



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Metodología BIM para proyectos de estructuras metálicas:
aplicación en la empresa INSTRUMET S.R.L. de la
República Dominicana.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Tejada Ramos, Indiana Carolina

Tutor/a: Domingo Cabo, Alberto

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Metodología BIM para proyectos de estructuras metálicas: aplicación
en la empresa INSTRUMET S.R.L. en la República Dominicana.**

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Autor: Tejada Ramos, Indiana Carolina

Tutor: Domingo Cabo, Alberto

Curso: 2022-2023

Valencia, España



Agradecimientos:

A Dios, por ser siempre mi guía en cada momento de mi vida y por darme toda la felicidad y éxitos que he recibido.

A mi familia, por ser mis pilares de enseñanza y valentía a lo largo de mi vida. Sobre todo, a mi hermana Indhira, sin tu apoyo esto no hubiese sido del todo posible.

A mi tutor, Alberto Domingo Cabo, por transmitirme la motivación necesaria y entregar toda su disposición y tiempo para la realización de este trabajo.

A mis amigos del máster, compartir junto a ustedes ha sido toda una aventura en todo lo que hemos compartido. Agradeciendo infinitamente a Camille, Deisi, Jenny y Toño por todo su apoyo y por ser una parte vital en todo este trayecto.

Finalmente, agradeciendo la ayuda inalcanzable todo aquel que ha contribuido en lo largo de este trayecto para poder cumplir mis metas y estar cada vez más cerca de mis sueños.

RESUMEN

Building Information Modeling, o BIM por sus siglas en inglés, es una metodología basada en la colaboración y es definida como una herramienta digital utilizada en el sector de la construcción. BIM con un enfoque más estructural es considerado un recurso clave en el proceso de construcción, debido a la facilidad de interpretar y utilizar los datos contenidos en un modelo. Actualmente, la metodología BIM es ideal para aplicarse en cualquier proyecto de construcción, en donde los beneficios a conseguir son la eficiencia y motivación en las empresas para la generación de una mayor productividad y competitividad dentro del sector.

La industria de la construcción en la República Dominicana tiene una inversión significativa y contribuye al producto interno bruto (PIB), pero enfrenta desafíos en la productividad debido a factores como los sistemas de adquisición y las características del proyecto. Dentro de las principales causas se incluyen una inadecuada gestión del proyecto, retrasos, falta de comunicación y responsabilidades. El objetivo del presente trabajo de fin de máster consiste en analizar y aplicar la metodología BIM con enfoque en estructuras metálicas, en donde a través del software Dalux, se logren obtener experiencias que consigan la mejora de la gestión de proyectos, la asignación de tareas, el modelado de información. La implementación de este estudio se realiza en INSTRUMET S.R.L., una empresa dedicada a la fabricación e instalación de estructuras metálicas con más de quince años de experiencia, en donde surge el interés mutuo de mejorar la gestión de sus proyectos, aplicando mejoras y haciendo uso de la tecnología. Dalux es una herramienta potencialmente útil para mejorar la colaboración y la gestión, reduciendo aquellos obstáculos que pueden estar presentes en el desarrollo de los proyectos. La obtención de los resultados al aplicar esta herramienta en un proyecto de ingeniería metálica, resultan ser muy llamativos e interesantes para futuras aplicaciones en los proyectos de ingeniería del país.

ABSTRACT

Building Information Modeling, or BIM for short, is a collaborative methodology and is defined as a digital tool used in the construction industry. BIM with a more structural approach is considered a key resource in the construction process, due to the ease of interpreting and utilizing the data contained in a model. Currently, the BIM methodology is ideal to be applied in any construction project, where the benefits to be achieved are efficiency and motivation in the companies for the generation of greater productivity and competitiveness within the sector.

The construction industry in the Dominican Republic has a significant investment and contributes to the gross domestic product GDP but faces challenges in productivity due to factors such as procurement systems and project characteristics. The main causes include poor project management, delays, lack of communication and responsibilities. The objective of this master's thesis is to analyze and apply the BIM methodology with focus on steel structures, where through Dalux software, experiences that achieve the improvement of project management, task allocation, information modeling are obtained. The implementation of this study is carried out in INSTRUMET S.R.L., a company dedicated to the manufacture and installation of metallic structures with more than fifteen years of experience, where the mutual interest arises to improve the management of their projects, applying improvements and making use of technology. Dalux is a potentially useful tool to improve collaboration and management, reducing those obstacles that may be present in the development of projects. The results obtained by applying this tool in a metallic engineering project are very striking and interesting for future applications in engineering projects in the country.

RESUM

Building Information Modeling, o BIM per les seues sigles en anglés, és una metodologia basada en la col·laboració i és definida com una eina digital utilitzada en el sector de la construcció. BIM amb un enfocament més estructural és considerat un recurs clau en el procés de construcció, a causa de la facilitat d'interpretar i utilitzar les dades contingudes en un model. Actualment, la metodologia BIM és ideal per a aplicar-se en qualsevol projecte de construcció, on els beneficis a aconseguir són l'eficiència i motivació en les empreses per a la generació d'una major productivitat i competitivitat dins del sector.

La indústria de la construcció a la República Dominicana té una inversió significativa i contribueix al producte intern brut (PIB), però enfronta desafiaments en la productivitat a causa de factors com els sistemes d'adquisició i les característiques del projecte. Dins de les principals causes s'inclouen una innadecuada gestió del projecte, retards, falta de comunicació i responsabilitats. L'objectiu del present treball de fi de màster consisteix a analitzar i aplicar la metodologia BIM amb enfocament en estructures metàl·liques, on a través del programari Dalux, s'aconseguisquen obtindre experiències que aconseguisquen la millora de la gestió de projectes, l'assignació de tasques, el modelatge d'informació. La implementació d'aquest estudi es realitza en INSTRUMET S.R.L., una empresa dedicada a la fabricació i instal·lació d'estructures metàl·liques amb més de quinze anys d'experiència, on sorgeix l'interés mutu de millorar la gestió dels seus projectes, aplicant millores i fent ús de la tecnologia. Dalux és una eina potencialment útil per a millorar la col·laboració i la gestió, reduint aquells obstacles que poden ser presents en el desenvolupament dels projectes. L'obtenció dels resultats en aplicar aquesta eina en un projecte d'enginyeria metàl·lica, resulten ser molt cridaners i interessants per a futures aplicacions en els projectes d'enginyeria del país.

RESUMEN EJECUTIVO

Título: Metodología BIM para proyectos de estructuras metálicas: aplicación en la empresa INSTRUMET S.R.L. en la República Dominicana.

Autor: Indiana Carolina Tejada Ramos

1. Planteamiento del problema

En la República Dominicana, la implementación de la metodología BIM dentro de la instalación de las estructuras metálicas es insuficiente, lo cual resalta lo fundamental de contar con una herramienta guía en los proyectos ensamblaje para lograr una mejor comprensión de estos. El uso de herramientas BIM, como lo es Dalux Field, están actualmente limitadas en el país debido a la falta de conocimiento e innovación en la industria de la construcción. Esta falta de adopción tecnológica provoca una disminución en la productividad y la aparición de errores constructivos. Por lo tanto, es importante abordar esta situación con el fin de mejorar la eficiencia y la calidad en los proyectos de construcción.

2. Objetivos

- Proponer la implementación de la metodología BIM dentro de la empresa constructora INSTRUMET S.R.L. haciendo uso de Dalux Field en uno de los proyectos de instalación y/o ensamblaje de estructuras metálicas, con el fin de establecer una propuesta de uso continuo.
 - Mostrar la aplicación de la metodología BIM, en la fabricación e instalación de estructuras metálicas.
 - Analizar el proceso constructivo de la empresa con el fin de desarrollar un método de implementación de la metodología BIM con énfasis en Dalux Field.
 - Identificar los recursos necesarios para la implantación de Dalux Field dentro de la empresa constructora.
 - Identificar las posibles causas de retraso dentro de las obras de estructuras metálicas.
 - Hacer cumplir una construcción Lean mediante el uso de la plataforma digital Dalux.
 - Elaborar un registro de información respondiendo cómo Dalux Field afectaría la producción en un sitio de construcción.
 - Proponer un plan de acción y de mejoramiento mediante el uso de Dalux Field dentro de la empresa.
 - Proveer a la empresa de una guía didáctica que incluya cuáles serían los procedimientos por considerar para la utilización de Dalux Field dentro de las obras.
-

3. Estructura organizativa

Capítulo 1. Este capítulo recoge el planteamiento del problema, los objetivos, metodología implementada y alcance.

Capítulo 2. En este capítulo se abarca sobre la adopción de BIM en los países del mundo, la construcción en la República Dominicana y la implementación de BIM en el país, conjuntamente las capacitaciones realizadas y la necesidad que se tiene en la industria de la construcción sobre esta metodología. Por otro lado, se hace énfasis en las estructuras metálicas y el desarrollo tecnológico que ha tenido sector construcción.

Capítulo 3. Marco teórico que contempla la metodología BIM, sus dimensiones, niveles de madurez y desarrollo. También los procesos de construcción y características del sector, la utilización de BIM en la fabricación e instalación de estructuras metálicas, lean Construction, ritmo de producción, riesgos de retraso y sobrecostes, enfoques BIM con énfasis en Dalux, alternativas a Dalux y la relación de Dalux con Lean Construction.

Capítulo 4. En este capítulo titulado Empresa constructora de estructuras metálicas en R.D se describe INSTRUMET S.R.L., sus recursos, descripción de actividades, proceso constructivo, problemas examinados y un enfoque de los recursos necesarios para la implementación de Dalux Field en las empresas.

Capítulo 5. A lo largo de este capítulo se desarrolla la implementación de la metodología BIM en la empresa, recogiendo las partes del proyecto de aplicación, método de aplicación, elección del método, análisis de resultados, análisis y respuestas a las preguntas de investigación, efectos de Dalux Field en proyecto y un plan de acción y mejoramiento utilizando dicha herramienta.

Capítulo 6. Conclusiones detallando todos los cumplimientos de los objetivos, contribuciones a la investigación, recomendaciones y limitaciones.

4. Método	<p>Se siguió un esquema dividido por etapas en donde en la primera etapa, se llevará a cabo una profunda revisión y recopilación de información procedente de artículos, revistas, tesis doctorales y fuentes confiables que estén relacionadas con la implementación de la metodología BIM en empresas. Esto proporcionará un punto de partida fiable para avanzar a la siguiente etapa, en la cual se establecerán comunicaciones con las empresas INSTRUMET S.R.L. y Dalux, en donde definirán claramente los objetivos a alcanzar y se obtendrán las licencias y los permisos necesarios para llevar a cabo la aplicación de esta metodología. En una tercera etapa, se realizaron análisis cualitativo y cuantitativos en los cuales se buscó recopilar toda la información necesaria y formar grupos de discusión o técnicas de observación y cuestionarios para una mejor utilización de Dalux Field dentro del proyecto</p>
5. Cumplimiento de objetivos	<p>Con base en el esquema de investigación se logró responder a la mayoría de los objetivos planteados, identificando los recursos necesarios, los retrasos y haciendo cumplir una metodología Lean en obra y garantizando la realización de una guía didáctica, propuestas de plan de acción y mejoramiento y analizando los procesos de instalación de estructuras metálicas.</p>
6. Contribución	<p>La aplicación de esta herramienta en obra permitió destacar e identificar de las principales causas por las que pueden retrasar estos tipos proyectos y la falta de comunicación que ocurren en los mismos.</p> <p>Del mismo modo se logró evidenciar la falta de conocimiento de estas herramientas en instalación de estructuras, lo cual sirvió de impulso debido a su satisfactoria ejecución de llegar a ser utilizada en proyectos futuros con visión de aumento de productividad, eficiencia y comunicación.</p>
7. Recomendaciones	<p>Dentro del sector constructivo se recomienda la utilización de herramientas BIM debido a la gran eficiencia y colaboración que puede alcanzarse, así como la obtención de un campo de acción más amplio.</p> <p>Dentro del sector académico: se recomienda realizar estudios que contribuyan a obtener un mejor conocimiento BIM, ya que, el mismo revoluciona e innova el sector de la construcción.</p>



8. Limitaciones

La limitación principal de la investigación fue la dificultad de adaptación tecnológica de manera repentina. Otra limitación identificada fue la necesidad de contar con una conexión a internet para el uso del programa, en donde se requería que los colaboradores contaran con un paquete de datos fijo en sus móviles.

La colaboración entre los miembros presentó ser una limitación muy alta en todo el proceso, ya que, aunque se comprometían con mejorar los procesos, los mismos no eran seguidos para llevar a cabo una mejor productividad.

Índice de contenido.

Introducción	15
1.1 Planteamiento del problema	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Alcance	18
1.4 Metodología	18
2. Contexto de la investigación	20
2.1 Adopción y estado actual de BIM en países del mundo.	20
2.2 Construcción en República Dominicana.	23
2.3 Building Information Modeling (BIM) en la República Dominicana.	25
2.3.1 Capacitaciones de conocimiento BIM.	27
2.3.2 La necesidad de BIM en la industria de la construcción dominicana.	27
2.4 Estructuras Metálicas en República Dominicana.	29
2.5 Desarrollo Tecnológico en Sector Construcción.	30
3. Marco Teórico.	32
3.1 Metodología BIM.	32
3.1.1 Dimensiones BIM.	33
3.1.2 BIM: niveles de madurez.	35
3.1.3 BIM: niveles de desarrollo (LOD).	36
3.2 Procesos de construcción y características del sector.	37
3.3 Utilización de BIM en fabricación e instalación de estructuras metálicas.	39
3.4 Lean Construction	41
3.5 Ritmo de producción	43
3.6 Riesgos de retraso y sobrecostos	44
3.7 Enfoque BIM: Dalux	46
3.7.1 Dalux BIM Viewer.	47
3.7.2 Dalux Tender.	48
3.7.3 Dalux Box.	48
3.7.4 Dalux Handover.	50
3.7.5 Dalux Facility Management (FM).	51



3.7.6	Dalux Field.....	51
3.8	Alternativas a Dalux.	52
3.9	Dalux y Lean Construction.	53
4.	Empresa Constructora de Estructuras Metálicas en R.D.	55
4.1	Descripción y servicios de INSTRUMET S.R.L.....	55
4.2	Recursos de la empresa.....	56
4.2.1	Recursos Humanos.....	56
4.2.2	Recursos Materiales.....	57
4.2	Descripción de actividades y políticas actuales.	58
4.3	Proceso constructivo de INSTRUMET S.R.L.	59
4.4	Problemas examinados.	61
4.5	Recursos para implementación de Dalux Field en empresas.	63
5.	Implementación de la metodología BIM en empresa constructora.	66
5.1	Proyecto de aplicación	66
5.2	Método de aplicación.	67
5.1.1	Análisis cuantitativo.....	68
5.1.2	Análisis cualitativo.	68
5.1.3	Diferencias entre el método cuantitativo y cualitativo.....	69
5.3	Elección del método.	69
5.4	Análisis de resultados.	71
5.5	Análisis y respuesta a preguntas de investigación.....	72
5.5.1	¿Conoce o ha escuchado sobre Building Information Modeling (BIM)?	72
5.5.2	¿Ha implementado BIM anteriormente en su empresa o en la ejecución de instalaciones de estructuras metálicas?	72
5.5.3	¿Invertiría un 10% de los recursos obtenidos de los proyectos para la implementación BIM? 73	
5.5.4	¿Ha considerado factible el uso de BIM mediante Dalux Field en el proceso de Instalación del Proyecto de Oficinas?	73
5.5.5	¿Sin el uso de Dalux Field en el trabajo diario, considera que pueden arreglárselas sin el programa?	74
5.5.6	¿En ocasiones se siente limitado sin el programa? Por ejemplo, en la preparación del trabajo y al resolver problemas.	75
5.5.7	¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la comunicación y la eficiencia en su trabajo diario?	75



5.5.8	¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la calidad del trabajo de instalación?... 75	75
5.5.9	¿La aplicación Dalux Field desde el móvil fue de fácil uso en la implementación en obra? 75	75
5.5.10	¿Cree usted que se puede mejorar aún más la calidad e instalación de proyectos haciendo uso de Dalux Field?	76
5.5.11	¿Implementaría Dalux en otros proyectos utilizando la herramienta de manera visual y para la resolución de problemas?	76
5.6	Efectos de Dalux Field en Proyecto.	76
5.7	Plan de acción y mejoramiento de proyectos utilizando Dalux Field.....	82
6	Conclusiones.....	87
6.1	Cumplimiento de objetivos.....	87
6.2	Contribución a la investigación.	90
6.3	Recomendaciones.	91
6.4	Limitaciones.....	92
7	Referencias Bibliográficas	94
8	Anexos.....	99
	Anexo 1. Visualización de ubicación plano 2D compartida con modelo 3D. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022.....	99
	Anexo 2. Visualización de relación plano 2D con modelo 3D. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022 .99	99
	Anexo 3. Utilización de realidad aumentada a través de aplicaciones Dalux. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022.....	100
	Anexo 4. Planta de producción y área de almacenaje INSTRUMET S.R.L. Fuente: INSTRUMET S.R.L	100
	Anexo 5. Reporte de tarea debido a incidencia en obra.....	101
	Anexo 6. Reporte de incidencia organización de vigas en obra.	102
	Anexo 7. Reporte de incidencia viga faltante en obra.	103
	Anexo 8. Reporte de incidencia de elementos faltantes en obra.....	104
	Anexo 9. Reporte de inspección de seguridad en obra.	105
	Anexo 10. Inspección de seguridad: no uso de arnés y escaleras.....	106
	Anexo 11. Guía Didáctica Dalux Field para empresas constructoras.....	107
	Anexo 12. Formulario encuesta para evaluar la aplicación Dalux Field en obra.	108

Índice de tablas.

Tabla 1. Indicador Mensual de Actividad Económica (IMAE) 2020-2021	24
Tabla 2. Comparación de Softwares para Gestión de la Construcción	53
Tabla 3. Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa.	69
Tabla 4. Categorización de seguridad según severidad	80
Tabla 5. Plan de acción utilizando Dalux Field	84

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Estado percibido de la adopción de BIM en el modelo Hype Cycle.....	20
Ilustración 2. La fase más desarrollada de cada continente en el modelo Hype Cycle.....	20
Ilustración 3. Mayor usuario BIM percibido en el modelo de difusión de tecnología.....	21
Ilustración 4. Uso de las frecuencias de los servicios BIM utilizados en cada continente.	21
Ilustración 5. Planificación BIM vs CAD tradicional. Fuente: MacLeamy y Liebich, 2013.....	26
Ilustración 6. Importaciones de hierro y acero, República Dominicana.	29
Ilustración 7. Progresión BIM durante las décadas. Fuente: (Sacks, Eastman, Lee & Teicholz, 2018).....	33
Ilustración 8. Dimensiones BIM. Fuente: (Carballo, 2022).....	34
Ilustración 9. Niveles de Madurez BIM. Fuente: (Colomer, 2021)	36
Ilustración 10. Niveles de desarrollo. Fuente: (Ahmed, 2018).	37
Ilustración 11. Esquema del proyecto constructivo. Fuente: BIM and Construction Management 2015.....	37
Ilustración 12. Construcción del Hospital Miami Valley mediante elementos prefabricados. Fuente: Skanska, USA Building Inc.	40



Ilustración 13. Vínculo entre costo y tiempo para remediar defectos de construcción.	45
Ilustración 14. Revisión de proyecto agregando una marca para solicitar cambios. Fuente: acbytes.com.....	50
Ilustración 15. Ubicación de la empresa. Fuente: Google Maps.....	55
Ilustración 16. Organigrama de la empresa. Fuente: INSTRUMET S.R.L.....	57
Ilustración 17. Modelo metodológico para la implementación de BIM en empresas de ingeniería estructural (SEC).....	65
Ilustración 18. Modelo BIM. Proyecto renderizado en Tekla Structures.....	66
Ilustración 19. Modelo BIM. Vista entepiso Proyecto de Oficina.....	67
Ilustración 20. Resultados de encuesta sobre Dalux Field.	71
Ilustración 21. Curva de MacLeamy (2004).	73
Ilustración 22. Gráfico sobre paquetes de trabajos asignados en el mes de enero. Proyecto Oficina Carlos Cabrera	77
Ilustración 23. Porcentaje de tareas registradas en Dalux Field en enero 2023.	78
Ilustración 24. Instalación de pernos, supervisión de seguridad al trabajador.	81

Introducción

En las últimas décadas, la implementación de la metodología BIM en la República Dominicana se ha convertido en una necesidad que ha ido aumentando a través de los años. Desde la perspectiva del cliente, tener una visión 3D del proyecto antes de realizarlo es sustancial para aplicar ciertas mejoras. La aplicación de esta metodología se enfoca principalmente en el modo de entender los proyectos y cómo estos funcionan, podría decirse que esta metodología es la revolución industrial del siglo XXI en referencia a la construcción (Martin Dorta, González de Chaves, & Roldán Méndez).

La metodología BIM dentro de la construcción ha ido transformando el modo en que se realizan los proyectos buscando disminuir fallos, costes innecesarios, y ahorrar tiempo. Esta sistemática ha ido revolucionando la construcción con distintas y nuevas herramientas que promueven la interoperabilidad, la comunicación y colaboración.

En la industria de la construcción, la metodología BIM se ha alineado con los valores de la filosofía Lean en la búsqueda de una mejor planificación, eficiencia y compromiso con la calidad. La mayoría de las veces el trabajo tiende a no avanzar porque no se tiene la suficiente información sobre cambios o lo que debería seguir dentro del proyecto, lo que conlleva a un retraso de las operaciones. La gestión de BIM y Lean ha sido asociada en diferentes programas o herramientas, que buscan de una manera muy rígida la transferencia de información y aumento de transparencia de los proyectos.

