



TRABAJO FIN DE MÁSTER

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

CURSO ACADÉMICO 2022-2023



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MÁSTER EN LOGÍSTICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LOS
PROCESOS DE ABASTECIMIENTO, DE LAS
EMPRESAS DEL SECTOR CONSTRUCTIVO EN
COLOMBIA PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**

Alumno: D./D^a. JUAN FELIPE TOVAR NIÑO

Director: D./D^a. JOSE LUIS MARTINEZ DE FALCÓN PÉREZ

OCTUBRE 2023

**TÍTULO: IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN
LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO, DE LAS
EMPRESAS DEL SECTOR CONSTRUCTIVO PARA
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**

AUTOR: JUAN FELIPE TOVAR

**DIRECTOR DEL PROYECTO: JOSE LUIS MARTINEZ DE
FALCÓN PÉREZ**

FECHA: 30 de octubre de 2023.

RESUMEN.

El sector de la construcción es uno de los sectores de mayor crecimiento e importancia dentro de la economía de Colombia, principalmente por la importancia que tiene en la generación de empleo y por la influencia que puede tener en el desarrollo de otros mercados derivados de este, debido a que cualquier impacto negativo que se pueda presentar en el sector, tendría implicaciones importantes dentro de la economía del país.

Dicho esto, el presente trabajo servirá como aporte para las empresas de este sector, que buscan llegar a ofrecer un alto nivel de servicio a sus clientes, logrando disminuir la incertidumbre que se viene produciendo durante los últimos años, por diversos fenómenos que se han presentado en el mercado. Como, por ejemplo, los problemas en la asignación de subsidios de vivienda por parte del gobierno, el aumento en las tasas de interés en los créditos bancarios y el alza en los precios de los materiales. Ya que esto, ha provocado el desistimiento de muchos de los clientes, causando una disminución importante en la venta de viviendas VIS¹ y NO VIS².

Cuando se habla de viviendas VIS se hace referencia a las viviendas de interés social, donde su precio es el más competitivo del mercado (bajo coste) y el gobierno aporta ciertos subsidios y facilidades de compra, para apoyar a la población que no cuenta con los suficientes recursos para adquirir una vivienda nueva.

Debido a la necesidad de aumentar las ventas de vivienda en Colombia, se ha evidenciado que el proceso de abastecimiento, negociación y compra de materiales, mano de obra, insumos, maquinaria y materia prima, es una parte fundamental, dentro de los tiempos y los costos de un proceso constructivo, ya que, cualquier retraso o mala gestión que se pueda presentar en el suministro de alguno de estos, podría repercutir en demoras y sobrecostos importantes en la ejecución de la obra. Esto implicaría un incumplimiento en las fechas de entrega a los clientes y la rentabilidad

¹ VIS: vivienda de intereses social, algunas de estas cuentan con subsidios y beneficios otorgados por el gobierno nacional o facilidades de financiación, su valor máximo es de 28800 USD aprox.

² NO VIS: son viviendas que superan los 35400 USD aprox. Cuentan con todas las comodidades que no se tienen con las viviendas VIS, dado que su costo es superior y no cuentan con muchas facilidades de pago.

del proyecto, generando una afectación negativa en el rendimiento de la compañía y un bajo nivel de satisfacción por parte de los clientes.

En ese orden de ideas, este trabajo, buscara evidenciar por medio de modelos de investigación, financieros y casos de éxito, como la transformación digital y el uso de diferentes tecnologías pueden aportar y facilitar el manejo operativo dentro del área de abastecimiento de las empresas constructoras en Colombia, mejorando así sus procesos productivos y ayudando al cumplimiento de los objetivos que se tienen frente a las entregas de vivienda VIS, proyectadas para los próximos años. Así mismo, servirá como un insumo en la toma de decisiones para estas compañías, que quieren invertir en tecnología y en el mejoramiento continuo de sus procesos, lo cual implicarán unos costes importantes que se verán reflejados en el nivel de servicio que se presta al cliente, lo cual genera un valor agregado para estas compañías. Esto, se evidenciará en el desarrollo de esta investigación.

Palabras clave: Camacol, construcción, abastecimiento, economías, transformación digital, viviendas VIS y NO VIS.

ABSTRACT.

Construction is one of the fastest growing and most important sectors within the Colombian economy, due to the impact it has on job creation and the influence it can have on the development of other markets, any negative impact that occurs would have important implications within the economy of the country.

In that order, this work will serve as a contribution for companies in this sector, which want to offer a high level of service to their clients, managing to reduce the uncertainty that has been occurring in recent years, due to different implications that have arisen in the market. Such as, for example, problems in the allocation of housing subsidies by the government, the increase in interest rates on bank loans and the rise in the prices of materials. Since this has generated a withdrawal of many clients, causing a significant decrease in the sale of VIS and NON-VIS homes.

When we talk about VIS housing, we are referring to social housing, because its price is the most competitive in the market (low cost) and the government provides certain subsidies and purchase facilities, to support the population that does not have with sufficient resources to purchase a new home.

Due to the need to increase housing sales in Colombia, it has been shown that the process of supplying, negotiating, and purchasing materials, labor, supplies, machinery, and raw materials is an important part of the time and costs of the project. construction process, since any delay or mismanagement that may occur in the supply of any of these could result in significant delays and cost overruns in the execution of the work. This would imply a failure to meet delivery dates to customers and the profitability of the project, generating a negative impact on the company's performance and a low level of customer satisfaction.

In this order of ideas, this work will demonstrate through research, financial models and success stories, how digital transformation and the use of different technologies can contribute and facilitate operational management within the supply area of construction companies. in Colombia, thus improving its production processes and helping to meet the objectives of VIS housing deliveries, projected for the coming

years. Likewise, it will serve as an input in decision-making for these companies, which seek to invest in technology and the continuous improvement of their processes, which will imply significant costs that will be reflected in the level of service provided to the client., which generates significant value for these companies. This will be evident in the development of this research.

Keywords: Camacol, construction, supply, economies, digital transformation, VIS and NON VIS homes.

INDICE

Tabla de contenido

RESUMEN.	4
ABSTRACT.	6
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
3. JUSTIFICACIÓN	18
3.1 CONVENIENCIA	18
3.2 RELEVANCIA SOCIAL	19
4. METODOLOGÍA.	19
5. ESTUDIO ESPECIFICO DE EMPRESAS	22
5.1 CEMEX COLOMBIA	23
5.2 CONSTUCTORA PRODESA Y CIA S.A.....	29
5.3 MATRIZ DOFA.	36
5.4 MATRIZ DE DECISIONES.....	39
6. PRESUPUESTO	42
7. IMPLEMENTACIÓN (colocarlo como un anexo)	55
7.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN.....	55
8. RETORNO DE LA INVERSIÓN	45
9. CONCLUSIONES	50
10. PROXIMOS PASOS	49
Bibliografía	53

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, el sector construcción es uno de los sectores más dinámicos de la economía debido a que sus actividades generan muchos puestos de trabajo, de forma directa e indirecta, al involucrar distintas industrias que hacen parte de este mercado.

Según el artículo de Solucion (2023):

“El sector de la construcción es una de las áreas que más empleo genera (tanto directo como indirecto) en el país. De hecho, se estima que este sector creó 136.500 (+23%) nuevos puestos de trabajo durante el 2022. Comparando estos resultados con los del 2021, esta cifra presenta un aumento del +8,8% y se estima que en el 2023 los datos continúen aumentando”.

Esto se debe a que en este mercado intervienen diferentes tipos de negocios, que hacen parte del comercio de materiales para la construcción como el acero, el concreto, la pintura, el ladrillo, los pisos cerámicos, el PVC, entre otros. Así como, suministro de equipos, maquinaria, mano de obra y sobre todo la creación de infraestructura, lo cual es primordial para el desarrollo social del país.

Así mismo, según la cámara colombiana de la construcción (CAMACOL, 2020) el sector de la construcción ha sido un gran dinamizador de la economía colombiana, ya que, como se mencionaban antes, jalona cerca de 36 sectores productivos, por lo que se puede entender la razón, por la que este mercado es una fuente de empleo importante para el país. Sin embargo, como menciona CAMACOL (2022):

“Producto de la crisis sanitaria provocada por el Covid-19 se ha desacelerado el ritmo de creación de puestos de trabajo, especialmente en el periodo abril-junio del 2020, cuando gran parte de las obras de construcción entraron en estado paralizado y un gran número de empleados cesaron sus actividades laborales”.

A pesar de esta problemática, se ha visto una reactivación económica progresiva, desde el año 2020, donde las cifras de empleo del sector han venido aumentando

sobre todo en el campo inmobiliario el cual abarca, según el DANE (2020), todo lo que tiene que ver con compra, venta y explotación de bienes inmobiliarios que sean propios, alquilados o de terceros. Es decir, todas las actividades de administradores de propiedad inmobiliaria.

Tal como se evidencia en la **tabla 1**. Las cifras de agosto del 2022 vs agosto del 2023 han aumentado en cuanto al empleo generado en el sector inmobiliario, ya que el crecimiento es de un 63,71% respecto al año pasado, lo cual demuestra el impacto de las alternativas que se han implementado, para la reactivación económica del sector.

Sin embargo, en cuanto al campo de la construcción en general (no solo el inmobiliario), se ve una disminución del -3,05% lo cual puede deberse al incremento de precios de la mano de obra lo cual disminuye el porcentaje de contratación de operarios en las obras o en los proyectos constructivos.

Tabla 1.

Distribución y porcentaje de participación del mercado laboral, según actividad económica 2023.

Rama de actividad	Total Nacional				
	Agosto 2022	Agosto 2023	Distribución % 2023	Variación absoluta	Contribución en p.p.
Población ocupada	22.160	23.161	100	1.001	
Industrias manufactureras	2.239	2.445	10,6	206	0,9
Administración pública y defensa, educación y atención de la salud humana	2.769	2.953	12,8	184	0,8
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	3.135	3.313	14,3	178	0,8
Alojamiento y servicios de comida	1.516	1.683	7,3	167	0,8
Actividades inmobiliarias	237	388	1,7	151	0,7
Actividades artísticas, entretenimiento recreación y otras actividades de servicios	1.833	1.958	8,5	126	0,6
Actividades profesionales, científicas, técnicas y servicios administrativos	1.806	1.895	8,2	89	0,4
Transporte y almacenamiento	1.529	1.609	6,9	80	0,4
Información y comunicaciones	372	422	1,8	51	0,2
Actividades financieras y de seguros	399	436	1,9	36	0,2
Construcción	1.667	1.616	7,0	-51	-0,2
Suministro de electricidad, gas, agua y gestión de desechos^	588	512	2,2	-75	-0,3
Comercio y reparación de vehículos	4.070	3.931	17,0	-139	-0,6

Nota. La tabla anterior refleja la cantidad de población vinculada en el mercado laboral, distribuida por actividades, y las diferencias que se presentan frente a las cifras del año inmediatamente anterior. Tomado de Principales indicadores del mercado laboral, DANE, 2023, https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2020.pdf

En ese orden de ideas, en Colombia, de acuerdo con los datos publicados por el DANE (2023), sobre el desempeño de la economía en el segundo trimestre del año 2023 el producto interno bruto (PIB) del sector constructivo, tuvo un decrecimiento

anual de (-3,7%), sin embargo la construcción de edificaciones residenciales y no residenciales, tuvo un crecimiento del 3,1% (p. 13).

