

**Gestión de Proyectos de la Constructora Experta SAS Mediante el Uso de
Herramienta Tecnológica**

Elaborado por:

Liliana Álvarez Peña
Diego Felipe Cardozo Perdomo
Luis Antonio García Garzón
Luisa Fernanda Jiménez Monsalve

Especialización en Gerencia de Proyectos, Universidad EAN
Especialización en Gobierno y Gerencia Pública, Universidad EAN

Docente:

Denise Caroline Arguelles Pabón

Universidad EAN

Bogotá

29 de noviembre de 2021

Agradecimientos

Para nosotros es importante agradecer primero a Dios por la vida y el aprendizaje, a la facultad por todo su apoyo en este proceso integral y profesional tan importante en nuestras vidas, y en especial a nuestra directora, la Docente Denise Caroline Arguelles Pabón, por su continua y exigente asesoría, por sus sugerencias y comentarios constantes que nos sirvieron para mejorar, también a nuestras familias que siempre nos brindaron su apoyo incondicional durante todo este proceso de formación académica, y a todas las personas que hicieron posible la materialización de este trabajo de grado que nos ayudó a crecer como personas y poner en práctica nuestra hermosa profesión.

Con sentimiento de admiración y gratitud.

Los autores.

Resumen

El Sector de la construcción en Colombia en los últimos tiempos ha demandado un avance en el uso de herramientas tecnológicas como apoyo a la gestión de los proyectos en los diferentes campos de la arquitectura y la ingeniería Civil. En la actualidad estas dos actividades trabajan en la mayoría de los casos empleando herramientas en base a programas tipo CAD 2D de manera independiente y poco coordinada a pesar de estar ejecutando un mismo proyecto. En los últimos años, la generación de nuevas herramientas tecnológicas en 3D con la implementación de la herramienta BIM (*Building Information Modeling*) ha ido desplazando a las ya existentes, y las empresas de construcción han tenido que incursionar en la modelación de los proyectos bajo este nuevo esquema que permite obtener información operativa y coordinada de los proyectos en ejecución en tiempo real, es por eso que la Constructora Experta SAS requiere dar este paso evolutivo hacia las tecnologías más eficientes y sostenibles para lograr estar a la vanguardia en un mundo cada vez más globalizado, y ser una de las empresas más competitivas y eficientes del país, por lo tanto, se propone implementar en la gestión de sus proyectos la herramienta BIM. En consecuencia, con lo anteriormente esbozado, lo que finalmente se logro fue poder Identificar cuál herramienta tecnológica permitirá a la Constructora Experta SAS una adecuada gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgo en los proyectos.

Palabras clave: Calidad, Gestión herramienta BIM, Proyecto, Recursos y Tiempo.

Abstract

The construction sector in Colombia in recent times has demanded an advance in the use of technological tools to support the management of projects in the different fields of architecture and Civil engineering. At present, these two activities work in most cases using tools based on 2D CAD-type programs in an independent and little coordinated way despite executing the same project. In recent years, the generation of new 3D technological tools with the implementation of the BIM (Building Information Modeling) tool has been displacing the existing ones, and construction companies have had to venture into the modeling of the proposals under this new scheme that allows to obtain operational and coordinated information of the projects in execution in real time, that is why the Constructora Expert SAS requires to take this evolutionary step towards the most efficient and sustainable technologies to be at the forefront in an increasingly world globalized, and to be one of the most competitive and efficient companies in the country, therefore, it is proposed to implement the BIM tool in the management of its projects. Consequently, with the aforementioned, what was finally achieved was to be able to Identify which technological tool will allow the Expert Constructor SAS an adequate management of time, resources, quality and risk in the projects.

Keywords: Quality, BIM tool management, Project, Resources and Time.

Contenido

Introducción	8
Problema de Investigación	9
Descripción del Problema	14
Pregunta de Investigación	15
Objetivos	16
General	16
Específicos	16
Justificación	16
Marco Teórico	18
Marco Institucional.....	25
Metodología	28
Primer Nivel.....	28
Enfoque, alcance y Diseño de la Investigación	28
Definición de Variables	29
Población y Muestra	31
Segundo Nivel.....	33
Selección de Métodos o Instrumentos para Recolección de Información	33
Presentación de los Resultados	34
Análisis Estadístico de los Datos	35
Análisis y Discusión de los Resultados	49
Recomendaciones de la Herramienta Tecnológica Seleccionada BIM para la Constructora Experta SAS	56
El Impacto de la Norma ISO 19650 y CONPES 3975 de 2019, para la Constructora Experta SAS.....	59
Discusión	62
Conclusiones	63
Referencias.....	64

Tablas

Tabla 1 Retrasos y sobrecostos en la construcción	10
Tabla 2 Variación Anual en %	27
Tabla 3 Estructura metodológica de la investigación cuantitativa descriptiva	30
Tabla 4 Resultado encuesta en Experta SAS	35
Tabla 5 Análisis proyectos ejecutados Experta SAS	50
Tabla 6 Caracterización de los factores de tiempo, recursos, calidad y riesgos entre CAD 2D y BIM.....	53
Tabla 7 Ventajas y desventajas de las herramientas tecnológicas CAD 2D y BIM	55

Figuras

Figura 1	Colombia frente al mundo en el sector de la construcción de edificaciones.....	11
Figura 2	Balance de adopción de mejores prácticas en ejecución por compañía.....	12
Figura 3	Sobrecostos en la construcción por compañía.....	13
Figura 4	Demoras en la construcción por compañía.....	14
Figura 5	Ciclo de vida del proyecto BIM	23
Figura 6	Ciclo de vida de un edificio, con BIM y sin el uso del BIM.....	56

Introducción

La construcción en Colombia participa activamente en la economía del país en proyectos de vivienda e infraestructura civil, pero se han evidenciado dificultades en la gestión de sus proyectos debido a los inconvenientes de integración de las actividades u operaciones que intervienen desde la concepción, diseño y ejecución de los proyectos de construcción, operando de manera independiente y mediante el uso de la herramienta tecnológica de diseño asistido por computadora (CAD) 2D, la cual por su capacidad y eficiencia es remplazada por software que incorpora atributos oportunos para satisfacer las necesidades actuales en el sector con el fin de mitigar atrasos, sobrecostos, baja calidad y control en los proyectos. Por lo tanto, este sector requiere la implementación nuevas herramientas tecnológicas que permiten a las compañías replantear la manera de gestión y de integrar todas las etapas del proyecto, donde los especialistas, ingenieros, arquitectos y administradores trabajen mancomunadamente permitiendo un mayor control, colaboración y comunicación para lograr obtener la calidad esperada, la mitigación del riesgo y el aumento de la rentabilidad de las empresas mediante el uso adecuado de los tiempos y recursos.

Por consiguiente, el proyecto de investigación ha tomado como referente a la Compañía Constructora Experta SAS, la cual pertenece al sector de la ingeniería civil en el sector privado, perteneciente a las Pymes.

Problema de Investigación

En los últimos 30 años el mundo ha evolucionado debido al avance en la tecnología de la información y comunicación, gracias a este avance se encuentra la cuarta revolución industrial la cual cuenta con una serie de nuevas herramientas que permiten la transmisión de información (voz, datos, texto, video e imágenes), la compilación, el almacenamiento y el procesamiento de datos, logrando con esto la transformación de grandes cantidades de datos en información que permite la interconexión y comunicación al interior de las compañías (Cohen, et al., 2018). En el sector de la construcción en Colombia no es la excepción y deberá enfrentarse a la adopción de nuevas aplicaciones tecnológicas que están cambiando la manera de trabajar u operar en el sector. En el país según (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2018) aproximadamente 69.000 empresas tan solo el 40% han implementado nuevas tecnologías que le permitan lograr la transferencia de datos y trabajo en línea de todas las áreas involucradas en la construcción para alcanzar eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura.

Ciertamente, para el país en el 2018 “el sector de la construcción en Colombia participa activamente en la economía del país con un 6.3% del PIB” (Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL], 2019) y ascendiendo para el año 2020 con el “11,5%” (CAMACOL, 2020) en donde su actividad influye en los diferentes sectores como son la vivienda y en obras de infraestructura pública y privada, ahora bien, según el informe de productividad de la construcción de edificaciones permanece:

Por debajo del promedio a lo que se refiere en la implementación de mejores prácticas con un resultado del 61%, lo que indica una brecha de 6% respecto a los referentes internacionales que registran un 67%, pero cuando hablamos de tecnología la brecha es

aún mayor donde el rango internacional está en 48% y en Colombia en un 14%.

(CAMACOL, 2018).

Cuando se inicia un proyecto de obra civil se necesitan profesionales con conocimientos o especializaciones en diferentes ramas, el método más utilizado de trabajo es basarse en planos en dos dimensiones (2D), que se elaboran de manera independiente con poca e inmediata retroalimentación entre los especialistas, lo que genera una gran cantidad de información plasmada en planos de un mismo proyecto pero que muchas veces no presenta coordinación entre sí, por lo anterior, la ejecución de los proyectos genera atraso, reprocesos en sus actividades, algunas acciones en la obra depende de otras, lo que causa el paro total o parcial del proyecto, al igual que demoras, sobrecostos de mano de obra, materiales y equipos afectando los tiempos de entrega, la calidad y la rentabilidad del mismo.

En la siguiente tabla se evidencia la problemática recurrente en el sector.

Tabla 1

Retrasos y sobrecostos en la construcción

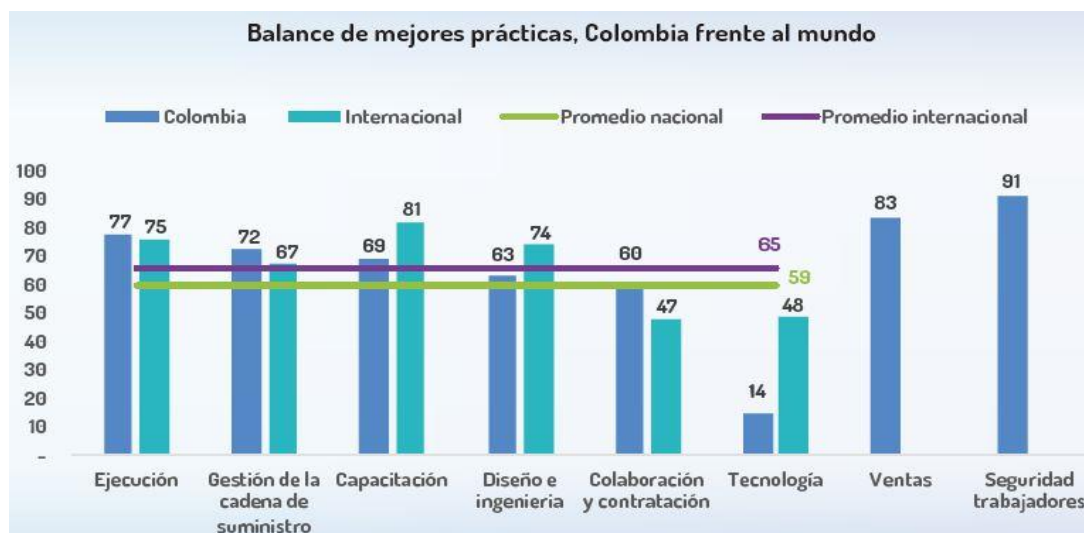
Informe de Sir John Egan 1998	Informe John Tocci 2011
40% de los proyectos sufren retrasos o sobrecostos	El 30% de los proyectos no cumplen plazos ni costes
Al menos el 10% de los materiales son desperdiciados	El 37% de los materiales utilizados en construcción pasan a ser residuos
El 40% de la mano de obra de construcción se desperdicia	El 10% del coste de los proyectos son órdenes de cambio
30% de construcción consiste en rehacer trabajos	El 92% de las propiedades opinan que los proyectos de ejecución elaborados por los arquitectos no son suficientes para construir

Nota. “BIM desde el punto de vista del Project Manager” por Ortega, S., (2014), p.10
CAMACOL

Con el apoyo de 14 importantes empresas de la construcción en Colombia las cuales representan el 22% del mercado realizó un estudio de productividad. En Colombia las compañías de la construcción comparadas con las internacionales presentan un rezago en la adopción de nuevas tecnologías que permitan elevar la eficiencia de la construcción (2018).

Figura 1

Colombia frente al mundo en el sector de la construcción de edificaciones



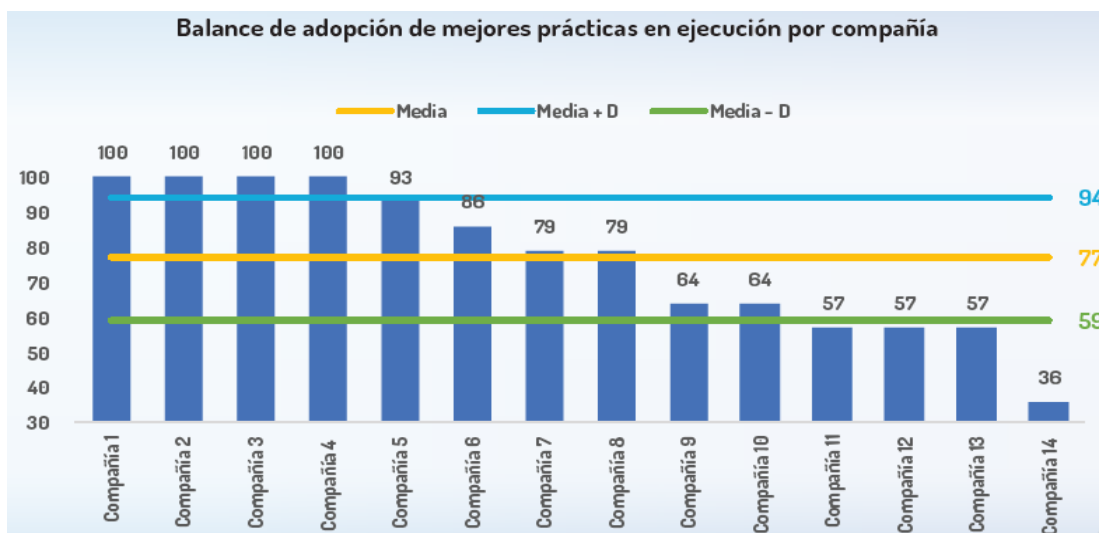
Nota. “Informe de productividad: Sector Construcciones de edificaciones” por Cámara Colombiana de la Construcción (2018), CAMACOL, p.29

En la Figura 1, en el mundo los factores en el balance de mejores prácticas en las empresas internacionales se destaca la capacitación con el 81% vs 69% de Colombia, en el factor de Ejecución internacional es del 75% vs 77% de la nacional y con respecto al Diseño con el 63% para Colombia vs 74% , superando el promedio del 65% en los escenarios internacionales

vs un 59% nacional, sin embargo, en el informe los resultados en implementación de tecnología las empresas internacionales con el 48% se acercan gradualmente al promedio reflejando los rezagos que presenta Colombia con el 14%.