En Dinamarca se ha desarrollado uno de los programas creados para facilitar la búsqueda y transferencia de información, mayormente conocido como Dalux, el mismo consta de diferentes productos que van enfocados en la visibilidad de los proyectos en 3D, el diseño y la construcción. La aplicación Dalux se utiliza comúnmente en un modelo de datos, el cual puede ser visualizado por los colaboradores del proyecto.

En este caso, se pretende mostrar un enfoque más detallado dentro del producto Dalux Field, en donde se probará mediante la práctica las posibles ventajas y desventajas de su utilización dentro de un proyecto de estructuras metálicas.

Para la ejecución de toda la gestión del proyecto y una buena comunicación entre las partes se implementará únicamente el uso de Dalux Field, con esto se busca evitar confusiones y utilizar únicamente una plataforma donde se tenga todo en uno.

1.1 Planteamiento del problema

Frecuentemente, dentro de los proyectos de construcción ocurren retrasos, interrupciones y problemas de comunicación entre las partes actuantes. En los últimos años, el deseo de mejorar o mitigar los retrasos y sobrecostos ha aumentado junto a la tecnología. Hoy en día existe una mayor entrega por hacer que la construcción sea más eficiente, esto de la mano de BIM (Building Information Modeling); según Kymmell, una de las peculiaridades del BIM es su desarrollo a través de un bucle de retroalimentación de información, logrando una evolución de los proyectos de forma interactiva y con un mejor manejo de información.

La aplicación de la metodología BIM en la República Dominicana ha ido a través de los años, siendo en la actualidad un requisito su implementación en la realización de proyectos. Actualmente su implementación en campo está ligeramente más enfocada al desarrollo de obras civiles que al de proyectos estructurales. Por ello, contar con alguna herramienta guía en el campo es esencial para entender mejor el proyecto al momento de su ensamblaje. Sin embargo, a causa del poco desconocimiento de la tecnología, se generan deficiencias en la calidad del producto final. Es por ello por lo que existen ciertas deficiencias dentro del control de calidad, la gestión de procesos y la falta de comunicación. Por otro lado, la eficiencia en la producción se ve afectada debido a las limitaciones de dibujos en 2D, con los cuales hace más difícil la transferencia de información.

Mediante el uso de Dalux Field como herramienta BIM se pretende buscar las oportunidades y limitaciones de una tecnología más digital en el campo de la construcción. La aplicación de herramientas BIM como Dalux Field están en un nivel de uso muy limitado en la República Dominicana, debido a la falta de conocimiento en innovación en la industria de la construcción. Buscando una reducción de aquellas barreras limitantes, la implementación de nuevas herramientas y habilidades provocarían un aumento de la productividad y menos errores constructivos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer la implementación de la metodología BIM dentro de la empresa constructora INSTRUMET S.R.L. haciendo uso de Dalux Field en uno de los proyectos de instalación y/o ensamblaje de estructuras metálicas, con el fin de establecer una propuesta de uso continuo dentro de la empresa para mejora de aseguramiento de la calidad, uso de recursos, aumento de productividad y adecuada programación de obra.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mostrar la aplicación de la metodología BIM, en la fabricación e instalación de estructuras metálicas.
- Analizar el proceso constructivo de la empresa con el fin de desarrollar un método de implementación de la metodología BIM con énfasis en Dalux Field.
- Identificar los recursos necesarios para la implantación de Dalux Field dentro de la empresa constructora.
- Identificar las posibles causas de retraso dentro de las obras de estructuras metálicas.
- Hacer cumplir una construcción Lean mediante el uso de la plataforma digital Dalux.
- Elaborar un registro de información respondiendo cómo Dalux Field afectaría la producción en un sitio de construcción.
- Proponer un plan de acción y de mejoramiento mediante el uso de Dalux Field dentro de la empresa.
- Proveer a la empresa de una guía didáctica que incluya cuáles serían los procedimientos por considerar para la utilización de Dalux Field dentro de las obras.



1.3 Alcance

El presente trabajo de fin de máster se limita a la realización de una propuesta de implementación BIM mediante Dalux Field dentro de uno de los proyectos ejecutados por la empresa constructora INSTRUMET S.R.L. en la República Dominicana. Mediante los resultados conseguidos se pretende analizar la viabilidad de esta implementación y desarrollar mejores estrategias dentro del sector constructivo, las cuales contribuyan con la innovación y eficiencia de los procesos con la intención de que puedan ser implementadas por otras empresas constructoras del país.

1.4 Metodología

Con el propósito de cumplir los objetivos de esta investigación, se efectuará un análisis e implementación de Modelado de la Información (BIM) en la empresa INSTRUMET S.R.L. como parte integral del presente trabajo fin de máster. Con el fin de lograr una buena concesión de los objetivos planteados se dividirán los procedimientos a seguir por etapas.

En la primera etapa, se llevará a cabo una profunda revisión y recopilación de información procedente de artículos, revistas, tesis doctorales y fuentes confiables que estén relacionadas con la implementación de la metodología BIM en empresas. Esto proporcionará un punto de partida fiable para avanzar a la siguiente etapa, en la cual se establecerán comunicaciones con las empresas INSTRUMET S.R.L. y Dalux. Durante esta etapa, se definirán claramente los objetivos a alcanzar y se obtendrán las licencias de uso de Dalux Field, documentación del proyecto y los permisos necesarios para llevar a cabo la supervisión de obras, con el fin de mejorar el análisis de los procesos.

Se indagará acerca de todo lo relacionado con INSTRUMET S.R.L con la finalidad de hacer un diagnóstico situacional y de tomar las acciones más convenientes con base en sus objetivos y políticas para lograr una correcta implementación la metodología BIM con la utilización herramienta Dalux Field.



En el desarrollo de las supervisiones, se tiene planificado realizar evaluaciones y reuniones semanales con los supervisores y colaboradores de la empresa adjudicada al proyecto. Estas reuniones servirán para dar seguimiento a los procesos ejecutados, abordar dudas o dificultades en la utilización de Dalux Field en la obra, y realizar planificaciones de control más efectivas.

En una tercera etapa, se realizará un análisis cualitativo en el cual se buscará recopilar toda la información necesaria y formar grupos de discusión o técnicas de observación para una mejor utilización de Dalux Field dentro del proyecto. El objetivo de este análisis será conocer qué tan involucradas pueden estar las partes actantes y cuales acciones serían necesarias para que todos puedan usar dicha herramienta. De igual manera, se proyecta la realización de un análisis cuantitativo, por medio del cual los datos a analizar serán en base a rendimientos, mejora de recursos y control de calidad. En ese mismo orden, se realizará la creación de una guía didáctica, la cual pueda contribuir a la utilización e implementación de Dalux en proyectos futuros para las empresas de construcción.

La introducción de esta aplicación con enfoque en la instalación de estructuras metálicas en un país en vía de desarrollo como lo es República Dominicana busca garantizar un acceso más simple, equitativo y eficiente mediante la innovación BIM. Con este apoyo, los profesionales tendrán un empuje positivo mejorar el sistema, aumentando de igual manera la productividad, competitividad y creación de empleos, avalando por un crecimiento económico y un mejor desarrollo del país.

2. Contexto de la investigación

2.1 Adopción y estado actual de BIM en países del mundo.

La adopción de BIM dentro de la construcción no solo ha digitalizado los procesos, sino que también ha contribuido en cómo se comparten las informaciones en los proyectos de construcción. Con impulso de las ciudades inteligentes, urbanizaciones y la innovación, varios países han empezado a adoptar BIM para el diseño, gestión y construcción de sus infraestructuras, lo cual ha generado la atención de otros países que aún no lo han puesto en marcha.

Según Wooyoung Jung y Ghang Lee, en una publicación realizada en 2015 sobre la adopción de BIM en seis continentes, se analizó que América del Norte destaca como continente más avanzado en todos los enfoques BIM, mientras que Europa y Oceanía destacan mejor en la parte de diseño. Para medir el potencial BIM se utilizó el modelo Hype Cycle de Gartner, el cual consiste en medir gráficamente la madurez, adopción y aplicación de tecnologías específicas. Los resultados encontrados fueron los siguientes:

	General	América del Norte	Europa	Oceanía	Asia	Medio Oriente y África	América del Sur
Activador Tecnológico	11.4%	0.0%	11.1%	10.0%	9.5%	28.6%	50.0%
Pico de Expectativas Exageradas	2.6%	3.7%	6.7%	0.0%	6.3%	20.0%	0.0%
Etapa de desilusión	20.0%	7.4%	22.2%	20.0%	28.6%	0.0%	33.3%
Pendiente de iluminación	38.6%	48.1%	33.3%	40.0%	42.9%	28.6%	16.7%
Meseta de Productividad	21.4%	40.7%	22.2%	30.0%	4.8%	35.7%	0.0%

Ilustración 1. Estado percibido de la adopción de BIM en el modelo Hype Cycle.

	América del Norte	Europa	Oceanía	Asia	Medio Oriente y África	América del Sur
Fase más desarrollada	Construcción	Diseño	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Activador Tecnológico	5.0%	13.6%	14.3%	12.1%	30.0%	33.3%
Pico de Expectativas Infladas	10.0%	13.6%	0.0%	24.2%	10.0%	33.3%
Etapa de desilusión	10.0%	13.6%	0.0%	12.1%	10.0%	0.0%
Pendiente de iluminación	40.0%	22.7%	42.9%	45.5%	30.0%	0.0%
Meseta de Productividad	35.0%	36.4%	42.9%	6.1%	20.0%	33.3%

Ilustración 2. La fase más desarrollada de cada continente en el modelo Hype Cycle.

	General	América del Norte	Europa	Oceanía	Asia	Medio Oriente y África	América del Sur
Innovadores	7.4%	7.7%	8.6%	0.0%	4.9%	7.1%	33.3%
Primeros en adoptar	30.9%	26.9%	37.1%	40.0%	22.0%	42.9%	33.3%
Mayoría Temprana	41.2%	50.0%	34.3%	50.0%	43.9%	28.6%	33.3%
Mayoría Tardía	16.2%	15.4%	20.0%	10.0%	19.5%	14.3%	0.0%
Atrasados	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	9.8%	7.1%	0.0%

Ilustración 3. Mayor usuario BIM percibido en el modelo de difusión de tecnología.

	General	América del Norte	Europa	Oceanía	Asia	Medio Oriente y África	América del Sur
Coordinación 3D	85.0%	95.5%	92.9%	100.0%	70.3%	91.7%	60.0%
Costo estimado	75.0%	95.5%	92.9%	66.7%	56.8%	58.3%	80.0%
Condiciones de Modelado Existente	74.3%	81.8%	60.7%	88.9%	67.6%	65.7%	80.0%
Diseño de autorizaciones	63.4%	63.6%	71.4%	88.9%	73.0%	83.3%	0.0%
Análisis Estructural	60.0%	90.9%	78.6%	88.9%	51.4%	50.0%	0.0%
Horario de mantenimiento	30.1%	54.5%	57.1%	33.3%	18.9%	16.7%	0.0%
Análisis de sistema de Edificación	33.4%	72.7%	53.6%	11.1%	37.8%	25.0%	0.0%

Ilustración 4. Uso de las frecuencias de los servicios BIM utilizados en cada continente.

Aunque en la investigación se contaba con la limitación de las respuestas de ciertos números de expertos BIM por país, de igual forma se pudo evidenciar la presencia de la adopción de la metodología en diferentes países como los subsiguientes:

- Reino Unido: es considerado un líder mundial en la adopción BIM, para el 2011 el gobierno propuso nuevas estrategias para el sector construcción, incluyendo dentro de ellas la utilización de esta metodología. Los requisitos varían según niveles que clasifican en una escala de cero a tres, siendo cero el nivel nulo en colaboración y el nivel tres la máxima colaboración. Actualmente, la mayoría de los proyectos se manejan en un nivel dos, sin embargo, el gobierno trabaja para aumentar la adopción BIM más allá.
- Estados Unidos: es uno de los primeros países en adoptar BIM y ha logrado diferenciarse de los demás países debido a su alto nivel de compromiso con esta metodología. Las iniciativas de implementación tanto del sector público y privado permiten que varios contratistas sientan la necesidad ejecutar BIM en los proyectos de construcción. La utilización de BIM aun no es obligatoria en todos los estados, pero en los que sí, se tiene hasta una propia guía de cómo debe aplicarse. Actualmente, la Administración General de Servicios (GSA) creó una serie de



guías documentales sobre BIM, las cuales proporcionan una mejor orientación eficiente y provechosa.

- Australia: alrededor de un 9% su producto interno bruto corresponde al sector construcción, según datos arrojados por Mordor Intelligence. Para aumentar la eficiencia dentro de los proyectos la utilización de BIM ha sido beneficiosa para los proyectos públicos y privados. En 2016, el gobierno australiano solicitó la creación de infraestructura inteligente, lo cual pudo lograrse poniendo en marcha la metodología BIM.
- Países Nórdicos: estos países son bastantes conocidos por su avanzada implementación BIM y son considerados los pioneros en sistemas de interoperabilidad, permitiendo que surjan más colaboraciones dentro de esta metodología. Los países nórdicos han estado implementados BIM desde hace más de una década en el sector público y privado. Cada país tiene su propia política e inicios en esta metodología, un ejemplo es Suecia, en donde las empresas empezaron a implementar BIM alrededor de 2006. Por otro lado, en Finlandia tienen exigencias de que cada software cuente con certificaciones IFC y se cumplan ciertos estándares.
- Singapur: es uno de los países más destacados de Asia en el entorno BIM, siendo esta metodología obligatoria para la ejecución de los proyectos, lo cual fue propuesto por la Autoridad de Construcción de Edificios (BCA). Singapur cuenta con una guía BIM en donde se describen las funciones y responsabilidades que deben de tenerse. También es útil para el desarrollo del plan de ejecución de los proyectos, en el modelado y colaboración de ellos mismos.
- China: se ha convertido en uno de los países que ha adoptado más rápido la metodología BIM, compitiendo con varios megaproyectos que son impulsados por la logística y buena gestión. Actualmente, BIM es parte de las condiciones generales del estándar del contrato de proyecto de construcción del gobierno de China.

2.2 Construcción en República Dominicana.

La República Dominicana es el segundo país más grande y diverso del Caribe, el cual se ha destacado por ser un punto de interés entorno al turismo y a la exportación de diversos productos. Por otro lado, existen otros sectores que han contribuido significativamente, en este caso el sector construcción.

La construcción en la República Dominicana es uno de los sectores más dinámicos, garantizando grandes beneficios en el Producto Interno Bruto (PIB) del país. La laboriosidad en este sector libera en el resto de la economía dominicana crecimientos estratégicos en torno a las viviendas, industrias y empleabilidad. Uno de los principales puntos que ha impulsado este sector es el turismo, siendo la construcción la encargada de satisfacer la demanda de turistas dentro del país, a través de la creación de hoteles y otras áreas de recreación. Sacar las necesidades dentro de la población también se ha convertido en un compromiso, es por ello por lo que la creación de naves industriales, zonas francas y supermercados han crecido gradualmente en los últimos años.

Por otro lado, el crecimiento urbano ha provocado que la construcción tenga un fuerte dinamismo, incrementando la demanda de viviendas y las actividades socioeconómicas. Según el Banco Central de la República Dominicana, en el sector construcción se apreció un incremento del PIB para el período enero-septiembre 2019. Se tomaron como indicadores para medir este crecimiento todo aquello que engloba al sector constructivo, comercio en ventas de cemento, estructuras metálicas, préstamos, entre otros.

Según los datos del Banco Central de la República Dominicana la economía registró una expansión de 10.6% en marzo de 2021 en donde el sector construcción resultó ser parte clave a través de la reanudación de proyectos turísticos, iniciativas privadas de soluciones habitacionales de mediano y bajo costo, junto a obras de infraestructura pública. Esta y otras actividades económicas son medidas por un indicador mensual (ver tabla) que se encarga de analizar los desempeños positivos y negativos de las actividades de forma interanual.

Las actividades económicas que registraron tasas de crecimiento positivas en el mes de marzo manifiestan cerca del 80% del Producto Interno Bruto (PIB). El sector Construcción reafirmó su crecimiento e importancia para el país con un 56.8%.

Estos modelos de proyección del BCRD pronostican que la inflación se reduciría en los próximos años, sin embargo, se seguirán tomando las mejores medidas para frenar su incrementación.

Tabla 1. Indicador Mensual de Actividad Económica (IMAE) 2020-2021

INDICADOR MENSUAL DE ACTIVIDAD ECONÓMICA (IMAE)						
Actividades Económicas	2020			2021		
	enero	febrero	marzo	enero	febrero	marzo
Agropecuario	3.8	6.8	4.8	0.4	0.9	1.6
Explotación de Minas y Canteras	-9.2	-9.3	-10.4	-12.9	7.8	21.4
Manufacturera Local	1.2	5	-8.2	2.9	6.5	13.4
Manufacturera Zonas Francas	6.8	9.9	-4	-1.4	0.1	32.4
Construcción	13.6	15.5	-38.4	6.7	9.1	56.8
Servicios	4.2	4.8	-5.5	-4.9	-3.6	4.9
Energía y agua	4.9	4.8	5.3	-3	-1.1	0
Comercio	4.2	6.2	-4.3	-1.7	4.3	9.4
Hoteles, Bares y Restaurantes	-5.1	-5.5	-40.5	-47.7	-45.1	-12.6
Transporte y Almacenamiento	3.8	4.5	-16.2	-1.9	-0.7	19.7
Comunicaciones	3.1	5.3	5.6	0.9	0.6	0.9
Servicios Financieros	9.2	9.8	7.2	-4.5	-2.5	0.3
Actividades Inmobiliarias y de Alquiler	4.8	5	5.1	2.4	2.2	2.1
Administración Pública	3.2	2.7	3.7	-2.4	-2.5	-3.8
Enseñanza	2.7	2.8	3.1	-5.7	-5.7	-5.8
Salud	8.2	12.7	16.5	4.2	4	0.9
Otras actividades de Servicios	6.9	7.1	-2	-7.8	-7.1	-5.6
IMAE	4.7	5.3	-9.4	-1.8	1.1	10.6

Fuente: Banco Central de la República Dominicana

El sector construcción ha mostrado un crecimiento constante y sostenible, sin embargo, el sector carece en muchos casos de mano de obra cualificada, y de técnicas de construcción eficientes e innovadoras (Soler et al.,2013). Existen otras barreras que han influido negativamente en el crecimiento productivo, destacando la mala calidad de algunos materiales, la falta de comunicación y la carencia de positivismo en utilizar nuevas herramientas.

Por ende, la industria requiere un enfoque más productivo, que se puede alcanzar a través de la implementación de tecnologías digitales (Mckinsey Global Institute, 2017). Para desarrollar la productividad y mantenerse al día con la innovación de la industria global, se debe de acoger completamente la digitalización, y el modelado de información de construcción (BIM).



Actualmente en Latinoamérica varios países están colaborando con esta nueva metodología y creando importantes organizaciones que promuevan la utilización de esta.

2.3 Building Information Modeling (BIM) en la República Dominicana.

La metodología BIM está creciendo continuamente en todo el mundo, aunque en algunos países tales como la República Dominicana progresan con una velocidad moderada. Ciertos avances han ocurrido dentro del sector construcción en los últimos años, los cuales han provocado que numerosas empresas se organicen para aplicar nuevos cambios y digitalizaciones. Para el año 2020 se creó BIM Fórum República Dominicana, de la mano de la Cámara Dominicana de la Construcción (CADOCON) y cuatro importantes constructoras dominicanas, muy reconocidas internacionalmente. Dicho fórum es parte del BIM Fórum Latam, lo que proporciona mejores colaboraciones y reduce las brechas del mercado construcción. Actualmente debido a las gestiones de la incursión de BIM en el sector constructivo dominicano, se han presentado diversas ideas de cómo debería implementarse y que pasos desarrollar para lograr los objetivos.

A causa de su gran auge, la implementación de BIM en las empresas ha permitido que se adopte este sistema en la ejecución de edificaciones de vanguardia como torres corporativas y proyectos residenciales. No obstante, muchas empresas aún no entran en la fase de transición que permitiría digitalizar más los procesos que realizan diariamente. Una de las principales causas es el coste que tiene BIM para aplicarse dentro de las empresas. La adquisición de las licencias, la formación y tiempo de aprendizaje conlleva a un gasto que no muchos están dispuestos a costear, sin embargo, el costo de no implementarlo resulta ser menos factible.

La decisión de no implementar BIM avanza entorno a la inseguridad de recuperación de la inversión dentro de los proyectos, es por lo que, la exigencia se agrava cuando se presentan propuestas que en cierto modo resultan ser factibles, pero a largo plazo. La decisión de realizar esta implementación en las empresas viene dada por estar más acorde a los procesos digitales, mejora de los procesos y aumento de competitividad.

A pesar de esto, el gobierno dominicano y los ayuntamientos no han mostrado ningún tipo de motivación en el uso de BIM de manera obligatoria o recomendada en el uso de los proyectos que se deben presentar o no mediante licitación. Debido a esto y muchos otros casos, aún no se tiene una guía de qué debería ejecutarse o considerarse para la adecuación de BIM en las empresas, todo sucede mediante terceros internacionales o mediante algunas empresas que se dedican a realizar el ofrecimiento de enseñanzas o servicios. Es por ello, que República Dominicana cuenta con varios obstáculos respecto a implementar BIM, desde sus barreras imponiendo los sistemas tradicionales de construcción y la falta de recursos al llegar a empezar la implementación.