Este crecimiento puede deberse a que, según Aguirre (2019):

“El sector de la construcción es uno de los sectores más prometedores para los próximos 5 años de la economía nacional, buscando mejorar la calidad de los indicadores sociodemográficos de pobreza y pobreza extrema de Colombia. Con proyectos como Casa Ya, Casa Ahorro, programa casa gratis y subsidios de crédito, el gobierno busca que los colombianos puedan acceder de una forma más fácil a vivienda propia y así lograr que el sector crezca en un 5 por ciento anual en los próximos años”. (p. 7)

Sin embargo, a pesar de que estas propuestas tuvieron éxito en años pasados, este campo se ha visto afectado, por diversos factores, como, por ejemplo, la disminución en la asignación de los subsidios mencionados anteriormente por Aguirre (2019). Ya que, por el cambio de administración de gobierno, se generó un reajuste en el presupuesto nacional, provocando una reasignación de los recursos, donde el presupuesto que se utilizaba para estos subsidios se redujo, para ser utilizado en otro tipo de proyectos del gobierno, lo cual ocasionó una afectación en el nivel de ventas de viviendas VIS.

Así mismo, el incremento de las tasas de interés de los créditos bancarios para viviendas y el incremento en los precios de la mano de obra, materias primas, insumos y materiales de construcción, deterioro directamente el costo de la vivienda en Colombia.

De ese modo, se puede decir que, el nivel de ventas esperadas para viviendas VIS y NO VIS ha disminuido proporcionalmente, debido a estos fenómenos, lo cual ha provocado cierta incertidumbre dentro de los clientes de este mercado, ya que lo ven como una compra riesgosa por el bajo nivel de rentabilidad que se puede obtener y el alto costo de la inversión. Resultando en la imposibilidad de que los colombianos con niveles medios y bajos de ingreso puedan acceder a esta oportunidad.

Ahora bien, una parte importante dentro de las ventas de viviendas en Colombia son las viviendas de interés social, las cuales, según el diario La Republica (2023) han tenido un decrecimiento en sus ventas, ya que:

“En agosto del 2023 se vendieron 8.699 unidades de vivienda, 52,2% menos que las 18.192 que se comercializaron en el mismo mes del año pasado.

En lo corrido del año, se han dejado de vender 86.419 unidades frente al mismo periodo del año pasado, pues se pasó de comercializar 173.575 viviendas en los primeros ocho meses de 2022 a 87.156 en 2023”.

Como lo anterior, se puede decir que el mercado está viéndose muy afectado por todos los fenómenos mencionado, lo cual puede conllevar a impactar otros mercados y en general a la economía del país, conllevando a que sus índices de crecimiento caigan.

Por esta razón, las entidades de regulación que hacen parte del sector, como es el caso de la cámara de construcción de Colombia (Camacol), están en la búsqueda de diferentes alternativas que permitan mejorar este escenario, una de ellas es que las tasas de interés para el año 2024 van a disminuir, y el presupuesto de los subsidios del gobierno tiendan a aumentar para los próximos años, de lo contrario el escenario no va a ser muy alentador para estas empresas.

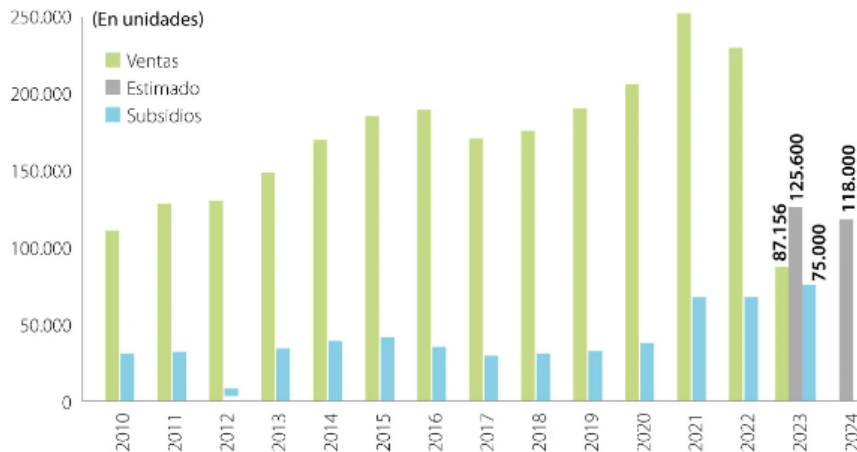
Adicionalmente, se espera que los precios de los insumos, materiales y materia prima disminuyan, debido a la baja en el precio del dólar que se ha venido presentando a mediados y finales del 2023. Lo cual generaría que los precios de la vivienda también puedan abaratare y así incrementar el nivel de ventas esperado para los próximos años.

Del mismo modo, como se muestra en el **gráfico 1**. las proyecciones del 2023 están muy por debajo de lo que se esperaba, donde las viviendas VIS cobran una participación muy importante, ya que como se menciona anteriormente, representan gran parte de la venta de vivienda en Colombia:

Gráfico 1.

Proyecciones en las ventas de vivienda 2023 en Colombia.

PROYECCIONES DE VENTAS DE VIVIENDA



VENTAS DE VIVIENDA

	Agosto 2022	Agosto 2023	Variación
Vis	13.037	5.613	-56,9%
No Vis	5.155	3.086	-40,1%
Total	18.192	8.699	-52,2%

Nota. El gráfico representa las ventas en unidades de vivienda a lo largo de los últimos años en Colombia, así como la variación de las ventas de viviendas VIS y NO VIS de agosto del 2022 vs agosto 2023. Tomado de *proyecciones en las ventas de vivienda 2023 en Colombia* del diario La república, 2023, <https://www.larepublica.co/economia/estiman-que-las-ventas-de-vivienda-caeran-casi-a-la-mitad-de-las-de-2022-3714310>.

Por consiguiente, la razón por la que las viviendas VIS cobran tanta importancia y participación en el mercado es debido a que la mayor parte de la población en Colombia pertenece a los niveles socioeconómicos pobres y vulnerables, según estudio realizado por el DANE (2022), donde se evidencia que el 56,7 % de la población corresponde al sector denominado pobre y vulnerable, el 39,9% corresponde a la población de nivel medio, mientras que la población de nivel socioeconómico alto corresponde solamente al 3,4% (**ver gráfico 2.**).

Ahora bien, con esto se puede concluir que una persona que gana un salario mínimo en Colombia que representa 282 USD aproximadamente, no cuenta con la posibilidad de acceder a una vivienda de 28800 USD (precio promedio de una vivienda VIS) sin

tener que solicitar un crédito bancario o aplicar a algún beneficio por parte del gobierno.

Como se mencionaba anteriormente, este tipo de ayudas que brindaba el gobierno, han ido desapareciendo debido al poco presupuesto que se asigna a estos subsidios, por lo que son muy pocas las personas que pueden aplicar a estos beneficios, por lo que se puede decir que, para una persona que tiene un salario promedio en Colombia, es muy complicado acceder a su primera vivienda. Lo cual se refleja en los datos de ventas de lo que van corrido del año 2023, expuestos anteriormente. (Grupo Bancolombia, 2020)

Tabla 2.

Número y Distribución porcentual de las clases sociales. Comparativo 2019-2021.

	2019	%	2020	%	2021	%	Diferencia 2021-2020	Diferencia 2021-2019	Diferencia 2020-2019	Diferencia p.p 2021-2020	Diferencia p.p 2021-2019	Diferencia % 2020-2019
Alta	924,054	3.9	757,461	3.1	832,067	3.4	74,605	-91,987	-166,592	0.3	-0.5	-0.8%
Media	10,538,187	44.0	8,742,608	35.8	9,867,119	39.9	1,124,511	-671,068	-1,795,579	4.1	-4.1	-8.2%
Vulnerable	5,867,274	24.5	5,258,928	21.5	5,705,654	23.1	446,726	-161,620	-608,346	1.5	-1.4	-3.0%
Pobre	6,597,525	27.6	9,650,261	39.5	8,319,176	33.6	-1,331,085	1,721,651	3,052,736	-5.9	6.1	12.0%
Total	23,927,040		24,409,258		24,724,015		314,757	796,975	482,218			

Nota. Estas son las cifras oficiales de pobreza monetaria y corresponden a la actualización metodológica (actualización de las líneas de pobreza monetaria extrema y pobreza monetaria) con base en la información de la Encuesta Nacional de Presupuesto de los Hogares (ENPH) 2016-2017.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2021/analisis_clases_sociales_23_ciudades.pdf.

Sumado a ello, durante la época de la pandemia, uno de los sectores más afectados por estas medidas, fue el sector constructivo presentando una caída del (-9,4%) en el PIB (producto interno bruto) del primer semestre del 2020. Según estudio de Grupo Bancolombia (2020), esto se debe a que se frenaron los suministros de materiales lo cual generó un desempeño negativo en el desarrollo de la infraestructura y edificaciones por una caída del 58,6% en las licencias para vivienda, a la par de que los costos para construcción de vivienda aumentaron 3,42%.

De la misma forma Grupo Bancolombia (2020) indica que:

“La producción de concreto cayó 38,4% a/a, a la par con el descenso en sectores de vivienda, VIS, no VIS, obras civiles y edificaciones. Si bien la producción de este material venía presentando un decrecimiento durante el año, se acentuó por la pandemia”.

Esto obligo a que las empresas constructoras desarrollaran un plan de contingencia validando si los procesos que se venían llevando a cabo, eran lo suficientemente sostenibles. Ya que, este tipo de coyunturas que se presentaron no se tenían contempladas, así como tampoco existía un plan de acción definido, para evitar que el impacto económico en el sector no fuera tan crítico, por lo que se consideró realizar auditorías internas y asesorías con otras compañías, para busca alternativas que permitieran amortiguar el impacto tanto económico como social.

Durante ese proceso de transición, se evidencio que optimizar la cadena de suministro de estas compañías, era parte fundamental del proceso y muchas constructoras reconocieron la importancia de contar con un área de abastecimiento, donde se centralizara toda la operación del suministro de materiales, mano de obra, maquinaria y equipos. Así como también, la digitalización de los procesos, donde se pudiera contar con información en tiempo real y se tuviera un valor estimado de los costos involucrados en el desarrollo de cada uno de los proyectos constructivos.

En términos generales, para buscar esa transición se tuvo que entrar a realizar un proceso de transformación digital, basado en la integración, desarrollo y manejo de tecnologías dentro de todos los procesos de la empresa, institución o sistema que haga parte del sector. Esta transformación, se genera mediante la búsqueda de un cambio en la manera de operar, donde se logre fundamentalmente, una optimización y una eficiencia de los procesos, que permita brindar un valor añadido a los clientes y también anticiparse a posibles problemas que se puedan presentar en la operación.

En el caso específico del sector de la construcción, es importante precisar que, gracias a la necesidad que tienen las empresas, de llegar a un crecimiento productivo que les permita obtener una madurez operativa, se ha buscado mejorar continuamente los procesos.

Esto se demuestra, con el hecho de que muchas constructoras se han visto en la obligación de sustituir las prácticas tradicionales que se venían realizando. Donde la mano de obra contaba con operarios que no eran 100% calificados y los procesos no estaban estandarizados, automatizados y/o digitalizados.

En consecuencia, la ejecución de estas actividades, generan un consumo excesivo de materiales, debido a la poca digitalización y a la gran cantidad de documentación que se requiere para cada parte de la operación, desde la licitación y posterior adjudicación del personal de la obra, hasta el proceso de contratación, liquidación y facturación, así como los temas administrativos.

Como se evidencia, este modo de operar genera riesgos y alta incertidumbre, por lo que no es una estrategia adecuada de llevar a cabo las labores de una compañía, teniendo en cuenta que las grandes constructoras que han tenido éxito dentro de este mercado trabajan bajo el concepto de **construcción industrializada**, concepto que se basa en la automatización y optimización de procesos, a través del uso de nuevas tecnologías y mano de obra especializada.

Ahora bien, gracias a la digitalización y el uso de tecnologías innovadoras, se ha logrado una mejora en la operatividad y se han generado nuevas tendencias en el mercado, como lo es, la construcción industrializada que se menciona anteriormente.