Figura 2

Balance de adopción de mejores prácticas en ejecución por compañía

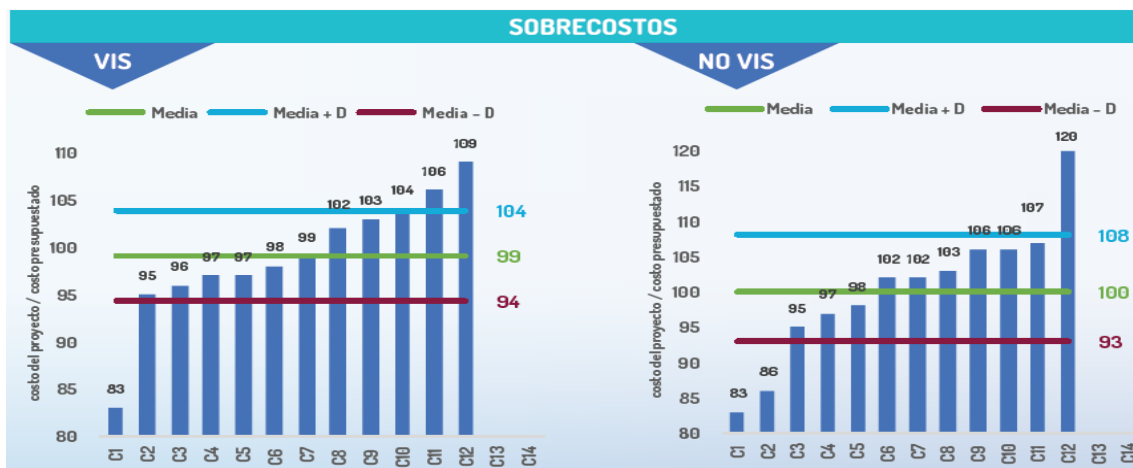


Nota. “Informe de productividad: Sector Construcciones de edificaciones” por Cámara Colombiana de la Construcción., (2018), CAMACOL, p. 40.

En la figura 2, en la implementación de mejores prácticas para la ejecución de proyectos, cinco de las catorce compañías evaluadas en Colombia tuvieron una tasa de respuesta de “muy de acuerdo” o “de acuerdo”. Entre estas prácticas hay algunas relacionadas con el seguimiento al desempeño de los trabajadores en la obra por medio de indicadores, la implementación de estándares de calidad para la fuerza laboral y en el uso del doble concepto para evaluar el desempeño en el campo de trabajo.

Figura 3

Sobrecostos en la construcción por compañía

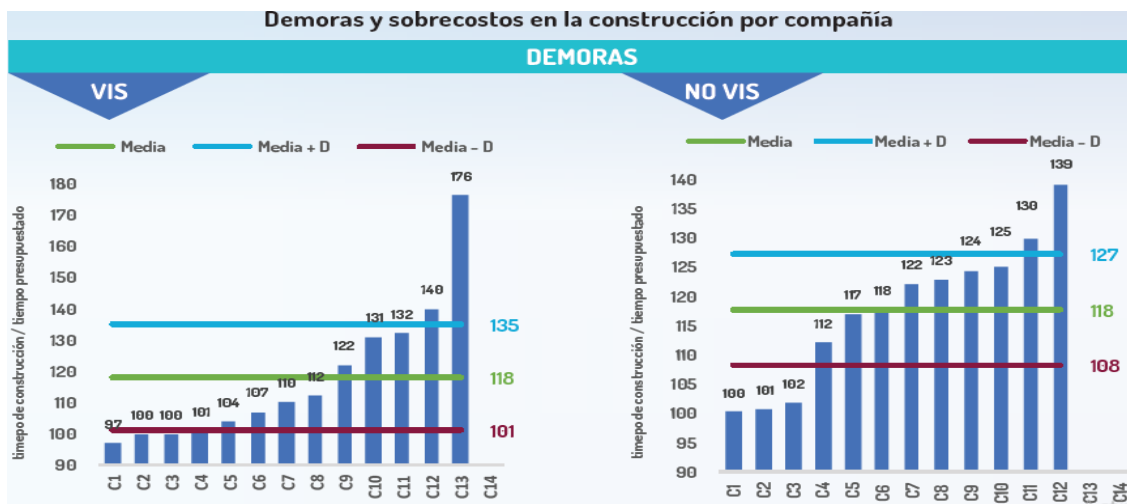


Nota. “ Informe de productividad: Sector Construcciones de edificaciones” por Cámara Colombiana de la Construcción., (2018), CAMACOL, p. 38

Además, en la figura 3 el estudio compara los sobrecostos en la vivienda de interés social (hasta 135-150 SMLV) con la de no interés social (500SMLV), el sector de vivienda de interés social “VIS” tiene siete compañías por debajo de los sobrecostos, mientras que las NO VIS tienen solamente 5, esto se debe a que las VIS tienen un beneficio de excepción de impuestos (IVA), lo cual hace a las NO VIS más riesgosas para trabajar, ya que cualquier sobre costos también se le aplica el IVA.

Figura 4

Demoras en la construcción por compañía



Nota. “ Informe de productividad: Sector Construcciones de edificaciones” por Cámara Colombiana de la Construcción., (2018), *CAMACOL*, p. 38.

En la figura 4, el estudio demuestra que, incluso las empresas líderes en la construcción de vivienda de interés social “VIS” y no VIS pueden presentar hasta 35% y 27% en demoras y un 4% y 8% en sobrecostos respectivamente, por lo tanto, el estudio de CAMACOL demuestra que en Colombia el sector enfrenta grandes retos para mejorar sus indicadores en sus prácticas, reducir sobrecostos por: reprocesos, falta de recursos planificados y tiempo de ejecución, demostrando que sin importar el tamaño de la empresa se presenta demoras y sobrecostos a los planificados inicialmente.

Descripción del Problema

Para esta investigación se ha tomado como referente la Constructora Experta SAS, perteneciente al sector de la ingeniería civil, empresa del sector privado que se clasifica dentro del grupo de las Pymes, la cual diseña, construye y gerencia proyectos de construcción con

herramientas CAD 2D en combinación con la herramienta de gestión de proyectos MICROSOFT PROJECT. La empresa Experta SAS está evaluando la posibilidad de implementar una herramienta tecnológica que le permita la presentación de sus proyectos en visualización 3D, lo que implica para la compañía enfrentarse a nuevos desafíos hacia la transición de nuevas herramientas tecnológicas que posibiliten la transformación del modelo de negocio tradicional al modelo 3D con altos niveles de detalle, además de permitir una adecuada gestión de materiales, de costos, que presente por capas los diferentes especialistas, actualización de los cambios del proyecto en tiempo real, que permita trabajar enlazados, cambiando así la forma de operar, competir e innovar permitiéndole alcanzar una mejor eficiencia en los procesos, incrementado su productividad, reduciendo desperdicios, mejorando los tiempos en la entrega de los proyectos, sin perder la calidad en la entregas; sin embargo, es importante mencionar que, para lograr implementar una herramienta que contenga estas capacidades, se requiere de una gran inversión económica, renovación de la infraestructura tecnológica, capacitación a los empleados, y el cambio cultural de sus colaboradores, lo cual implicaría un largo periodo de transición.

Pregunta de Investigación

En consecuencia, con lo anteriormente expuesto, la pregunta que abre el horizonte de sentido de la presente investigación es la siguiente: ¿Cuál herramienta tecnológica mejoraría la gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgos en los proyectos de la Constructora Experta SAS?

Objetivos

General

- Identificar cuál herramienta tecnológica permitiría a la Constructora Experta SAS una adecuada gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgo en los proyectos.

Específicos

- Realizar diagnóstico en la gestión de proyecto en la Constructora Experta SAS en los factores de tiempo, recursos, calidad y riesgos.
- Caracterizar los factores de tiempo, recursos, calidad y riesgos entre CAD 2D y BIM.
- Definir las ventajas y desventajas de CAD 2D y BIM para la Constructora Experta SAS.
- Generar las recomendaciones sobre la herramienta tecnología seleccionada (CAD 2D o BIM) para la constructora Experta SAS.
- Describir el impacto de la norma ISO 19650 y CONPES 3975 de 2019, para la empresa Constructora Experta SAS.

Justificación

El proyecto de investigación de **“Gestión de Proyectos de La Constructora Experta SAS Mediante el uso de Herramienta Tecnológica”** es conveniente para la Compañía ya que le servirá como insumo para determinar la conveniencia de adoptar o no la tecnología BIM, pues si bien son claros los beneficios de la misma, también existen factores como el alto costo de implementación y el largo periodo de transición el cual pudiera llegar a entorpecer en algún punto la ejecución de los proyectos, pues requiere de un programa de capacitación adecuado así como la sensibilización de los empleados para la correcta adopción de esta tecnología (Blanco, 2018, p.81). Por otro lado la tecnología BIM permite integrar los procesos internos en

coordinación con cada una de las disciplinas, brindando beneficios como: óptima coordinación en cada una de las etapas de los proyectos incrementado el trabajo colaborativo, el conocimiento técnico e innovación desde el diseño, así como contar con información en tiempo real organizada y estructurada que permita mitigar los riesgos de sobrecostos (fijos y variables) y optimizar los recursos en materiales, mano de obra, equipo, transportes y tiempo; además permite la correlación de las acciones de planear, hacer, verificar y evaluar (PHVA) en la gestión de proyectos.

Es igualmente relevante mencionar que del uso de la herramienta BIM, articula los parámetros establecidos por la norma internacional ISO 19650 -2008, la cual define los principios y procedimientos que se deben tener en cuenta para la gestión de la información en el diseño de una obra teniendo en cuenta los recursos, tiempo, calidad y riesgo “el diseño inicial, la ingeniería, el desarrollo, la documentación y la construcción, la operación diaria, el mantenimiento, la remodelación, la reparación y el final de su vida útil”. (ISO, 2018).

Las nuevas disposiciones en el uso de nuevas tecnologías como la BIM junto con normatividad como la ISO 19650, están surgiendo en Colombia en su aplicación y puesta en marcha para mejorar la gestión de los proyectos, innovar en productos, servicios y en sostenibilidad, pero además sirve como referencia a otros sectores de la economía que desean incorporar tecnología para mejorar sus procesos internos, cambiar la forma de operar, como por ejemplo trabajar de manera virtual y en tiempo real, donde el trabajo colaborativo e interconectado es la clave para optimizar tiempo, recursos y procesos. Se ha demostrado que los beneficios son positivos y gratificantes para las empresas que usan el BIM, tal como lo indica el Banco Interamericano de Desarrollo, BID:

Las mejoras más frecuentes fueron la reducción de conflictos de coordinación durante la etapa de obra (79,2% de las empresas consultadas), la disminución de errores y omisiones en la documentación de obra (76,7%) y la reducción de retrabajos (72,7), lo que impacta significativamente la disminución de desperdicios de insumos y de horas trabajadas.

(BID, 2021)

Ahora bien, teniendo en cuenta el planteamiento del problema del Proyecto de Investigación “**Gestión de Proyectos de La Constructora Experta SAS Mediante el uso de Herramienta Tecnológica**” el Campo de Investigación escogido fue “Emprendimiento y Gerencia”, el Grupo de Investigación fue “Tecnológico Ontare” y finalmente, la Línea de Investigación es la “Tecnologías de información y comunicaciones, Gestión y diseño de procesos y Cadenas de suministro sostenible”, investigación cuantitativa correlacional y tiene como objetivo identificar la herramienta tecnológica que permita la integración y coordinación de los proyectos de obras civiles.

Marco Teórico

“Un proyecto es un conjunto de actividades coordinadas e interrelacionadas, con un principio y un fin. Actividades que son ejecutadas por una persona o grupo de trabajo para satisfacer un objetivo concreto” (Campo, et al., 2014, p. 58). Desde el origen del término proyecto proviene del latín *proiectus* que podría definirse como el conjunto de actividades que desarrolla una persona o una entidad para alcanzar un determinado objetivo, adicionalmente Yate, (2018) define “proyecto” proviene del vocablo latino *proiciere-proioci-proiectum* que significa arrojar adelante (proyección, proyectar, proyecto); para los arquitecto e ingenieros los proyectos son la idea que se tiene en el presente con miras a que se materialice en el futuro por medio de la modulación de la obra civil, generando un proceso con pasos específicos, que

produce la consecución del resultado deseado. Estas actividades de diseño de la obra se encuentran interrelacionadas y se desarrollan de manera coordinada (Perez & Merino, 2008) dentro de la guía del PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), encontramos que un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Project Management Institute, 2017).

Los proyectos de obra civil que se clasifican según su complejidad, tamaño y sector de impacto, algunos pueden poseer características como tipos inversión, estructura, de geotécnica o ambiental permitiendo la integración de fases y factores necesarios para la modulación y ejecución que están sujetos en el cumplimiento de los objetivos de la obra civil. (Meprosa Construcciones [MC], 2020).

Los proyectos de obras civiles abarcan el diseño, construcción y mantenimiento dependiendo de su ciclo de vida, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, define obras civiles: como un conjunto de activos que prestan servicios para la satisfacción de necesidades de una nación, asociadas con la generación y provisión de energía, transporte, comunicación, recreación, etc. “Este concepto incluye puentes, túneles, carreteras, líneas de ferrocarril, aeropuertos, puertos, sistemas de riego, redes de acueducto, alcantarillado, gas, electricidad, telecomunicaciones, centrales hidroeléctricas, oleoductos, viaductos acueductos, parques e instalaciones deportivas.” (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021).

Adicionalmente, el diseño de la obra desde su significado más simple (ideación) es la delimitación de un edificio por medio de software como CAD 2D (diseño asistido por ordenador), donde se define los estándares y características técnicas del proyecto determinado por los recursos, calidad, riesgos y tiempo (García, et al., 2013). Por consiguiente, si esta es la

fase inicial y presenta errores repercute en los resultados de la obra superando las variables estimadas para el cumplimiento de la ejecución de estas, representando demoras en las especificaciones técnicas de calidad en el diseño, especulación en costos y recursos para la asignación en el presupuesto y la alternación programación en los tiempos de ejecución. (García, et al., 2013).

En otras palabras, un diseño de obra civil comprende diferentes especialidades para los bosquejos y etapas que están sujetas en el gráfico de los planos con la complejidad técnica de la infraestructura determinado por el levantamiento topográfico, diseño estructural, eléctrico, hidráulico, mecánico, bioclimático. De acuerdo con Marulanda, (2018) el diseño busca satisfacer las necesidades de espacio que cuenta con la coordinación de creatividad, organización, entorno físico, funcionalidad, sistemas constructivos y viabilidad financiera, es así como los integrantes del proyecto deben trabajar de manera coordinada y sincronizada para responder a la complejidad y la normativa de las obras arquitectónica.