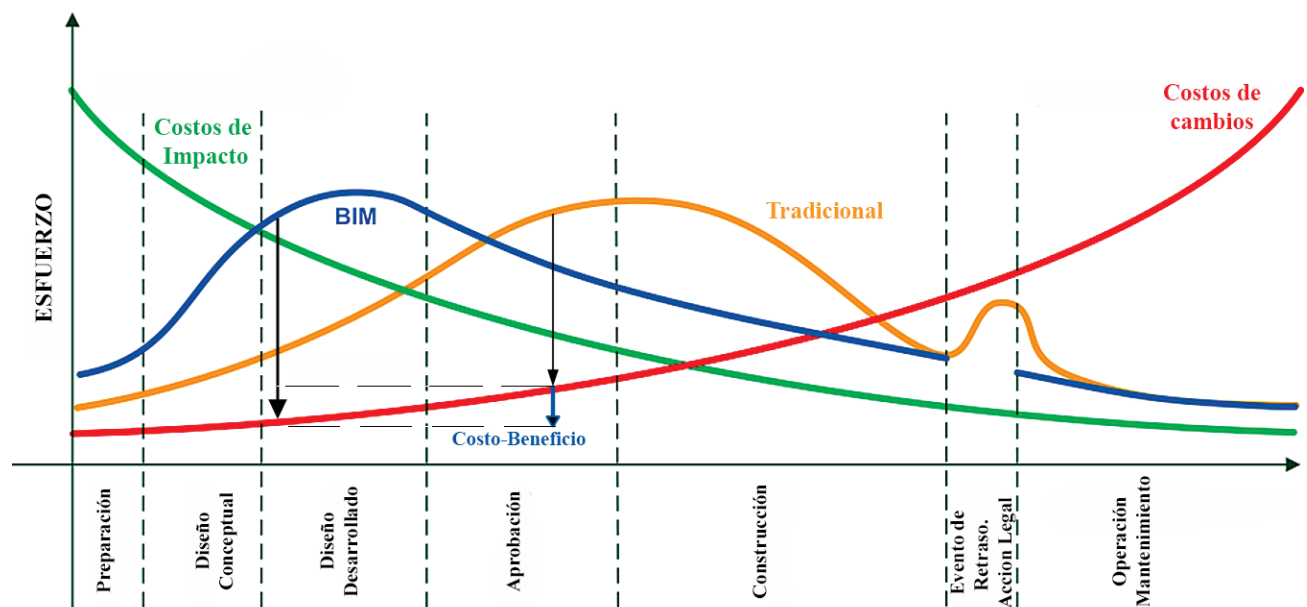


Ilustración 5. Planificación BIM vs CAD tradicional. Fuente: MacLeamy y Liebich, 2013

En el gráfico presentado en la ilustración 5, se muestran las posibles diferencias entre los dibujos en CAD 2D (curva amarilla) con BIM (curva azul).

Aunque se argumente que se seguir en el sistema tradicional, los cambios y retrasos resultan ser un impacto negativo, el cual puede reducirse mediante BIM, y hasta puede analizarse un coste-beneficio si se controla con antelación.

La realidad es que mediante BIM, se suponen ahorros dentro de los proyectos hasta de un 10% según estudios analizados en diferentes proyectos de Europa, lo que ha llevado que, a pesar de



todas las incertidumbres, varias empresas deseen adquirir esta metodología con el fin de generar grandes ventajas y beneficios. La decisión de poner en práctica BIM marca una diferenciación en el mercado, resultando que muchas empresas aumenten su competitividad, servicios y niveles de calidad.

2.3.1 Capacitaciones de conocimiento BIM.

Desde hace más de una década la necesidad de interés en BIM ha surgido en al menos una o dos universidades de la República Dominicana. La inclusión de esta comienza en la maestría en Administración de la Construcción, facilitada por el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), el cual mediante cursos, talleres y seminarios comienzan con la fase de concentración en dicha metodología.

Según el ingeniero Omar Ramos, mediante un webinar otorgado a INTEC en 2020, afirma que de alguna manera todo el que está involucrado en la industria de la construcción reconoce lo importante que es la metodología debido a la complejidad de las obras de construcción que tenemos hoy en día; por lo cual resulta necesario adecuarnos a la realidad de empezar a implementar BIM dentro de las universidades y proyectos.

Actualmente varios profesionales de ingeniería optan por realizar algún curso o taller enfocado en esta metodología, ya sea de manera presencial o virtual, la necesidad de combinar el uso de BIM en el mejoramiento de la gestión de proyectos se valora muchísimo de manera laboral de manera internacional, sin embargo, hay un impulso latente de que sea igual o mejor apreciado nacionalmente.

2.3.2 La necesidad de BIM en la industria de la construcción dominicana.

Aunque dentro del sector constructivo encontremos ciertas ventajas haciendo uso del sistema tradicional, ocurren varios casos en los que la falta de comunicación, ineficiencia y retrasos causan consecuencias de productividad y de nivel económico. Dichas consecuencias pudieran remediarse o disminuirse haciendo uso de nuevas tecnologías, las cuales saciarían aquellas necesidades que están presentes dentro de las obras.



Anteriormente, ha sido mencionado el interés por la metodología BIM dentro de la construcción en la República Dominicana, esto es debido a la gran mejora que se ha percibido después de su correcta implementación en obras y a los beneficios que ofrece.

Varias ventajas como las enumeradas a continuación son capaces de apaciguar la necesidad presentada en el mercado de la construcción al mismo tiempo que se aumenta la competitividad:

- Optimización de la comunicación con los colaboradores y clientes.
- Aumento de productividad, detección de errores y proveer herramientas tecnológicas necesarias a los profesionales para la gestión de los procesos.
- Creación de altos estándares entorno a la calidad y eficiencia.

Éstas son algunas de las ventajas que presenta BIM para los proyectos de construcción, por lo cual BIM se perfila como una mejora del sistema constructivo. Muchas empresas de construcción de la República Dominicana lograron ver dichos beneficios en la construcción de la Nueva Ciudad Sanitaria Luis Eduardo Aybar o el Nuevo Hospital Luis Eduardo Aybar, en la ciudad de Santo Domingo. Actualmente este proyecto se considera como el más grande del Caribe en el sector de salud, con un total 12 edificios y 152,000 m². La empresa constructora a cargo de implementar la metodología BIM es LEXCO, la cual es la encargada de la dirección de Construcción del proyecto. Esta empresa fue reconocida por parte de Autodesk como uno de los pioneros de la Metodología BIM en Latinoamérica. Según Jorge L. López, CEO de LEXCO, mediante esta metodología se podrá identificar posibles colisiones de elementos que se prevén antes de que ocurran la obra, significando esto un ahorro importante del proceso, tanto en tiempo como dinero, además de que se asegura una mejor calidad en el trabajo.

Dicho CEO también argumenta que no fue fácil, y la implementación de BIM generó cierta desconfianza para el desarrollo del proyecto.

Actualmente, la construcción de esta ciudad sanitaria avanza positivamente con una mejor comunicación y documentación del proyecto de manera más rápida gracias a la metodología BIM implementada. Algunos de las áreas del Hospital han sido habilitadas, pero aún se continúan realizando obras para próxima apertura del quinto piso que brindará servicios especializados a toda la población dominicana.

2.4 Estructuras Metálicas en República Dominicana.

El acero ofrece ventajas significativas de resistencia, reciclaje, sostenibilidad, durabilidad, entre otros. Cuando se utiliza en la construcción de estructuras este ofrece más rapidez y ductilidad. A través de este, se ha logrado innovar en diversas construcciones a causa de su maleabilidad y excelente comportamiento. La necesidad de su implementación ha provocado que se implemente a través de softwares BIM, con características estructurales y colaborativas.

La construcción en acero se ha consolidado en la República Dominicana en los últimos años. La necesidad de fabricación de naves industriales para zonas francas, textiles y azúcar ha impulsado su uso, atrayendo otras ventajas como la generación de empleos y la implementación de nuevas formas constructivas. Debido a su gran auge dentro de la construcción, se ha podido efectuar para la construcción de puentes, hospitales, supermercados, hoteles y grandes parqueos. Para 2021 las importaciones de acero fueron de fueron de US\$1.040 según la base de datos COMTRADE de las Naciones Unidas sobre comercio internacional. Sin embargo, el precio del acero alcanzó su máximo histórico en junio de 2021, junto con otros materiales. Muchos atribuyen que estas importaciones fueron aumentadas debido a los pedidos en cola realizados en tiempos de pandemia, lo cual fue una de las consecuencias del incremento de los precios. Según el siguiente gráfico se puede apreciar la cantidad monetaria alcanzada debido a las importaciones del acero hacia la República Dominicana.

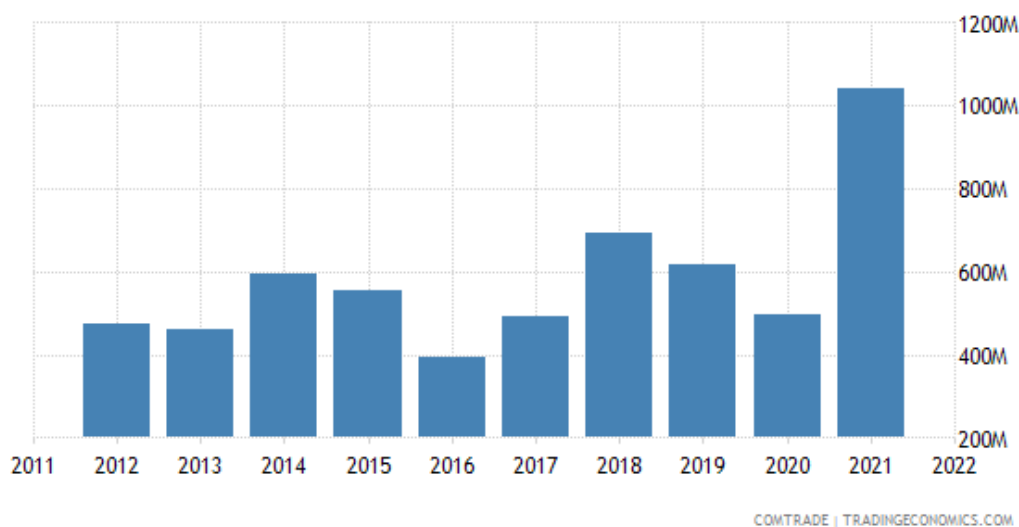


Ilustración 6. Importaciones de hierro y acero, República Dominicana.



Grandes obras han sido realizadas mediante la utilización de este importante material, una de ellas es el gran metro de Santo Domingo e Ikea, usándose en esta última 4.5 millones de libras de acero. La República Dominicana en la actualidad tiene un gran desarrollo en el sector de las estructuras metálicas, implementando softwares BIM tales como Tekla Structures, el cual provee un ambiente más abierto a lo que es la construcción en acero y la construcción mixta.

2.5 Desarrollo Tecnológico en Sector Construcción.

En el sector construcción, al igual que en otras industrias, ha crecido el deseo de mejora del producto final, ya sea incrementando la calidad o reduciendo los plazos. Aunque en la construcción hay pocos intentos de implementación de gestión de la producción, existen muchas empresas dentro de Latinoamérica que abogan por un mejoramiento directamente relacionado con la filosofía Lean. Sin embargo, dentro de la construcción se encuentra una barrera relacionada con el financiamiento y un personal capacitado.

En muchos países desarrollados se han producido incrementos en la utilización de la tecnología en la construcción. Según McKinsey, existen tres factores que han provocado que la revolución tecnológica en la construcción crezca: la inversión en diferentes campos de infraestructuras, minería e inmobiliaria, la realización de grandes proyectos ingenieriles y la búsqueda de reducción de sobrecostos y cumplimiento de las especificaciones. Existen muchos otros motivos que buscan cada día la implementación de la tecnología en la construcción, pero el principal de ellos es el aumento de la productividad. En los países en vías de desarrollo, como la República Dominicana, se cuenta con un mediado financiamiento a largo plazo para incorporar la tecnología en la mejora de procesos productivos. La mayoría de las medianas o pequeñas empresas buscan salir a flote escalando en distintos proyectos que le permitan sustentarse.

Afortunadamente en los últimos años se perciben ciertos cambios positivos que inician con la implementación de filosofías Lean y metodologías BIM. En la República Dominicana se empieza a tener la idea de la incursión de BIM como fue anteriormente mencionado dentro del sector construcción, creando espacios de capacitación, en donde se tiene como objetivo promover esta metodología y facilitar la colaboración dentro de la construcción.



Por otro lado, las crisis económicas y efectos postpandemia han incrementado aún más el uso de la tecnología para llevarse a cabo en la ejecución de obras. Las nuevas formas de productividad e ingreso de nuevos métodos productivos, han generado las condiciones necesarias para pensar en nuevas implementaciones y procesos lucrativos.

Actualmente mediante el gran auge que ha tenido la tecnología y sus beneficios, ha podido comprobarse el pensamiento de invertir en la misma, y se ha vuelto una realidad. A través de diversos casos de estudios, se ha podido comprobar el ahorro de tiempo y dinero por desarrollar nuevas herramientas tecnológicas.

Un ejemplo de esto es la realización del proyecto Acuario Hilton Garden Inn en Atlanta, Georgia; al principio no se contaba con un diseño inicial mediante BIM, aunque después fue diseñado y mediante ejecución esta metodología, se permitió identificar posibles colisiones o choques entre diversas estructuras y sistemas mecánicos.

Con esto se evitó un costo monetario muy significativo para el proyecto y se garantizó una buena transmisión de información entre los contratistas, arquitectos y otros miembros del proyecto.

3. Marco Teórico.

3.1 Metodología BIM.

Building Information Modeling (BIM), es una metodología que tiene como objetivo enfocarse en manejar toda la información de proyectos constructivos mediante simulaciones virtuales. Esta metodología abarca todas las fases de diseño, construcción y operación de los proyectos, relacionando toda la información entre sí. Extendiendo este concepto, se puede definir BIM como una combinación de soluciones tecnológicas, que tienen como fin crear una colaboración entre las diferentes disciplinas del sector construcción, aumentando la productividad y mejorando la economía en el proyecto (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008).

Mediante el trabajo colaborativo y las ventajas que ofrece la interoperabilidad, esta metodología se ha posicionado en centralizar muy bien su objetivo principal: la colaboración. Los beneficios aportan un 45% de mejora entre la comunicación, un 35% en mejora de manejo de información, un 43% de reducción de los costes y tiempos (McGraw Hill Construction, 2007).

BIM se formó a principios de la década de 2000 en un entorno que buscaba unir aún más la arquitectura, ingeniería y construcción. Considerando ofrecer procesos de construcción más sostenibles; BIM se enfoca en un principio en la resolución conflictos de gestión de proyectos, ofreciendo a las partes interesadas lograr colaborar en diferentes etapas.

La implementación de BIM ha brindado una serie de beneficios positivos a la industria de la construcción, así como la confianza de creer en nuevas implementaciones tecnológicas. La productividad dentro del sector construcción ha ido aumentando, aunque no se ha evidenciado un gran avance debido a que muchas empresas continúan en sistemas tradicionales. Distintas variables han contribuido de manera negativa a ser más productivos cuando se implementa solo la construcción tradicional, entre ellas destacan la falta de información, las colisiones que surgen dentro de la etapa de desarrollo del proyecto y la falta de comunicación.

Dentro de unos años la proyección de BIM seguirá enfocada a la productividad, implementando siempre mejoras acordes a una mejor integración con Lean Construction, Big Data, realidad aumentada, entre otros. En la siguiente imagen se muestra una proyección desde su creación hasta los próximos ocho años.

BIM 2030 at a glance

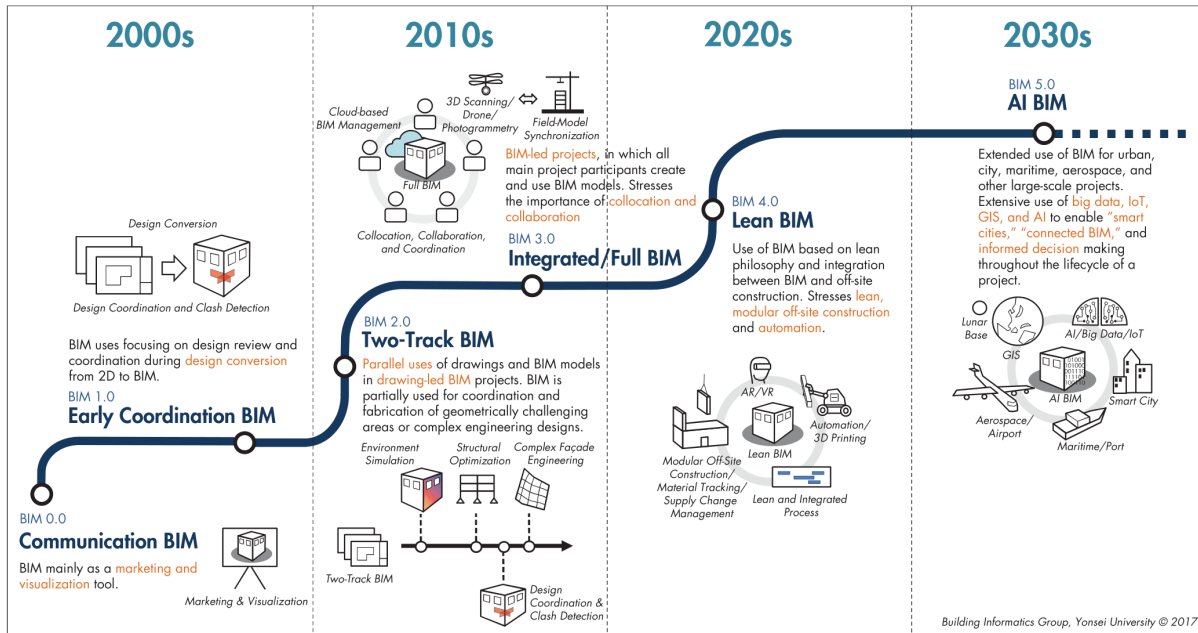


Ilustración 7. Progresión BIM durante las décadas. Fuente: (Sacks, Eastman, Lee & Teicholz, 2018)

Actualmente en Latinoamérica la implementación de BIM ha tenido gran auge en los últimos años, siendo Chile uno de los países con mejor aceptación de esta innovadora forma de trabajo. Por otro lado, otros países como Colombia se le conoce por ser uno de que tiene más conciencia BIM dentro del mercado. La República Dominicana, aunque se encuentra en una fase de fomentar esta metodología, grandes constructoras ya abogan por incluir dentro sus proyectos este tipo de modelado de información de construcción. Aunque BIM contribuye de manera positiva al sector constructivo, la Industria Nacional ignora los indicadores clave que inciden en su desarrollo, tales como, valor agregado y productividad del trabajo y del capital (Miranda & Toirac, 2010).

3.1.1 Dimensiones BIM.

Dentro de la metodología BIM se cuenta con una serie de dimensiones que comienzan con el esquema del proyecto, y terminan con el sostenimiento del lugar a largo plazo. Estas dimensiones están presentes en todo proyecto, destacando los aspectos relevantes y gestionando toda la información. Estas etapas de dimensiones BIM se desglosan de la siguiente manera:

- 1D: se considera como la idea inicial o el concepto de lo que se pretende realizar. En esta primera dimensión, se representa la intención mediante líneas, y se colocan los datos iniciales.
- 2D: Tenemos el esquema y la estructura nuestro proyecto. En esta segunda dimensión, se tiene la medición y el plano, pudiéndose obtener los materiales del proyecto.
- 3D: En esta dimensión tenemos un boceto más claro, ya desarrollado en tres dimensiones cada elemento tiene información relevante y se mejora la comunicación y visualización.
- 4D: Se enfoca en el tiempo en el que debe ser completado el proyecto. Cuando hablamos de una cuarta dimensión nos enfocamos en planificación de tiempos y actividades, haciendo uso de diagramas. Haciendo uso de esta etapa se planifica teniendo un soporte 3D como base.
- 5D: Hace referencia a la producción económica del proyecto, es decir, el presupuesto. A través de la quinta dimensión podemos hacer una estimación de los costes del proyecto, teniendo como referencia las anteriores dimensiones realizadas. Es una gran ventaja al momento de ahorro en costes y evitar errores.
- 6D: se enfoca en la sostenibilidad del proyecto, buscando reducir el impacto de nuestras actividades sobre el planeta mediante simulaciones que proyecten las emisiones, impacto de los materiales, entre otros.
- 7D: Finalmente la última dimensión, abarca todo lo referente a mantenimiento de las estructuras de nuestro proyecto. Se enfoca en todos los equipos mecánicos, de seguridad y preventivos especificando su uso y mantenimiento.

De una manera más resumida (ver ilustración 8) se presenta cada dimensión con la característica más esencial que la define o el grado de información que se incorpora al modelo BIM.

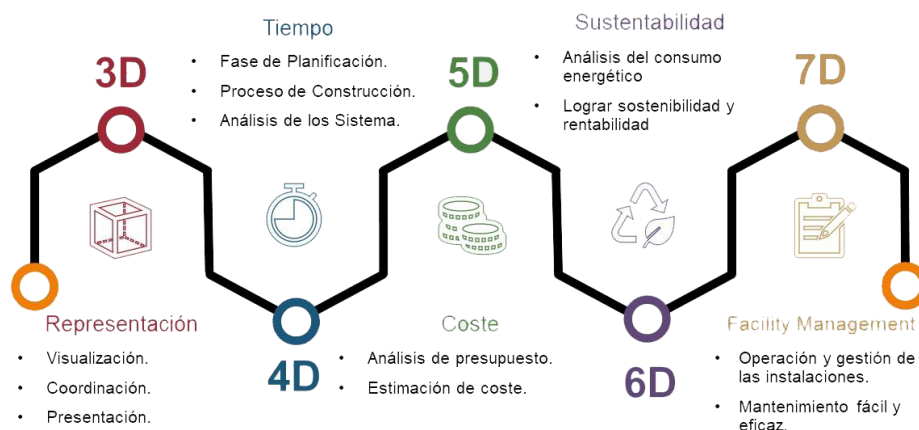


Ilustración 8. Dimensiones BIM. Fuente: (Carballo, 2022)

Recientemente se mencionan más dimensiones BIM, llegando hasta un total de diez en las cuales la novena hace referencia a introducir la filosofía Lean dentro de los proyectos y la diez se enfoca en la industrialización del sector construcción.