Esto se debe a que se ha podido explorar un contexto tecnológico, que anteriormente no existía en la industria y que ha ido evolucionando gracias a herramientas como el Big data, internet de las cosas, soluciones cloud, la inteligencia artificial, modelación y programación de procesos, entre otras. Así mismo, el uso de software de modelación 3D como lo es el BIM (building information modeling). Herramienta, que permite generar modelos de información para facilitar el trabajo colaborativo, mediante prototipos o esquemas que simulan el resultado de un proyecto constructivo.

Por otra parte, tras la época de pandemia que implicó grandes problemas en diferentes sectores de la economía, entre los que se destaca el sector constructivo, se tuvo que invertir una gran cantidad de dinero en los procesos de digitalización. Ya que, por ejemplo, una constructora como lo es Amarillo, que es de las más grandes del país,

invirtió cerca de 3 millones de dólares en la transformación digital de sus procesos, de ahí se puede evidenciar la importancia de adaptarse a los cambios del mercado y anticiparse a cualquier evento desafortunado que implique grandes pérdidas para las compañías que hacen parte de este sector.

Por otro lado, una limitación que se ha tenido por parte de las empresas constructoras es que en general, ninguna cuenta con un área de abastecimiento definida, ya que el suministro de materiales, insumos, mano de obra y equipos, se genera desde cada una de las obras. Es decir, que cada uno de los proyectos, se maneja como un centro de costos independiente, y el administrador de los recursos es el propio director encargado de la obra, el cual cuenta con un equipo de residentes técnicos, de acabados, almacenistas y auxiliares de pago, que le permiten gestionar todas las actividades que conlleva la operación dentro del proyecto.

Esto quiere decir que la planeación del abastecimiento y la cadena de suministro de estas empresas no está definida a un nivel macro, sino que es independiente para cada una de las obras.

Sin embargo, muchas constructoras se han visto en la necesidad de estructurar un área de abastecimiento que permita centralizar la operación y así buscar ahorros o disminuir los sobrecostos, mediante negociaciones marco que faciliten el suministro de insumos y materiales a todas las obras y no cada una independientemente, por lo que en este caso, el uso de la tecnología se vuelve fundamental, teniendo en cuenta los datos y la información que se puede obtener de la operación y del mercado como tal.

En conclusión, la incursión de la tecnología en el área de abastecimiento de las empresas del sector constructivo, permitirá una ventaja competitiva en el mercado y esta se verá reflejada en la madurez de sus procesos y en la disminución de los sobrecostos implicados en la operación, por lo que la idea del desarrollo de este trabajo investigativo es que, sirva como base de ayuda para la toma de decisiones de las constructoras que busquen realizar procesos de implementación tecnológica en el área de abastecimiento, para mejorar sus niveles de servicio y sus indicadores de cumplimiento.

Lo cual se verá reflejado en los costos competitivos que se pueden manejar en el mercado de viviendas VIS y NO VIS, logrando un crecimiento en la economía, gracias a la apertura de nuevos puestos de trabajo y la reasignación de subsidios y facilidades de pago a los clientes que están interesados en adquirir una vivienda nueva.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un trabajo de investigación que permita identificar las tecnologías que más aportan al abastecimiento del sector construcción, así como evidenciar las ventajas competitivas de las empresas que invierten en mejorar sus procesos mediante la transformación digital y la implementación de nuevas herramientas.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar tecnologías que generan un impacto positivo, en la resolución de los principales problemas que se presentan, dentro de la cadena de suministro de las empresas del sector constructivo en Colombia.
- Evidenciar costos y beneficios que se pueden obtener por la inversión en la transformación digital de los procesos del área de abastecimiento, en las empresas del sector constructivo en Colombia.
- Evaluar la viabilidad de Implementar una tecnología 4.0 que permita mejorar y generar valor añadido, dentro de alguno de los procesos del área de abastecimiento, de una empresa del sector constructivo en Colombia.

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 CONVENIENCIA

El trabajo de investigación se ha realizado con la finalidad de resolver un problema común que se presenta en la gestión operativa dentro del abastecimiento de las empresas del sector de la construcción, mediante la aplicación de los conocimientos y herramientas que proporciona la gestión logística y la cadena de suministro.

3.2 RELEVANCIA SOCIAL

Este trabajo se justifica, en cuanto a que agrega valor a las empresas del sector que pretenden incursionar en nuevas prácticas y metodologías, que les permitan ahorrar costos operativos y les facilite llevar a cabo sus operaciones de aprovisionamiento y gestión de recursos, esto claramente puede ser un punto de partida para el desarrollo del mercado y permitirá disponer de información muy valiosa para la toma de decisiones de estas empresas.

4. METODOLOGÍA.

Este trabajo tiene como objetivo, dar a conocer cuáles son las ventajas y los impactos que se pueden obtener por el manejo y el uso de diferentes recursos tecnológicos, así como validar los costes asociados a los mismos.

Para lograr esto, se atacaron diferentes puntos, con el objetivo de llegar a unas conclusiones muy contundentes que determinen la importancia de mejorar los procesos dentro de una compañía del sector constructivo.

A continuación, se presenta cada objetivo y su desarrollo:

Identificar tecnologías que generan un impacto positivo, en la resolución de los principales problemas que se presentan, dentro de la cadena de suministro de las empresas del sector constructivo en Colombia.

Para el desarrollo de este objetivo, se elaboró una matriz DOFA. Esto, con el fin de identificar cual es la alternativa con mayor impacto dentro del mercado, teniendo en cuenta sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas

Para identificar estas alternativas, se hizo una investigación de mercados, con el fin de recopilar información de las empresas más representativas del sector, en donde se pudiera entender cuáles son las tecnologías más utilizadas y entrar a analizar cuáles son sus ventajas y desventajas.

En este caso, se va a realizar una investigación de mercados secundaria, ya que en esta metodología se busca acceder a información que se publica en diferentes fuentes externas, foros, revistas, medios de comunicación o que hacen parte de estudios realizados por entidades de regulación en Colombia, como por ejemplo los indicadores que publica Camacol (cámara colombiana de la construcción) o también información publicada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).

Este tipo de investigaciones son útiles debido a que se puede acceder a fuentes de información gratuita, pero se debe validar que sea confiable, de lo contrario no tendría ninguna utilidad. Estas pueden ser fuentes públicas, comerciales, y/o educativas, tal como se mencionaba anteriormente.

La importancia de realizar este estudio radica en que la información que sea obtenida servirá para llegar a conclusiones claves para el desarrollo de este trabajo. Así mismo, se puede llegar a dar resultados que permitan la toma de decisiones más adelante.

En ese orden de ideas, se buscará extraer información clave del estudio para desarrollar la matriz DOFA y mediante esta matriz se logrará identificar las tecnologías más competitivas del mercado.

Evidenciar costos y beneficios que se pueden obtener por la inversión en la transformación digital de los procesos del área de abastecimiento, en las empresas del sector constructivo en Colombia.

Una vez identificadas las tecnologías clave del sector, se procede a hacer otro estudio de mercado o benchmarking, en el que se pueda identificar y evidenciar los beneficios que han obtenido ciertas empresas representativas del sector constructivo en Colombia, ya que gracias a la inversión en transformación digital han logrado mejorar sus procesos y ser más competitivas.

Para esto, se realizará nuevamente una investigación de mercados secundaria. Así como también, se buscará extraer información contundente y verídica que permita concluir si los casos de éxito de las empresas más representativas corresponden a la inversión que han hecho en desarrollos tecnológicos y transformación digital, o de lo

contrario hace relación a otro tipo de variables que permiten que una empresa sea exitosa por encima de la competencia del mercado.

De la misma forma, se buscará desarrollar un análisis de costos que permita llegar a un estimado del capital de inversión, que se debe tener para poder desarrollar mejoras tecnológicas dentro de los procesos de abastecimiento de las empresas del sector constructivo, y el retorno de la inversión esperado.

Esto, con el fin de validar que tan rentable puede ser este tipo de inversiones y si existe una oportunidad importante para las empresas que quieran ser competitivas dentro del mercado, ya que esto puede resultar en un factor diferenciador que permita a los clientes tener una mayor satisfacción con el servicio prestado y que se sientan seguros de que la inversión en vivienda puede ser una oportunidad importante para ellos.

Evaluar la viabilidad de Implementar una tecnología 4.0 que permita mejorar y generar valor añadido, dentro de alguno de los procesos del área de abastecimiento, de una empresa del sector constructivo en Colombia.

Dentro del análisis de las diferentes tecnologías que pueden generar un impacto positivo de los procesos de abastecimiento en las empresas del sector constructivo, se puede llegar a determinar cuál de estas herramientas puede utilizarse en la operación, de allí va a ser importante también identificar qué tecnología tiene un uso amigable para poder implementarla, ya que hay unas tecnologías más complejas que otras y así mismo requiere invertir un mayor capital para su ejecución e implementación.

En ese orden de ideas, lo que se va a hacer para el desarrollo de este objetivo, es realizar un análisis de costos que permita concluir cuál es la viabilidad de la implementación de esta herramienta, así como la rentabilidad y el tiempo de retorno de la inversión.

5. ESTUDIO ESPECIFICO DE EMPRESAS

A diferencia de otros sectores, el sector construcción no cuenta con un amplio desarrollo en métodos eficientes para el manejo de la información, por lo que son pocas las empresas que invierten parte de su capital, en transformación digital y en tecnología.

Esto, puede deberse a que no existen muchas herramientas en el mercado que permitan pronosticar el consumo de los insumos y materiales requeridos para el sector constructivo, como si existe en otro tipo de mercados, como el de alimentos o el retail.

En ese orden de ideas, es importante reconocer que para una constructora sería importante usar tecnologías que permitan mejorar el manejo y la administración de la información, permitiendo así, generar un proceso de planeación del abastecimiento adecuado, que permita a los proyectos constructivos financiarse adecuadamente, sin incurrir en sobrecostos o gastos innecesarios, mediante el manejo de un listado de precios competitivos del mercado y la minimización de los costos.

Ahora bien, existen compañías reconocidas a nivel mundial que se caracterizan por usar herramientas tecnológicas para gestionar su cadena de suministro, mediante una planeación del abastecimiento, que se lleva por medio de pronósticos, políticas de inventario y una planificación de requisitos de materiales (MRP).

Empresas como Amazon inc., que utiliza Data-Driven analytics, para planificar la logística y pronosticar en tiempo real los despachos, ha logrado reducir los costos logísticos, lo cual genera un rubro importante en la operación.

También, el uso del internet de las cosas permite una avanzada automatización de la cadena de suministro y las herramientas de comunicación, permiten controlar en tiempo real los niveles de inventario, para planear las necesidades de los consumidores y actuar incluso con antelación de las constructoras sin la necesidad de tener información de ordenes (McKinsey, 2017, como se citó en Aguirre, 2019).

Para aterrizar estos ejemplos y enfocarlos al sector de la construcción, existen empresas como:

5.1 CEMEX COLOMBIA

Es una de las cementeras más grandes de Colombia y cumple un papel importante dentro del sector, ya que abarca una gran parte del mercado de cemento, concreto premezclado, agregados, entre otros. (Cemex Colombia, 2023)

Debido al tamaño de su operación logística, Cemex ha tenido que llevar la gestión de la cadena de suministro a otro nivel, mejorando la coordinación y la comunicación entre todas las partes de la cadena de valor, garantizando al mismo tiempo calidad y rentabilidad para los proyectos de construcción.

Ahora bien, desde el punto de vista de Cemex y la información adquirida por el equipo de analistas de la compañía, “SCM (supply chain management) es una de las áreas de mayor oportunidad en la construcción, ya que se destaca como una en las que menos se invierte en la industria”. (Cemex ventures, 2023)

Así mismo, Cemex menciona que:

“Uno de los principales problemas que se presenta en la cadena de suministro de las empresas del sector constructivo, son la interdependencia de cada área, la falta de un modelo SCM probado o estandarizado para el sector y, por supuesto, la falta de integración y colaboración entre todas las partes involucradas.

