabes Unidos. IEOM Sociedad Internacional.

Peter RA Oeij, Gerben Hulsege y Paul TY Preenen . 2021. *From transactional to transformational leadership: learning to share the vision. Organizational Dynami Mindfulness organizacional como impulsor sostenible de la adopción de la innovación por parte de los empleados: factores individuales y organizacionales*. Publicado por Elsevier Ltd. Volumen 154.

Rodríguez, N. y Latorre, V. 2011. Cultura y liderazgo en la industria de la construcción chilena. Revista de la Construcción vol.10 no.3 Santiago. Recuperado en agosto de 2022 en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2011000300007&script=sci_arttext

Trevik, S. y Nilsson, T. 2017. *Digitalización de la gestión de instalaciones para frenar el desarrollo de la gestión del espacio*. Tesis de maestría en Chalmers University of Technology.