3.1.2 BIM: niveles de madurez.

La madurez BIM es un término muy esencial entorno a referencia de calidad y a los niveles alcanzados mediante el uso de BIM en los proyectos. El mismo indica el avance tecnológico que se ha tenido en la construcción e indicadores de rendimiento que han sido alcanzados o pueden llegar a alcanzarse. Estos niveles están escalados partiendo desde un nivel básico hasta alcanzar un último nivel tope. Los mismos se dividen como sigue:

- Nivel básico (L0/Level 0): no existe ningún tipo de colaboración, solo se opera en dos dimensiones mediante software o documentos en papel.
- Nivel 1 (L1/Level 1): se colabora de manera parcial y se ejecuta en dos y tres dimensiones mediante archivos digitales. Algunas normas son utilizadas, aunque no se aplican en todos los casos en general.
- Nivel 2 (L2/Level 2): se presenta una colaboración total entre las partes, aparecen nuevas dimensiones enfocadas en el tiempo (4D) y presupuestos (5D).
- Nivel 3 (L3/Level 3): tiene como objetivo principal una plena integración, implica el más alto nivel colaborativo, en donde se trabaja con un solo modelo y todos los involucrados pueden acceder y modificar el mismo. Este nivel también es conocido como Open BIM o iBIM, debido a que se utilizan diferentes herramientas que ayudan a crear una interoperabilidad que puede ser manejada por varios colaboradores. Este método ha sido adoptado por el Reino Unido para estimar la calidad de todos los procesos.

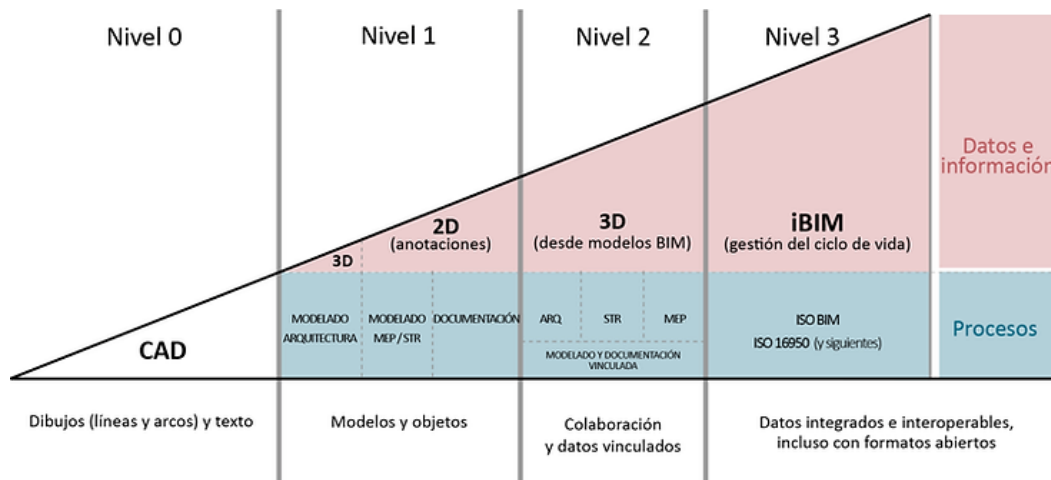


Ilustración 9. Niveles de Madurez BIM. Fuente: (Colomer, 2021)

3.1.3 BIM: niveles de desarrollo (LOD).

Los niveles de desarrollo o Levels of development (LOD), son un conjunto de estándares de la industria que permiten tener un nivel de detalle de información de los elementos 3D. El LOD de un modelo va incrementando a medida que el proyecto avanza, por lo tanto, se debe de definir en cada etapa cada detalle con el fin de asegurar que se cumplan los requisitos del contratista y se tenga el suficiente detalle de información. Usualmente se tiende a confundir los niveles de detalle y los niveles desarrollo, los mismos se diferencian en que, los niveles de detalle hacen referencia a que cantidad de detalle se incluye en el elemento del modelo, mientras que los niveles de desarrollo abarcan los grados de la geometría y las informaciones. Una manera más clara de entender los niveles de desarrollo se explica de la siguiente manera en categorías:

- LOD 100: representa un diseño conceptual con un mínimo en detalles.
- LOD 200: es el diseño de desarrollo, se definen más parámetros como volumen, orientación y ubicación.
- LOD 300: abarca todas las informaciones relacionadas para la construcción.
- LOD 400: incorpora todos los datos para la fabricación e instalación del elemento, así como informaciones no gráficas.
- LOD 500: Se presenta la construcción del modelo, se verifican en términos de tamaño, cantidad, orientación y ubicación. Suele usarse para gestión de instalaciones.

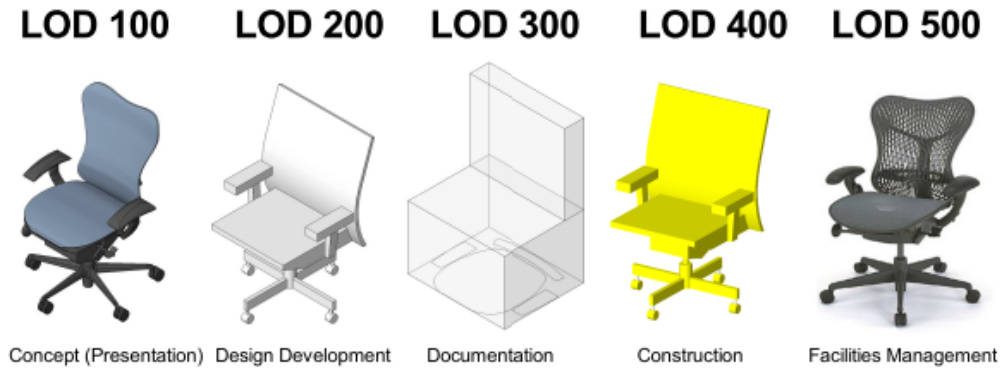


Ilustración 10. Niveles de desarrollo. Fuente: (Ahmed, 2018).

3.2 Procesos de construcción y características del sector.

Para realizar un buen proyecto es necesario tener un buen proceso constructivo, considerando niveles óptimos de calidad y buena gestión. Es por ello, por lo que hoy en día los requerimientos se hacen más estrictos conforme al mercado y las capacidades. Para lograr buenos procesos dentro de la construcción, la comunicación y la innovación son dos piezas muy importantes.

Desde los inicios de la construcción, este sector se ha caracterizado por satisfacer necesidades y contribuir al progreso, logrando que una sociedad pueda clasificarse debido su grado de desarrollo. Los procesos constructivos dentro de los proyectos deben gestionarse cumpliendo todas las exigencias previstas. Existe una manera de catalogar dichos procesos, en fases que abarcan todo desde la concepción hasta la finalización del proyecto; en la siguiente ilustración se muestra de manera detallada dichas frases.

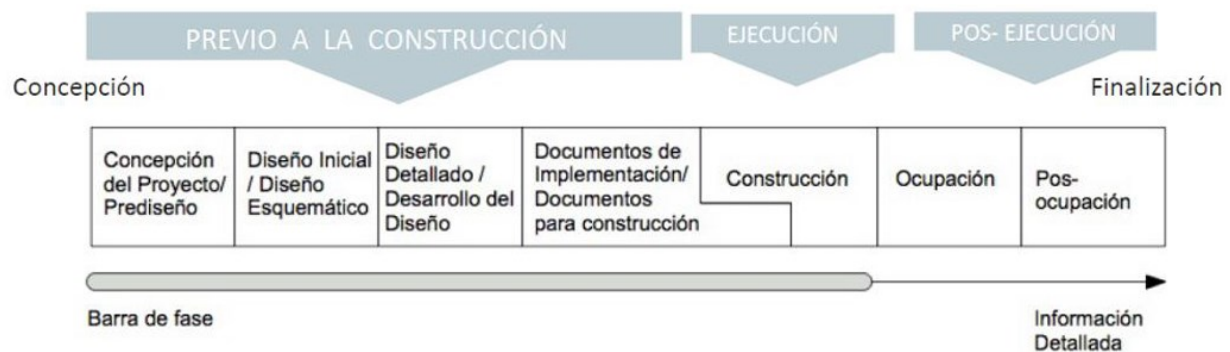


Ilustración 11. Esquema del proyecto constructivo. Fuente: BIM and Construction Management 2015



Conforme a estos procesos principales, también ocurren otros subprocesos o etapas que juegan un papel importante dentro del desarrollo constructivo. Dichos subprocesos son administrativos, básicos y públicos, en donde las actividades de planificación, procesos de diseño, aprobaciones del proyecto y financiaciones tienen un gran rol de importancia. Todos los procesos y subprocesos van afectados por lo que es la productividad en cada fase. El desempeño, compromiso y competitividad son factores que influyen directamente en el rendimiento de cada labor.

En la República Dominicana varias empresas se encuentran bajo la necesidad de incrementar su sistema productivo, ya que, el mismo se transmite de manera directa al producto, obteniendo mejor calidad y precios. Lamentablemente, la República Dominicana no cuenta con datos de registros de productividad de los sectores, solo en la Oficina Nacional de Estadística se destaca cómo obtener una valoración, teniendo en cuenta el coste de la producción, el costo de la mano de obra, unidades de empresas, entre otros.

Según (Cantú et.al., 2018), la productividad puede definirse en forma más clara como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para suplir un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

La construcción en la República Dominicana es uno de los sectores que tiene una productividad disminuida frente a otros (Miranda & Toirac, 2010). Sin embargo, para el año 2021 en este sector se registró un aumento en su productividad a pesar de las alzas que registraron los materiales de construcción. Muchos de los análisis realizados por el Banco Central de la República Dominicana e instituciones como la oficina Nacional de Estadística muestran que el sector construcción ha sido el motor principal de la recuperación económica post pandemia.

Existe una demanda latente de mejorar la productividad en el sector, con el fin de optimizar los procesos de construcción, la cual no es continuada por optimismo de los profesionales. Muchas empresas buscan aumentar su productividad aplicando nuevas metodologías, entre ellas, Lean Construction se ha vuelto popular en su aplicación dentro del campo y las oficinas, arrojando resultados positivos, aunque poco continuados.

3.3 Utilización de BIM en fabricación e instalación de estructuras metálicas.

La utilización de BIM en la fabricación e instalación de estructuras es de vital importancia para completar un proyecto a tiempo y dentro del presupuesto. La invención de diferentes softwares y/o herramientas contribuyen a la creación de modelos tridimensionales, con los cuales se pueden minimizar los errores de diseño y reducir los costes de construcción provocados por el retrabajo. Contar información relacionada con la fabricación e instalación, promueve la posibilidad de la mejora de gestión de la información dentro de los proyectos. Uno de los principales beneficios es otorgar a los contratistas y fabricantes una herramienta de comunicación que mediante modelos 3D reduce todas las dudas si existiese algún problema.

A través de BIM, es posible llegar a un nivel de detalle amplio y lograr modificar de manera más fácil los elementos estructurales.

La facilidad de conectar miembros estructurales, agregando tornillería, soldadura y placas, es una de las innovaciones que ha tenido gran impacto frente a la construcción tradicional, mejorando el nivel constructivo. Por otro lado, la implementación de la interoperabilidad mediante Industry Foundation Classes (IFC), un formato de código abierto que permite que los datos de nuestros modelos sean aprovechados como información, ha permitido que se pueda colaborar desde diferentes softwares, ahorrando tiempo y aumentando la productividad.

Por otra parte, en un caso de estudio realizado en la construcción del Hospital de Miami Valley en Ohio, se demostró que, a través de la metodología BIM y el sistema de prefabricado, se alcanzaron a reducir costes y desperdicios, y se aumentó la productividad, seguridad y la calidad. Haciendo uso de softwares BIM tales como Navisworks, los subcontratistas pudieron conseguir una visión más clara de la instalación y detalle de conexiones de puntal y sísmicas. A través de este tipo de información, los detalles de tamaño y encaje de elementos se logran ordenar a medida y pueden detectarse fallos fácilmente para su reparación. El tiempo de entrega del proyecto tampoco fue un problema, ya que se logró reducir el mismo trabajando más horas de una manera productiva. A través de la prefabricación de los elementos, se construyeron una serie de módulos o prototipos del hospital, con los cuales se obtuvieron una mejor comprensión logística, en donde se mejoraba la claridad del proyecto en conjunto con el equipo de diseño y subcontratistas.

La prefabricación de estos módulos brindó una decisión temprana del resultado de los elementos y a su vez una construcción más avanzada. Un punto clave en todo este proyecto es que el trabajo de prefabricación fue realizado en el suelo, y no en altura. La seguridad de cada empleado estaba garantizada, obteniendo cero accidentes en la fabricación. Cada miembro estructural debía estar correctamente etiquetado, evitando así dudas dentro de la obra. Este tipo de construcción resulta ser ventajosa si se tiene una buena gestión dentro de la construcción, ya que se debe programar, aparte de los trabajos de fabricación, la utilización de maquinaria tales como grúas y transporte. En la siguiente figura podemos observar el avance constructivo del hospital en un tiempo de ocho meses.



Prefabrication work begins: 2 February 2009



Prefabrication work complete: 12 October 2009

Ilustración 12. Construcción del Hospital Miami Valley mediante elementos prefabricados.

Fuente: Skanska, USA Building Inc.

La construcción en acero conduce a obtener mejores tiempos de construcción y a la entrega por etapas. Dicho sistema en prefabricado brinda un mejor control del taller sobre la calidad y la exactitud dimensional de la maquinaria. En la República Dominicana son varias las empresas que promueven la construcción en acero, otorgando las ventajas anteriormente mencionadas, se ha podido alcanzar grandes proyectos que van desde puentes hasta grandes naves industriales. No obstante, hoy en día el precio del acero se ha incrementado casi al doble debido a los estragos causados por el COVID-19, oponiéndose que se sigan realizando ciertas construcciones debido a que no resulta económicamente viable.

3.4 Lean Construction

Lean es una filosofía enfocada en la eliminación de desperdicios. Según la compañía Mainstream Management, Lean puede definirse como: *“una orientación sistemática que dirige a toda la empresa a la mejora continua de la calidad, el costo, la entrega y la seguridad al buscar, eliminar el desperdicio, crear flujo y aumentar la velocidad de la capacidad del sistema para satisfacer la demanda del cliente.”*

Dentro de esta filosofía existen otros conceptos que tratan de enfocarse en diversos puntos, para optimizar procesos y generar valor. Estos conceptos derivados de lenguaje japonés, tales como kaizen, Kanban, jidoka, muda, muri, entre otros, buscan una mejor producción cargada de calidad, automatización, un toque humano, mejor flujo de actividades, eliminación del desperdicio y mejora continua.

Esta filosofía ha hecho surgir nuevas herramientas Lean, las cuales han sido implementadas con éxito dentro de diversas empresas. Dentro de dichas herramientas están las siguientes:

- Six Sigma: está basado en la reducción de variaciones, buscando eliminar los fallos del producto o algún servicio entregado al cliente. Mediante esta metodología se busca tener solo 3.4 unidades de defectos por cada millón producido. Dentro de la misma metodología se pueden encontrar otras dos introducidas, tales como DMAIC que se basa en cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, por otro lado, está la DMADV, que consiste en definir, medir, analizar, diseñar y verificar. La diferencia existente entre estas dos metodologías es que DMAIC es utilizado para mejora de las capacidades existentes, mientras que DMADV es utilizada cuando se deben crear o rediseñar productos o servicios nuevos.
- Last Planner System (LPS): esta herramienta promueve el cumplimiento de las actividades a realizar y la búsqueda de reducción de incertidumbre dentro de la planificación. Tomando como base el sistema “Pull”, este agrega un control de la producción al sistema de gestión tradicional, enfatizándose en la comunicación para tener en cuenta lo que se hará y lo que debería hacerse. Esta metodología se enfoca en una planificación más realista, en donde las actividades a realizar forman parte del compromiso de los últimos planificadores.

- Las 5S: esta metodología japonesa se enfoca en cinco aspectos que resultan ser muy importantes al momento de construir un proceso de mejora continua, firme y duradero. Cada uno de estos aspectos tiene un significado y pretende evitar todo aquello que genera un desperdicio y conseguir mayor productividad. Esta herramienta ha permitido mejorar las condiciones laborales aplicando los siguientes conceptos básicos:
 - Seiri (eliminar): se refiere en clasificar todo y eliminar todo aquello que no resulta útil en nuestro ambiente.
 - Seiton (ordenar): se trata de establecer un orden dentro de nuestra área con el fin de conseguir una mayor accesibilidad y encontrar de manera fácil y rápida lo que andamos buscando.
 - Seiso (Limpieza): consiste en mantener nuestra área limpia en todo momento, con el objetivo de comprobar si hay algún defecto.
 - Seiketsu (Estandarizar): se basa en el control y medición de la ejecución de las tres etapas anteriores y la designación de responsables.
 - Shitsuke (Disciplina): tiene como objetivo que se cumplan todas las fases anteriores, y cumplir con las normas establecidas.
 - Value Stream Mapping (VSM): comúnmente conocida como la cadena de valor, esta herramienta promueve, mediante la implementación de gráficos y diagramas, plasmar toda la información de los proyectos con la finalidad de detectar las circunstancias de mejora en cualquier fase del proceso. Según Gerhard Plenert, VSM no se enfoca en trabajar más duro; se enfoca en trabajar de manera más inteligente.
 - 5 Why? (5 ¿Por qué?): es una herramienta para ayudar a identificar la causa raíz, preguntando hasta cuando sea necesario el porqué de un problema. Cada por qué se iría relacionando con el ya respondido, llegando así a la raíz y considerando la búsqueda de soluciones.
-

- Integrated Project Delivery (IPD): es un método de enfoque, gestión y ejecución, mediante el cual el trabajo en equipo tiene un papel importante. A través del IPD, existe una comunicación continua y fluido entre las principales partes actuantes, correspondiente a toda la colaboración del diseño, la planificación y las fases de ejecución de los proyectos. Esta metodología promete ahorro significativo de dinero y eficiencia dentro de la programación.

Dentro de la filosofía Lean, existen muchas otras herramientas enfocadas a la mejora de procesos con el fin de garantizar siempre una mejora continua y eficiencia. El éxito de cada herramienta dependerá siempre de quienes la implementen, teniendo en cuenta el valor de estas.

Una de las claves de Lean, es poder lograr una cultura organizacional en donde se pueda delegar e involucrar a todos los empleados. Por otro lado, hay que estar abiertos a que cualquier empleado puede cometer errores y aprender de ellos, por lo que debemos mejorar el flujo de valor, a través del trabajo como aprendizaje.

3.5 Ritmo de producción

La etapa de producción de un proyecto implica la utilización de recursos como mano de obra, materiales y maquinarias. Todos estos recursos van influenciados por lo que es el tiempo y la determinación dentro del ciclo de trabajo. Dentro de la construcción, el ritmo de producción está condicionado por las fases de trabajo que se dan de manera uniforme, es decir, el progreso que se percibe cuando tenemos unidades iguales de obra, algo similar a la producción en serie.

Implementar una programación rítmica es considerado difícil dentro de la práctica ingenieril. Cuando no tenemos buenos amortiguadores dentro de la planificación, resulta muy difícil aplicar este método, en donde cada empleado o contratista debe estar condicionado a enfrentar el proyecto respetando las secuencias y las relaciones de inicio y fin. Para que la ejecución de los proyectos sea exitosa mediante la programación rítmica, se deben de considerar los siguientes factores:

- El proyecto debe adaptarse en su totalidad a las secuencias a cumplir, dentro de la planificación establecida dentro del plazo propuesto.
- Los trabajadores deben ser cualificados y comprometidos con el proyecto.
- Deben de evitarse las saturaciones y reducciones de eficacia.

- La mano de obra debe utilizarse de manera continua.

Aunque muchos proyectos han sido realizados con este tipo de método, debemos de tener en cuenta que la construcción cambia constantemente, y es difícil coincidir todas las secuencias de actividades. La necesidad de transmisión de información y planificación han producido que se utilicen herramientas BIM, capaces de servir con el propósito buscado de monitorización de tareas y traspaso de información.

3.6 Riesgos de retraso y sobrecostes

Los cambios son realidades dentro de los proyectos de construcción. A menudo debido a dichos cambios se generan retrasos, los cuales tienen un efecto negativo en el ciclo de ejecución de los proyectos. Según Iván Osuna Motta, director del programa de arquitectura de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, *“La mayoría de las obras en Cali se atrasan más del 50 % del tiempo previsto por causas atribuidas al contratista o constructor, al contratante o propietario, y otros imprevistos”*. Por otro lado, se deben considerar las existencias de retraso debido a otros factores no controlables, tales como cambios climáticos, obtención de permisos, sindicatos, entre otros.

Aquellos riesgos de retraso detectables pueden ser causados por una mala planificación, estudios deficientes del terreno, falta de información, retraso en materiales y problemas de seguimiento. Mientras más tarde se descubren los inconvenientes dentro de las obras, más caro se estima el coste de solución, en la siguiente ilustración se presenta un gráfico en donde se tiene una relación de tiempo-coste, en donde toma en cuenta que el coste de acción conlleva a una utilización real de los recursos, lo que implica costo en aumento mientras más tarde se detecte.