Los cambios de diseño, los cálculos inexactos y la falta de confianza entre las partes involucradas también son un obstáculo para la implementación efectiva de SCM. La pobre calidad de los materiales y equipos, la formación inadecuada de subcontratistas y trabajadores, y la constante variabilidad de los trabajadores y proveedores entre proyectos son otros de los desafíos. Además, no existen herramientas para medir de manera eficiente el desempeño de todos en un proyecto”. (Cemex ventures, 2023)

Como se evidencia, estas problemáticas son las que afectan directamente los tiempos de ejecución de la cadena de suministro, por lo que Cemex adoptó tecnologías para mejorar la eficiencia de sus procesos, promoviendo la innovación del sector. Ya que, por ejemplo, en las obras de construcción, la correcta gestión de la cadena de suministro depende de una planificación estratégica eficaz en el manejo de los contratistas para obtener un servicio de calidad, contando con los recursos adecuados para poder construir, encargar y entregar el proyecto bajo los tiempos estipulados y cumpliendo con los requisitos del cliente.

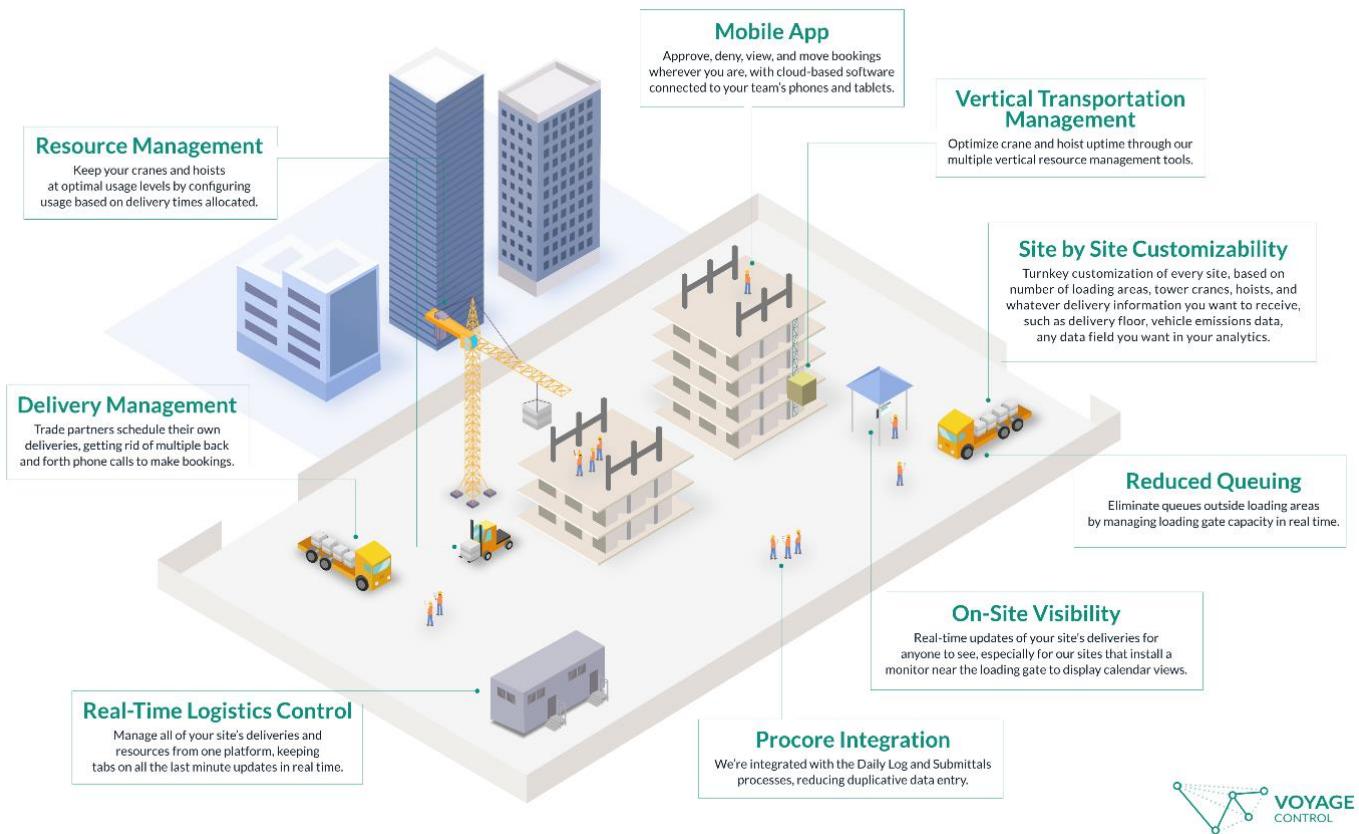
Con base en esto, Cemex integró una tecnología llamada Voyage Control, este es un software que se habilita en cada una de las obras, y actúa como un punto de acceso, en el que se manejan las entradas, salidas de almacén, niveles de stock, solicitudes de materiales, materia prima, insumos, maquinaria y mano de obra. así como también, sirve de soporte para aplicaciones de pago y manejo de facturación dentro de cada uno de los proyectos. Por lo que, permite realizar un seguimiento en tiempo real de toda la operación que se realiza en cada uno de los proyectos.

Ahora bien, para el caso de las viviendas VIS, este software es de gran ayuda, ya que este tipo de proyectos demanda un tiempo de entrega menor a otros que sean más complejos, como los proyectos de viviendas NO VIS, esto debido a que, las necesidades de los clientes de viviendas VIS, son diferentes y el alcance no es tan amplio, ya que muchas de estas obras de vivienda VIS no cuentan con zona de parqueaderos, club house, lagos, zonas recreativas, como canchas de tenis o de fútbol, entre otras comodidades que si se exigen en otros tipos de proyectos.

En ese orden de ideas, esta tecnología permite llevar un control más acertado de la operación, anticipándose a las novedades que puedan presentarse durante la ejecución, ya que se ha visto que las obras se ven retrasadas por problemas en los tiempos de suministro de materiales, o por falta de mano de obra, lo cual genera que no se cumplan con las fechas de entrega pactadas con los clientes. Así como también, hay actividades operativas como, por ejemplo, la generación de contratos y gestión documental, que muchas veces tarda más de lo esperado, lo cual conlleva a que los contratistas no puedan entrar a ejecutar las actividades hasta que el tema de la documentación este solucionado.

Imagen 1.

Beneficios de Voyace Control.



Nota. La imagen muestra los diferentes beneficios que aporta la herramienta Voyace Control, evidenciando el alcance en los diferentes procesos que se manejan en un proceso productivo. Tomado de Voyace Control, 2022, <https://voyagecontrol.com/>

Como se evidencia en la **imagen 1**. Los beneficios que tiene esta herramienta son los siguientes:

1. **Gestión de recursos:** permite optimizar el tiempo de uso de las grúas y los montacargas, programando los tiempos de uso, de acuerdo con las necesidades que se presenten en la obra, ya sea con los horarios de entrega de material para la movilización de este o el cronograma de ejecución de actividades. También cuenta con diferentes herramientas de gestión de recursos verticales para reducción de tiempos en el transporte de carga.
2. **Gestión de entrega:** los proveedores gestionan sus entregas por medio de esta plataforma, evitando incurrir en múltiples llamadas al equipo de la obra o correos electrónicos, que tal vez no vayan a ser revisados oportunamente.

3. **Control logístico en tiempo real:** cuenta con información en tiempo real del estado de los despachos de todas las entregas de material y pedidos generados por parte de la obra, controlando todas las novedades que se puedan presentar.
4. **Integración Procore:** Procore es otro software que también se utiliza para medir los resultados de los diferentes procesos que se llevan en el proyecto, por lo que la plataforma Voyage control tiene la capacidad de integrarse con este software para evitar duplicación de la información.
5. **Visibilidad en sitio:** instalación de monitores en sitio que son utilizados por el almacenista u operario encargado de hacer seguimiento a las entregas, con el fin de evidenciar las fechas calendario, que están dispuestas para estos despachos y las actualizaciones en tiempo real de los mismos.
6. **Reducción de Colas:** gestiona los horarios y cantidades de material que pueden ser recibidos en la obra, para evitar devoluciones por capacidades o sobrecostos por el stand by de los vehículos.
7. **Personalización sitio por sitio:** permite personalizar la información de cualquier proceso dentro del proyecto, en función del número de áreas de carga, torre grúas, montacargas, pisos construidos por torre, datos de emisiones, o cualquier campo que se desee analizar.

Como se evidencia, el alcance que tiene esta herramienta es muy amplio, por lo que puede servir como una solución a diferentes problemas que se presentan en los proyectos de viviendas VIS, ya que según (Erazo Toscano & Velazques Cuestas, 2021):

“Los problemas en las obras pueden ser por falta de claridad en los procesos de planeación cuyo origen específico puede radicar en: la falta de caracterización del uso del suelo, la carencia en la elaboración de los presupuestos, o los retrasos en el cumplimiento de los compromisos de la gestión social y ambiental del proyecto, retrasos en la adquisición de predios, falta de coordinación entre las partes interesadas, deficiencia de gestión social, distorsión en las labores de interventoría, entre otros”. (p. 9)

Por lo que, en este caso, la implementación de esta herramienta permite centralizar toda la operación en una plataforma donde se lleva el seguimiento de diferentes procesos como la administración de recursos e inventarios, tiempos de entrega de despachos, reducción de tiempos muertos en el proceso, visualización en tiempo real del proceso constructivo, entre otros.

En ese orden de ideas, este avance tecnológico permite solucionar gran parte de los problemas que se presentan en las obras de los proyectos de construcción VIS.

De la misma forma, según Cemex ventures (2023)

“Las empresas que utilizan esta plataforma van más allá de las obras de construcción por sí solas. También cuentan con clientes en puertos, eventos y administración de instalaciones. Más de 100,000 empresas han utilizado su plataforma para ahorrar tiempo en sus procesos, acumulando más de cuatro millones de entregas en Europa, América del Norte y Asia Pacífico”.

Adicionalmente, Cemex utiliza esta y otras tecnologías como lo son LINKX, que es un software logístico basado en la nube, que se utiliza para el seguimiento de las entregas de mercancías, este funciona por medio de GPS en donde se visualiza toda la flota de entregas tanto propias como de terceros. Este software, tiene la capacidad de visualizar y monitorear en tiempo real, el estado de cada uno de los pedidos, manteniendo a la obra informada del estatus y el tiempo de entrega de estos. También, cuenta con un sistema de alertas que permite notificar a la obra, en caso de que se presenta alguna novedad con la flota, solucionando contingencias antes de generar una afectación a los clientes. Así mismo, genera indicadores en tiempo real, como por ejemplo el OTIF (indicador de rendimiento que mide la eficacia del servicio logístico de una compañía).

Este software, también tiene la ventaja de que toda la gestión documental relacionada a las entregas se maneja de forma digital por medio de códigos QR, donde los clientes pueden firmar con sus equipos móviles y tan pronto como se entrega el pedido, se genera un archivo con toda la evidencia y la trazabilidad del despacho. Luego de esto, toda la información queda almacenada en la nube, lo cual permite que el proceso de

facturación sea más rápido, ya que se facilita el acceso a la documentación para que sea compartida al cliente (Linkx, 2021).

Por último, la información que alimenta este software se procesa dentro de la plataforma para generar informes en tiempo real, con indicadores de gestión que permiten evaluar la eficiencia del proceso logístico ayudando así a la toma de decisiones para el mejoramiento continuo de los procesos.

Esta plataforma se puede integrar a otras tecnologías, como por ejemplo a la ya mencionada voyage control, lo cual permite que cada obra o proyecto tenga toda la información requerida para asegurar que la operación sea eficiente y medible.

De la misma forma, Cemex cuenta con otra herramienta interesante, denominada GoFor. Esta funciona mediante una plataforma que permite a los directores de obra, realizar un continuo seguimiento a los despachos de mercancía, materiales e insumos, desde sus equipos móviles, a través de una APP.