La palabra construcción es la acción que permite ejecutar lo planeado a partir del diseño del proyecto, aunque, Marulanda (2018) define subprocesos en la fase de diseño desacata la importancia en la investigación, la formulación de esquema básico, la presentación del anteproyecto, sustentación de proyecto arquitectónico, conjunto de planos y memoria descriptiva para construir el proyecto que se somete al aval de otras dependencias de la empresa permitiendo la asignación de los recursos operativos, financieros y administrativos para la ejecución de la obra civil.

Es precisamente debido a la complejidad técnica en el manejo de los proyectos de construcción, lo que hace que actualmente se cada vez más pertinente y necesario poder acceder a mecanismos que ayuden a la gestión de estos, pues gracias a la tecnología; esta nos ha

permitido el desarrollo de herramientas eficientes que apoyan esto. Es importante acotar que, desde esta perspectiva, cuando hablamos de tecnología, esta se puede entender más específicamente como: “el conjunto de conocimientos propios de un arte industrial, que permite la creación de artefactos o procesos para producirlos. En donde cada tecnología tiene un lenguaje propio, exclusivo y técnico” (Cegarra, 2012, P.24)

En la actualidad, la herramienta de CAD 2D, quien fue creada por la compañía AUTODESK, dedicada al software de diseño 2D Y 3D para las industrias de manufacturas infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica, están presentes en la mayoría de las empresas donde se ejecuta las actividades de manera digital. También se conoce como:

El Diseño Asistido por Ordenador (DAO) más conocido por sus siglas en inglés CAD (*computer aided design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que ingenieros, arquitectos, y otros profesionales del diseño utilizan en el desarrollo de su trabajo. (López & Breña, 2014, p. 15).

Por otra parte, según Falcón (2015) menciona que: “Existe una amplia gama de sistemas CAD destinados a modelar objetos tridimensionales. Basados en una creación y transformación intuitiva de objetos geométricos básicos” (p. 14).

En la época de (1963), en la que todos los diseños requeridos para un proyecto se plasmaban en planos que se hacían a mano, lo que requería de varias horas de trabajo para hacer un plano en papel entintado, esta labor se realizaba con rapidógrafos, conos y estilógrafos, los cuales si se usaban mal se podría manchar y estropear todo el trabajo; por esta razón nacieron las herramientas de diseño por computadora.

Otra herramienta tecnológica emergente en el diseño de proyecto es *The Building Information Modelling* (BIM) se refiere a las representaciones digitales 3D de realidad virtual basadas en objetos interrelacionados que tienen asociados atributos geométricos y alfanuméricos. (González, 2021), en español significa modelado de información de construcción, es un término que se oye cada vez más en el sector de la construcción, el cual se trata de una herramienta completa que abarca el ciclo de vida de un proyecto, para Manchado (2019) el desarrollo de modelos BIM se describe como:

Para la construcción tanto de obra nuevas como existentes, permite una gestión eficaz en la organización y planificación de las obras, gracias a la digitalización de toda la información asociada al proyecto entre todos los agentes implicados en el mismo de un modo colaborativo. (Párr. 1)

Los primeros documentos para sistematizar la práctica del BIM aparecieron en Estados Unidos a comienzos de siglo, con la difusión del BIM como una nueva herramienta digital para el diseño de los edificios. A partir de 2011, el Gobierno del Reino Unido, basándose en los documentos estadounidenses, tomó la iniciativa desarrollando un plan estratégico para impulsar la adopción del BIM en toda la industria de la construcción, extendiéndolo desde la edificación a las infraestructuras de ingeniería civil.

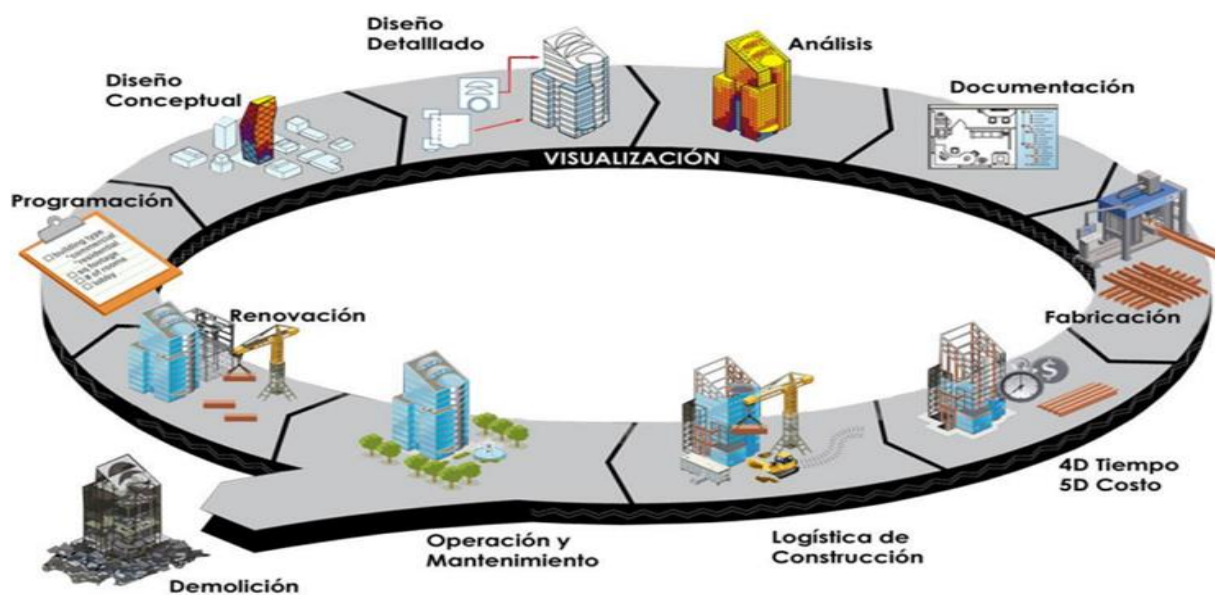
La difusión del BIM en EE. UU. como un software que venía a competir con el CAD 2D clásico, coincidió con un movimiento de revisión crítica de las convenciones dominantes en la organización y planificación de los proyectos y obras de edificación. (González, 2021, p. 11).

El BIM, “es un proceso inteligente basado en modelos 3D que da a los profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) la perspectiva y las herramientas para planificar,

diseñar, construir y administrar edificios e infraestructura con más eficiencia” (AUTODESK, s.f.), el BIM comienza con la creación de un modelo 3D inteligente y permite la administración de documentos, coordinación y simulación durante todo el ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento) (AUTODESK, s.f.) en ese mismo contexto según, *Building Smart Spanish Chapter*, (2021), el BIM “es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones.” (p. 3).

Figura 5

Ciclo de vida del proyecto BIM



Nota. “Ciclo de vida del proyecto BIM” por Grupo Valero, (2017)

Para comprender aún más el BIM podría entenderse como:

La herramienta para la realización del Modelado de la Información de la Construcción y que consiste en la puesta en práctica de un método de trabajo colaborativo para la creación, implementación y gestión de un proyecto de un edificio o una infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida. La intervención y participación en tiempo real de todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso a través de un modelo digital que integra toda la información útil, y que ha sido creado a tal fin, es la clave del éxito de esta herramienta de colaboración multidisciplinar. (Meana, et al., 2019, p.169).

El paso de BIM de una herramienta software a un método para gestionar más eficazmente la información en la industria de la construcción, promovió su utilización inicialmente en países desarrollados como Estados Unidos e Inglaterra, llevo a estos a crear normas, manuales, los cuales darían la base para la creación de normas internacionales que para el caso del BIM sería la ISO 19650, para el año 2020 esta norma se encuentra dividida en 5 partes:

- ✓ ISO 19650-1: Conceptos y principios
- ✓ ISO 19650-2: Fase de desarrollo de los activos
- ✓ ISO 19650-3: Operacional y fase de activos
- ✓ ISO 19650-4: Información de cambios o circulación
- ✓ ISO 19650-5: Enfoque de seguridad en la gestión de información

Todas estas normas proporcionan la manera de gestionar digitalmente la información de la construcción utilizando la herramienta BIM. (González, 2021)

Hay que mencionar además que el CONPES fue creado por la Ley 19 de 1958, y es la entidad que asesora al Gobierno en todo lo relacionado con lo económico y social del país, es la encargada de coordinar y presentar todos los documentos para discutir en sesión. (DNP, s.f.). Para el año 2019, el CONPES emite la política nacional para la transformación digital e

inteligencia artificial, donde la transformación digital es una característica de la cuarta revolución industrial (4RI), ya que es un proceso de explotación de tecnologías digitales que tiene la capacidad de crear nuevas formas de hacer las cosas en todos los sectores económicos, generando nuevos modelos de desarrollo, procesos y la creación de productos y servicios, que a su vez producen valor, principalmente a través de la digitalización que representa la conversión de datos y procesos análogos hacia formatos que pueden ser entendidos y manipulados por máquinas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2019). La transformación digital y la digitalización son transversales a todos los sectores económicos, lo que ha permitido que surjan nuevos conceptos como el de economía digital e industria 4.0., permitiendo la integralidad de la ISO 19650 y el CONPES 3975 en los proyectos de obras civiles. (DNP)

Marco Institucional

Constructora Experta SAS, fue fundada en el año 1994 por el ingeniero Civil y especialista en Gerencia de construcciones Jesús Ernesto Saldarriaga, que para ese año contaba con 20 años de experiencia profesional, de los cuales 16 son en el área de gerencia general para la empresa Constructora Conconcreto S.A. en la ciudad de Bogotá, en donde desarrollo más de 300 proyectos, con un área mayor a 2.5 millones de metros cuadrados construidos, generó la experiencia suficiente para iniciar una compañía unifamiliar desde cero, con el apoyo de sus tres hijos ingenieros, dos civiles y otro industrial, tomando cada uno cargos fundamentales para el desarrollo de la empresa como lo es área: técnica, comercial, financiera y administrativa (M. Saldarriaga, comunicación personal, noviembre 2, 2021).

El engranaje de la empresa le tomo 10 años al ingeniero Saldarriaga, siendo hoy una constructora dedicada al desarrollo, gerencia y construcción de proyectos de arquitectura e

ingeniería, bajo altos estándares de calidad y seguridad, optimizando procesos, manteniendo principios éticos y ambientales, con el fin de satisfacer tanto clientes como proveedores, colaboradores y accionistas, además que han logrado permanecer en el sector siendo una de las compañías destacadas por tener clientes como a Alpina, Carulla, Bimbo, Centro comercial Santafé y Hayuelos entre otras marcas reconocidas del país.

Por otra parte, la economía en Colombia en los últimos años a raíz de la pandemia inesperada se vio gravemente afectada, en especial el sector de industrial, al cual pertenece la constructora Experta SAS, dentro de este sector de la construcción se vinculan dos ramas de desarrollo que son: edificaciones y obras civiles, según el DANE reportó que el PIB del sector construcción se contrajo en -0,1% en el cuarto trimestre del 2019 vs un 2,3% en el 2018, lo que refleja una caída en las edificaciones (-7,1% vs -0,9%) la cual alcanzó a ser contrarrestada por el favorable crecimiento de obras civiles (8,3% vs 6,7%). (Santa María, 2020). Para el año 2020 tenían una visión diferente, con una recuperación favorable observada en el 2018-2019 lo cual no fue así por la propagación del Virus SARS-Cov2 y los bajos precios del petróleo.

Tabla 2*Variación Anual en %*

Año	Valor agregado de la rama construcción (Variación anual %)
2020	-27,7%
2019	-0,1%
2018	-0,8%
2017	-0,7%
2016	4,1%

Nota. Adaptado de “[Indicadores económicos alrededor de la construcción \(IEAC\) históricos](https://bit.ly/2ZPcgfa)” por DANE., 2021, *boletín técnico*. (<https://bit.ly/2ZPcgfa>)

La tabla número 2. representa el valor agregado de la rama de la construcción en los últimos 5 años, demostrando porcentualmente una disminución considerable año tras año desde el 2017, influyo el decrecimiento de estos valores las licencias sobre m² que se aprueban cada año, lo que conlleva a múltiples factores como el desempleo del país.

Hipótesis

- La utilización de la herramienta CAD 2D es insuficiente para realizar una adecuada gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgos en los proyectos de construcción en Experta SAS.

Metodología

Es importante mencionar que, la metodología o marco metodológico no es otra cosa que, la estructura sistemática para la recolección, ordenamiento y análisis de la información que permite la interpretación de los resultados en función del problema planteado en el presente proyecto. (Cruz del Castillo, et al., 2015). De igual manera, y tal y como lo ha señalado Arias, se trata de un conjunto de pasos que se deben seguir para llegar a la solución de un problema planteado a priori (2012). Desde esta óptica, el marco metodológico evidencia los respectivos pasos o momentos desarrollados durante la investigación para lograr desentrañar aquello que se esconde tras la pregunta de investigación.

Primer Nivel

Enfoque, alcance y Diseño de la Investigación

La presente investigación se diseñó bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, puesto que este es el que mejor se adaptó a las características y necesidades de la investigación. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar la hipótesis establecida previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en la población. (Ñaupás, et al., 2018).

De este modo, es importante entender que la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema (Hernández, et al., 2014, p. 534) que para este caso corresponde al análisis en la “**Gestión de Proyectos de la Constructora Experta SAS Mediante el uso de Herramienta Tecnológica**” por este motivo se ha decidido abordar la investigación desde un enfoque cuantitativo que

permite el análisis de la información y el entendimiento de la problemática desde una visión holística.

Dado que la investigación se realizará para la Constructora Experta SAS y tiene como objetivo identificar cuál es la herramienta tecnológica que permite la mejor integración y gestión de los proyectos de obras civiles, se procedió a realizar una investigación de tipo descriptivo; en la cual se evidencian las situaciones que se presentan en los proyectos de obra civil durante la ejecución, para corroborar la poca comunicación entre las áreas involucradas y la carencia de articulación que soporte las decisiones de las diferentes áreas técnicas en los proyectos y que además afectan los factores de tiempo, recursos, calidad y riesgos.

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (Hernández, et al., 2014, p. 92).