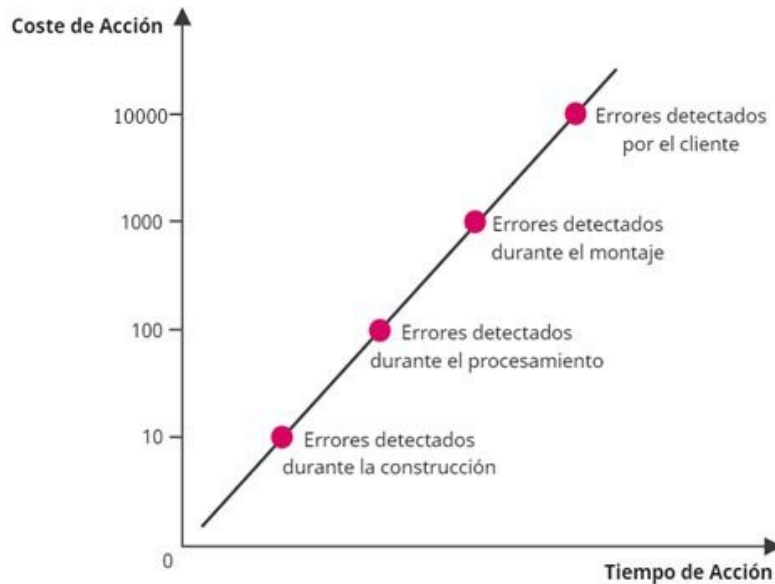


Ilustración 13. Vínculo entre costo y tiempo para remediar defectos de construcción.

Fuente: Nordstrand, U (2013).

Los profesionales deben de prever estos problemas potenciales de retraso, que posiblemente afrontarán sus proyectos actuales y futuros. Según Frimpong et al. (2003), sustenta que la gestión de proyectos junto a sus técnicas y herramientas juega un papel importante dentro de la gestión eficaz de un proyecto. Sin embargo, hay que considerar que donde más generan sobrecostos del proyecto es dentro de la construcción. Tener una buena gestión para la identificación de riesgos y de retrasos promueve ventajas en ahorro y tiempo dentro de los proyectos. Según Maués et al. (2017), las tomas de decisiones tienen influencia directa sobre las construcciones de los proyectos programados.

En los proyectos de construcción existen muchas pérdidas que provocan efectos negativos dentro de las empresas. Se definen como pérdidas a aquellas prácticas que, causando un costo, ya sea directo o indirecto, no suman valor ni avance a un proyecto. (Cantú et.al., 2018). En las últimas décadas la utilización de tecnología BIM en los proyectos de construcción ha agregado una ventaja para estimar el tiempo y ciertos sobrecostos que puedan generarse. La metodología 4D y 5D a promovido nuevas técnicas que los ingenieros de proyectos pueden usar para elaborar una estimación de cronograma usando 3D y una base de datos.

En efecto, la colaboración y la toma de decisiones ha mejorado, aunque existan pequeños conflictos al momento de la planificación de la obra. La gestión de tiempo y coste es un trabajo duro, en el cual se requiere mucho tiempo y dedicación.

3.7 Enfoque BIM: Dalux

Dalux es una herramienta BIM desarrollada para brindar supervisión, calidad, seguridad y gestión dentro de las obras de ingeniería. Dalux fue fundada en 2005 por parte de una compañía danesa que lleva el mismo nombre, ya cuenta con más de 300,000 usuarios en cualquier parte del mundo (Dalux, 2022).

Con énfasis en mejorar el sistema constructivo, Dalux se enfoca en crear productos que faciliten los procesos de una forma más rápida, colaborativa y fluida.

A menudo esta empresa realiza nuevos desarrollos dirigidos a la digitalización en la construcción, brindando, además del uso del software, la posibilidad de almacenamiento basado en la nube de archivos y modelos de datos de construcción, siguiendo los estándares de seguridad ISO 27001.

En los últimos años, Dalux ha lanzado una serie de características muy innovadoras, las cuales pueden utilizarse desde ordenadores hasta dispositivos móviles. Basados en la utilización de las herramientas 3D y realidad aumentada, buscan disminuir el tiempo y desperdicios dentro de la construcción, garantizando mejores procesos orientados a la sostenibilidad y productividad. Actualmente, la empresa sigue siendo la más fuerte de Europa, donde 13 de los 50 contratistas más importantes utilizan esta aplicación.

Dalux se divide en diferentes paquetes, los cuales se escogen según la necesidad. Dentro de cada paquete se describe su uso y se especifica si es dirigido para la construcción o diseño. No obstante, se puede elegir comprar la licencia completa o solo para partes del paquete. Existen distintos módulos o herramientas en las cuales se tiene como objetivo cumplir con una parte específica de la construcción. Más adelante se mencionan los módulos más destacados, y cuáles forman parte dentro de los paquetes, que al final resultan ser necesarios.



El aprovechamiento de adquirir cada módulo resulta ser beneficioso para dar paso a la digitalización dentro de las empresas, debido a que cada herramienta está interconectada y la información puede transmitirse de una manera más sencilla. Dalux es un software muy intuitivo, el cual trae manuales de usuario cuando se realiza la adquisición del producto, de igual forma, para obtener más información, también se pueden solicitar demostraciones en línea.

La compra de la licencia no tiene un precio fijo, el mismo es acordado entre la empresa solicitante y Dalux. La mayoría de las empresas solicitantes suelen comprar la licencia agregando el costo de esta al presupuesto del proyecto en donde se utilizará el software, otro caso es comprando la licencia para ser utilizada en toda la empresa a través de un costo general y por último comprando la licencia, pero el coste de esta es cargado a los presupuestos de los proyectos (Zimmerman & Pettersson, 2020). Para poder trabajar dentro de Dalux, el mismo admite los formatos IFC, DWG, DWFX, RVT, PDF, PNG, JPG y otros formatos, los cuales son más habituales para trabajar y visualizar los modelos 3D y planos 2D.

3.7.1 Dalux BIM Viewer.

Es una herramienta gratuita para la visualización de modelos BIM. La misma promueve la colaboración del equipo, mientras el proyecto está en la fase de diseño. También consta de integraciones nativas con otros programas tales como Revit, Tekla, Solibri, entre otros. Este programa también ofrece otras características dirigidas a usuarios, empresas y subcontratistas, tales como:

- Capacidad de operar dentro de grandes proyectos.
- Asistencia basada en la nube.
- Visualización de modelos simultáneamente en 2D y 3D.
- Fácil carga de archivos BIM.
- Crear, rastrear y administrar comentarios.
- Medición de distancia entre objetos en 3D.



Dalux BIM Viewer abarca varias plataformas: web, aplicación de escritorio y aplicación móvil. Los modelos siempre estarán actualizados para las tres plataformas de uso y manejarán de una forma suave la visualización 3D de los modelos. Evidentemente, Dalux BIM Viewer optimiza la calidad del trabajo en campo y permite evitar surjan problemas de comunicación a través su gran potencial ofrecido.

3.7.2 Dalux Tender.

Esta herramienta es ideal para las licitaciones de proyectos que quieran realizarse de una forma digital y segura. La herramienta es compatible con los formularios de licitación actuales del mercado. Tender es utilizado para la simulación de cualquier tipo de competencia, estableciendo niveles de comunicación (con o sin limitaciones), y permite responder preguntas de los concursantes y envío de propuestas. Por otro lado, permite la creación de varias carpetas para fines de licitación con la capacidad de crear nuevas licitaciones y aparición de notificaciones automatizadas.

A través de esta herramienta se nos permite la búsqueda de texto de manera intuitiva, en donde se registran los posibles cambios o acciones, que dan como resultado un registro de auditoría completo. Esta herramienta además habilita que todo el proceso de gestión sea realizado optimizando el flujo de trabajo, tiempo y disminución de los costes. La capacidad de asociarse con otras herramientas del mismo paquete, como Dalux Field, garantiza que exista un control de calidad y relación con todo el Common Data Environment.

3.7.3 Dalux Box.

Es una biblioteca de documentos en donde se recopila toda la información y los modelos. Creada por los inconvenientes de gestión documental que surgen en todos los sectores dentro de esta herramienta, los datos y el modelo BIM forman un solo entorno, en donde se sincroniza toda la información cargada desde los ordenadores y los dispositivos móviles. Esta funcionalidad aporta cooperación a pensar de las distancias de los usuarios.



Dentro de esta herramienta podemos encontrar que pueden realizarse revisiones, agregar marcas, la solicitud de cambios, la creación de aprobaciones, el seguimiento del estado del proyecto y el mantenimiento del historial (ver ilustración 14).

Es muy utilizada por todos los que participan durante todo el proyecto de construcción, incluidos los trabajadores de la construcción, ingenieros, arquitectos, contratistas y propietarios. Esta herramienta proporciona información de gestión y organización de archivos, para mejora de otras herramientas como por ejemplo Dalux tender. Dentro de esta herramienta tenemos dos opciones a elegir acorde a nuestras necesidades:

- Dalux Box Standard: brinda la posibilidad de compartir un número ilimitado de documentos y tener el control de estos.
- Dalux Box Pro: ofrece todas las funciones que necesite el cliente para la búsqueda de soluciones dentro de los proyectos.

Con Dalux Box se hace más sencillo la solicitud de cambios de planos y/o dibujos del proyecto, esta acción puede ser ejecutada directamente desde la aplicación hacia el arquitecto o contratista, de igual forma se reciben las respuestas para aprobación de las modificaciones. Dichas modificaciones se almacenan y se subdividen para evitar confusiones dentro del proyecto, de la misma manera en la que se separa la fase de diseño y la ejecución. Por otro lado, esta herramienta hace más sencillo acceder a los distintos planos, documentos e información del modelo, gracias a un servidor BIM que presenta una visualización fluida del proyecto.

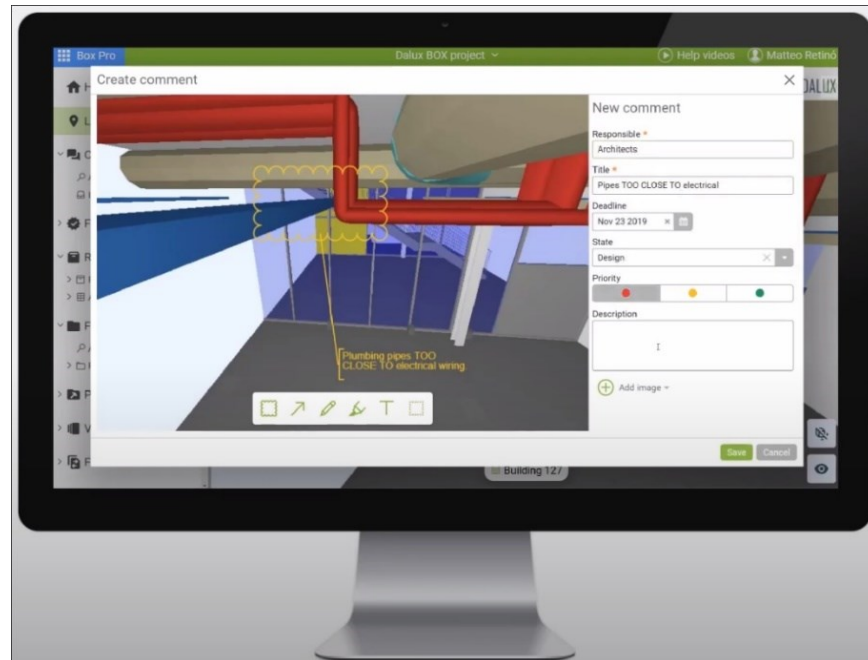


Ilustración 14. Revisión de proyecto agregando una marca para solicitar cambios. Fuente: acbytes.com

3.7.4 Dalux Handover.

Se enfoca en las entregas más digitalizadas tanto para los contratistas y los clientes. Dentro de esta entrega se crean tareas que recopilan la información a medida que avanza la obra, lo cual es beneficioso porque la información adquirida se obtiene de quién realizó el trabajo o facilitó dicho producto. Debido a esto se pueden tener manuales, características de la instalación, fechas y garantías.

Dalux Handover también suele ser asociado con Dalux Field debido a que por la misma vía pueden sugerirse que se realice la carga de algún documento a la nube.

3.7.5 Dalux Facility Management (FM).

Esta aplicación está basada en un más sistema informatizado de gestión de mantenimiento de obras y está conformado por tres importantes módulos:

- BIM y documentación: se puede acceder al modelo para su visualización y obtener una descripción general rápida y gráfica de este.
- Operaciones BIM a través de dispositivos móviles: aumenta el flujo de trabajo, permitiendo al usuario realizar órdenes de trabajo, acceder a fotos, dibujos y documentación del proyecto. También permite la gestión de solicitar proveedores para solicitud de recursos, esta opción conocida como HelpDesk.
- Puntos de contacto: Se puede comunicar las incidencias ocurridas a través de posición GPS o lectura de códigos QR del proyecto.

Esta herramienta proporciona una visión general de todos los proyectos con los que trabaja una empresa, brindando lo que es facilitar su manejo de gestión para minimizar riesgos y aumentar la productividad.

3.7.6 Dalux Field.

Es una aplicación con una utilización más en campo, en donde se reciben y se gestionan todo lo que ocurre dentro de las obras de una manera más digitalizada. A través de esta aplicación se logrará reportar acontecimientos y colaborar con los subcontratistas y trabajadores del proyecto. Se accede igualmente a la realización de verificaciones de seguridad y listas de comprobaciones, estas listas nos permiten enviar tareas a los participantes, ver cuáles tareas se han entregado y cuáles no se han resuelto; mediante esta opción es más sencillo indagar el cuándo y por quién se han realizado las actividades relevantes. Por otro lado, aporta en las inspecciones de calidad y seguridad de la obra, enviando vía móvil los reportes de cada problema acontecido. De esta forma se garantiza una mejor eficiencia y llegar a solucionar o mitigar los problemas que pueden ocurrir en la obra.

Dentro de esta aplicación podemos encontrar nuestro modelo en 3D, una implementación aplicada en 2016, la cual ha mejorado considerablemente la gestión a través de esta herramienta. Tanto la parte 2D como 3D pueden visualizarse en conjunto para una mejor orientación e indagar fácilmente en todas las operaciones. Gracias a este enlazamiento como se puede visualizar en anexo 1, donde aparece un fragmento verde, es la referencia que tiene el espectador para ubicarse en la parte deseada; por otro lado, puede visualizarse el plano 2D y 3D al mismo tiempo, estando el 3D encima y pudiendo tener vistas en cortes las cuales pueden ser manejadas mediante una relación entre ellas, en el anexo 2 puede visualizarse un esquema de este. Esta funcionalidad permite además registrar los defectos o solicitar información sobre el proyecto haciendo uso del 3D, toda la información de gestión registrada al momento de ser tabulada va condicionada con información sobre el responsable, tema y ubicación. De igual forma pueden agregarse fotos o imágenes que avalen aún más el registro.

Dalux Field ha progresado bastante dentro de la construcción digital, desarrollando la movilidad debido a la su aplicación puede utilizarse en dispositivos móviles Android y iOS. Dicha movilidad ha sido útil para innovar mediante la realidad aumentada y visualización 360, a través de nuestros dispositivos móviles podemos captar usando la cámara, e inmediatamente esta se integra con el modelo para poder visualizarse en el dispositivo (Dalux, 2022), un ejemplo de esto puede visualizarse en el anexo 3, lo cual también es conocido como TwinBIM.

3.8 Alternativas a Dalux.

Dentro del entorno constructivo, el proceso de digitalización ha provocado que surjan diferentes aplicaciones para el aumento de la productividad, mejora de procesos y seguimiento de tareas. De la misma manera que ha surgido Dalux, otras empresas han propuesto diferentes herramientas, las cuales promueven alternativas y generan competencia en el mercado. Dichas aplicaciones tienen como finalidad ofrecer una buena experiencia y saciar las necesidades del usuario final. Muchas de estas herramientas se diferencian en precio y en qué ofrecer al cliente acorde a las necesidades. Varias de estas tienen características en común, tal como StreamBIM, la cual comparte junto a Dalux Viewer la posibilidad de mostrar dibujos 3D en diferentes dispositivos mediante la internet de manera gratuita.

Otras aplicaciones, como las mencionadas en la Tabla 2, muestran las similitudes y diferencias frente a Dalux Field dentro de estas, la aplicación Monday está teniendo una implementación actual en la República Dominicana, debido a su bajo costo y características ofrecidas, aunque la misma tiene desventajas, ya que no cuenta con una visualización 3D.

Tabla 2. Comparación de Softwares para Gestión de la Construcción

SOFTWARE	DALUX FIELD	LET'S BUILT	MONDAY	PROCORE
Plataformas soportadas: Windows, SaaS, iOS, Android	✓	✓	✓	✓
Soporte: Online 24/7		✓	✓	✓
Precio mensual	N/A	\$277	\$39	N/A
Versión de Prueba Disponible	✓	✓		✓
Ranking General	5.0/5	N/A	4.7/5	5.0/5
Disponibilidad de Entrenamientos: Webinars, Online, Personal	✓	✓	✓	✓

3.9 Dalux y Lean Construction.

Los pensamientos e ideas Lean surgen con el fin de evitar el desperdicio y mejorar la eficiencia de los procesos. Dalux ha contribuido a aplicar esta filosofía Lean dentro de sus herramientas con el fin de crear soluciones más eficientes de una forma más digital. La ventaja de tener una buena comunicación y responsabilidad de roles dentro de los proyectos promueve menos conflictos y soluciones. El intercambio rápido de información juega un papel importante, mejorando la eficiencia del trabajo.

Actualmente, este intercambio de información es manejado por otras aplicaciones de comunicación personal, tales como WhatsApp, lo que provoca que dentro de tantos mensajes pueda perderse o ignorarse ciertos datos o informaciones vitales para nuestro ámbito laboral.



Es cierto que no es fácil competir con ciertos sistemas de comunicación, pero debido a los problemas anteriormente mencionados se hace necesario una comunicación más efectiva y proactiva, tal como la maneja Dalux.

Las actividades realizadas dentro de la construcción cuentan con un periodo de tiempo en las que pueden ser ejecutadas, sin embargo, las mismas pueden ser realizadas con antelación, sin necesidad de trabajar más duro o rápido, solamente agregando más valor. Un ejemplo es en el caso de Contratistas, cuando estos no cuentan con los planos o información dentro de los proyectos, estas actividades consumen tiempo y conllevan a obtener inconformidades. Por otro lado, en el caso de los trabajadores que no pueden realizar sus tareas por falta de recursos dentro de la obra o cambios de última hora no programados, tienen como consecuencia la generación de espera innecesaria y rehacer trabajo ya hecho. Dalux, por lo tanto, ofrece ventajas a través de sus diferentes plataformas de combatir estos inconvenientes, mejorando los aspectos más comúnmente ocurridos.

En la industria de la construcción parte del tiempo desperdiciado ocurre en las esperas, sin embargo, el uso de herramientas como takt time y last planner system en conjunto con Dalux pueden aplicarse y dar buenos resultados. Estas herramientas contribuyen a tener una mejor gestión y planificación de equipos de trabajo, con buena conexión de tareas a realizar.

4. Empresa Constructora de Estructuras Metálicas en R.D.

4.1 Descripción y servicios de INSTRUMET S.R.L.

INSTRUMET S.R.L. es una empresa dedicada a las construcciones de estructuras metálicas, la cual se constituye e inicia sus labores en el año 2006. Actualmente cuenta con más de cien proyectos realizados, tales como naves industriales, edificios, supermercados, puentes, entre otros. Debido a su experiencia, es una empresa capaz de ofrecer soluciones a los clientes de una manera segura y eficaz.

Los proyectos realizados son diseñados de acuerdo con las normas y reglamentos establecidos en la República Dominicana, y los lineamientos del American Institute of Steel Construction (AISC). Esta empresa se encuentra localizada en Villa González, Santiago de los Caballeros, República Dominicana (Ver Ilustración 14), en donde cuenta con una planta de producción de más 1,000 mts² y una zona de almacenaje de 10,000 mts² aproximadamente (Ver Anexo 4), dentro de la planta de producción se encuentran diversas máquinas que agilizan la capacidad de producción y aseguran una buena terminación de elementos estructurales.

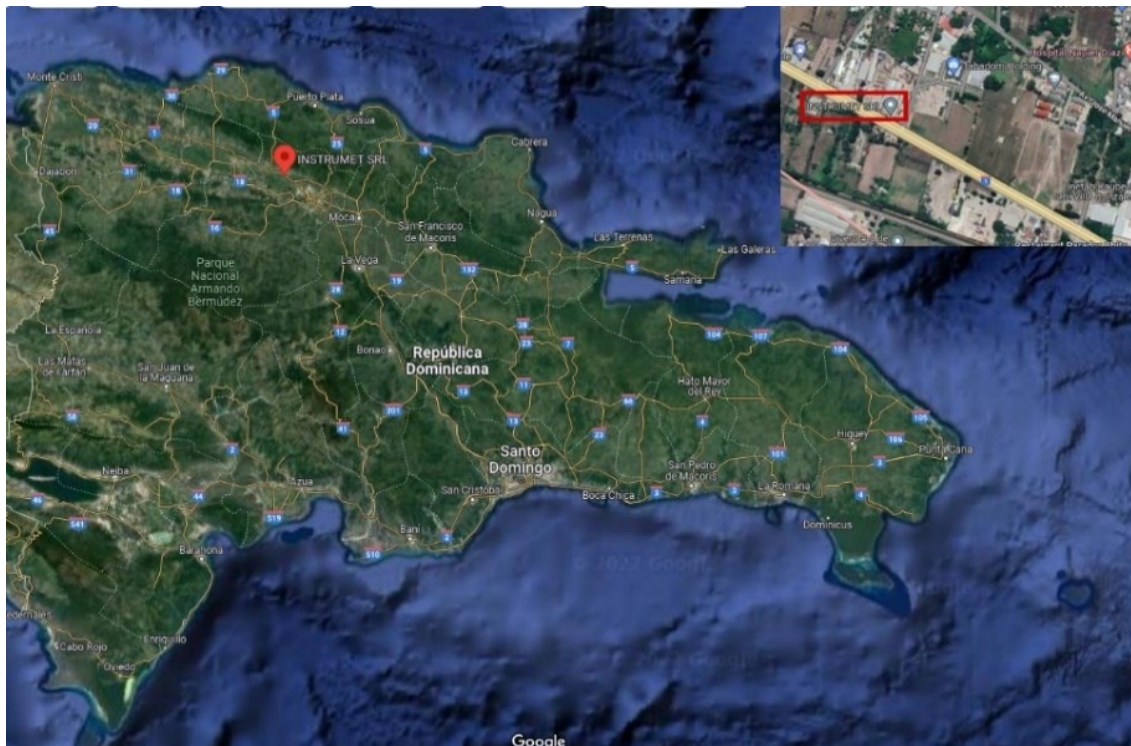


Ilustración 15. Ubicación de la empresa. Fuente: Google Maps.