Desde allí se pueden solicitar pedidos de materiales y se puede realizar toda la gestión de requerimientos de una manera fácil y rápida. así mismo, también se puede obtener la información de cualquier pedido, algo muy parecido a lo que ofrece la plataforma LINKX, pero con la diferencia de que esta es una APP para teléfonos móviles que almacena toda esta información y puede ser consultada por el personal encargado, ya sea el director o el almacenista que administra el inventario del proyecto.

Este tipo de implementaciones, son las que han generado que esta compañía sea una de las más competitivas del mercado, demostrando que la inversión en transformación tecnológica y herramientas innovadoras permite mejorar el desarrollo de sus operaciones, teniendo información valiosa que aporta a mejorar el servicio prestado a sus clientes.

5.2 CONSTRUCTORA PRODESA Y CIA S.A

Prodesa es una constructora que lleva más de 30 años en el mercado, y es líder en la implementación de estrategias 100% digitales, las cuales han mejorado y agilizado la experiencia de sus clientes y la productividad, tanto del equipo de trabajo como de sus colaboradores.

Ahora bien, debido a la contingencia provocada por la pandemia, esta compañía tuvo que incursionar en nuevas metodologías para adaptarse a las tendencias del sector, donde se evidenciaba que aquellos que no podían transformar digitalmente su negocio, corrían el riesgo de no sobrevivir a las exigencias del mercado, por lo que fue necesario buscar nuevas estrategias y cambiar la forma de gestionar sus operaciones.

Por esta razón, Prodesa tuvo que estructurar un plan de transformación tecnológica, implementando tecnologías como BIM (Building Information Modeling), para optimizar los flujos de trabajo y disminuir los tiempos para la realización de la planimetría y los diseños de los nuevos proyectos. Así como también, incursiono en otras maneras de acercarse a los clientes por medio de sistemas de realidad virtual para digitalizar las salas de ventas y ofrecerles un mejor servicio.

Así mismo, cuando se evidencio que la situación del sector no era la mejor y que era necesario buscar nuevas alternativas para reducir el impacto negativo que se venía generando, inicialmente por la contingencia sanitaria provocada por la pandemia, y posteriormente los temas políticos y económicos que significaron la disminución en las ventas de viviendas en el país, los cuales ya se mencionaron anteriormente.

Prodesa, tomo la decisión de realizar una auditoría interna para evaluar sus procesos y ver qué posibilidades de mejora se podían realizar para evitar un impacto importante en su operación.

Durante este proceso, se evidenció que era necesario contar con un área de abastecimiento, estructurada y estandarizada, que permitiera centralizar los procesos y buscar una operatividad eficiente y rentable.

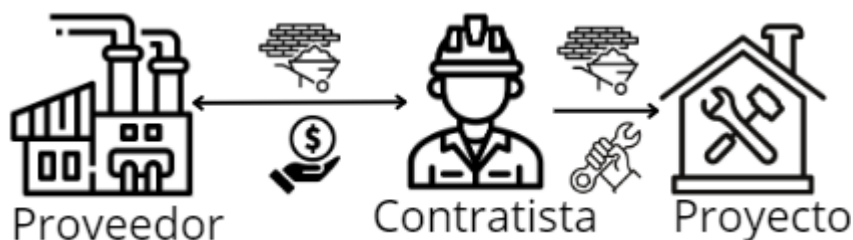
Esto se dio, debido a que, durante la evaluación y auditoria que se realizó a los procesos, se hizo un especial énfasis en la gestión administrativa de las obras, ya que, en ese entonces, las actividades se contrataban a todo costo. Es decir, los contratistas eran los responsables de comprar y contratar el material, la mano de obra y suministrar los insumos requeridos para realizar las diferentes labores del proceso constructivo. En otras palabras, el proceso de contratación se tercerizaba en un 70 -80%, donde lo único que se suministraba por parte de Prodesa, eran los bienes esenciales, como lo son, el concreto, el acero, el ladrillo, los pisos cerámicos, entre otros.

Con esto se puede decir que, básicamente la contratación para la ejecución de estas actividades incluye tanto el suministro como la instalación, donde el contratista es responsable de comprar todo lo que requiera, y se hará cargo en caso de que se presente algún problema tanto por la calidad de los insumos suministrados como los tiempos de entrega de los materiales. Así como también es responsable de cumplir con los tiempos de ejecución de las actividades en la obra según el cronograma.

Tal como se muestra en la **imagen 2**, el contratista se encarga de pagarle al proveedor por el despacho de los materiales, y luego este se encarga de suministrarlos al proyecto para la ejecución de las actividades, actuando como intermediario en la cadena de suministro entre el proveedor y el requerimiento de la obra, lo cual va a generar que el costo de los materiales sea más alto, teniendo en cuenta que entre más intermediarios existan en la cadena de suministro mayor va a ser el costo final.

Imagen 2.

Contratación todo costo



Nota. La imagen muestra los diferentes actores dentro de la cadena de suministro en una contratación todo costo, donde el contratista es el directo responsable tanto del suministro como de la ejecución de las actividades. Elaboración propia.

Entendiendo este modelo de negocio, se puede evidenciar que el suministro de estos materiales es más costoso si se realiza por intermedio del contratista y no directamente con el proveedor, por lo que al finalizar el ejercicio se pudo determinar que los sobrecostos que se generaban eran muy altos, ya que había un margen de ganancia para el contratista, tanto por la ejecución de las actividades de mano de obra, como por el suministro de los materiales, equipos y maquinaria.

Por esta razón, fue necesario pensar en centralizar la operación por intermedio de un área de abastecimiento, en donde se llevarán a cabo todas estas negociaciones y se efectuarán directamente con el proveedor, sin intermediarios en la cadena de suministro.

De este modo, se podrían gestionar negociaciones a nivel marco, contratando todo el material requerido, no solo para un proyecto sino para varios proyectos al mismo tiempo, lo cual iba a generar una disminución en el costo de los suministros y los materiales, ya que, al comprar el material y la maquinaria a un nivel marco, los precios iban a ser más competitivos y el margen de ganancia iba a ser mayor. Eliminando así el porcentaje de utilidad que obtenían anteriormente los contratistas por realizar esta gestión.

En ese orden de ideas, la rentabilidad para este tipo de proyectos debería tender a aumentar, bajo este nuevo modelo de contratación, lo cual representaría una ventaja competitiva en el mercado, teniendo en cuenta que los precios de las viviendas VIS podrían mejorar, siendo más exequibles para los clientes, ya que, como se mencionaba anteriormente, la mayor participación en la venta de vivienda del sector, la compone la vivienda VIS, por las razones explicadas anteriormente.

Debido a esto, desde ese entonces la compañía, buscó la forma de estructurar un área de abastecimiento, que pudiera operar de manera eficiente y que le permitiera disminuir los costos operativos, apoyándose en la tecnología, ya que muchos de los procesos que se llevan dentro de esta área son muy operativos y generar un gran desgaste para el equipo de trabajo.

Teniendo en cuenta que una de las mayores problemáticas presentadas en el área de abastecimiento, corresponde inicialmente a la burocratización de sus procesos, generada por la implicación que tienen las decisiones que se toman en cada una de las fases de la operación, ya que de esto depende la rentabilidad de los proyectos y por ende la utilidad de la compañía.

De la misma forma, también debe haber una transparencia en los procesos de licitación, donde todas las áreas involucradas deben estar de acuerdo con el contratista escogido y los responsables de cada área deben dar su visto bueno para que el proceso cumpla su flujo regular.

Para poner un ejemplo, uno de los procesos más importantes en la operación de una constructora, es el proceso de contratación para proyectos de viviendas VIS, ya que se debe realizar una licitación para escoger al proveedor o contratista que va a ejecutar alguna de las actividades requeridas en el proyecto, por lo que todo comienza mediante la generación de un requerimiento por parte de la obra, y luego de eso se genera una licitación, la cual va a pasar por un comité donde se tiene que aprobar al proveedor o contratista más competitivo del mercado y que cumpla con las capacidades y las exigencias necesarias para ejecutar las actividades en la obra, según el alcance de cada una de estas.

Finalmente, se comienza el proceso de contratación que debe pasar por manos de diferentes áreas, las cuales dan su visto bueno para que se apruebe la documentación.

El proceso funciona de la siguiente manera:

Imagen 3.

Proceso de contratación



Nota. La imagen muestra el proceso de contratación desde el momento en que el equipo de construcciones genera el requerimiento correspondiente, hasta que se ejecutan las actividades y se hace el respectivo seguimiento. Elaboración propia.

Como se puede evidenciar, el proceso pasa por diferentes aprobaciones para que una actividad se pueda ejecutar en la obra, esto puede tardar aproximadamente dos meses, dependiendo también del lead time de cada uno de los proveedores y contratistas.

En ese orden de ideas, la problemática que se genera para el área de abastecimiento es la demora en este tipo de procesos, por lo que una solución que desarrollo la compañía fue utilizar herramientas tecnológicas que permitieran agilizar el proceso y sistematizarlo, como por ejemplo Power Apps. Esta plataforma, se utiliza mediante un entorno de desarrollo, que permite crear aplicaciones para empresas de manera rápida sin tener que acudir a otros programas de desarrollo que tienen un lenguaje de programación más complejo, esto, debido a que Power Apps trabaja con un principio de desarrollo low-code (es decir que no requiere un código de escritura como tal) por

lo que no es necesario que el usuario cuente con una experiencia importante en temas de programación o informática.

Mediante esta plataforma se pueden generar aplicaciones personalizadas, según los requerimientos de cada empresa, sin necesidad de invertir un capital importante en un equipo de programadores especializados, sino por el contrario, se requiere a una persona que cuente con el conocimiento suficiente en el manejo de esta aplicación y que tenga la capacidad de conectar las bases de datos a otras herramientas como SQL server, Sharepoint, Dynamic 365, etc (Microsoft, 2023).

En este caso, mediante esta herramienta, lo que se busco fue la digitalización del proceso de contrataciones, que como se mencionaba anteriormente, ya que este proceso demanda mucho tiempo y es un desgaste para cada uno de los equipos de trabajo. Sin mencionar que la trazabilidad de la información no es la mejor, ya que este proceso se realizaba de forma manual y bajo diferentes archivos en Excel que se guardan en carpetas que se encuentran en la nube, pero muchas veces el acceso a la información es complicado y el orden de esta no es el esperado.

De este modo, por medio de la plataforma PowerApps se logró sistematizar y digitalizar este proceso, llevando la trazabilidad de las contrataciones por intermedio de esta aplicación, contando con una base de datos robusta donde se guarda la información de las licitaciones aprobadas y la documentación correspondiente.

De esta manera fue posible agilizar los tiempos de la operación, con el fin de llegar a las fechas de entrega a los clientes, cumpliendo con los cronogramas de ejecución de actividades del proyecto, que como se mencionaba anteriormente, en el caso de viviendas VIS los tiempos son reducidos y cualquier retraso en la operación puede implicar un incumplimiento importante en las fechas de entrega, pactadas con los clientes.

Adicionalmente, debido a la operación de Prodesa y a la gran cantidad de información que se maneja en sus bases de datos, la compañía se vio en la obligación de implementar Big data para la administración de los datos de manera ágil y efectiva, ya que estos datos son de utilidad para la generación de informes de KPIS y para los

cuadros de mando que se requieren para medir la eficiencia de los procesos de la compañía asegurando los tiempos de entrega y las fechas de necesidad de los proyectos.

Así mismo, para el tema documental, se implementó una herramienta como Docusing, la cual permite realizar las firmas de los documentos de manera digital y ayuda a disminuir los tiempos de la operación.

Ahora bien, si se realiza un análisis de la operatividad de la compañía antes de implementar estas mejoras en los procesos frente a la situación actual, se puede decir que por ejemplo en el proceso de contratación que se mencionaba anteriormente, los tiempos de ejecución de todo el proceso ha disminuido de la siguiente manera:

Tabla 3.