Definición de Variables

Para la definición de las variables se tienen en cuenta las hipótesis propuestas y su relación con la problemática y objetivos; de este modo se considera:

Tabla 3*Estructura metodológica de la investigación cuantitativa descriptiva*

Hipótesis	Variable	Definición conceptual	Definición operacional
La utilización de la herramienta CAD 2D es insuficiente para realizar una adecuada gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgos en los proyectos de construcción en Experta SAS.	Gestión del tiempo	“La medición del tiempo empleado es lo que permite conseguir los objetivos de forma eficaz, eficiente y efectiva” mediante la planeación de las actividades de los proyectos de obras civiles.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentaje de tiempo productivo ✓ Índice de tareas completadas a tiempo ✓ Horas planeadas Vs. Tiempo empleado ✓ Índice de rendimiento de cronograma ✓ Cumplimientos (esperado/ejecutado)
	Gestión de los recursos	El recurso es un concepto que define la forma de potenciar y mantener resultados, productos o repercusiones equitativos y de calidad con un volumen de recursos determinado en los proyectos de obra civil.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Costo real del trabajo realizado ✓ Variación del presupuesto planeado. ✓ Retorno de la inversión (ROI) ✓ Indicador de costos
	Gestión de la calidad	La calidad en la construcción está enfocada a satisfacer las necesidades y requisitos del usuario, evitando aparición de defectos”	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Índice de satisfacción del cliente

	Gestión de los riesgos	Se basa en probabilidades, es la posibilidad de pérdida o daño que busca dividir los procesos en fases; conociéndose como ciclo de vida de un proyecto.	✓ Cantidad de errores que afectan el alcance del proceso
--	------------------------	---	--

Nota. Torres (2016, p. 14). The Global Fund (2019, p. 9). Gisbert (2004, p. 43). Munier & Fernández, (2014).

Población y Muestra

Es importante mencionar que, los empleados de la empresa Constructora Experta SAS participarán en la investigación aportando información sobre aspectos medulares que serán de gran relevancia para el propósito que persigue la presente investigación. La Constructora Experta SAS está conformada por una población de 200 empleados y se empleará el cálculo de tamaño de muestra de universo finito, el cual según López (2019) se define como:

Es aquella en la que el número de valores que la componen tiene un fin. Por ejemplo, la población estadística que nos indica la cantidad de árboles de una ciudad es finita. Es cierto que puede variar con el tiempo, pero en un instante determinado es finita, tiene fin. (párr. 4).

Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar la fórmula:

Donde:

- N = Total de la población
- Z_{α} = 1.645 al cuadrado (si la seguridad es del 90%)

- p = proporción esperada (en este caso $10\% = 0.10$)
- $q = 1 - p$ (en este caso $1 - 0.10 = 0.90$)
- d = precisión (en su investigación use un 10%)

Donde:

- N = Total de la población
- $Z_{\alpha} = 1.645$ al cuadrado (si la seguridad es del 90%)
- p = proporción esperada (en este caso $10\% = 0.10$)
- $q = 1 - p$ (en este caso $1 - 0.10 = 0.90$)
- d = precisión (en su investigación use un 10%)

$$n = \frac{200 * 1.645^2 * 0.10 * 0.90}{0.10^2 * (200 - 1) + 1.645^2 * 0.10 * 0.90}$$

$$n = 21.81$$

La muestra finita de la Constructora Experta SAS es de 22 empleados con diferentes cargos donde se encuentran:

Residentes de obra: Encargado de la ejecución de la obra, interpretación de planos, comunicación entre la parte técnica y los especialistas de las distintas áreas involucradas.

Diseñadores: Encargados de la estructuración técnica de la obra durante la etapa de planeación.

Gerente de proyecto: Encargado de la administración y asignación de los recursos para cada una de las áreas.

Especialistas en Gerencia de proyectos: Se encargará de dar su opinión experta acerca del proyecto, con el fin de lograr el fortalecimiento y crecimiento de la empresa en esta área.

Otras especialidades: Otros cargos de la compañía que intervienen directamente en la gestión de los proyectos.

Segundo Nivel

Selección de Métodos o Instrumentos para Recolección de Información

La técnica de recolección de datos a emplear en esta investigación es la encuesta. “Se entiende una investigación estadística: el objetivo de una encuesta es proveer información acerca de la población finita y/o acerca de subpoblaciones de interés especial” (Gutiérrez, 2016, p. 4).

El instrumento de recolección de datos es un formulario en línea con preguntas cerradas bajo la escala Likert. La categorización de la escala tipo Likert es un instrumento de medición o de recolección de datos que se dispone en la investigación social para medir actitudes, de acuerdo con Brunet “consiste en un conjunto de ítems bajo la forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se solicita la reacción (favorable o desfavorable, positiva o negativa) de los individuos. (Hernández, et al., 2014).

La fuente de la información primaria es Experta SAS, en donde se recolecta la información mediante la encuesta estandarizada con el propósito de realizar un diagnóstico del estado real de la empresa que permita analizar, comprender, describir y explicar la problemática desde una visión general, contemplando el marco bibliográfico, institucional y el estado actual de los proyectos de la organización para luego centrarse en las hipótesis y de acuerdo con los resultados realizar la integración de los datos, esto ya que “las fuentes primarias son básicamente las investigaciones de campo a través de encuestas” (Arboleda, 2013, p.64), para ello se validarán las preguntas enfocadas a las actividades de la empresa y se aplicará la encuesta a 22 empleados con perfiles específicos que tienen incidencia directa en los proyectos.

La estructura del instrumento consta de 28 preguntas cerradas de opción múltiple y su objetivo corresponde a la recolección de información básica de la compañía en la gestión de proyectos y los resultados serán evaluados mediante la herramienta para el procesamiento de

datos de Microsoft Office Excel. Para esto se considera la aplicación de la encuesta con la siguiente estructura:

- Parte 1: Cuatro preguntas que identifican el perfil profesional, experiencia profesional y el cargo que ocupa en la empresa.
- Parte 2: Seis preguntas, enfocadas a determinar el conocimiento actual de la empresa sobre herramienta 2D, y como ha sido su funcionamiento y relación con otras áreas de la empresa.
- Parte 3: Dieciocho preguntas acerca de la herramienta BIM, conocimiento general de esta, si conoce los beneficios y si estuviera dispuesto adoptarlas.

Presentación de los Resultados

Ficha técnica de la encuesta.

Nombre del estudio: Desarrollo de proyectos en la Constructora Experta

Elaborado y aplicado por: Diego Cardozo y Antonio García

Plataforma utilizada: “Google Forms”

Grupo Objetivo: Empleados profesionales de la Constructora Experta que usan y se interrelacionan el 2D Y 3D.

Tamaño de la muestra: 22 encuestas realizadas

Tipo de muestra: Finita

Evaluación de resultados: herramienta para el procesamiento de datos de Microsoft Office Excel, obteniendo el promedio de porcentaje de las respuestas.

Lugar y fecha de la muestra: Bogotá D.C del 20 de octubre de 2021 al 3 de noviembre de 2021.

Análisis Estadístico de los Datos

A continuación, se ilustra el resultado de la encuesta con sus análisis correspondientes:

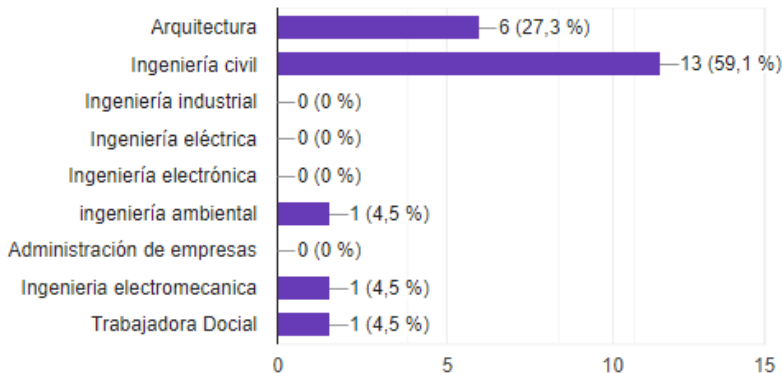
Tabla 4

Resultado encuesta en Experta SAS

Preguntas y Análisis	Graficas
<p>Pregunta 1. ¿Qué cargo desempeña en la empresa que labora?</p> <p>Se observa que el 63.7% del personal encuestado pertenecen al grupo de directivos de Experta SAS lo cual es de un valor representativo para el resultado de la encuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Gerente de proyecto ● Coordinador de proyectos ● Director de Proyectos ● Residente Técnico de Obra ● Programación y presupuestos ● Residente eléctrico ● Residente hidráulico ● Residente ambiental ● Coordinador HSEQ y personal
<p>Pregunta 2. ¿Cuántos años lleva laborando en sector de la construcción?</p> <p>Este es un indicador importante donde se observa que el 68.2% de los encuestados lleva trabajando en la industria de la construcción en promedio de más de 10 años lo que significa que el aporte de sus apreciaciones tendrá alta relevancia sobre el resultado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Entre 0-2 años ● Entre 2-5 años ● Entre 5-10 años ● Entre 10-20 años ● Mas de 20 años

Pregunta 3. ¿Usted tiene algunas de las siguientes profesiones?

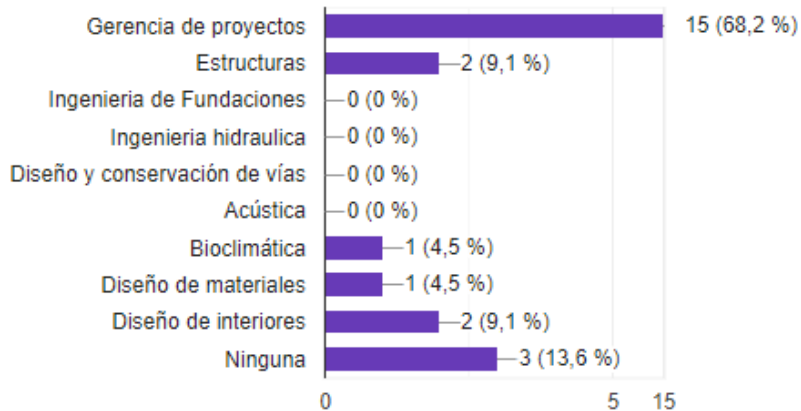
La mayoría de los encuestados tienen una profesión directamente relacionada con el proceso de diseño, gestión y desarrollo de los proyectos de la construcción dentro de Experta SAS.



Barras de grafico sin escala real

Pregunta 4. ¿Tiene usted alguna de estas especializaciones?

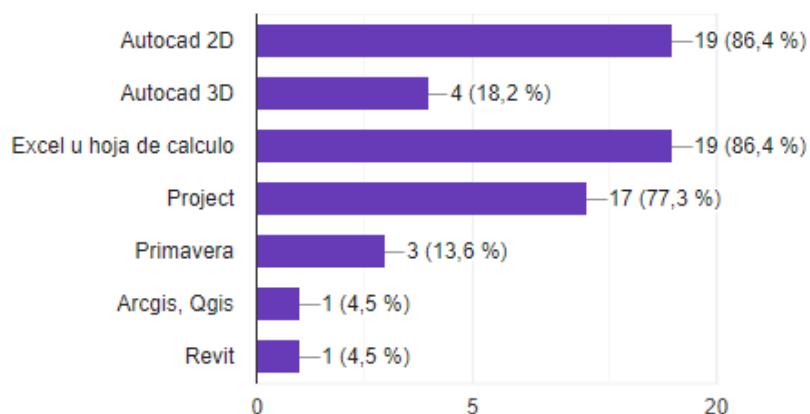
Esta estadística demuestra que la gran mayoría de los encuestados reconocen la importancia de la adecuada gestión de los proyectos y conocen y adoptan el lenguaje común de las prácticas de administración de proyectos, razón por la que se enfocaron hacia la gerencia de proyectos como parte de su educación.



Barras de grafico sin escala real

Pregunta 5. ¿Dentro del desarrollo de su trabajo que herramientas tecnológicas maneja?

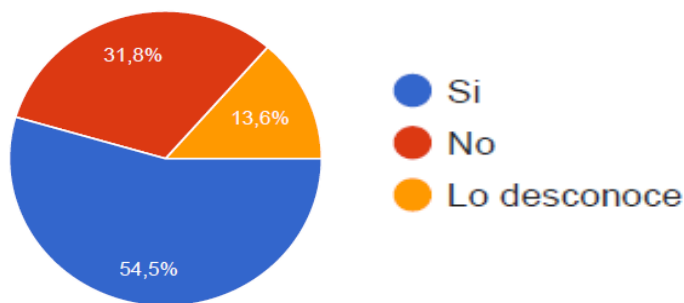
Se evidencia que las herramientas más comunes conocidas y utilizadas por los encuestados son Excel, Project y AutoCAD. Estas tres herramientas son utilizadas para el diseño y administración de los proyectos, es decir que encontramos un hallazgo en el sentido de reconocer que el CAD 2D no es la única herramienta necesaria para la gestión de proyectos de obras civiles.



Barras de grafico sin escala real

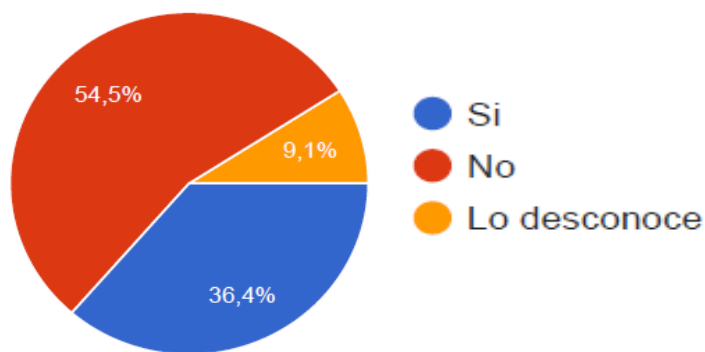
Pregunta 6. ¿Estos programas le permiten interactuar entre ellos?

Algunos programas como Autocad 2D, Autocad 3D y Project permiten exportar información del programa a Excel, pero cualquier cambio en los programas no se ve reflejado en el programa de Excel, lo que implica exportar cada vez que se realice un cambio.



Pregunta 7. ¿Estas herramientas tecnológicas le permiten interactuar con los diseños de otros usuarios?

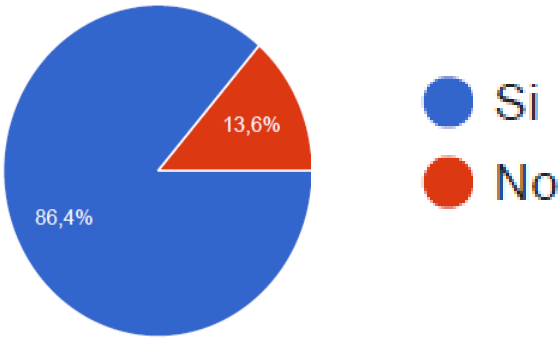
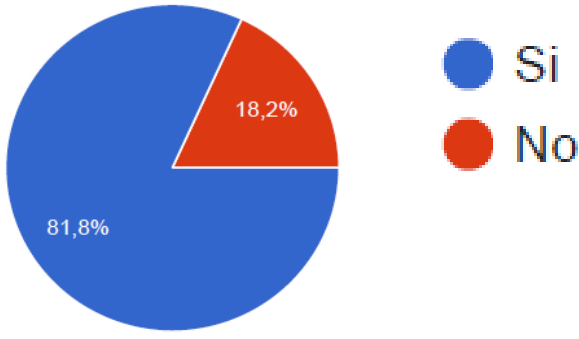
A diferencia de la pregunta anterior, en esta respuesta el 54.5% de los encuestados manifiestan que las herramientas tecnológicas convencionales como el Project y el AutoCAD no interactúan entre sí con los diseños de otros usuarios.