4.2 Recursos de la empresa.

4.2.1 Recursos Humanos.

La empresa cuenta actualmente con treinta y cinco empleados, los cuales desempeñan diversas funciones alineadas siempre por los valores y el compromiso por los cuales se rige la empresa. La alta directiva se detalla de la siguiente manera:

- Director General: Ing. Geovanny Nuesi, propietario de la empresa.
- Subdirectora General: Lic. Yéssica Paulino, copropietaria de la empresa.
- Gerente de Recursos Humanos: Ketsia Lantigua.
- Gerente de Proyectos: Ing. Pedro Fermín.
- Supervisora de Producción: Lily Gil.
- Encargada de contabilidad: Lic. Ninoska Suero.

Otros colaboradores desempeñan otras funciones dentro de la empresa, ya sea trabajando dentro de la planta de producción, oficina y en campo. Actualmente se cuenta con dos ingenieros civiles en campo para la supervisión de los proyectos, los cuales dependiendo de la temporada suelen ser varios. En la oficina se encuentran otros ingenieros civiles los cuales se encargan de dar salida a planos de fabricación, cotizaciones y otras funciones esenciales. Cada departamento, tanto como el contable e ingenieril cuentan con secretaria y diversos equipos que facilitan la gestión de cada tarea. En la planta de producción se cuenta con dos ingenieros civiles para la supervisión de tareas y control de calidad, así como un supervisor de planta que tiene más experiencia dentro del proceso de armado y soldadura de los elementos metálicos. Los colaboradores restantes se encargan de confección de elementos, soldadura y gestión de almacén. Dichas personas poseen un contrato por tiempo indefinido, el cual consiste en trabajar sin una fecha de finalización de contrato. Por otro lado, la empresa cuenta con varios contratistas para la instalación de las estructuras, los cuales son escogidos acordes a las capacidades de instalación y oferta económica.

En el siguiente organigrama se detalla de una manera más visual la distribución de la alta directiva y de los demás colaboradores:

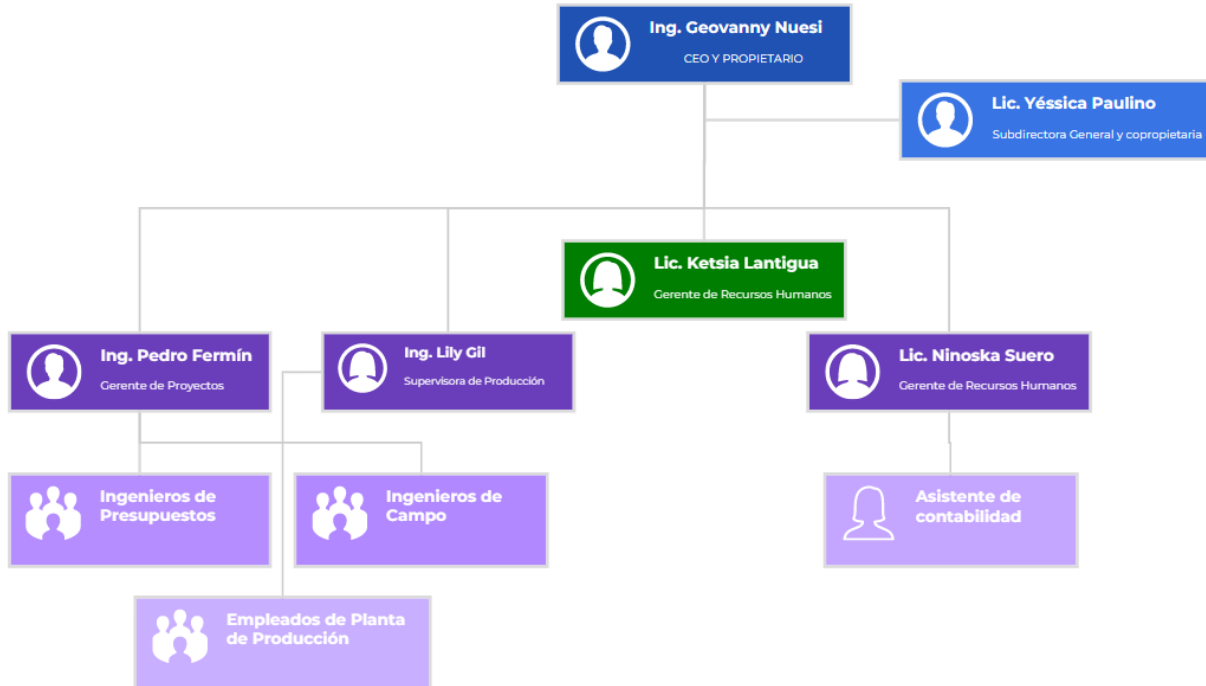


Ilustración 16. Organigrama de la empresa. Fuente: INSTRUMET S.R.L

Esta empresa tiene la característica de incrementar su personal en temporadas de alta demanda de proyectos, estos colaboradores ingresan por tiempo definido hasta que se logren completar ciertos proyectos que debido a su magnitud o urgencia resultan ser primordiales dentro de la ejecución productiva.

4.2.2 Recursos Materiales.

La empresa cuenta con una serie de maquinarias y equipos tanto para la planta de producción como para la oficina. Dentro de la planta de producción podemos contar con:

- Máquina de soldar tipo Mig Multiproceso.
- Mesa de corte de Control Numérico por computadoras (CNC).
- Cizallas hidráulicas de corte en frío.
- Sistema de aplicación de pintura tipo Airless.
- Máquina Dobladora CNC.
- Máquina Iron Worker.
- Puente Grúa de 10 Toneladas de Capacidad.

- Grúas de 3, 17, 23 toneladas de capacidad.
- Máquina de producción de correas.
- Máquina de producción de Metaldeck.
- Máquina de producción de Aluzinc.
- Equipos de elevación: Grúas, Manlift y Scissorslift.
- Montacargas de hasta 5 toneladas de capacidad.
- Flotilla de vehículos.

Dentro de la oficina se cuenta con una serie de ocho ordenadores que ayudan a ejecutar las tareas asignada y la resolución de problemas. Los softwares informáticos utilizados se encuentran Microsoft Office, AutoCAD y Sketchup para las tareas ingenieriles.

4.2 Descripción de actividades y políticas actuales.

Desde la creación de la empresa, el desarrollo de las obras ha sido funcional a pesar de no contar en inicios con buenos equipos que contribuyan una producción más rápida en los primeros cinco años; sin embargo, los clientes siempre han obtenido calidad en el producto final. Una de las desventajas que arrastra la empresa desde sus inicios es la continua contratación y despidos, lo cual provoca pérdidas de información, gasto de tiempo y repercusiones económicas en remuneraciones.

Dentro de las políticas actuales se carece de manera escrita de cuáles son las mismas para la realización de ciertos procesos. Algunos de ellos son los siguientes:

- Realización de compra de materiales, herramientas o equipos.
- Solicitud de servicios.
- Políticas de pago.
- Política de contratación de personal.
- Política de código de vestimenta.



Muchas otras políticas deben ser establecidas dentro de la empresa, ya que, se debe cubrir ciertas insuficiencias reales que impulsen aún más, ciertas necesidades para el desarrollo y/o crecimiento de los recursos humanos y los posibles clientes.

4.3 Proceso constructivo de INSTRUMET S.R.L.

Para la realización de los proyectos luego de los mismos ser aprobados por el cliente conforme al presupuesto y alcance, el proceso constructivo se desglosa en las siguientes partes:

1. Diseño y planos de fabricación: se obtiene por medio de un subcontratista de confianza, el cual ejecuta todo el diseño según las normativas y obtiene los permisos con las autoridades pertinentes para llevar a cabo la aprobación del diseño. El envío de planos de fabricación, archivos IFC y listado de tornillería u otros elementos también forma parte del trabajo a realizar.
2. Preparación de órdenes de compra de materiales: se toman en cuenta los materiales a comprar conforme a los requeridos y al precio de estos. Se realizan seguimientos sobre la entrega para dar paso a la fabricación en taller.
3. Fabricación de elementos: se realiza totalmente por parte de INSTRUMET S.R.L. en su taller de producción. Con ayuda de los planos y otras herramientas los empleados ejecutan la fabricación de cada elemento, siendo estos supervisados por el encargado de planta, con el fin de que se cumplan los estándares de calidad y seguridad requeridos. Cada elemento pasa por cuatro fases en donde se abarca la parte de medición y ensamblaje, soldadura, pulido y limpieza y finalmente pintura.
4. Transporte de elementos: los elementos son transportados por una empresa encargada de realizar este tipo de labores, los cuales se comprometen a realizar la entrega en sitio en un horario específico y entregando a su vez un listado de los materiales para llevar un control de estos.
5. Instalación del proyecto: se ejecuta por medio de un subcontratista especializado en la instalación de estructuras metálicas. Se proveen los planos de instalación en 2D y el instalador se encarga de verificar que se cumplan con los estándares de seguridad y calidad.



6. Terminación de acabados: Al final de la instalación del proyecto, tanto el subcontratista de la instalación como INSTRUMET S.R.L realizan la terminación de los acabados, incluyendo la pintura o retoques, supervisión de soldadura, verificación de conexiones y limpieza.

En resumen, el proceso constructivo realizado implica la contratación de subcontratistas especializados en la búsqueda de un proyecto exitoso con estrictos estándares de calidad y seguridad. En todos estos procesos la utilización BIM solo se encuentra presente en la parte del subcontratista de diseño, y en caso de ser necesario en la parte de fabricación o instalación de elementos, en donde la empresa busca solucionar problemas en caso de tener los mismos.

Es necesario desarrollar un plan o método para una mejor implementación BIM en la empresa el cual se desarrolle en cada proyecto a realizar.

En búsqueda de mejores beneficios y de una mejor productividad y disminución de errores en la construcción de los proyectos, la incursión de BIM también requiere que se tenga un cambio organizacional en la empresa, una inversión tecnológica y capacitaciones. Dicho método contendría lo siguiente:

- Definición de objetivos y estrategias para cada proyecto: para cada proyecto debe de establecerse ciertos criterios sobre los resultados esperados, a la misma vez deben de alinearse con los valores y misión de la empresa. Cada objetivo y estrategia debe de ser debatido y comunicado entre los colaboradores.
- Capacitación en el uso de herramientas BIM: la realización de capacitaciones es de vital importancia, dado que es un punto clave para llevar a cabo la implementación.
- Elección de software de acuerdo con conveniencia y aportes: dentro de la metodología BIM existen varias herramientas útiles para su implementación. Aunque la analizada para finalidad de este trabajo sea Dalux Field, dentro de la literatura encontramos varias herramientas que conforman a Dalux; dependiendo de lo que se busque con el proyecto podrá cuestionarse y elegirse la más conveniente.



- Desarrollo de un plan colaborativo: La comunicación es importante para el desarrollo de los equipos de trabajo. Es importante establecer un proceso claro de colaboración entre los equipos conforme a la aplicación de BIM en las obras.
- Implementación gradual y mejora continua: la efectividad de estas herramientas viene otorgada por su implementación gradual y mejora, en donde la realización de ajustes y mejoras del proceso casi siempre resulta ser necesario.

4.4 Problemas examinados.

Desde su fundación, INSTRUMET S.R.L. ha tenido una buena administración y gestión en todos los factores que abarcan los proyectos. No obstante, ciertos imprevistos han surgido de manera repetitiva cada año, los cuales han generado ciertas consecuencias económicas. La búsqueda de la mitigación o disminución de estos imprevistos ha sido una meta cada día dentro de la empresa, con el fin de disponer de un valor añadido y mejores alternativas para el manejo de las obras.

Como anteriormente se mencionó, el hecho de no contar con políticas escritas o establecidas eleva las necesidades que ocurren dentro de las obras. Uno de los principales problemas identificados es la alta dependencia al director general, lo cual ha influido varias veces en la toma de decisiones de los gerentes y supervisores, así como en sus actuaciones diarias.

Por otro lado, en lo concerniente a las políticas actuales de la empresa, se detectaron ciertos problemas dentro de la política de contratación de personal. Mediante la realización de las entrevistas, se evidenció que no se presta la atención suficiente en las actitudes y aptitudes de las personas consultadas, y pocas veces se da una explicación bien detallada de las funciones, responsabilidades y perfil del puesto. Tampoco no se realizan ningún tipo de pruebas de personalidad ni de conocimiento intelectual, lo cual debería ser anexado a la ficha del perfil en caso de ser contratado(a). Como consecuencia a esto, el personal contratado suele tener poca experiencia y no conoce lo suficiente de las tareas que debería de realizar.



En el área de producción y/o ejecución de los proyectos, ocurren otros retrasos, inconvenientes o situaciones que, aunque no sean tan críticas, presentan puntos negativos que deberían de mejorarse. En la actualidad, pueden registrarse ciertas deficiencias dentro de la planta de producción, la más común de ellas es debido a inconformidades con los planos de fabricación, los cuales resultan ser extraviados o contienen fallos por falta de revisión, lo cual provoca demoras y sobreproducción. Otros factores que fueron identificados, es la falta de organización en la zona de almacenamiento. Usualmente, los proveedores entregan los elementos en bruto y los mismos no son ubicados en un orden específico, y solo se sitúan cerca aquellos elementos que pudieran ser utilizados de manera inmediata.

Varios de estos elementos estructurales amontonados, deben de moverse al momento de la búsqueda de un elemento en específico, lo cual también representa esperas entre los empleados de la planta de producción y no permite un buen flujo de trabajo. En otras ocasiones, existe un sobreinventario, como consecuencia del mismo problema, aunque se ha tratado de solucionar el mismo, este no tiene un seguimiento diario, lo cual provoca un fallo en la cadena de información. Por otro lado, dentro de la ejecución externa de los proyectos constantemente existen problemáticas en torno al ensamblaje, obtención de planos, retrasos de transporte, seguimiento de tareas y seguridad. Todas estas problemáticas son cruciales y deben mitigarse, debido a que son problemas observados por el personal, subcontratistas y los clientes.

Con todo lo mencionado anteriormente no se intenta aludir a que los problemas externos son escasos o menos importantes, pero si son menos visibles cuando los internos empiezan por corregirse. Insistiendo en la búsqueda de la mitigación de todos estos problemas identificados, se propone la implantación de la metodología BIM y la filosofía Lean, haciendo uso del software BIM Dalux y mejores prácticas para el sistema de gestión y ejecución de los proyectos. Mediante la utilización de este software y la filosofía Lean, se busca enfrentar las deficiencias desde un nuevo punto de partida llegando así a establecer varios objetivos claves para llegar a cumplir con una mejor planificación, gestión, calidad, control y productividad de los proyectos.

4.5 Recursos para implementación de Dalux Field en empresas.

En la actualidad, la implementación y adopción de BIM dentro de las empresas representa un proceso revolucionario, debido a que se busca estimular la productividad y la colaboración entre las instituciones y los profesionales.

Los principales requerimientos para la incursión de BIM dentro de las empresas es tener la necesidad de su implantación de manera gradual y se consideren ciertos objetivos, expectativas y deseos a corto y largo plazo. Existen otros requerimientos que son cruciales para llevar a cabo BIM, como capacitar al personal involucrado y alinearlos con la gerencia en un programa de acción detallado.

La creación de una metodología y logística de implementación BIM no es una tarea fácil, debido a que la misma puede sufrir variaciones respecto a los objetivos propuestos sin embargo, se puede elaborar una metodología de implementación tomando en consideración seis secciones principales: el análisis de la empresa, la reformulación del objetivo BIM en la empresa, requerimientos para la adopción de BIM, determinación de la "brecha de implementación", estrategias y planificación para la implementación y finalmente evaluación y seguimiento. Dichas secciones principales se detallan de manera más amplia en la figura 17.

Es recomendable que la implementación de BIM vaya alineada con la visión y misión de la empresa, y se analice la misma respecto a los recursos que implica la incursión BIM. Dichos recursos pueden ser categorizados en tres secciones:

- Recursos humanos: son evaluados con el objetivo de obtener la información sobre las capacidades, colaboraciones y competencias de los empleados de la empresa.
- Recursos tecnológicos: se analizan las capacidades de los equipos conforme al hardware, software, RAM, y herramientas virtuales para conseguir una mejor fluidez de los programas BIM y poder cumplir con todas las fases de diseño y gestión.
- Recursos físicos: se destacan el mobiliario y un buen espacio de trabajo físico en donde los colaboradores puedan trabajar de manera cómoda de manera individual o colaborativa.



Para la implementación de BIM dentro de las empresas, se requiere, además de los recursos anteriormente mencionados, un capital monetario para la adquisición de las herramientas y programas. En lo concerniente al software Dalux, el mismo cuenta con versiones gratuitas como es Dalux BIM Viewer, no obstante, otras herramientas como Dalux Field tienen un precio establecido. En una entrevista realizada a Néstor del Pozo, Country Manager Dalux España, se indagó sobre el precio de Dalux en el mercado, sin embargo, el mismo no pudo ser obtenido, ya que las cotizaciones realizadas resultan ser por proyectos; las licencias otorgadas van conforme a las necesidades presentadas y se discuten con la empresa solicitante.

Por otro lado, es recomendable obtener el modelo del proyecto, el mismo deberá contar con requerimientos de interoperabilidad, lo cual puede garantizar que el mismo pueda ser exportado para llegar a ser utilizado dentro del software Dalux Field, esto conlleva a la obtención de planos y archivos 3D.

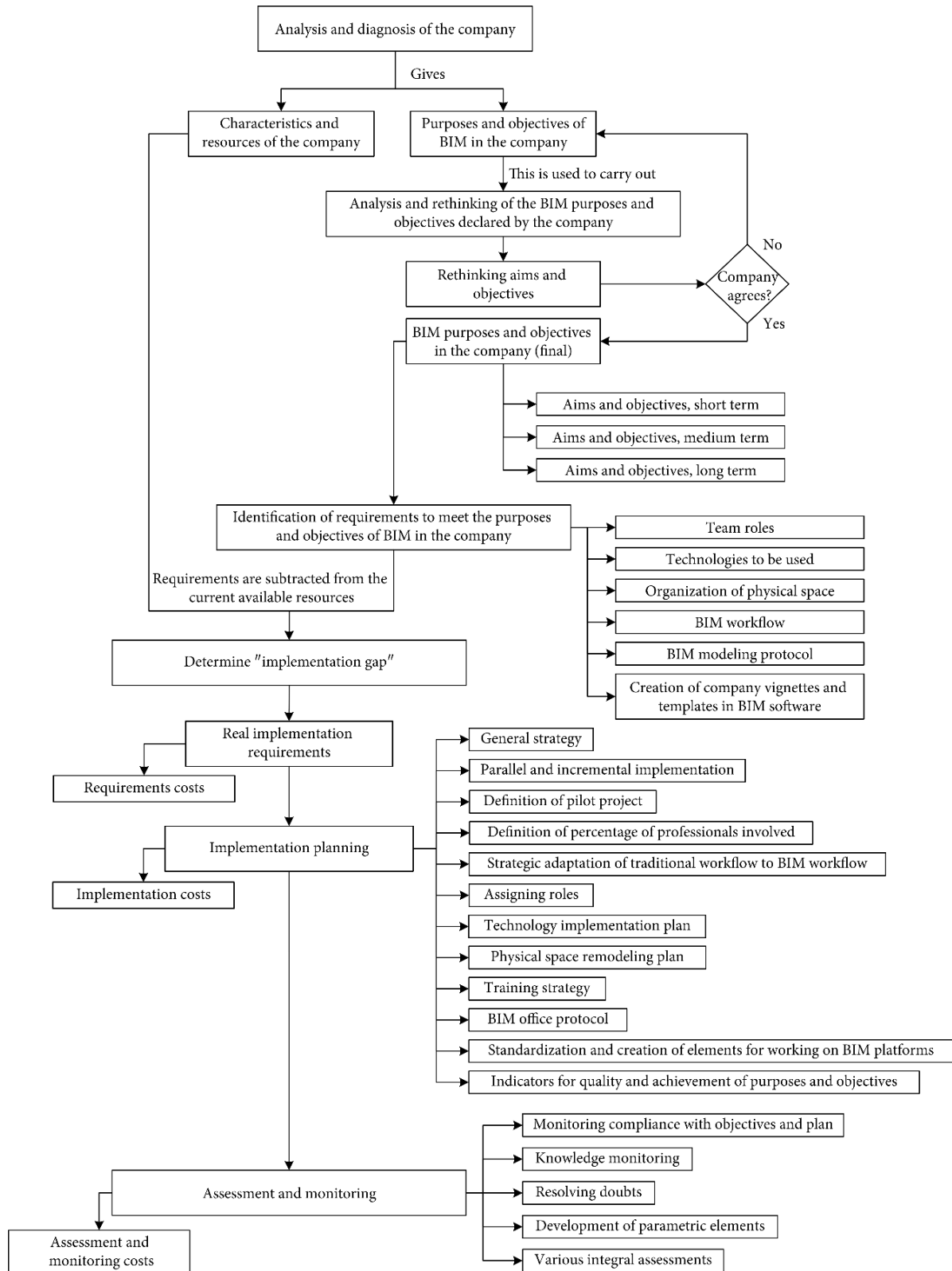


Ilustración 17. Modelo metodológico para la implementación de BIM en empresas de ingeniería estructural (SEC).