Diferencias estado anterior vs estado actual.

Proceso	Área encargada	Tiempo requerido antes (días)	Tiempo requerido ahora (días)	Diferencia (días)	Mejora
Generación de requerimientos	Construcciones	7	4	3	Implementación de la APP
Licitación / Negociación	Abastecimiento	20	15	5	Base datos proveedores
Selección proveedor	Abastecimiento	1	1	0	Implementación de la APP
Aprobación proveedor	Todas	1	1	0	Implementación de la APP
Aprobación de presupuesto	Contraloría	3	3	0	Ninguna
Montaje/formalización contratos	Abastecimiento	15	10	5	Firma digital - Docusing
Seguimiento contratista	Abastecimiento	3	1	2	Implementación de la APP
TOTAL		15			

Nota. La tabla muestra los tiempos promedio que se debían invertir en cada uno de los procesos para la contratación, donde gracias a las implementaciones tecnológicas se han podido disminuir. Elaboración propia

Como se evidencia en la tabla anterior, estas implementaciones permitieron automatizar los procesos generando una disminución del 30% en el tiempo de

ejecución de estas actividades, lo cual permite que los tiempos de la operación mejoren, adicionando que la trazabilidad y confidencialidad de la información también es muy importante en esta operación debido a que se debe realizar un debido seguimiento al rendimiento de los diferentes proveedores y contratistas, así como también se debe hacer una correcta gestión en la formalización oportuna de los contratos, ya que como se mencionaba anteriormente, de esto depende que los contratistas y proveedores puedan entrar con el material, los equipos y la mano de obra a los proyectos. De igual manera, esta información también permite generar informes con KPIS para la toma de decisiones en el proceso.

5.3 MATRIZ DOFA.

El objetivo de la realización de esta matriz DOFA, es evaluar las diferentes alternativas que se tienen en el mercado, para identificar la herramienta más competitiva, así como la viabilidad de su implementación para dar solución a los diferentes problemas que se presentan, dentro de la cadena de suministro de una empresa del sector constructivo en Colombia.

Tabla 4.

Matriz DOFA, tecnologías que se pueden utilizar en el área de abastecimiento del sector de la construcción en Colombia.

Estrategia	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
PowerApp	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dependencia de las licencias de Microsoft. ▪ Involucra costos por manejo de bases de datos y licencias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carencia de seguridad en la información. ▪ Imposibilidad de Integración con otros sistemas de información. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil implementación y desarrollo (Low Code). ▪ Fácil adaptación a las necesidades de la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de proveedor informático. ▪ Disminución de la inversión en tecnología. ▪ Rotación de personal.
Voyage Control	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto costo de implementación. ▪ Poco desarrollo en Colombia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere personal especializado en el manejo de la herramienta. ▪ Seguridad de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integración con diferentes plataformas. ▪ Amplia aplicabilidad en el sector de la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo capital para invertir en las licencias ▪ Regulaciones informáticas del país.

			<ul style="list-style-type: none"> Reducción de costos operativos 	<ul style="list-style-type: none"> Rotación del personal.
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> Costos de las bases de datos. Requiere experiencia en manejo de bases de datos por parte de los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad y cantidad de los datos de almacenamiento Capacitación del personal. Seguridad en la información. 	<ul style="list-style-type: none"> Útil para la generación de informes. Facilidad de acceso a la información. Integración con otros sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> Capital reducido para la inversión. Políticas de desarrollo de la compañía. Competencia de la industria.
Docusing	<ul style="list-style-type: none"> Costos de las licencias. Imposibilidad de generar informes 	<ul style="list-style-type: none"> Acceso a la información. Pocas alternativas en el mercado. Integración con otros sistemas utilizados en el sector 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora los tiempos de la gestión documental. No requiere un amplio conocimiento en el manejo de la plataforma 	<ul style="list-style-type: none"> Bajo capital para invertir en las licencias Regulaciones informáticas del país.
Linkx	<ul style="list-style-type: none"> Costo de las licencias. Requiere inversión en capacitación al personal 	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad de la información. Tiempos en la implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la eficiencia operativa Fácil acceso a la información. Generación de informe KPIS Plataforma de uso amigable para el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> Bajo capital para invertir en las licencias Regulaciones informáticas del país.
BIM	<ul style="list-style-type: none"> Costo en la inversión. Costos en capacitación. Requiere capacidad informática y personal especializado 	<ul style="list-style-type: none"> Pocas alternativas en el mercado. Tiempos en la implementación Seguridad en la información 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil acceso a la información. Facilidad en la gestión de proyectos. Reducción de costos, errores y tiempos de entrega 	<ul style="list-style-type: none"> Bajo nivel de inversión en tecnología. Regulaciones informáticas del país
GoFor	<ul style="list-style-type: none"> Se cuenta con diferentes alternativas en el mercado. Costos de la implementación. Poco desarrollo en Colombia. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicabilidad en el área de abastecimiento para el sector constructivo. Alcance y usos de la plataforma limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> Integración con otros sistemas. Fácil acceso a la información. Plataforma de uso amigable para el usuario. Generación de informes KPIS 	<ul style="list-style-type: none"> Bajo nivel de inversión en tecnología. Regulaciones informáticas del país.

Nota. La tabla evidencia las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que se pueden tener por la implementación de cada una de las tecnologías expuestas a lo largo del trabajo. Elaboración propia.

Como se evidencia en la matriz DOFA, la mayoría de estas herramientas tiene una oportunidad de mejora en el tema de la seguridad informativa, ya que la información y las transacciones que se manejan en este tipo de plataformas es confidencial y delicada en muchos casos, por lo que es necesario buscar un entorno de desarrollo seguro que evite algún ataque a las bases de datos de la compañía.

En ese orden de ideas, con el fin de promover el uso de nuevas tecnologías y no obstaculizar el desarrollo e implementación de estas herramientas, por los temas de seguridad que se mencionan anteriormente, se podría pensar y proponer otra opción que en los últimos años ha tomado mucha fuerza en el ámbito tecnológico empresarial y es un sistema que no se había mencionado anteriormente en este trabajo, debido a que son pocas las compañías del sector que hacen uso de esta tecnología.

La herramienta en mención se denomina como Blockchain. Esta tecnología, actúa como una cadena de bloques que contienen toda la información de las transacciones generadas en las diferentes aplicaciones o software de la compañía y asegura que ninguno de estos datos sea alterados ni administrados por un tercero, lo cual genera que el manejo de la información sea descentralizado y encriptado, logrando así que todas las transacciones sean transparentes, seguras y verificables para todos los usuarios. (Binance academy, 2023)

Ahora bien, con esto, se puede concluir que una tecnología como el blockchain puede ser un gran complemento para las herramientas analizadas anteriormente en la matriz DOFA, asegurando el manejo y la administración de la información de tal forma que los datos almacenados y las transacciones realizadas por intermedio de estas plataformas, sean totalmente seguras, sin afectar en ningún momento a la operación de la empresa. Esto se puede validar, teniendo en cuenta que este es el mismo manejo que se le da a las transacciones con criptomonedas, en donde claramente se trabaja bajo un entorno totalmente seguro y es muy complicado que un tercero pueda alterar o eliminar la información que se maneja dentro de estos ambientes de desarrollo.

5.4 MATRIZ DE DECISIONES

Según Martins (2023):

“Una matriz de decisiones es una herramienta para evaluar y elegir la mejor opción entre diferentes alternativas. Es una herramienta particularmente útil para cuando tienes que decidir entre más de una opción y hay varios factores que necesitas considerar para tomar la decisión final”.

Con base en este concepto, se puede decir que esta matriz será de gran ayuda para seleccionar la mejor alternativa, de la herramienta a implementar en una empresa del sector constructivo, que quiera mejorar los procesos del área de abastecimiento.

De esa manera, teniendo en cuenta el análisis que se obtuvo de la matriz DOFA, hay 5 factores importantes que se deben tener en cuenta en la selección de la herramienta, los cuales son:

1. Costo (licencias e implementación)
2. Integración con otros sistemas.
3. Seguridad informática (confidencialidad de los datos).
4. Aplicabilidad en el área de abastecimiento (sector de la construcción).
5. Facilidad de manejo y generación de informes gerenciales

A partir de estos parámetros se tiene obtiene la siguiente matriz:

Tabla 5.

Matriz de decisión de tecnologías aplicables al área de abastecimiento en el sector de la construcción.

Herramienta	Costo	Integración	Seguridad	Aplicabilidad	Facilidad	Score
	5	3	5	4	2	
PowerApps	4	3	2	5	5	69
Voyage control	2	5	3	5	5	70
Big Data	4	5	4	4	2	75

Docusing	3	2	4	4	5	67
Linkx	3	4	3	4	5	68
BIM	2	2	4	2	3	50
GoFor	3	4	3	2	4	58
BlockChain	2	5	5	4	2	70

Nota. La tabla muestra los diferentes scores, respecto al impacto que tiene la implementación de las diferentes herramientas, dentro del área de abastecimiento, en empresas del sector construcción. Elaboración propia.

Como se evidencia en la **tabla 5**. Para determinar cuál de estas alternativas genera un mayor impacto dentro de los procesos de abastecimiento de las empresas del sector constructivo en Colombia, se tuvo en cuenta una escala de valoración de 1 a 5, donde 1 es el impacto más bajo y 5 el más alto, teniendo en cuenta cada uno de los factores mencionados anteriormente (costo, integración, seguridad, aplicabilidad y facilidad).

En ese orden de ideas, para realizar el cálculo correspondiente se hizo una valoración de cada una de las herramientas frente a los factores mencionados anteriormente, esto con el fin de realizar una sumatoria y llegar a un score aproximado, entendiendo que, entre mayor score mayor es el impacto de la herramienta tecnológica.

Así mismo, cada uno de estos factores, tiene un peso específico. Por ejemplo, lo que es el costo y la seguridad informática, representan un valor importante en cuanto a la toma de decisiones y la determinación de la viabilidad que tiene la herramienta para ser implementada en una compañía, ya que si esta tiene un costo muy elevado y la seguridad de la información no es confiable, no va a generar ningún valor para la compañía y de esta manera va a ser descartada.

Por esa razón, se le dio una ponderación a cada uno de los factores, en una escala de 1 a 5, donde 5 es el peso más importante y 1 es el de menos importancia.

Finalmente, para el cálculo del score se realizó una multiplicación entre cada una de las valoraciones y las ponderaciones de cada herramienta, llegando a una sumatoria final, que da como resultado un score, el cual representa la factibilidad para la implementación de estas herramientas.

Como se puede evidenciar en la **tabla 5**. La herramienta tecnológica con mayor impacto en los procesos de abastecimiento, es el Big data, lo cual tiene mucho sentido, ya que como se ha mencionado en capítulos anteriores de este trabajo, la generación de informes de gestión con indicadores KPIS y cuadros de mando, son de vital importancia para el desarrollo operacional de una compañía, ya que si no es posible medir la eficiencia de un proceso, este va a quedar obsoleto en el tiempo, debido a que el mercado está en continua evolución, y los procesos tienden a mejorar.

Para poner un ejemplo, en la época de la pandemia quedó un gran aprendizaje para la mayoría de empresas, no solo en Colombia sino a nivel mundial, debido a que se vio la necesidad de promover el uso asertivo de la información de tal manera que cualquier eventualidad no genere un impacto importante en la operación de una compañía, donde es necesario entender cuáles son las diferentes alternativas que se pueden ejecutar para reducir los impactos que puedan ser producto de diferentes fenómenos tanto económicos como sociales, como los que se vienen presentando últimamente en el sector constructivos y en general en los diferentes mercados, derivados de distintos problemas que no son controlables por las compañías.