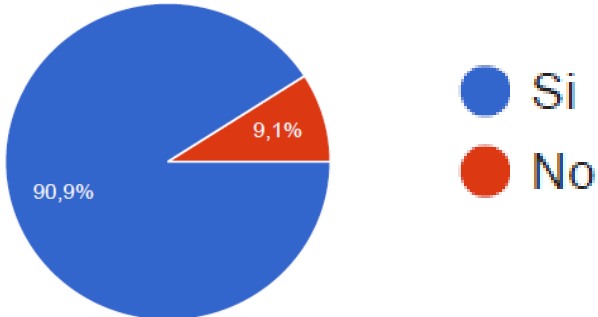
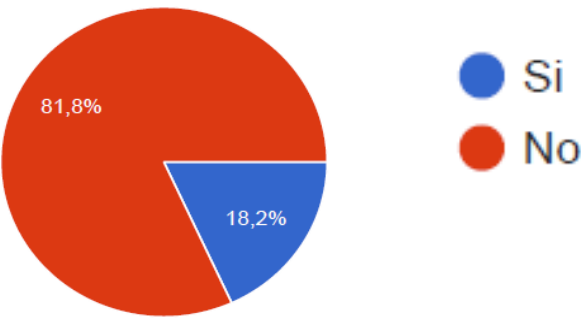


Pregunta 8. ¿Estas herramientas le permiten trabajar en línea otros usuarios?

El 63.6% de los encuestados de la constructora tiene claro que esas herramientas no permiten trabajar en línea, siendo esto uno de los problemas que generan reprocesos en los diseños y la etapa de ejecución. Los cambios que se realicen no son conocidos por todos los involucrados en el proyecto lo que genera retrasos, sobrecostos y riesgos, pues se deben programar reuniones para socializar los cambios y reorganizar los diseños,

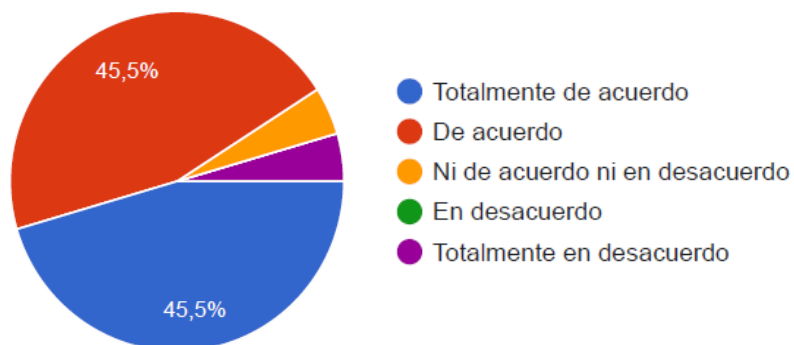


<p>la planeación, el presupuesto, las compras, la programación, etc.</p>							
<p>Pregunta 9. ¿Ha tenido que rediseñar planos por cambios de última hora o por cruces con otras especialidades?</p> <p>Este resultado sería suficiente para justificar la implementación de la nueva herramienta tecnológica que solucione este reproceso de diseños que se presenta en Constructora Experta SAS que afecta la ejecución Constructiva del proyecto.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>86,4%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>13,6%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	86,4%	No	13,6%
Respuesta	Porcentaje						
Si	86,4%						
No	13,6%						
<p>Pregunta 10. ¿Ha tenido que parar la ejecución de la construcción total o parcialmente por falencias en los diseños?</p> <p>Al igual que la pregunta anterior este reproceso es uno de los más comunes y costosos de los proyectos a los que toda constructora está expuesta, y la Constructora Experta no es la excepción. Al no contar con herramientas que actualizan los cambios en línea, se debe socializar dicho cambio en todas</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>81,8%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>18,2%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	81,8%	No	18,2%
Respuesta	Porcentaje						
Si	81,8%						
No	18,2%						

<p>las áreas involucradas, replantear compra de materiales y programación de obra entre otros.</p>							
<p>Pregunta 11. ¿Conoce que es la herramienta BIM?</p> <p>Más del 90% de sus colaboradores de Experta ha escuchado o tiene algún conocimiento de la herramienta BIM.</p>	 <p>A pie chart with a blue slice representing 'Si' at 90.9% and a red slice representing 'No' at 9.1%. A legend to the right shows a blue circle for 'Si' and a red circle for 'No'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>90,9%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>9,1%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	90,9%	No	9,1%
Respuesta	Porcentaje						
Si	90,9%						
No	9,1%						
<p>Pregunta 12. ¿Ha trabajado en algún proyecto la herramienta BIM?</p> <p>A diferencia de la pregunta anterior se observa que la mayoría de los colaboradores de la constructora no han realizado ningún proyecto de construcción con la herramienta BIM, por lo que existe la necesidad de capacitarlos en esta tecnología. Solo el 18,2% del 90.9% de la pregunta anterior ha realizado algún proyecto relacionado con BIM.</p>	 <p>A pie chart with a red slice representing 'No' at 81.8% and a blue slice representing 'Si' at 18.2%. A legend to the right shows a blue circle for 'Si' and a red circle for 'No'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>18,2%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>81,8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	18,2%	No	81,8%
Respuesta	Porcentaje						
Si	18,2%						
No	81,8%						

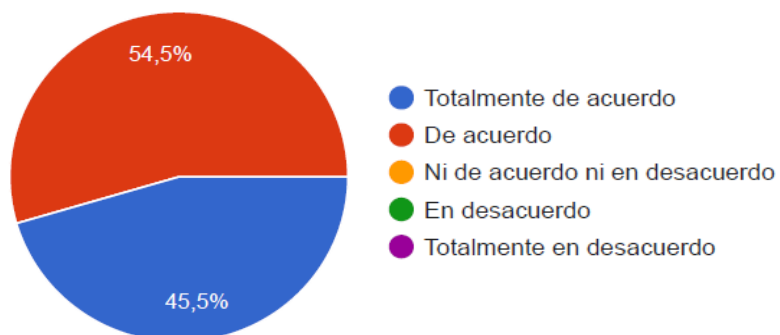
Pregunta 13. ¿Cree usted que la herramienta BIM es funcional?

La mayoría de los colaboradores cree que la herramienta BIM es funcional, lo cual propiciaría una eventual implementación, pues habría menos reacción al cambio.



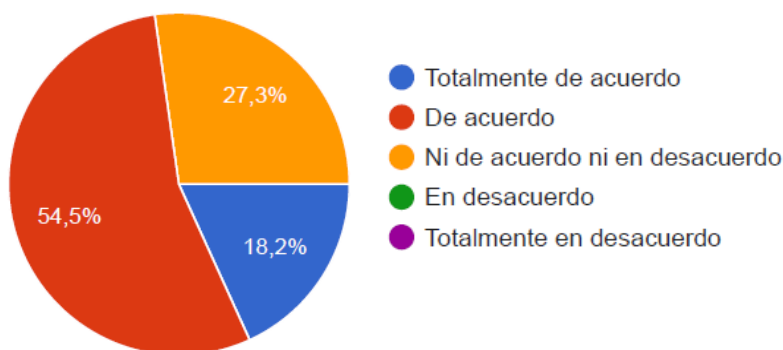
Pregunta 14. ¿Considera usted que la herramienta BIM debe ser aplicada a la Constructora Experta SAS?

Este es un dato clave para el tema de esta investigación, toda vez que el 100% de los encuestados incluidos la alta gerencia de Constructora Experta SAS considera que la herramienta BIM debe ser aplicada. Esto nos deja ver que los encuestados consideran que las herramientas con las que cuentan no les proporcionan las funcionalidades que BIM les puede brindar o que estas no son suficientes como herramienta de trabajo.



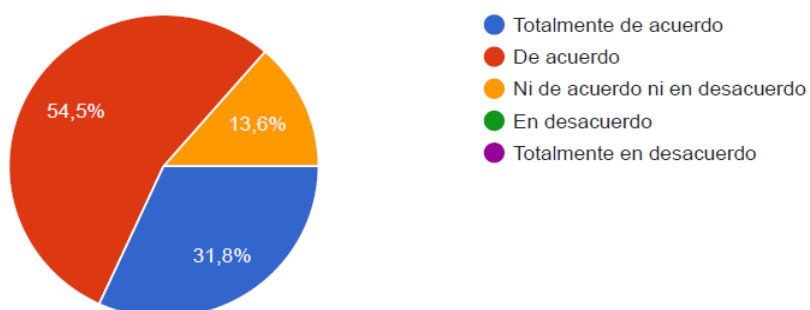
Pregunta 15. ¿Considera usted que la herramienta BIM es sencilla y practica de aplicar en la Constructora Experta SAS?

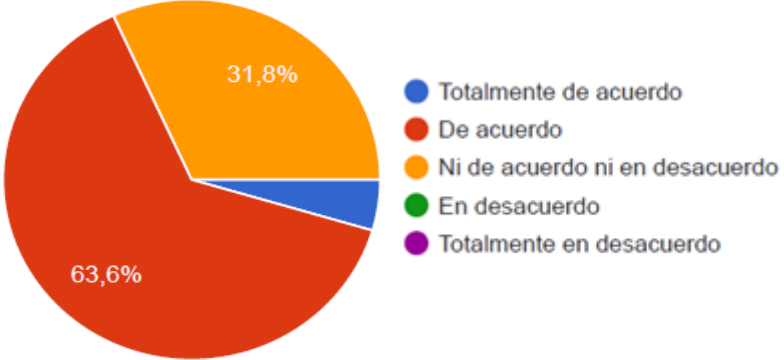
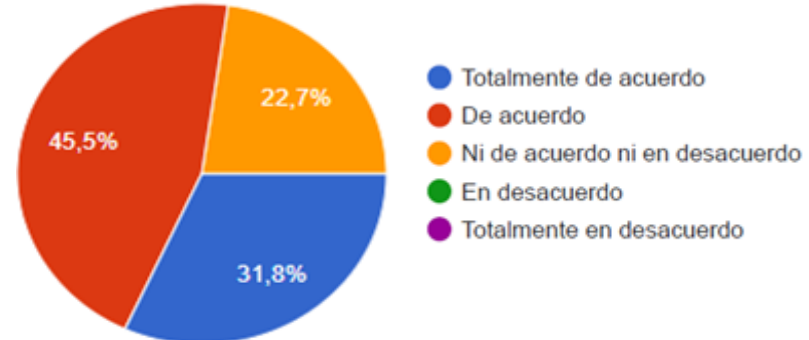
El 72,7% de los encuestados consideran viable aplicar BIM y la reconocen como una herramienta sencilla y práctica de aplicar. El restante no tiene el suficiente conocimiento de la herramienta para determinar si es o no sencillo aplicarlo en la constructora. Podríamos inferir con base en las respuestas a la pregunta 12 que solo el 18,2% del 72,7% que contestaron afirmativamente, lo hicieron basados en su experiencia personal con el uso de la herramienta.

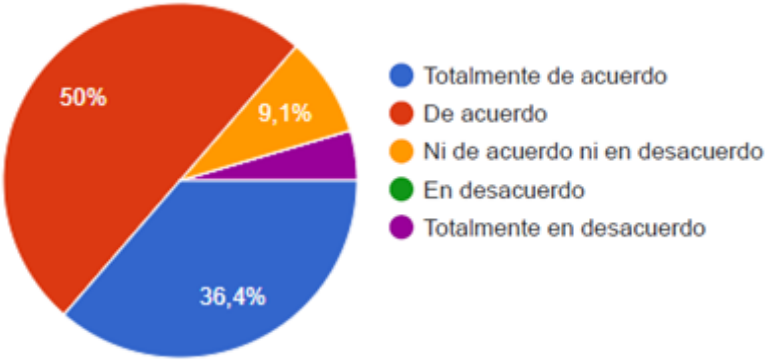
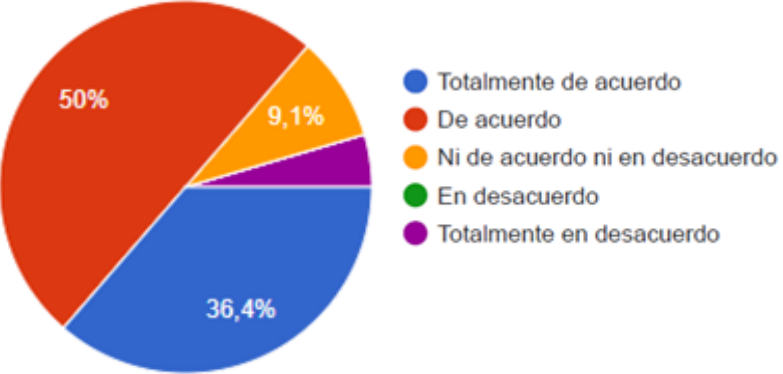


Pregunta 16. ¿Considera usted que la herramienta BIM traerá beneficios a Constructora Experta SAS?