5. Implementación de la metodología BIM en empresa constructora.

5.1 Proyecto de aplicación

La implantación BIM realizada corresponde a un edificio comercial destinado por su uso a oficinas. Dicho proyecto se encuentra ubicado en Santiago de los Caballeros, República Dominicana, dentro de un parque industrial destinado a la importación, exportación y representación de empresas nacionales e internacionales. El proyecto de oficinas el cual lleva por nombre “Oficinas Carlos Cabrera” en referencia al cliente, cuenta con un área de 1,979 m² distribuidas en dos niveles. La estructura está compuesta por un 80% de acero y un 20% en hormigón armado, en donde se destacan las zapatas y muros. El modelo tuvo su realización a través del software Tekla Structures quién también forma parte de BIM, en donde se detallan todos los elementos que conforman el proyecto.

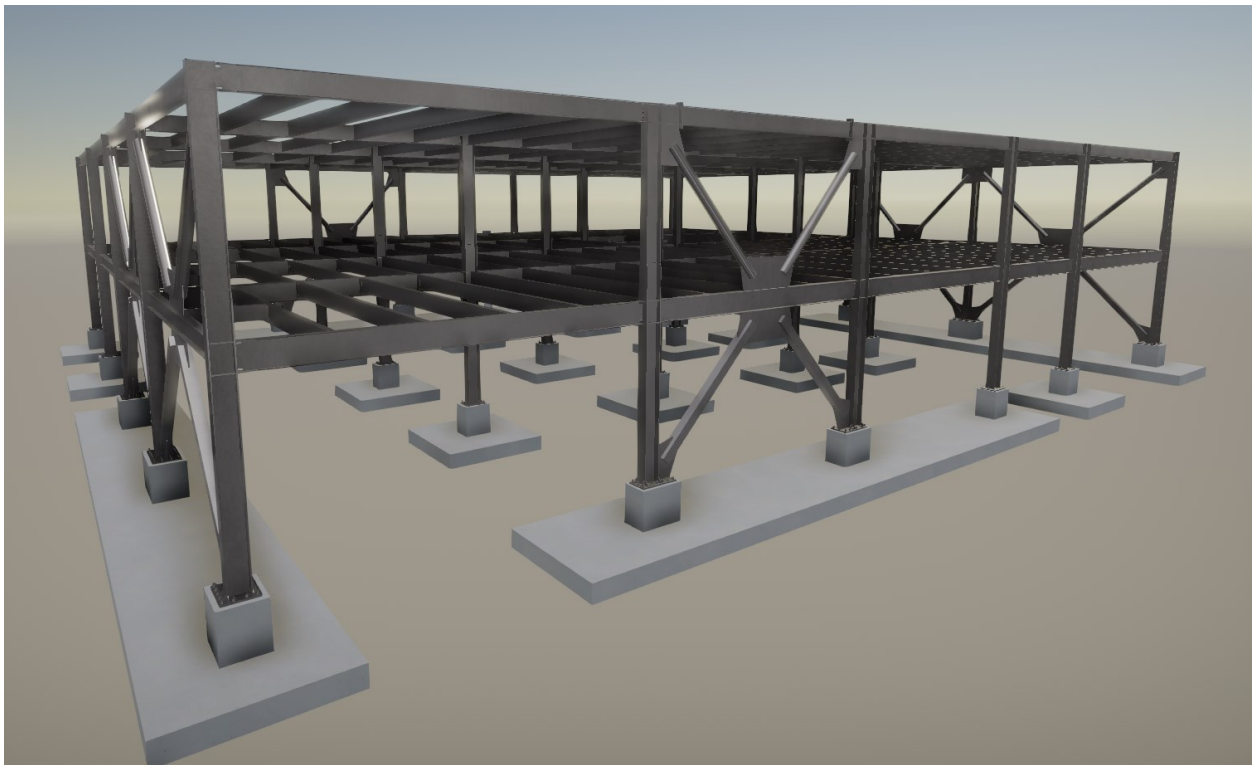


Ilustración 18. Modelo BIM. Proyecto renderizado en Tekla Structures.

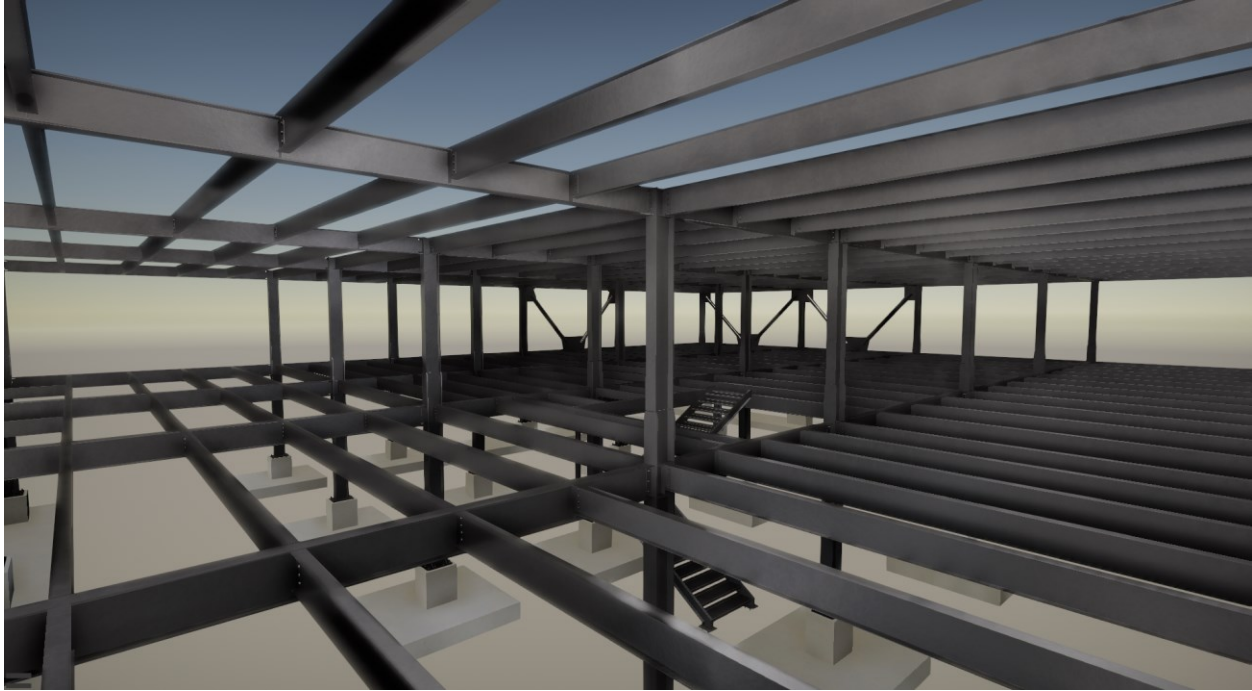


Ilustración 19. Modelo BIM. Vista entrepiso Proyecto de Oficina

Mediante el modelado del proyecto de oficinas en Tekla structures, se obtienen todos los detalles concernientes a los planos, y de igual manera las especificaciones de tornillería y soldaduras. La interoperabilidad también ha jugado un papel importante, ya que, desde Tekla se ha logrado exportar el modelo en formato IFC para tenerlo dentro de Dalux Field, al igual que todos los detalles necesarios de planos y especificaciones.

5.2 Método de aplicación.

Cuando se toma la iniciativa de establecer BIM dentro de una empresa, se deben de establecer ciertos enfoques estratégicos en donde se cuente con la participación de todo el personal y un respaldo adecuado por parte de los colaboradores. Promover BIM dentro de las organizaciones también busca una proyección a futuro, en donde se logren abordar todas las necesidades acordes a los valores que instauran las empresas.

Para obtener una validación de la efectividad de BIM dentro de las empresas, es común usar métodos de investigación cualitativos y cuantitativos.



La ventaja de usar métodos o técnicas de investigación es que se garantiza la validez del trabajo realizado y por consiguiente un conocimiento adquirido; según como afirma el filósofo argentino Mario Bunge, los métodos y técnicas son un estilo de pensamiento y de acción. Al momento de poner en marcha la implantación de la metodología BIM en las empresas constructoras, se busca que se realice de una manera interactiva e interpretativa, en donde el proceso sea sencillo y se exploren todas las preguntas y/o dudas conforme a lo que ofrece dicha metodología.

5.1.1 Análisis cuantitativo.

Según Sampieri, R. et al (2004), un enfoque cuantitativo se basa en un esquema deductivo y lógico, el cual se utiliza para consolidar las creencias en búsqueda de una realidad objetiva única. Para llevar a cabo un análisis cuantitativo, es necesario definir claramente el problema o pregunta de investigación y seleccionar una base de datos adecuada de recolección. Existen diferentes métodos de recolección de datos cuantitativos, en donde podemos basarnos en un muestreo probabilístico, observación, encuestas y cuestionarios. Para fines de este análisis se llevó a cabo mediante la observación y realización de encuestas a las partes actuantes.

5.1.2 Análisis cualitativo.

En definición, Vera (2015) manifiesta que la investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las operaciones, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. Por otro lado, Grinnell (1997), la define como una especie de "paraguas" en el cual se incluye una variedad de concepciones, visiones, técnicas y estudios no cuantitativos.

Es por ello por lo que surge la importancia de esta implementación de este método, ya que permite obtener una comprensión profunda y detallada de los fenómenos o problemas a estudiar. Por otro lado, el mismo se centra en comprender las experiencias, perspectivas y significados de las personas involucradas en un tema específico.

5.1.3 Diferencias entre el método cuantitativo y cualitativo.

Al momento de la aplicabilidad del método cuantitativo o cualitativo, existen varias incertidumbres en cuál utilizar y cuál mostrará mejores resultados de credibilidad. Actualmente, se ha llegado a la conclusión de que ambos son complementarios entre sí, pudiéndose implementar uno sin excluir el otro. Sin embargo, ambos poseen diferencias tal como se muestran en la tabla 3, en dónde cada método posee una característica única y distinta del otro.

Tabla 3. Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa.

Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa.	
Investigación Cualitativa	Investigación Cuantitativa
Orientada al proceso.	Orientada al resultado.
Exploratoria, inductiva y descriptiva.	Confirmatoria, inferencial y deductiva
Datos “ricos y profundos”	Datos “sólidos y repetibles”
Realidad dinámica	Realidad estática
Subjetiva	Objetiva
No generalizable	Generalizable

FUENTE: FERNÁNDEZ, P. Y PÉRTEGAS DÍAZ, S. (2002).

La combinación de los métodos cualitativos y cuantitativos ha ganado popularidad en los últimos años, sin embargo, es recomendable tener los enfoques de investigación bien establecidos y planificar cómo se podría incorporar ambos métodos en la realización de la investigación.

5.3 Elección del método.

Para reforzar la relevancia y lo implementado se utilizará la combinación de ambos métodos, tanto cualitativo como cuantitativo. Así mismo, la utilización de servicios de literatura para la recopilación de ideas y recolección de datos que puedan resaltar ciertas características sobre opiniones, herramientas y mejoras. Inicialmente, se realizó un estudio cualitativo debido a la escasez de información de la metodología BIM en la industria de la construcción en la República Dominicana, en donde se tomó como punto de partida la búsqueda de información utilizando palabras claves como “calidad” “productividad BIM” “Dalux” y “comunicación”.



Según Blasco y Pérez (2007:25), la investigación cualitativa se centra en el estudio de la realidad y comprende el cómo acontecen las cosas desde el punto de vista de las personas; esto resulta ser adecuado para explorar los desafíos y limitaciones que puede llegar a presentar la implementación BIM en el país. Actualmente, se ha contemplado que ciertas barreras que limitaban a tener un acceso BIM dentro de los proyectos de construcción han sido anuladas casi en su totalidad. El acceso a internet, planos digitalizados y conocimientos básicos sobre BIM dentro de las obras resultan ser una adopción normal dentro de la industria de la construcción actual.

Para ejecutar estos tipos de análisis se documentaron algunas de las situaciones ocurridas en la obra que sugerían un interés de revisión de procesos, aumento y disminución en la productividad. Dichas situaciones también muestran tener un impacto para el análisis cuantitativo, debido a que también afecta los procesos realizados diariamente. En la búsqueda de tener más objetividad se cuestionaron a los entrevistados, respecto a la realización de los procesos, en donde se brindaron sugerencias que aumentarían y agilizarían de manera significativa los trabajos. Dentro de las sugerencias defendidas se propusieron soluciones que también han sido implementadas a proyectos de construcción en Jordania, Malasia y Catar, en los cuales se incluyeron la metodología BIM debido a deficiencias ocurridas dentro de los proyectos. Estas soluciones abarcan la identificación de errores de comunicación, evaluar el tiempo y el costo asociado con cambios dentro de los proyectos.

Teniendo el estudio cualitativo definido, se procedió a la realización de un estudio cuantitativo en el cual mediante la realización de encuestas a través de Google forms, se facilitó más el trabajo realizado, dado que se tenían los gráficos y una base de datos guardada de manera automática. Dicha encuesta contó con preguntas simples en las que se debía escoger una de las tres respuestas, “sí”, “no” y “no lo sé”. Las preguntas estuvieron basadas en puntos claves que se buscaban reforzar mediante la implementación de Dalux Field y de los cambios y/o desafíos afectados durante su implementación. A través de esta encuesta se consiguió una información más veraz y objetiva, la cual brinda credibilidad para fortalecer las conclusiones de la implementación de Dalux Field en proyectos de estructuras metálicas en la República Dominicana.

5.4 Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas confirmaron que el sector de la construcción en la República Dominicana tiene actualmente un nivel bajo en la experiencia de BIM. Aunque se ha demostrado que la implementación del sistema BIM eleva el nivel constructivo.

Según los resultados obtenidos para el análisis cualitativo, las inversiones tecnológicas y la realización de estudios empíricos han aumentado el interés de conocer el estado de la metodología BIM en el país, sin embargo, se ha demostrado que existen obstáculos causados por una resistencia para seguir en el sistema tradicional de construcción.

Un ejemplo claro surge a través de la encuesta realizada a los colaboradores y el uso de Dalux Field. Dentro del banco de preguntas se contó con dos respuestas claves en la búsqueda de establecer una limitación psicológica de los encuestados. La respuesta resultó ser positiva, demostrando un alto porcentaje de preferencia al sistema tradicional y el rechazo momentáneo de BIM a través del uso de Dalux Field en obra. Considerando que las mismas sean las respuestas rápidas y el encuestado no analice toda la perspectiva del proceso, considerando eficiencia y productividad esto sería una de las condiciones a analizar dentro de lo que realmente se busca para el beneficio de la obra y sus participantes.

En ocasiones se siente limitado sin el uso de Dalux Field?



Sin el uso de Dalux Field en el trabajo, consideras que se puede trabajar normalmente?



Ilustración 20. Resultados de encuesta sobre Dalux Field.



Según Silverio et al. (2021), en su estudio realizado sobre el estatus de la implementación BIM en República Dominicana, la falta de conocimiento sobre BIM es una de las causas por la cual falla su implementación.

Por otro lado, existen deficiencias en falta de aceptación y en la cadena de suministro. La falta de aceptación de la cadena de suministro se considera una barrera importante, ya que, contribuye a una de las grandes debilidades por la cual este mercado puede llegar a sufrir varias consecuencias.

5.5 Análisis y respuesta a preguntas de investigación

5.5.1 ¿Conoce o ha escuchado sobre Building Information Modeling (BIM)?

Mediante la implementación de Dalux Field en INSTRUMET S.R.L., se logró evidenciar que un gran número de los colaboradores tenían un conocimiento bajo en la implementación de esta metodología. Por lo que se manejó el uso de recursos de información sobre BIM y Dalux Field, haciendo uso de videos y breves charlas al respecto. La mayoría de las respuestas indican un conocimiento básico de al menos saber la definición BIM y cuales características aporta a los proyectos.

5.5.2 ¿Ha implementado BIM anteriormente en su empresa o en la ejecución de instalaciones de estructuras metálicas?

Con esta pregunta se pretende identificar qué porcentaje de los colaboradores ha utilizado dicha metodología. Según lo expuesto en el marco teórico la utilización BIM en el ámbito construcción sigue siendo baja con tendencia a crecer en las próximas décadas, sin embargo, actualmente su uso se ha concebido más en proyectos de obra gris que en ejecución de instalación de estructuras metálicas. La mayoría de los encuestados tuvieron una respuesta negativa a su implementación, solo aquellos con más conocimiento de las herramientas tecnológicas actuales indicaron un uso previo.

5.5.3 ¿Invertiría un 10% de los recursos obtenidos de los proyectos para la implementación BIM?

Las características ofrecidas por Dalux Field y lo que se pretendía alcanzar con su implementación en uno de los proyectos a ejecutar, motivó a los colaboradores en participar haciendo uso del software. Sin embargo, no todos los participantes del proyecto pretendían hacer uso de Dalux Field, pues confiaban más en la realización del trabajo de manera tradicional y consideraban una inversión de tiempo en aprender sobre su utilización.

No obstante, los resultados evidenciaron que muchos si invirtieran y utilizarían BIM en proyectos a futuro; no obstante, una cantidad mínima de los participantes no lo consideró moderadamente útil debido a que no limitaba la realización de sus tareas y las mismas podían realizarse.

5.5.4 ¿Ha considerado factible el uso de BIM mediante Dalux Field en el proceso de Instalación del Proyecto de Oficinas?

La utilización de Dalux Field dentro del proyecto de oficinas fue considerado por los encuestados como factible en el proceso de instalación y gestión. Esto debido a mejora en la comunicación y eficiencia. Las respuestas obtenidas también lograron afianzar la credibilidad de las investigaciones del estudio cualitativo, en donde se analizó la curva de MacLeamy (ver ilustración 20) la cual demuestra que realizar la inversión BIM dentro de los proyectos compensa positivamente.

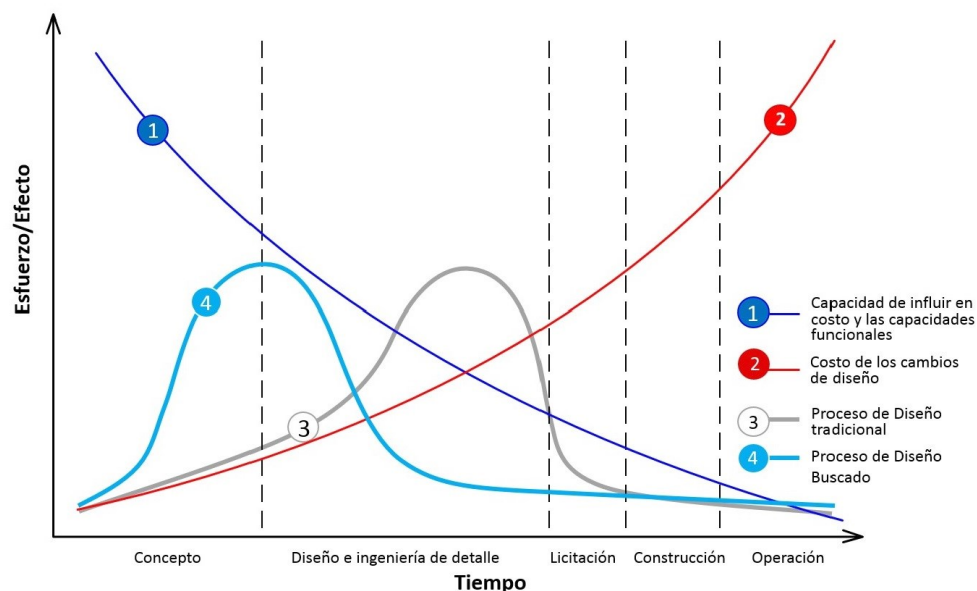


Ilustración 21. Curva de MacLeamy (2004).



La curva de MacLeamy es visualizada como un ejemplo claro del buen funcionamiento BIM en el flujo de trabajo. La inversión de tiempo y esfuerzo (distribuciones analizadas en la curva) en las etapas iniciales de los proyectos, demuestran tener un efecto positivo en la trayectoria de la construcción. Aunque dicha aplicación no solo se debe enfocar en las etapas iniciales, sino en todas aquellas que logren aportar una ventaja frente a lo que puede llegar a ofrecer el sistema tradicional con base en el costo o desempeño.

La aplicación de la curva de MacLeamy en el proyecto analizado, se enfocó en el flujo de trabajo BIM a través de Dalux Field. Dos factores importantes fueron analizados en los cuales el impacto de los beneficios de implementar BIM supuso las siguientes ventajas:

- Ahorro de tiempo en el procesamiento y revisiones.
- Mejora en la gestión de supervisión de los procesos.
- Mejora en la visualización y comprensión del proyecto mediante modelos digitalizados en 3D.

Basando las ventajas anteriormente mencionadas y haciendo uso de la curva de MacLeamy, el coste por errores de no revisión o gestiones en los procesos fue reducido, esto impactó en tener un ahorro en el coste por pago diario de instalación al subcontratista y la solución de problemas antes de la instalación de ciertos elementos en obra. Aunque por condiciones de restricciones de información no se puede tener una cifra monetaria exacta de este coste, el mismo bajo suposiciones tiene un ahorro de un 5% a un 8% del coste del proyecto.

5.5.5 ¿Sin el uso de Dalux Field en el trabajo diario, considera que pueden arreglárselas sin el programa?

La mayoría de las respuestas identificaron que podían acceder a la realización del trabajo de manera tradicional, ya que, la utilización de Dalux no los limitaba y podían arreglárselas sin el uso de este. No obstante, desde el punto de vista del trabajador esto solamente indica que sí pueden realizar el trabajo, pero desde el punto de vista proactivo, la ocurrencia de retrasos puede identificarse como una regresión en la logística y efectividad laboral.

5.5.6 ¿En ocasiones se siente limitado sin el programa? Por ejemplo, en la preparación del trabajo y al resolver problemas.