Con esto, se puede pensar que el Big data puede proporcionar una gran solución a esta problemática, teniendo la ventaja de que se puede integrar a cualquier tecnología, además que en el mercado existen muchas alternativas con diferentes enfoques dependiendo del sistema de información que maneje la compañía, ya que por ejemplo existen diferentes plataformas que se pueden utilizar desde la nube (infraestructura, plataformas o sistemas alojadas en internet), como, Microsoft Azure, Amazon Web services y Google Cloud, que son las más reconocidas del mercado, debido a la gran variedad de aplicaciones que manejan, ya que cada una de estas plataformas contiene diferentes complementos que permiten administrar bases de datos y presentarlos a manera de informes con el resumen de toda la información.

Esto permite que las personas responsables de la operación puedan tener un fácil acceso a la información y sepan administrar de la mejor manera los recursos, así como, también permite la toma de decisiones para el mejoramiento continuo de los procesos que se logra llevar a través de indicadores KPIS de cumplimiento y los cuadros de mando que se mencionan anteriormente.

6. PRESUPUESTO

Para determinar la viabilidad financiera de esta implementación, se deben generar ciertos indicadores financieros que permitan evaluar la rentabilidad del proyecto que se va a desarrollar, en este caso, como se mencionó en el capítulo anterior, la herramienta que genera un mayor impacto es el Big data, por lo que el propósito es implementar esta herramienta en alguno de los procesos de la compañía

Para lograr esto, inicialmente se requiere realizar un plan de estimación de costes, con el fin de tener una estimación de los recursos que se requieren para ejecutar estas actividades.

Básicamente para la implementación de un software, se tienen los siguientes gastos:

Tabla 6.

Gastos asociados a la implementación de una nueva tecnología de Big data.

Actividad	Descripción	Costo Estimado (USD)
Utilización de la herramienta	Valor por la utilización de la herramienta	24000
Ajustes/Instalación y configuración	Costo por contratar a una persona especialista en el sistema.	33000
Capacitación del personal/	Gastos por capacitar al personal frente al uso de la herramienta	18000
Escalabilidad	Gastos por alquilar más servidores	6900
Flexibilidad (opcional)	Valor de la compra de aplicaciones complementarias	50.000
Total (sin costo de flexibilidad)		81900

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que por lo general el tiempo de vida útil de un proyecto de tecnología es aproximadamente de 5 años y que el número de licencias que se van a

utilizar van a ser inicialmente 20, se contabilizaron los costos de la implementación, de la siguiente manera:

6.1 COSTO DE USO

- Costo mensual x licencia= 20 USD
- Número de usuarios= 20
- Costo mensual de las licencias = 20 USD X 20 usuarios = 400 USD
- Costo anual x el uso de las licencias = 4.800 USD
- Costo total de las licencias por 5 años = 24.000 USD

6.2 COSTO DE AJUSTES, INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN

De igual forma, para realizar algún tipo de ajuste, configuración o mejoramiento de la herramienta se va a contar con una persona especializada. Teniendo en cuenta que el salario mensual promedio en Colombia para un profesional de estas características es de 550 USD aproximadamente y contando con el tiempo de vida útil del proyecto que es de 5 años, daría como resultado que el costo total es de:

- Costo por año = 544 USD x 12 meses = 6528 USD
- Costo por el tiempo de vida útil del proyecto = 33000 USD

6.3 COSTO POR CAPACITACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para el desarrollo de las capacitaciones al personal y el mantenimiento de la herramienta se puede pensar en contratar a otra persona con un perfil más técnico que sirva como apoyo para no incurrir en gastos muy elevados, por lo que en promedio el salario puede estar en un rango de 300 USD, por lo que el costo total sería de:

- Costo por año = 300 USD x 12 meses = 3600 USD
- Costo por el tiempo de vida útil del proyecto = 18000 USD

6.4 COSTO POR ESCALABILIDAD

Teniendo en cuenta que los costos en promedio por el uso de bases de datos en la nube pueden variar dependiendo de la capacidad que se requiera, se puede pensar en el siguiente costeo:

- Costo por 1Tera de capacidad mensual = 115 USD
- Costo por un año de capacidad = 115 USD x 12 meses = 1380 USD.
- Costo por el tiempo de vida útil del proyecto = 6900 USD

Se debe aclarar que, este costo puede variar en caso de que se requiera mayor capacidad de almacenamiento, pero para tener un escenario inicial se podría pensar en un costo total de 6900 USD.

6.5 COSTO DE FLEXIBILIDAD

Por último, buscando una mejora y nuevos desarrollos del proceso, se puede pensar en integrar otras herramientas que aporten a la operación, como la ya mencionada blockchain, o de pronto contar con integraciones con otros sistemas de información.

Sin embargo, este es un costo opcional que se genera por otras necesidades de la compañía por lo que en este caso no se va a tener en cuenta para el análisis, pero si se tendrá como una referencia para posteriores implementaciones:

- Costo promedio por diseño y desarrollo = 50.000 USD.

Finalmente, con esta información se puede concluir que el costo final para la implementación de esta herramienta es de: De acuerdo con esta información se evidencia que el costo total de la implementación es de: **81900 USD**, es decir que este debería ser el presupuesto esperado para lograr llevar a cabo las actividades de la implementación de esta herramienta, durante todo el tiempo de vida útil de la misma.

7 RETORNO DE LA INVERSIÓN

Ahora bien, como se evidenció en los casos de estudio que se analizaron anteriormente, las empresas que invierten en tecnología pueden lograr una ventaja competitiva en el mercado, gracias a la eficiencia de sus procesos y al nivel de servicio que prestan a los clientes, logrado así un incremento en las ventas y una mayor rentabilidad en sus proyectos.

Ahora bien, bajo ese escenario y con el ánimo de recuperar la inversión realizada por la compañía, en cuanto a la implementación de nuevas herramientas tecnológicas, como se vio en la **Tabla 3. (ver tabla 3.)**, en la cual se evidencia que gracias al manejo de recursos tecnológicos como Power Apps, se logró disminuir, un 30% los tiempos de ejecución de las actividades en el proceso de contratación. De la misma manera, con ayuda del Big Data es posible optimizar los tiempos de la operación que se realiza en cada uno de los proyectos de construcción, ya que, gracias al seguimiento operativo, se pueden eliminar los retrasos que se pueden presentar en el abastecimiento de materiales como el acero, el concreto, tuberías, pisos cerámicos, ventanas, etc.

Tabla 7.

Estimado de costos relacionados a los atrasos en las obras.

Actividad contratada	Fecha inicio contrato	Fecha fin contrato	Costo total contratado por mano de obra (USD)	Costo por día de retraso (USD)	Costo por una semana de retraso (USD)
Estructura	30/03/2023	24/11/2023	147000	615	4305
Redes electricas	13/04/2023	24/12/2023	25500	100	700
Redes Hidrosanitarias	31/03/2023	19/12/2023	53000	202	1411
Ventaneria	10/06/2023	30/12/2023	10750	53	371
Pisos ceramicos	20/06/2023	30/12/2023	36300	188	1317
Total			272550	1158	8103

Nota. En la tabla representa una estimación de los costos que se pueden generar por los atrasos en las obras, los costos se obtuvieron de contratos de proyectos en ejecución. Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia en la **tabla 7**. Los costos generados por retrasos pueden presentarse bajo dos escenarios:

1. Escenario critico

El peor escenario que se puede presentar es que exista un retraso en 2 o más actividades críticas, como por ejemplo la instalación de la ventanería y los pisos cerámicos. Estas actividades se pueden realizar de manera simultánea para adelantar los tiempos del proyecto a diferencia de la estructura y las redes.

Para colocar un ejemplo, en el que las plantas de producción y fabricación pausan sus actividades por temas de cierre de año donde sus colaboradores salen a vacaciones provocando un cierre temporal de la operación. Se puede decir que bajo ese escenario se puede presentar un retraso de por lo menos dos o tres semanas en la entrega de materiales y suministros para el proyecto, mientras los proveedores retoman nuevamente sus actividades.

El impacto generado bajo este contexto corresponde a 5064 USD, teniendo en cuenta que:

- Retraso Ventanería + pisos cerámicos = $(371 + 1317) * 3 \text{ semanas} = 5064 \text{ USD}$.

2. Escenario estándar o promedio:

Ahora bien, el otro escenario que es más frecuente es aquel en el que se retrasa una sola actividad crítica de la obra, ya sea por algún problema presentado por temas logísticos del proveedor, o por alguna contingencia con las máquinas de la planta de fabricación, lo cual puede generar un impacto en los tiempos de despacho aumentando así el lead time del proveedor. Suponiendo que esto se presenta con el proveedor de tuberías y accesorios de PVC, necesarios para ejecutar la actividad de redes hidrosanitarias.

El impacto generado bajo este escenario depende de los márgenes que tenga el proveedor para solucionar este tipo de inconvenientes, pero para que sea comparable

con el escenario anterior, se puede suponer que el retraso es de 3 semanas, por lo que en ese caso el costo sería de 4233 USD, representados de la siguiente manera:

- Retraso redes hidrosanitarias = $1411 * 3 \text{ semanas} = 4233 \text{ USD}$

En ese orden de ideas, y suponiendo que este es el escenario para un solo proyecto y entendiendo que en Prodesa se ejecutan al año cerca de 22 proyectos constructivos aproximadamente, donde cada uno de ellos cuenta con diferentes etapas, habría que multiplicar el costo de ambos escenarios por un factor de incidencias que viene dado por la frecuencia en la ocurrencia de estas novedades a nivel mensual en la compañía, es decir que se tendría el siguiente resultado:

1. Escenario crítico:

El 60% de proyectos de Prodesa presentan novedades en el despacho de materiales por mes, lo cual quiere decir que:

- $22 \text{ proyectos} * 60\% = 13 \text{ proyectos}$ tienen novedades al mes.
- Costo en escenario crítico = $5064 \text{ USD} * 13 \text{ proyectos} = 65.000 \text{ USD}$
- Costo en escenario promedio = $4233 \text{ USD} * 13 \text{ proyectos} = 55029 \text{ USD}$

2. Escenario estándar o promedio

El 10% de proyectos de Prodesa presentan novedades en el despacho de materiales por mes, lo cual quiere decir que:

- $22 \text{ proyectos} * 10\% = 2 \text{ proyectos}$ tienen novedades al mes.
- Costo en escenario crítico = $5064 \text{ USD} * 2 \text{ proyectos} = 10.128 \text{ USD}$
- Costo en escenario promedio = $4233 \text{ USD} * 2 \text{ proyectos} = 8.466 \text{ USD}$.

En ese orden de ideas se puede decir que se espera tener un sobrecosto mensual de 8466 USD bajo el escenario promedio, lo cual está muy aterrizado a lo que es la realidad de la operación.

7.1 CALCULO DEL ROI

En definitiva, teniendo en cuenta los escenarios expuestos anteriormente es posible llegar a un estimado de los sobrecostos que se van a incurrir por el mal manejo de la operación que resulte en retrasos importantes para la obra, teniendo en cuenta que con la nueva implementación se van a optimizar los tiempos de despacho minimizando así las ocurrencias que se presentan, teniendo un ahorro importante en la eliminación de estos sobrecostos, por lo tanto, se puede calcular el ROI de la siguiente manera:

1. ROI en escenario promedio o estándar:

- Presupuesto = 81900USD.
- Ahorros en sobre costos = 8466 USD x mes
- ROI = 81900 USD / 8466 USD x mes = 9,67 meses.

2. ROI en escenario critico:

- Presupuesto = 81900 USD.
- Ahorro en sobrecostos = 65.000 USD x mes.
- ROI = 81900 USD / 65.000 USD x mes = 1,26 meses.

Del mismo modo, si se tiene en cuenta que la empresa podría requerir otras integraciones con otros sistemas en un futuro, se podría pensar en invertir en un costo de flexibilidad, el cual se mencionaba anteriormente que viene dado por las mejoras que se puedan aplicar a los sistemas, con el fin de mejorar la aplicabilidad que pueden tener para otros procesos, en ese orden de ideas el costo promedio por estas nuevas integraciones, como se mencionaba antes es de 50.000 USD.