Con una favorabilidad del 86,4% de sus colaboradores, la encuesta refleja una percepción positiva y se considera que la adopción de la herramienta traerá

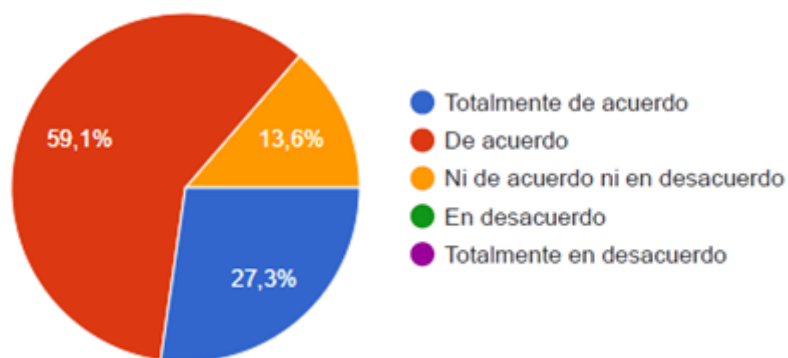


<p>beneficios para la Constructora Experta SAS.</p>													
<p>Pregunta 17. ¿Estaría dispuesto a realizar una inversión alta al principio en capacitación, compra de equipos y licencias para la implementación de la herramienta BIM?</p> <p>Este es un indicador clave, toda vez que no existiría impedimento relacionado con la inversión para la implementación BIM. Esto ayuda a resolver parte del interrogante del planteamiento del problema, pues se reconocen los costos de implementación de BIM como el principal impedimento en la toma de la decisión sobre cuál es la herramienta tecnológica para seleccionar.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>4.6%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>63.6%</td> </tr> <tr> <td>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</td> <td>31.8%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	4.6%	De acuerdo	63.6%	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	31.8%	En desacuerdo	0%	Totalmente en desacuerdo	0%
Categoría	Porcentaje												
Totalmente de acuerdo	4.6%												
De acuerdo	63.6%												
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	31.8%												
En desacuerdo	0%												
Totalmente en desacuerdo	0%												
<p>Pregunta 18. ¿Considera usted que la herramienta BIM ahorra tiempo de ejecución de los proyectos?</p> <p>El 77,3% de los encuestados considera que la implementación cree que sí se</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>31.8%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>45.5%</td> </tr> <tr> <td>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</td> <td>22.7%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	31.8%	De acuerdo	45.5%	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	22.7%	En desacuerdo	0%	Totalmente en desacuerdo	0%
Categoría	Porcentaje												
Totalmente de acuerdo	31.8%												
De acuerdo	45.5%												
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	22.7%												
En desacuerdo	0%												
Totalmente en desacuerdo	0%												

<p>mejorará los tiempos de ejecución del proyecto.</p>													
<p>Pregunta 19. ¿Considera usted que la herramienta BIM genera ahorros en los presupuestos de los proyectos?</p> <p>Al igual que el tiempo más del 86,4% de los colaboradores creen que se podría generar ahorros en los proyectos si se implementa la herramienta BIM.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>36,4%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</td> <td>9,1%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>4,5%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	36,4%	De acuerdo	50%	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9,1%	En desacuerdo	0%	Totalmente en desacuerdo	4,5%
Categoría	Porcentaje												
Totalmente de acuerdo	36,4%												
De acuerdo	50%												
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9,1%												
En desacuerdo	0%												
Totalmente en desacuerdo	4,5%												
<p>Pregunta 20. ¿Considera usted que la herramienta BIM mejora la calidad de los proyectos de construcción?</p> <p>Esta pregunta está relacionada con las dos anteriores, al mejorar los tiempos y los costos se podrá brindar una mejor calidad del entregable del producto y esto se ve reflejado en el 86,4% de los encuestados que contestaron positivamente. Tan solo el 4,5% considera que la implementación de BIM no mejorará la calidad en los proyectos.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>36,4%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</td> <td>9,1%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>4,5%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	36,4%	De acuerdo	50%	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9,1%	En desacuerdo	0%	Totalmente en desacuerdo	4,5%
Categoría	Porcentaje												
Totalmente de acuerdo	36,4%												
De acuerdo	50%												
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9,1%												
En desacuerdo	0%												
Totalmente en desacuerdo	4,5%												

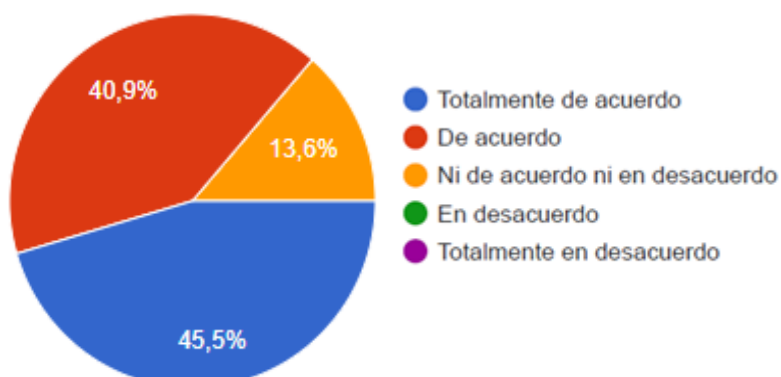
Pregunta 21. ¿Considera usted que la herramienta BIM permite minimizar los riesgos en los proyectos de Experta SAS?

El 86,4% de los colaboradores están de acuerdo que la aplicación de esta herramienta reduce los riesgos del proyecto. Recordemos que los riesgos pueden estar representados en el desequilibrio económico del proyecto, fallas en el diseño, fallas durante la etapa de construcción por falta de información consolidada y actualizada, incumplimiento de los tiempos de entrega pactados que puedan acarrear multas o sanciones por parte de los contratantes.



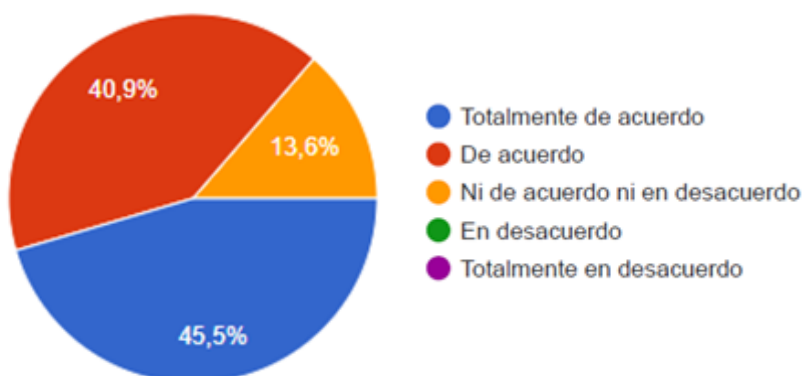
Pregunta 22. ¿Considera usted que la herramienta BIM permite reducir los reprocesos en los proyectos de Experta SAS?

La mayoría de los colaboradores creen que si se aplica la herramienta BIM se reduciría los reprocesos o suspensiones temporales de obra por rediseños.



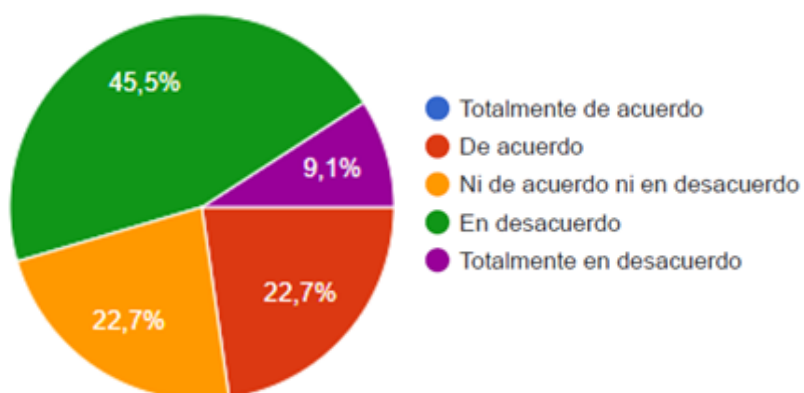
Pregunta 23. ¿Considera usted que la herramienta BIM permite al equipo directivo de Experta SAS tomar decisiones oportunas?

El 90.9% de los encuestados reconoce BIM como una herramienta que permite suministrar información oportuna, confiable y en tiempo real. Esto es un insumo valioso para la toma de decisiones importantes por parte de los directivos ya que la información les permite tener el control sobre los factores integrales (tiempo, recursos, calidad y los riesgos).



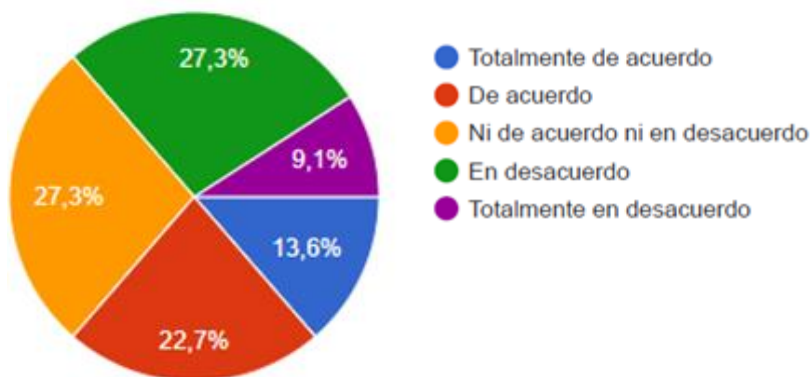
Pregunta 24. ¿Considera usted que cuenta con los conocimientos, habilidades y destrezas para poder apropiarse y aplicar en sus actividades la herramienta BIM?

Acerca de esta pregunta relacionada con el conocimiento del manejo y operatividad de la herramienta BIM en los colaboradores de la empresa; podemos decir que la mayoría de ellos no se sienten capacitados para el uso de esta herramienta.



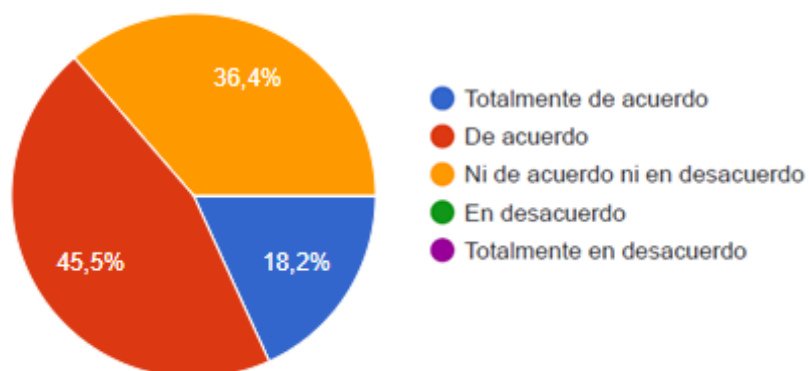
Pregunta 25. ¿Considera usted que cuenta con las competencias comportamentales para trabajar en equipo y hacia el logro de los objetivos de Experta SAS mediante la herramienta BIM?

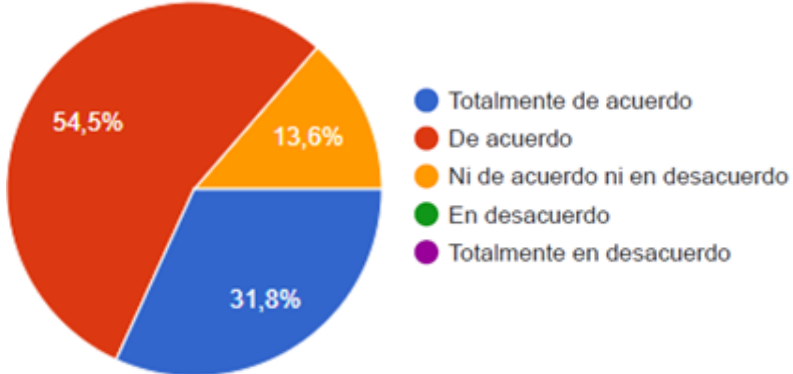
El resultado de esta pregunta está relacionado con la anterior, al no tener el conocimiento, habilidades y destrezas, los colaboradores tienen un empate técnico en cuanto a si se tiene esa habilidad de trabajar en equipo con esta herramienta. Es importante que la empresa trabaje para mejorar este aspecto si desea realizar la implementación de la herramienta BIM ya que el trabajo colaborativo es esencial para la obtención de buenos resultados.



Pregunta 26. ¿Considera usted que, si Experta SAS implementa la herramienta BIM, tendrá un reconocimiento de imagen en el sector de la construcción?

Al ser una herramienta que mejora los procesos dentro de la constructora, mejoraría la presentación de los proyectos,



<p>además de generar confianza en los clientes ya que como se ha resaltado en varias oportunidades, optimiza el manejo de los recursos del proyecto (tiempo, costos y calidad). Mencionar el uso de BIM como herramienta para la gestión de los proyectos lo resumiría como una buena carta de presentación.</p>													
<p>Pregunta 27. ¿Considera usted que, si Experta SAS implementa la herramienta BIM, incrementara su productividad y rentabilidad en sus proyectos?</p> <p>La productividad y rentabilidad son dos conceptos altamente deseados por cualquier compañía. Hay que considerar que el uso de la herramienta BIM favorecería estos dos conceptos, inclina más la favorabilidad sobre la toma de decisión sobre cuál herramienta tecnológica se debería implementar en Experta SAS.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>31,8%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>54,5%</td> </tr> <tr> <td>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</td> <td>13,6%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	31,8%	De acuerdo	54,5%	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	13,6%	En desacuerdo	0%	Totalmente en desacuerdo	0%
Categoría	Porcentaje												
Totalmente de acuerdo	31,8%												
De acuerdo	54,5%												
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	13,6%												
En desacuerdo	0%												
Totalmente en desacuerdo	0%												

Nota. Creación propia, bajo la encuesta “Desarrollo de proyectos en La Constructora Experta”

<https://bit.ly/3C6okpR>

Análisis y Discusión de los Resultados

Como se puede observar en esta encuesta, muchos de los participantes pertenecen a la alta gerencia de Constructora Experta SAS, la mayoría con más de 10 años trabajando en la compañía, ejecutando sus proyectos con la herramienta AutoCAD 2D. La mayoría coincide que con esta herramienta no existe interacción, ni se puede trabajar en línea. Por otra parte, la mayoría de los encuestados han oído o conocen de primera mano los beneficios de la herramienta BIM dentro de las que se destacan: Mejor gestión de los tiempos de ejecución, reducción de fallas en las etapas de diseño y construcción, elaboración del presupuesto más detallado, mejorar la calidad del producto final, visualizar los errores antes de la ejecución en etapas de diseño reduciendo eventos desconocidos en la ejecución del mismo; pero a pesar de conocer esta herramienta, la gran mayoría de los trabajadores no han utilizado la herramienta BIM.