De esta manera, se calcula nuevamente el ROI bajo este escenario el costo total de la implementación ascendería a los 131900 USD.

Con base en esto, el nuevo retorno de la inversión se calcularía de la siguiente manera:

3. ROI con las nuevas integraciones en escenario promedio o estándar:

- Presupuesto = 131900USD.
- Ahorros en sobre costos = 8466 USD x mes

- $ROI = 131900 \text{ USD} / 8466 \text{ USD} \times \text{mes} = 15,57 \text{ meses.}$

4. ROI con las nuevas integraciones en escenario crítico:

- Presupuesto = 131900 USD.
- Ahorro en sobrecostos = 65.000 USD x mes.
- $ROI = 131900 \text{ USD} / 65.000 \text{ USD} \times \text{mes} = 2,02 \text{ meses.}$

En conclusión, bajo el escenario más aterrizado a la realidad, el retorno de la inversión se daría aproximadamente en 15,57 meses, lo cual es un tiempo aceptable para recuperar la inversión con esta nueva implementación ya que los beneficios no solo vienen dados por los ahorros generados, sino también por la influencia que va a tener en el mejoramiento de otros procesos.

8. PROXIMOS PASOS.

Para futuras investigaciones en el tema de logística y la transformación digital en el sector construcción, donde uno de los grandes desafíos es incrementar la productividad mediante la mejora de sus procesos, sería importante indagar más en el desarrollo de nuevas tecnologías que no hayan sido implementadas en el mercado, ya que, como se ha visto en otros sectores se han logrado integrar otras tecnologías que cada vez tienen mayor repercusión gracias a las diferentes utilidades que se han podido obtener por el manejo de herramientas como los son la IA (inteligencia artificial), el IoT (internet de las cosas), o sistemas para el minado de datos, entre otras.

Indudablemente, cada una de estas herramientas tiene diferentes utilidades y se pueden adoptar de diferentes maneras en la operación, donde por ejemplo la IA permite recopilar una gran cantidad de datos los cuales se analizan y se procesan por medio de algoritmos que permiten sacar conclusiones y optarla por tomar la decisión óptima para cualquier proceso que se lleve a cabo dentro de la compañía.

En ese caso, si se lleva la teoría a la práctica, esta herramienta permitiría realizar procesos de licitaciones de una manera más ágil, identificando rápidamente cuales son los parámetros o requerimientos más importantes que debe cumplir un contratista o un proveedor para poder ser seleccionado, evitando así, todo un proceso de

referenciación que hoy en día conlleva por lo menos una semana, dado que se necesita validar tanto la experiencia de cada contratista, como su capacidad financiera y productiva, para asegurar que este puede cumplir con lo requerido por la obra.

De la misma forma, esta herramienta serviría para realizar una previsión de los sobrecostos a los que puede incurrir un proyecto, mediante redes neuronales que permiten utilizar los datos de proyectos anteriores, con el fin de establecer modelos predictivos en futuros proyectos, mediante el análisis de los datos de diferentes procesos de la construcción. (Bravo, 2021).

Igualmente, aportaría en un sin número de procesos como, por ejemplo, la mitigación de accidentes, la planificación de proyectos, el control de la mano de obra, entre otros.

Como se puede evidenciar, hay muchos campos por desarrollar todavía, entendiendo que actualmente, el sector construcción es uno de los sectores que las empresas no cuentan con un alto nivel de inversión en temas de tecnología como otro tipo de mercados, por lo que sería importante seguir investigando que otras tecnologías pueden ser aplicables para continuar con el proceso de transformación digital que se viene presentando en la industria, que como se evidencia tiene mucho margen de maniobra para poder implementar diferentes herramientas que permitan automatizar la operación, dado que hoy en día, las constructoras tienen una gran cantidad de labores operativas que no agregan valor a sus procesos.

9. CONCLUSIONES

Luego de la amplia investigación que se desarrolló a lo largo de este trabajo, donde se recurrió a diferentes fuentes, para entender el contexto actual del sector de la construcción en Colombia, demostrando por medio de gráficos e indicadores, los cuales revelan que durante los últimos años este campo se ha visto impactado por diferentes fenómenos tanto políticos como sociales representado pérdidas importantes para las constructoras, en Colombia. Se puede concluir que gracias a las diferentes propuestas y alternativas que se ido implementando por parte de la

industria, ha sido posible disminuir el impacto económico, que se tenía proyectado para el año en curso.

Teniendo en cuenta que el nivel de ventas de viviendas VIS se ha disminuido a casi la mitad de lo que se vendía en años anteriores, lo cual repercute fuertemente en el mercado donde se logra evidencia que la participación en la venta de estas viviendas es de casi un 64%, respecto a las otras alternativas de la industria.

Dicho esto, también fue posible identificar las diferentes alternativas que se han implementado para contrarrestar la situación económica del mercado, donde se evidencio la importancia de que las constructoras cuenten con un área de abastecimiento donde se centralice la operación y se pueda llegar a manejar precios competitivos en el suministro de materiales para los proyectos de viviendas VIS en Colombia. Ya que esto genera un margen de utilidad que permite a las constructoras, manejar diferentes precios que sean exequibles para los clientes y así impulsar el nivel de ventas

De la misma forma, se puede concluir, que la implementación de nuevas tecnologías que aporten un factor diferencial en los procesos, pueden ser de vital importancia para facilitar la operación en el área de abastecimiento, lo cual genera que no solo se vea beneficiada la empresa por la disminución de los costos operativos, sino que también se va a ver reflejado en el nivel de servicio que se les presta a los clientes, logrando cumplir con los tiempos de entrega y evitando retrasos en las actividades.

Allí es donde el papel de la transformación tecnológica tiene una gran importancia debido a que en general, en esta industria no se ha invertido lo suficiente en mejoras que permitan optimizar la operación tanto de los procesos administrativos como en los procedimientos que se realizan cotidianamente, en cada uno de los proyectos constructivos.

Debido a esto, y gracias al estudio de los casos que se presentaron a lo largo de este trabajo fue posible identificar, las herramientas que generan un mayor impacto en la industria, por su aplicabilidad en los diferentes procesos. Sin embargo, es claro que estas implementaciones tienen un costo importante para estas compañías, por lo que,

gracias a un ejercicio financiero, se pudo evidenciar que los beneficios que se pueden obtener por la implementación de estas mejoras en la operación, es mucho más significativo, que los costos involucrados, debido al ahorro que se puede presentar por la disminución de los sobrecostos generados por los precios de los materiales, los atrasos en la obra y los reprocesos que puedan implicar demoras con las fechas de entrega. Esto, debido a la falta de seguimiento, control y administración operativa.

Bibliografía

- Aguirre, S. S. (2019). *RETOS TECNOLOGICOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA*. Bogotá: CESA. Recuperado el 23 de 10 de 2023, de <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/4316/ADM2019-178.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez, F. C. (2016). *PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIG DATA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIAS COMERCIALES Y DE SEGMENTACIÓN*. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3369/2016_Tesis_Francisco_Carrillo_Alvarez.pdf?sequence=1
- Binance academy. (2023). *Articulos: Binance academy*. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de Binance Academy: <https://academy.binance.com/es/articles/what-is-blockchain-and-how-does-it-work>
- CAMACOL. (2020). *Los pasos hacia la reactivación de la economía*. CAMACOL. Recuperado el 28 de 10 de 2023, de https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Informe%20Econ%C3%B3mico%20109%20VF_%20Formato%202.pdf
- Cemex Colombia. (2023). *Acerca de nosotros*. Recuperado el 23 de 10 de 2023, de Cemex Colombia: <https://www.cemexcolombia.com/nuestra-empresa/acerca-de-cemex>
- Cemex ventures. (03 de 04 de 2023). *Startup Competition: Cemex Ventures*. Recuperado el 24 de 10 de 2023, de Cemex Ventures: <https://www.cemexventures.com/es/what-is-supply-chain-management/>
- DANE. (2020). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas*. DANE. Recuperado el 28 de 10 de 2023, de https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2020.pdf
- DANE. (2022). *Análisis de las clases sociales*. DANE. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2021/analisis_clases_sociales_23_ciudades.pdf
- DANE. (2023). *PIB 2023*. Recuperado el 27 de 10 de 2023, de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-PIB-Iltrim2023.pdf>
- DANE. (2023). *Principales indicadores del mercado laboral*. DANE. Recuperado el 28 de 10 de 2023, de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIH-ago2023.pdf>
- Erazo Toscano, G., & Velazques Cuestas, P. (2021). *Análisis de los problemas en la planeación de proyectos de construcción de vivienda de interes social, categoria VI, en el departamento de cundinamarca*. Bogotá: Universidad Catolica de Colombia. Recuperado el 28 de 10 de 2023, de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/19995f80-b3ca-4b8a-85c0-7439e2988ed0/content#:~:text=Los%20problemas%20en%20las%20obras,gesti%C3%B3n%20social%20y%20ambiental%20del>
- Grupo Bancolombia. (04 de 06 de 2020). *Actualidad economica y sectorial: Grupo Bancolombia*. (I. Económicas, Productor, & Grupo Bancolombia) Recuperado el 23 de 10 de 2023, de Grupo Bancolombia: <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/sector-cemento/impacto-pandemia-sector-construccion-marzo->

ANEXO 1. IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de la implementación propuesta para la compañía, se realizó inicialmente un acta de constitución, ya que este es el primer paso para la ejecución de un proyecto. Mediante esta acta se autoriza el arranque de este, teniendo en cuenta que es el primer entregable donde se muestra un resumen del alcance del proyecto, así como el personal involucrado en la ejecución. Allí se enuncia a grandes rasgos el modo de desarrollo del proyecto y el objetivo final del mismo, sin estar muy detallada su implementación.

ACTA DE CONSTITUCIÓN

A continuación, se presenta el acta de constitución del proyecto para la implementación de la nueva tecnología Big data para el desarrollo del proceso de abastecimiento en una empresa del sector constructivo.

RESUMEN EJECUTIVO

- **Nombre del proyecto:** “implementación de la herramienta Power BI, para el manejo y seguimiento de la información correspondiente al avance de las contrataciones, correspondiente a los proyectos de construcción de la empresa Prodesa y cía S.A.”.
- **Fecha Inicio:** septiembre de 2023.
- **Fecha Fin:** noviembre de 2023
- **Cliente:** Prodesa y cia S.A.
- **Promotor del proyecto:** Prodesa y cía S.A.
- **Director del Proyecto:** Juan Felipe Tovar Niño
- **Presupuesto:** 26209 USD
- **Alcance:** 1. Desarrollo y diseño 2. Instalación 3. Implementación 4. Capacitación del personal. 5. Ejecución

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Implementar una herramienta tecnológica haciendo uso del Big Data, con el fin de promover el seguimiento operativo que se realiza desde el área de abastecimiento, buscando mejorar los tiempos en la ejecución de las actividades que se realizan en los proyectos constructivos, con el fin de evitar incumplimientos en la entrega de materiales, y demoras en la formalización de los contratos, ya que esto impacta tanto a la rentabilidad del proyecto, como al nivel de servicio prestado a los clientes.

OBJETIVOS SMART

1. Diseñar un planteamiento a mediano y corto plazo con las actividades del proyecto, para asegurar el 100% del cumplimiento de los tiempos programados (ver cronograma).
2. El tiempo de ejecución de las actividades no debe retrasarse más de un día según las fechas estipuladas.
3. Crear foros o reuniones periódicas con el personal involucrado en el desarrollo del proyecto, generando actas de cumplimiento para asegurar la ejecución de las actividades, bajo los tiempos estipulados, asegurando 100% las fechas de programación del proyecto.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

El principal criterio de aceptación para el proyecto es que este no debe superar un valor de 81900 USD