En la actualidad la entrega de información para iniciar el proceso de construcción de una obra civil es presentada de manera independiente por cada una de las áreas de diseño (hidráulicos, eléctricos, arquitectónicos, estructurales, etc.) y esto hace que en la marcha existan inconvenientes debido a que no están relacionados entre sí. Ahora bien, de acuerdo con la hipótesis y análisis de la encuesta se considera conveniente implementar la herramienta tecnológica BIM, pero los directivos de Experta SAS necesitan tomar la decisión de adoptar la herramienta. La recomendación de una mejora continua en el proceso de integración y coordinación de la etapa de diseño se centra en evitar los reprocesos que se puedan generar en los proyectos a causa de esta información sesgada. (Mojica & Valencia, 2012)

Tabla 5*Análisis proyectos ejecutados Experta SAS*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Plaza Central II	Acalis (Centro Adulto Mayor)	Clínica Fundación Santa Fe de Bogotá	Universidad Central
GESTIÓN DEL TIEMPO	“La medición del tiempo es el que permite conseguir los objetivos de forma eficaz, eficiente y efectiva” mediante la planeación de las actividades de los proyectos de obras civiles.	% de tiempo productivo	80%	60%	90%	62%
		Índice de tareas completadas a tiempo	101%	94%	89%	86%
		Cumplimiento de Programación (% Esperado / % Ejecutado)	0,78	1.1	0,76	0,78
		Índice de rendimiento de cronograma	91%	77%	90%	74%
GESTIÓN DE LOS RECURSOS	El recurso es un concepto que define la forma de potenciar y mantener resultados, productos o repercusiones equitativos y de calidad con un volumen de recursos determinado en los proyectos de obra civil.	Costo real del trabajo realizado	\$ 6.969.474.234	\$ 20.018.938.846	\$ 13.580.567.426	\$ 2.954.583.304
		Variación del presupuesto planeado.	4%	1%	3%	3%
		Retorno de la inversión (ROI)	8%	6%	14%	11%

GESTIÓN DE LA CALIDAD	La calidad en la construcción está enfocada a satisfacer las necesidades y requisitos del usuario, evitando aparición de defectos”	Índice de satisfacción del cliente	4.8	4.5	4.0	4.3
GESTIÓN DEL RIESGO	Se basa en probabilidades, es la posibilidad de pérdida o daño que busca dividir los procesos en fases; conociéndose como ciclo de vida de un proyecto.	N° de días por incapacidad por accidente de trabajo en el mes + N° de días cargados en el mes/N° de trabajadores en el mes*100	5%	4%	4%	6%
		Horas Hombre adicional pagadas para cumplir para nivelar cronogramas por suspensiones temporales o parciales de obra	4.800	5.200	5.800	4.500

Nota. (Torres, 2016, p. 14), (The Global Fund, 2019, p. 9), (Gisbert, 2004, p.43), (Munier & Fernández, 2014) y Adaptado de Experta SAS

Para ampliar la información y dar validez a la hipótesis y a los objetivos propuestos, se realizó el análisis a 4 proyectos ejecutados por la constructora Experta SAS entre los años 2014 a

2021, donde se evaluaron las variables mediante indicadores de desempeño del tiempo, recursos, calidad y riesgos. La información expuesta es netamente para uso de esta investigación.

Gestión del Tiempo

Se puede concluir que el promedio de optimización del tiempo productivo (Horas hombre realmente trabajadas) es de apenas el 73%, donde el proyecto Acalis fue el más afectado por cambios de horario de trabajo y por los protocolos causados por la pandemia. En contraste tenemos el proyecto Clínica Fundación Santa Fe el cual se realizó postpandemia y no hubo alteración de los horarios de trabajo. Vemos sin embargo que el tiempo productivo de los proyectos no es el adecuado, pues esto se traduce en pérdida de recursos económicos. En lo referente a tareas completadas, la constructora obtuvo un 95 % de tareas completadas a tiempo. Según el cálculo del cumplimiento de programación tienen excelentes porcentajes todos por debajo del 1%, excepto el proyecto Acalis que se vio afectado por la cuarentena de COVID.

Gestión de los Recursos

Se puede observar que el proyecto de mayor inversión fue Acalis con más de \$20 mil millones y el menor Universidad Central con \$2.900 millones. El proyecto de mayor variación en comparación con este presupuesto fue Plaza Central II con 4%, debido principalmente a la adecuación del proyecto para cumplir con los protocolos de bioseguridad lo cual no se tenía contemplado en la etapa de planeación. El proyecto más cercano al presupuesto fue Acalis, toda vez que era una administración delegada. Es de observar que, si bien los porcentajes no parecen tan elevados, si representan una cantidad de dinero importante; además que el ideal durante la etapa de construcción sería la optimización de los recursos en general a tal punto que se maximice la utilidad proyectada y no lo contrario.

Gestión de Calidad

Con un promedio de 4.4 el indicador de calidad se considera bastante bueno considerando que la calificación es de 1 a 5, donde uno es la nota más baja y 5 la mejor calificación, demostrando que la empresa cumple con los criterios de satisfacción al cliente.

Gestión del Riesgo

En relación con los riesgos que pueden afectar los proyectos, vamos a considerar en esta oportunidad la elevada contratación de horas hombre pagadas adicionalmente para lograr el cumplimiento de los cronogramas. Esto puede reflejar por una parte una planificación deficiente la cual trae consigo retrasos de obra que a futuro impliquen la adopción de esta contratación no planificada, o una mala gestión del tiempo en obra. Los sobrecostos no planificados pueden traer consigo el desequilibrio económico de un proyecto.

Tabla 6

Caracterización de los factores de tiempo, recursos, calidad y riesgos entre CAD 2D y BIM

CARACTERÍSTICA	CAD	BIM
Forma de plasmar los diseños (gestión de calidad)	Crea en 2 dimensiones y visualización en 3D.	3D, crea en tres dimensiones y visualización en 3D.
Cálculo de cantidades (gestión de recursos)	No realiza esta actividad	Permite calcular las cantidades de material
Genera documentos con especificación de los materiales (gestión de recursos)	No especifica los tipos de materiales	Si especifica los tipos de materiales
Permite integrar varias herramientas (Gestión de calidad y tiempo)	No, en su presentación básica	Sí, es una herramienta integra otras herramientas
Control de avance de obra (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	No, lo realiza	Permite hacer la planeación y seguimiento en tiempo real

Tipo de producto (Gestión de calidad)	Software asistido básico	Software integrado que crear modelos inteligentes
Tipo de información suministrada (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	General	Muy específica por cada especialidad
Usos principales (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	Bocetos, dibujos y documentación en 2D.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño Arquitectónico ✓ Ingeniería Estructural ✓ Ingeniería y detallada MEP ✓ Diseño para pre-construcción
Coordinación entre varios diseñadores (Gestión de tiempo y recursos)	No funciona de manera individual	Si, llamado coordinación multidisciplinaria
Generación de información para diseño y fabricación (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	No lo suministra	Si lo realiza ambas operaciones
Generación de información para el proceso de construcción (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	No lo realiza	Si lo realiza
Que se puede hacer con cada herramienta (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crea y edita geometría en 2D ✓ Realiza anotaciones en los dibujos con texto, dimensiones, directrices y tablas ✓ Adjunta e importa datos de archivos PDF 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño conceptual ✓ Modelado paramétrico en 3D ✓ Sistemas y estructuras de análisis y simulación ✓ Modelado y detallado para fabricación MEP. ✓ Visualización 3D fotorrealista. ✓ Análisis de desempeño de edificios. ✓ Documentos de construcción.
Control de cambios (Gestión de tiempo, recursos, calidad y riesgos)	No	Si
Control de presupuesto (Gestión de recursos)	No	Si
Control de Programación (Gestión de tiempo)	No	Si

Costo de licencias por un equipo de cómputo por 3 años	USD 3.851,00	USD 5.487,00
--	--------------	--------------

Nota. Adaptado de “Revit frente a AutoCAD” por Autodesk

Tabla 7

Ventajas y desventajas de las herramientas tecnológicas CAD 2D y BIM

Herramienta Tecnológica	Principales Ventajas	Principales Desventajas
BIM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo colaborativo multidisciplinar que permite agilizar los procesos, mejor control y dominio de la información ✓ Reducción de costos y tiempos de ejecución gracias a la gestión durante todo el ciclo de vida del proyecto ✓ Aumento de la productividad y eficiencia ya que permite optimizar la gestión de los tiempos ✓ Mejor administración de los costos y utilización de materiales ✓ Detección de interferencias y reducción de errores. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mayor costo de implementación en comparación con la tecnología CAD 2D ✓ Requiere de un proceso de capacitación al considerar que es una nueva herramienta y la mayoría de los profesionales no la sabe utilizar ✓ El proceso de transición a BIM puede acarrear retrasos durante su implementación ✓ Requiere infraestructura de cómputo de alto rendimiento
CAD 2D	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Principal herramienta utilizada para el diseño y seguimiento durante la etapa de construcción ✓ Menores costos de implementación en relación con BIM ✓ De fácil utilización 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuenta con limitaciones en relación con las funcionalidades de administración y gestión del proyecto ✓ No permite el trabajo colaborativo y en línea

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es el actual estándar de la industria en la construcción y el diseño arquitectónico 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere infraestructura de cómputo de alto rendimiento ✓ Requiere complementarse con herramientas para poder alcanzar cierto grado de gestión sobre los proyectos
--	---	---

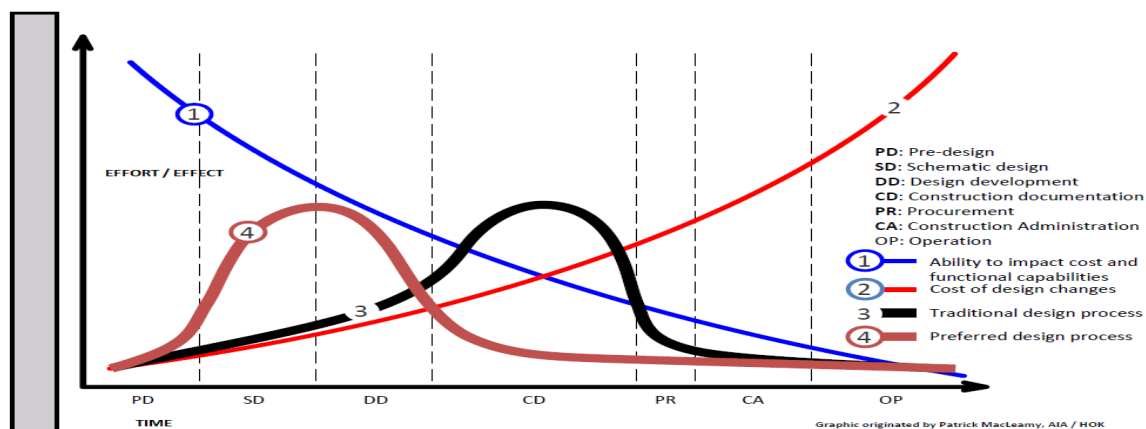
Nota. Adaptado de: Miller (2013, p. 208). MEDIAActive (2007, p. 13)

Recomendaciones de la Herramienta Tecnológica Seleccionada BIM para la Constructora

Experta SAS

Figura 6

Ciclo de vida de un edificio, con BIM y sin el uso del BIM



Nota. El gráfico representa en cómo influye los costos y cambios de un proyecto y como se realizan con el BIM y sin él. Curva de MacLeamy (2004).

La curva N°.1 (Azul) Corresponde a la capacidad de influir en los costos y cambios en un proyecto, donde la mayor influencia se encuentra en la etapa de diseño.

La curva N°.2 (Roja) Corresponde a los costos de los cambios como se observa que los costos al inicio del proyecto, es decir, en la etapa de diseño se invierten los menores costos del proyecto, obteniendo los mayores costos durante la etapa de construcción y operación.

La curva N°.3 (Negra) Esta es una curva donde se muestra cómo se realizan tradicionalmente los proyectos de construcción con la herramienta CAD 2D sin la herramienta BIM, donde al inicio la inversión es igual que la herramienta BIM, pero la mayor inversión se ejecuta en la etapa de construcción.

La curva N°.4 (Marrón) Esta curva corresponde según estudios a la inversión de los costos, donde la herramienta BIM recomienda realizar la mayor parte de la inversión en la etapa de diseño y no cuando ya se está construyendo, para que de esta forma mejorar el tiempo y los costos finales del proyecto.

La Propuesta es:

Con base en el análisis de las encuestas, la comparación de ventajas y desventajas entre las herramientas CAD 2D y BIM, el análisis del ciclo de vida de un proyecto de construcción desde el punto de vista de esfuerzo, costo y efecto y del estudio de los resultados de cuatro proyectos ejecutados por Experta SAS, concluimos que la herramienta que mejoraría la gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgos en los proyectos de la Constructora Experta SAS es BIM porque es con ella podría:

- Disminución en los tiempos de diseño, aprovechando que los diseñadores pueden trabajar en línea e iterar los cambios realizados por alguno de los especialistas (arquitectónico, estructural, geotecnista, hidráulico y eléctrico, principalmente).
- Disminuir los tiempos de construcción, gracias a la disminución de imprevistos generados durante la etapa de diseño, afecta directamente la disminución de reprocesos causados en la

etapa de construcción los cuales son una de las principales causas de reprocesos en esta etapa del proyecto.

- Disminución en el presupuesto de la obra, un proyecto de construcción en un sistema complejo de varias disciplinas como el engranaje de un reloj, que donde alguna de estas disciplinas con sus respectivas actividades, falla o no va al mismo ritmo que las otras disciplinas, generan atrasos y reprocesos que la mayoría de las veces van a generar un sobre costo al proyecto, los cuales se deben de disminuir con la ejecución de los proyectos con herramienta BIM.
- Aumento en la gestión de calidad, En el momento que se disminuyen los reprocesos en la etapa de construcción, produce un efecto inversamente proporción a la calidad del proyecto, entre menos reprocesos aumenta la calidad, porque un reproceso implica operación de deshacer algo que ya se había ejecutado, un ejemplo es cuando se debe cambiar una pieza de enchape, durante este proceso por lo general también se deben cambiar las piezas que la rodean, aumentando el tiempo y el costo de ejecución, y el resultado muchas veces es notorio el parche que queda.

Por lo anterior, la Herramienta Tecnología Seleccionada BIM para la Constructora Experta SAS, se necesitará adquirir equipos de cómputo capaces de correr fluidamente los programas, y que se puedan actualizar fácilmente, ya que con el tiempo los softwares son más pesados y requieren más tráfico de datos, procesador y gráficas, dado el enfoque de la empresa al diseño de proyectos de vivienda y comerciales se recomienda que las computadoras deben tener como mínimo los siguientes requisitos:

- Pantalla doble de 24" full Hd o pantalla ultrawide 21:9 de 34" con resolución (3440x1440) o superior, con tasa de refresco de 120HZ para realizar renderizados o presentaciones en reuniones virtuales.
- Procesador Intel I7 séptima generación o superior.
- Memoria RAM de 32 GB ideal para manejo de proyectos de edificios.
- Disco estado sólido de 120 GB, disco mecánico de 1 Tera de almacenamiento
- Tarjeta de video de 4GB o superior independiente.

Un elemento complementario sería el uso de tabletas por partes de los residentes de obra, estas deben tener la capacidad de visualizar el diseño del proyecto para realizar las indicaciones en terreno al maestro u oficiales de las actividades a ejecutar, reemplazaría el papel, por lo que generaría un menor gasto en impresiones. Se recomienda con una pantalla superior a 11", memoria RAM de 6GB, disco de 120gb, conectividad a internet 5G, con el fin de conectarse en la red y poder visualizar los cambios en tiempos reales.

- Realizar capacitación por medio de cursos al personal de la empresa para el manejo de la herramienta BIM
- Adquirir equipos de cómputo con las características requeridas para la realización de las dimensiones de proyectos de edificaciones que normalmente ejecutados por Experta.

El Impacto de la Norma ISO 19650 y CONPES 3975 de 2019, para la Constructora Experta SAS.

La ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios y los requisitos para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos a lo largo de todo el ciclo de vida (BuildingSmart, 2021) Esta normativa da la guía, los parámetros, de la gestión que se debe desarrollar las empresas para la gestión de proyectos con la

herramienta BIM. Colombia no es ajeno a esta norma y ya ha acogido su implementación con la NTC 1650-1 y NTC ISO 19650-2 publicada y vigente dentro del catálogo de las normas técnicas colombianas ICONTEC, además también se encuentran de manera preliminar para su revisión y socialización de los interesados la NTC ISO19650-3

Documento *CONPES 3975 de 2019*. Por definición este documento CONPES busca la formulación de una política nacional para la transformación digital y la inteligencia artificial. Como parte de los antecedentes y la justificación del documento se busca el uso de tecnologías digitales para una mayor productividad en el sector privado y como uno de sus objetivos específicos pretende crear condiciones habilitantes para la innovación digital en los sectores público y privado con el propósito que sea un mecanismo para el desarrollo de la transformación digital.

En el documento CONPES encontramos la línea de acción N° 7 Ejecutar iniciativas de alto impacto apoyadas en la transformación digital la cual, en su noveno componente se compromete a: diseñar una estrategia de fomento para la transformación digital del sector de la construcción e infraestructura, con el fin de aumentar la capacidad de toma de decisiones a través de un proceso coordinado y colaborativo que permita la creación, gestión y uso compartido de la información de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida. (CONPES 3975, 2019, p. 47).

El impacto que puede tener la ISO 19650 y el CONPES 3975 en la compañía Experta SAS es que el Gobierno Nacional publicó en noviembre de 2020 el documento Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 dentro del cual se establece una implementación progresiva durante un periodo de 7 años el cual, a 2026 exigirá la utilización de BIM como mandato nacional para la ejecución de proyectos para el Estado o financiados por el Estado, de la misma manera la ISO

19650 permite establecer al interior de la compañía los procedimientos y requisitos necesarios para una adecuada implementación del BIM. (DNP, 2020).

Así mismo, la aplicación de esta herramienta no es fácil, se ve desde su inicio cuando empresas norteamericanas e inglesas lo empezaron aplicar de manera individual, sin desarrollo de procesos, llevo a que establecieran normas para el desarrollo de proyectos, que hoy lo vemos con las normas internacionales ISO 19650, que al acogerlas y estar vigentes en el entorno colombiano sirve de guía para su aplicación, lo que ayuda a una transición más eficaz, que se va ir engranado cada vez más con la ejecución de proyectos.

Discusión

Complementando la argumentación ampliamente descrita en la presente investigación acerca de las ventajas que ha logrado demostrar la herramienta BIM, quisiera destacar también el trabajo de investigación titulado PROTOCOLO BÁSICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN ENTIDADES PUBLICAS PARA PROYECTOS DE INVERSION EN INFRAESTRUCTURA, en el sentido de reconocer las deficiencias históricas relacionadas con la gestión de los proyectos de infraestructura pública, con desempeños deficientes en el manejo de costos y cumplimientos de cronogramas.

Se concuerda en las dos investigaciones la importancia de implementar la nueva herramienta tecnológica BIM en el Estado y en Experta SAS y para ello se requiere de la disposición y actualización digital que permita el engranaje de los dos sectores para lograr en los factores de gestión del tiempo, recursos, calidad y riesgos los indicadores óptimos que permitan buenas prácticas en la ejecución de los proyectos de obras civiles para obtener el crecimiento, progreso y transparencia en la contratación pública y privada. (Blanco, et al., 2021).

Conclusiones

- Si bien BIM es considerada una herramienta costosa de implementar, la Constructora Experta SAS debe realizar un análisis a mediano plazo, donde determine si el retorno de la inversión y la implementación traerá consigo mayores beneficios económicos, de competitividad y sostenibilidad en el tiempo futuro de la compañía.
- La herramienta BIM se convertirá en tendencia a nivel internacional, y en Colombia será requisito para la participación en proyectos de contratación con el Estado y/o financiados por este a partir del año 2026. Cabe resaltar que es el Estado el principal contratante de obras de infraestructura, por lo tanto, la Constructora Experta SAS tiene la oportunidad de ampliar su participación en los contratos del Estado si toma la decisión oportuna de implementar la herramienta tecnológica.
- La herramienta BIM está demostrando que posee ventajas competitivas y valores agregados más destacados que la herramienta CAD 2D, lo que permitiría a la constructora Experta SAS mejorar la gestión de los proyectos, incrementando sus utilidades y generando mayor confianza en sus clientes.
- La constructora Expertas SAS debe considerar alinear sus proyectos de obra civil a la norma internaciones ISO 19650 y a la política pública CONPES 3975 de 2019, ya que le permitirá a un futuro cercano cumplir con las exigencias del mercado, donde los costos y calidad son los factores más relevantes para los clientes y para la compañía los que afecta la reputación y sostenibilidad.

Referencias

- Encuesta BIM América Latina y el Caribe (2020). *New York: A&S Information Partners*.
<https://bit.ly/3C6U26E>
- Aguilar, S. (2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. México: Redalyc.
- Autodesk. (s.f.). *¿Qué es BIM?* (2021) <https://bit.ly/3qzE9TZ>
- Barato, J. (2018). *Gestión de proyectos con Microsoft Project 2016*. <https://bit.ly/3wCZBsh>
- BID. (2021). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://bit.ly/3op0S2f>
- Blanco, J. S., Fuquen, C. G., Narvaez, A. M., & Suarez, J. J. (2021). *Protocolo Básico Para La Implementación De La Metodología Bim En Entidades Públicas Para Proyectos De Inversion En Infraestructura*. Bogotá D.C.: Universidad Ean.
<https://repository.ean.edu.co/handle/10882/10722>
- Blanco, M. (2018). *Cambiando El Chip En La Construcción, Dejando La Metodología Tradicional De Diseño Cad Para Aventurarse A Lo Moderno De La Metodología Bim*. Bogotá, D.C, Colombia: Universidad Católica de Colombia. <https://bit.ly/3qw4QZC>
- Building Smart. (2021). *Bulding Information Modelling (BIM) Según la ISO 19650*. En *Introduccion a la ISO 19650*. <https://bit.ly/3C9lalh>
- Building Smart. (2021). *Introducción A La Serie En Iso 19650*. España: building Smart Spain.
<https://bit.ly/3C43GXr>
- CAMACOL. (2018). *Informe de productividad sector construcción de edificaciones*.
<https://bit.ly/2YkUZ>
- CAMACOL. (2020). *Informe Económico*. Bogotá: CAMACOL. <https://bit.ly/3qtcPXB>

- CAMACOL. (octubre de 2019). *Cámara Colombiana de la Construcción*. <https://bit.ly/3c4sHY1>
- CAMACOL. (2014). *Cámara Colombiana de la Construcción*. <https://bit.ly/3nfm5bb>
- Campo, R., Domínguez, M., & Raya, V. (2014). *Gestión de Proyectos* (Primera ed.). Bogotá: Ediciones de la U. <https://bit.ly/3F7oMpL>
- Carasolla, A. (2011). *La demanda. Una perspectiva de marketing*. <https://bit.ly/3qwdzvc>
- Cazau, P. (2006). *Introducción a la Investigación en Ciencias Sociales* (Tercera ed.). Buenos Aires. <https://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>
- CCB. (2018). *Cámara Comercio de Bogotá*. <https://bit.ly/3kxqhFU>
- Cegarra, J. (2012). *La Tecnología. Madrid: Ediciones Díaz de Santos*. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/62664?page=2>
- Chiner, E. (2012). *Investigación descriptiva mediante encuestas*. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19380/34/Tema%208-Encuestas.pdf>
- Cohen, Y., Faccio, M., Galizia, F., Mora, C., & Pilati, F. (2018). *Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms*. *L(1)*, 6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2550>
- CONPES 3975. (2019). *Consejo Nacional de Política Económica y Social*. <https://bit.ly/3kxhLXH>
- Constructora Experta. (2021). Constructora Experta. <https://bit.ly/31OA7g9>
- Constructora Experta. (2021). www.constructoraexperta.com
- Cruz del Castillo, C., Olivares, S., & Gonzàles, M. (2015). *Metodología de la Investigación* (Primera ed.). Mexico D.F: Patria. <https://editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074381498.pdf>

- DANE. (2021). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Recuperado el 2021, de <https://bit.ly/3c6C4X6>
- Dane. (2021). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá. <https://bit.ly/3rhZKk7>
- DANE. (2021). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://bit.ly/3c5POS8>
- DANE. (2021). Departamento Administrativo de Estadística. <https://bit.ly/3D8Ab8g>
- Díaz Perea, M. R. (2006). *La Resolución De Conflictos En El Aula Como Parte Del Proceso De Autonomia. Papeles de Trabajo sobre Cultura, Educación y Desarrollo*, 1. Madrid, España.
- DNP. (noviembre de 2020). Departamento Nacional de Planeación. <https://bit.ly/3ktn6z4>
- DNP. (s.f.). Departamento Nacional de Planeación. <https://bit.ly/3HiBiVI>
- Fabián, C. (2019). Significados. <https://www.significados.com/metodologia/>
- Falcón, R. (2015). *Modelización matemática de sistemas CAD en Ingeniería de Edificación*. (U. P. Valencia, Ed.) *Modelling in Science Education and Learning MSEL*, 8(2), 145. doi:10.4995/mse1.2015.3258.
- García, J., Echeverry, D., & Mesa, H. (2013). *Gerencia de Proyectos Aplicación a Proyectos de construcción de edificaciones (Vol. III)*. Bogotá: Universidad de los Andes. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/69464>
- Gisbert, D. (2004). *Calidad y construcción. Directivos construcción*. <http://pdfs.wke.es/3/3/4/8/pd0000013348.pdf>
- González, V. (2021). *Los proyectos de construcción con BIM según ISO 19650*. Madrid: AENOR. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/175812?page=12>

González, V. (2021). *Los proyectos de construcción con BIM según ISO 19650*. Génova: AENOR.

<https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/175812?page=1>

Goodstein, P. (1984). *Planeación estratégica aplicada*.

http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020111445/1020111445_030.pdf

Gutierrez, A. (2012). *Toma de decisiones*.

<https://cursos.aiu.edu/Toma%20de%20Decisiones/PDF/Tema%201.pdf>

Gutiérrez, A. (2016). *Estrategias de muestreo, diseño de encuestas y estimación de parámetros*.

Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=5755>

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.).

México: McGraw-Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISO. (diciembre de 2018). *Norma Técnica ISO*. (ISO, Editor, & C. T. 13, Productor)

<https://bit.ly/3DbDVpt>

K Dictionaries. (2020). Reverso Diccionario. <https://bit.ly/3wCS0Kn>

López, J. (2019). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/poblacion-estadistica.html>

López, J. F. (2019). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/poblacion-estadistica.html>

López, B., & Breña, V. (2014). *AutoCAD 2013*. Madrid: Ministerio de Educación y Formación

Profesional de España. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/49380?page=15>

- Manchado-del-Val, C., Rodríguez, E., Gómez, V., & Otero, C. (2019). *Modelos BIM (Building Information Modelling) a partir de captura de datos de la realidad*. *Dyna*, 94(2), 137. doi: <https://www.revistadyna.com/search/bim-building-information-modelling-models-from-real-data-capture>
- Marulanda, J. (2018). *Introducción al diseño arquitectónico*. Bogotá: El Cid Editor. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/36746?page=47>
- MC. (8 de julio de 2020). Meprosa Construcciones. <https://bit.ly/3H88G10>
- Meana, V., Bello, A., & García, A. (2019). *Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias*. (U. d. Oviedo, Ed.) *Revista ingeniería de construcción RIC*, 34(2), 169. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000200169#f1
- MillerCoChannel. (2015). *BIM, Quizás la mejor conferencia BIM que hayas visto* (video). YouTube. Obtenido de <https://bit.ly/3krG7GL>
- Mojica, A., & Valencia, D. (2012). Repositorio Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11135/MojicaArboledaAlfonso2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Munier, N., & Fernández, M. (2014). *Un proyecto de vida desde la pedagogía*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/54054?page=2>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la Investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de Tesis* (Quinta ed.). Bogotá: Ediciones de la U. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=8046>
- Pérez Porto Julian, G. A. (2018). Definición de. <https://definicion.de/metodologia/>

- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2018). Definicion.de. <https://definicion.de>
- Pérez, A. (s.f.). Obs Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/tipos-de-proyectos-y-sus-principales-caracteristica>
- Perez, J., & Merino, M. (2008). Definicion. (D. d. Proyectos, Productor) <https://definicion.de/proyecto/>
- Planbim. (2021). Obtenido de <https://bit.ly/3n7qjpN>
- Porto Perez, J., & Merino, M. (2014). Definición. DE. <https://definicion.de/construccion/>
- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body Of Knowledge* (Sexta ed.). Pennsylvania, Newtown Square, USA: Project Management Institute, Inc. <https://bit.ly/3HeS1Jq>
- RAE. (2020). <https://bit.ly/3Cfveti>
- RAE. (2020). RAE. <https://bit.ly/3D8ZKWF>
- RAE. (2021). <https://bit.ly/3kpQ0Af>
- RAE. (2014). Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es>
- RAE. (2014). Diiccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/construir?m=form>
- RAE. (2017). Diccionario de la lengua española. <https://bit.ly/3Da0JpM>
- Saldarriaga, M., & Pardo, C. (2021). *Entrevista Constructora Experta SAS*. (Y. San Martin, J. Lobo, & A. García, Entrevistadores) <https://web.microsoftstream.com/video/f627a8b2-c6f9-4758-acde-1cceac329d1d>
- Sampieri, H. (2014). *Metodología de la investigación*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Santa María, M. (2020). *Desempeño reciente del sector construcción y perspectivas 2020*. La República. <https://www.larepublica.co/analisis/mauricio-santa-maria---anif-2941063/desempeno-del-sector-construccion-y-perspectivas-2020-2991939>
- Senado de la República de Colombia. (1993). Senadogovco. <https://bit.ly/3c9rFKc>
- Sierra, E. (2013). *El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica*. <https://www.redalyc.org/pdf/646/64629832007.pdf>
- Simón, O. (2014). *BIM desde el punto de vista del Project Manager.pdf*, (pág. 10). Madrid.
- Terrazas, R. (2009). *Modelo conceptual para la gestión de proyectos*. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160009.pdf>
- The Global Fund. (2019). *Informe técnico sobre la optimización de recursos*. Ginebra. <https://bit.ly/3HiBmV5>
- Torres, J. (2016). *Gestión del tiempo, recursos e instalaciones*. Madrid: Cep. <https://elibronet.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/51169?page=15>
- Universidad de Asturias. (2015). *Introducción del análisis financiero*. <https://bit.ly/3F8irdY>
- Vicente, G. P. (2021). *Los proyectos de construcción con BIM según ISO 19650*. Madrid: AENOR Internacional. <https://elibronet.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/175812?page=29>.
- Yate, F. (2018). *Un proyecto de vida desde la pedagogía*. En Nuevos pensadores. Bogotá: Magisterio de Educación.