En la realización de tareas el uso de Dalux Field no supuso una limitación al personal. La mayoría de los encuestados estaban de acuerdo que la resolución de los problemas podría tardar, sin embargo, de igual manera podrían arreglárselas sin el programa y completar la ejecución de las tareas. Aunque la comunicación y colaboración entre los miembros del equipo puede ser menos efectiva sin el uso de Dalux Field y todas las características que ofrece, los colaboradores no analizan en primera instancia el efecto de la productividad en las obras. Esto supone que, las respuestas rápidas sobre qué tan limitado se encuentre sin el programa no haya contemplado demás puntos de vista.

5.5.7 ¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la comunicación y la eficiencia en su trabajo diario?

La generación de una mayor eficiencia y comunicación mediante Dalux Field fue afirmada por la mayoría de los encuestados. Una parte muy mínima de los encuestados consideró que no hubo un cambio evidente, ya que, de igual manera pudieron ejecutar las tareas. Las características que ofrece Dalux para la realización de los proyectos se aleja un tanto de lo tradicional, abriendo paso a la digitalización y eficiencia.

5.5.8 ¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la calidad del trabajo de instalación?

La cantidad de respuestas positivas respecto a esta pregunta superó las expectativas. La mayoría consideró que la calidad estuvo mejorada, ya que se indagaba diariamente en registrar aquellos desperfectos que podrían ocurrir en la instalación del proyecto. La generación de inconformidades respecto a seguridad y terminación de elementos supuso garantizar una mejor obtención de calidad.

5.5.9 ¿La aplicación Dalux Field desde el móvil fue de fácil uso en la implementación en obra?

La finalidad de esta pregunta busca esclarecer el desenvolvimiento y confirmación de uso de la aplicación. Se muestra un gran porcentaje de confirmación de facilidad de uso, y una parte mínima en respuesta de “no” y “no lo sé”. En general, las aplicaciones con ámbito ingenieriles en obra pueden demandar una curva de aprendizaje significativa, en la cual el usuario puede desmotivarse



si encuentra complejidad en la configuración inicial de la aplicación. El buen desenvolvimiento y efectividad en el uso de aplicaciones se encuentra influenciado por la experiencia previa con la tecnología y las capacidades cognitivas de los usuarios.

5.5.10 ¿Cree usted que se puede mejorar aún más la calidad e instalación de proyectos haciendo uso de Dalux Field?

Varios de los encuestados luego de responder en su mayoría afirmativamente a esta pregunta, mostraron motivación en que la misma pueda implementarse en otros proyectos de igual o mayor magnitud. La mayoría estuvieron de acuerdo que la misma sería más efectivas en proyectos grandes en donde la calidad y comunicación juegan un papel importante.

5.5.11 ¿Implementaría Dalux en otros proyectos utilizando la herramienta de manera visual y para la resolución de problemas?

Al igual que la pregunta anterior varios de los encuestados presentaron motivación la utilización de esta herramienta. La facilidad de tener en sus dispositivos móviles un visor 3D para el desempeño de sus tareas fue una de las características más destacadas. La resolución de problemas aún sigue siendo duda, ya que, como se ha expresado anteriormente los colaboradores se interesan más en las ventajas que ofrece una llamada o uso de mensajería a través de redes sociales como medio de respuesta rápida. No obstante, el uso de aplicaciones como Dalux son necesarias para el trabajo colaborativo en equipo y para la gestión de proyectos, algo que no se encuentra presente en las redes sociales actuales.

5.6 Efectos de Dalux Field en Proyecto.

La implementación de Dalux Field en INSTRUMET S.R.L., supuso un avance en la eficiencia, colaboración y comunicación. Las tareas realizadas dentro del proyecto ejecutado fueron establecidas con buena exactitud en detalles, esto debido a las recomendaciones de la aplicación sobre anexar una foto o especificar alguna descripción de las tareas asignadas (ver Anexo 5). Por otro lado, se presentó una gran mejora en la eficiencia y satisfacción de los colaboradores en campo, la opción de tener una vista 3D del proyecto desde sus dispositivos móviles, intuyó en una mejor orientación respecto a los ejes y colocación de elementos.



La asignación de tareas del proyecto consistió en una distribución por paquete de trabajos, en donde el responsable o encargado disponía en la mayoría de los casos con fechas límites y especificaciones claras de las incidencias, problemas de seguridad y solicitud de instalaciones.

El seguimiento de estas tareas mejoró el flujo de información entre el proyecto en campo y las solicitudes que se realizaban hacia la oficina. En la ilustración 21 se demuestra un desglose de las tareas realizadas, destacándose cuales se encuentran en proceso de ejecución y cuáles han sido realizadas. Aunque dentro de ese proyecto no se cuenta con un cronograma establecido, ya que, el mismo no fue requerido por el cliente, se propuso llevar un seguimiento de las tareas en obra, con la finalidad de agilizar los procesos y detectar las imperfecciones que llegasen a ocurrir.

Mediante el gráfico presentado de la ilustración 21, Dalux Field busca analizar varios aspectos del trabajo completado en el proyecto. La eficiencia del equipo y la identificación de cuellos de botella dentro del proyecto nos ayudan a examinar si existen retrasos o si se requieren más recursos para completar las tareas. La implementación de este grafico resulta beneficioso para los equipos de construcción, ya que proporciona una visión general del progreso de la obra.

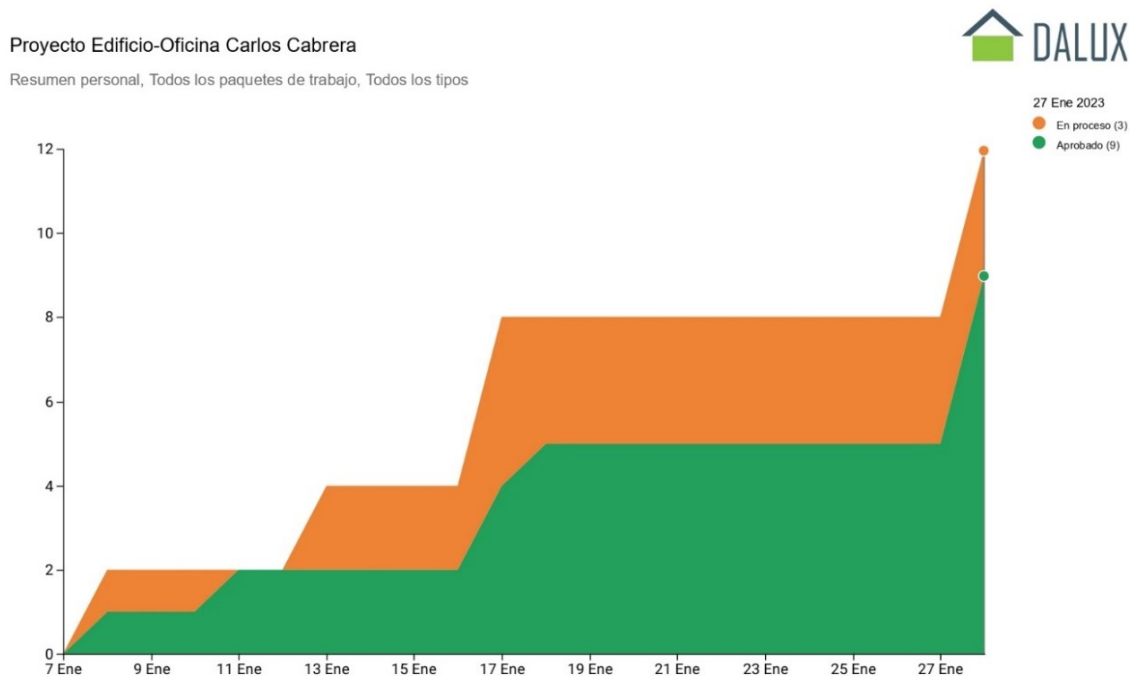


Ilustración 22. Gráfico sobre paquetes de trabajos asignados en el mes de enero. Proyecto Oficina Carlos Cabrera



El rápido intercambio y recepción de información juega un papel importante en el desarrollo del trabajo diario. Con la ayuda de Dalux Field como herramienta BIM en el lugar de trabajo la comunicación fue más fluida y se analizaban aquellos factores que podían ser claves para el encargo de realización de tareas. Un total de 14 tareas fueron registradas durante el primer mes de instalación de la estructura, en donde se pudo conocer que cantidad de incidencias, peticiones y observaciones fueron computadas. La mayoría de las tareas correspondían a incidencias ocurridas que podían afectar la eficiencia de instalación en la obra, ya sea por algún elemento faltante o imperfecciones. Por otro lado, se realizó la solicitud de instalación de aquellos elementos que se consideraron como prioridad para aumentar el progreso en la instalación del proyecto.

La seguridad y salud satisfactoriamente tienen un porcentaje bajo, los inconvenientes ocurridos resultaron ser solucionados a la semana siguiente de indicada dicha observación.

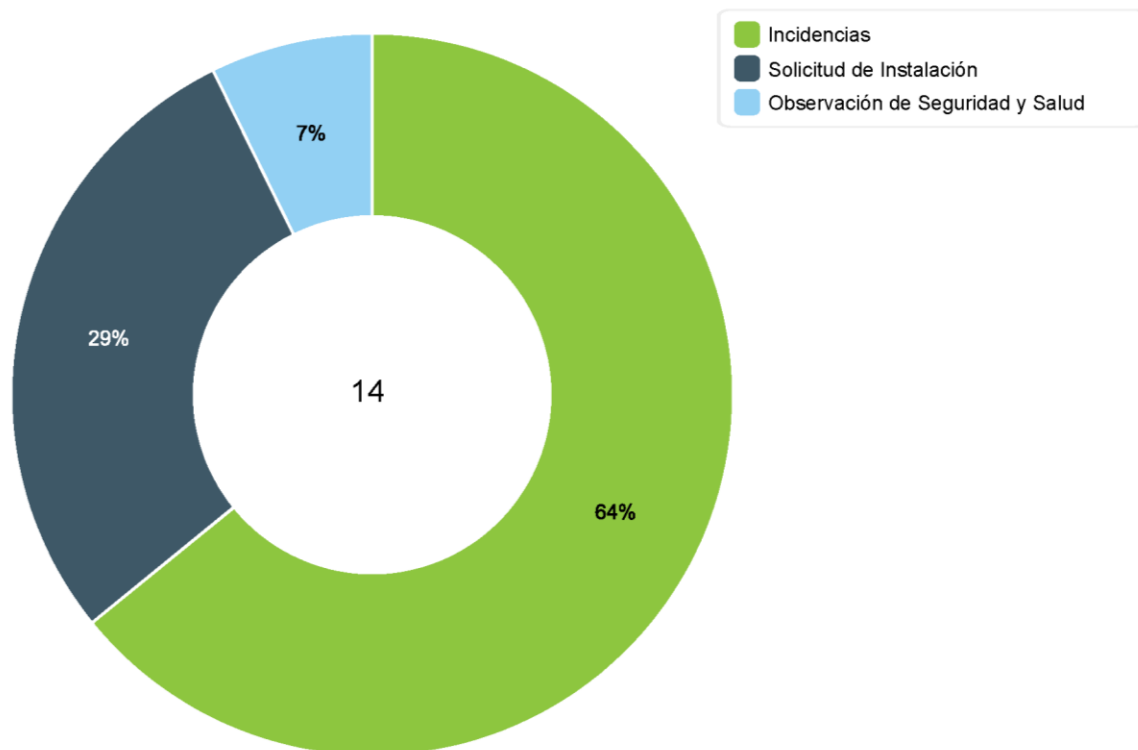


Ilustración 23. Porcentaje de tareas registradas en Dalux Field en enero 2023.



Con respecto a la metodología Lean, se propuso implementar ciertos criterios en obra, trabajando simultáneamente con el subcontratista responsable de la instalación.

Algunas incidencias reportadas se atribuían a limpieza y estandarización de los elementos, lo cual tuvo un efecto positivo en el ensamblaje de instalación. La falta de logística y comunicación ocurrida entre los despachos de vigas y columnas por parte del taller de producción provocó esperas y desorganización dentro de la obra. Una de las incidencias reportadas (ver anexo 6) sugería mejor organización de los elementos en campo, sin embargo, dicha incidencia no pudo ser solucionada en su totalidad. Como solución al problema se ubicaron los elementos cercanos al proyecto, en donde se registraron y etiquetaron para lograr realizar su instalación.

La cadena de información manejada a través de Dalux Field, actúa de manera bidireccional, buscando la mejora en el flujo de trabajo del personal de oficina y el personal en campo. La productividad aumenta cuando se analizan las tareas y se pueden registrar la designación de trabajos, registros de inconformidades, incidencias y seguridad.

Ciertas incidencias ocurridas en el proyecto y presentadas en Dalux Field fueron consideradas bastantes útiles por el personal. Un ejemplo clave y por el instalador ha sido a causa de elementos faltantes. Debido a esto, las tareas sucesoras podían retrasarse, sin embargo, mediante Dalux Field estas incidencias lograron ser reportadas a tiempo y estableciendo una fecha límite para su resolución (Ver Anexo 7 y 8).

Las ventajas de poder compartir las ubicaciones exactas en donde ocurrían estas incidencias facilitaron al personal en obra como en oficina a analizar de una manera más rápida el problema, evitando desperdicios de tiempo y en búsqueda de planos. Aunque se trate de analizar el ahorro de tiempo exacto, esto resulta ser variable, debido a la dependencia que puede llegar a existir en la cantidad y complejidad de la información a investigar.

Sin embargo, esta característica permite llevar un mejor ritmo en la productividad de los proyectos, facilitando mejor coordinación de manera individual o conjunta. De igual manera, la posibilidad de realizar mejores seguimientos dentro de la obra para mejores progresos, ya que, todas las tareas anotadas en Dalux se seguían diariamente hasta su proceso en finalización.

La industria de la construcción desde sus inicios se ha considerado como peligrosa debido a la realización de muchas de sus tareas. Una gran cantidad de accidentes son registrados anualmente y varios de ellos resultan ser mortales para los trabajadores. Los intereses de proteger el personal de la obra y de evitar los riesgos en la construcción se ha incrementado aún más luego de la incursión BIM.

Se ha demostrado que una mala planificación y coordinación puede aumentar los riesgos y accidentes en las obras. La idea de contar con una política y programas de seguridad y salud en el trabajo promueve a tener mejores condiciones para los empleados, y el aumento de la productividad y competitividad en las empresas.

La seguridad estuvo muy influenciada gracias al uso de Dalux Field, por lo que se lograron establecer los niveles o categorías de seguridad dentro del proyecto. Se clasificaron en tres niveles dentro de Dalux: alto, medio y básico.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación otorgada, en donde pudo establecerse un criterio sobre qué tan severo resultaría ser el problema en caso de que llegase a ocurrir en obra.

Tabla 4. Categorización de seguridad según severidad

Clasificación	Severidad o Gravedad	Puntaje
LIGERAMENTE DAÑINO (Bajo)	Primeros Auxilios Menores, Rasguños, Contusiones, Polvo en los Ojos, Erosiones Leves.	4
DAÑINO (Medio)	Lesiones que requieren tratamiento médico, esguinces, torceduras, quemaduras, Fracturas, Dislocación, Laceración que requiere suturas, erosiones profundas.	6
EXTREMADAMENTE DAÑINO (Alto)	Fatalidad – Para / Cuadriplejia – Ceguera. Incapacidad permanente, amputación, mutilación,	8

La categorización de seguridad en obras representa un punto clave para la evaluación de posibles riesgos asociados a una obra o proyecto de ingeniería. Al momento de contar con una categorización establecida se pueden establecer medidas de seguridad y tomar ciertas precauciones en las tareas realizadas en obra.

En la ejecución de instalación por parte de la empresa subcontratista, se evidenciaron ciertos peligros que perjudicaban al personal en la realización de sus tareas. Como muestra la figura 23, la utilización de pantalones rasgados y calzado inadecuado puede resultar perjudicial para el trabajador.

La función del vestuario laboral es proteger en la mayor medida posible al trabajador, por lo que mediante Dalux Field se hizo un reporte categorizando la seguridad en clasificación baja. La gran mayoría de los empleados de la empresa subcontratista no se adecuaban en tener vestuario laboral a la realización de tareas. Algunos de ellos cumplían con requerimientos de uso de botas y guantes, garantizando su protección en la ejecución del proyecto.



Ilustración 24. Instalación de pernos, supervisión de seguridad al trabajador.



Por otro lado, la realización de tareas de trabajo en altura también supone tener un vestuario laboral adecuado. La idea de llevar pantalón multibolsillo facilita mucho transportar tornillos y herramientas. La utilización de cascos y arnés también ha garantizado proteger la seguridad del trabajador.

En la realización de tareas en altura los trabajadores cumplían la mayoría de los requerimientos, aunque sucedieron imprevistos por falta de herramientas esenciales como escaleras, seguridad mediante uso de arnés y utilización de casco protector. La elaboración de un reporte (ver anexo 9) contribuyó al menos a saciar dos necesidades, la utilización de arnés y la búsqueda de una escalera apta para este tipo de trabajo, ya que, los trabajadores no estaban conforme con la herramienta otorgada en un principio, restringiendo su uso en obra.

En el anexo 10 se puede verificar la no utilización de escaleras y arnés, aunque este último se visualice colocado en el cuerpo de los trabajadores, el mismo no se encuentra atado a ningún elemento que pueda asegurar al trabajador en caso de sufrir una caída. Esto representa un peligro para los trabajadores y para la empresa encargada de proveer seguridad.

5.7 Plan de acción y mejoramiento de proyectos utilizando Dalux Field.

Explorar la satisfacción del personal con las herramientas digitales en la industria de la construcción conlleva a comprender mejor cómo estas herramientas afectan su desempeño y productividad, identificando las debilidades y fortalezas en cada proyecto.

La implementación de Dalux Field dentro del proyecto ejecutado, promovió una mejor colaboración entre los participantes, así como una mejor obtención de calidad del proyecto. Aunque la satisfacción haya sido bastante notoria, existen varias razones por las cuales se promueve un Plan de acción y mejoramiento de los proyectos haciendo uso de Dalux Field.

En términos generales, la integración de tecnologías BIM y DALUX puede proporcionar una mejor gestión de proyectos de construcción. La necesidad de proveer un plan de acción antes y durante los proyectos, es requerido para corregir errores y fallos que puedan afectar la productividad.



La ventaja de utilizar la integración de tecnologías más digitalizadas en los proyectos es que pueden mejorarse agregando nuevas funcionalidades o características que los usuarios solicitan o necesitan para su buen desenvolvimiento en obra. Actualmente los constructores tienen la oportunidad de aprovechar los beneficios de BIM como herramienta para la construcción y la prefabricación. El objetivo de BIM es reducir la ocurrencia de problemas o fallos justo a tiempo evitando gastos de recursos de manera innecesaria. Para esto es necesario tener o contar con un plan de ejecución que sea actualizable, agregando mejoras de los procesos los cuales están funcionando hasta cierto punto y a menudo no funcionan tan eficientemente como podrían.

Por lo tanto, se propone un siguiente plan de acción para cada proyecto a realizar, considerando implementación BIM, nuevos procesos, colaboración y acuerdos de equipo.

Tabla 5. Plan de acción utilizando Dalux Field

Plan de acción utilizando Dalux Field	
Estrategias	Descripción
Identificar los objetivos del proyecto	Se deben plantear alcanzar ciertos objetivos comunes, enfocados en la eficiencia, calidad, productividad y seguridad en el lugar de trabajo. La realización de un listado de actividades para lograr objetivos pequeños en plazos cortos es recomendable.
Establecer los roles del personal con sus responsabilidades	Se deben de identificar los roles de cada personal en la utilización de Dalux Field. Con esto se consigue asignar tareas y responsabilidades dentro de la aplicación buscando mejorar la comunicación, colaboración y desglose de tareas.
Configuración de Dalux Field	En el inicio de un nuevo proyecto, se deberán cargar todo el juego de planos correspondiente. La herramienta debe de estar configurada para satisfacer todas las necesidades específicas del proyecto. Esto engloba personalizar los formularios de inspección y los flujos de trabajo, y definir los procedimientos para el seguimiento y la resolución de problemas.
Inicio del plan de acción.	Una vez pautado todos los objetivos, roles y configuraciones de la aplicación se comienzan por implementar Dalux Field en obra, colaborando con otros miembros en la resolución de problemas.
Priorización de tareas y establecimiento de plazos	Es importante la monitorización de tareas llegando a priorizar las mismas. El establecimiento de plazos es importante para garantizar la entrega a tiempo y motivar a una mejor productividad.
Seguimiento y control	Es importante monitorear el progreso del proyecto realizando seguimiento de las tareas y controlando las mismas. Esto permitiría además de una buena gestión, ajustar el plan de acción y tomar decisiones que ayuden a mejorar la eficiencia y la calidad.



El propósito de implementar este plan de acción es asegurar una mejor gestión de los proyectos, acompañado de un aumento en el compromiso de los colaboradores. La búsqueda de una mejor productividad en obra suele completarse con objetivos claros, y responsabilidades que faciliten las tomas de decisiones. Implementar un plan de acción utilizando Dalux Field en proyectos de ingeniería civil supone un avance entre la digitalización, eficiencia y minimización de errores.

Dalux Field ha sido utilizado en pocos proyectos en la República Dominicana, sin embargo, ha demostrado ser una herramienta útil para la gestión de proyectos. En la entrevista realizada a Néstor del Pozo, Country Manager Dalux España, se investigó sobre la aplicación de Dalux en el país, en donde solamente se hizo referencia en la construcción de un edificio en la capital del país. En la instalación de estructuras metálicas, Dalux Field ha demostrado ser útil en el control de calidad y para el seguimiento del progreso de la obra. Su implementación en el proyecto de oficinas ha motivado a los colaboradores a su manejo en proyectos futuros; como consecuencia a esto, surge la formulación de una guía didáctica para su correcta utilización en INSTRUMET S.R.L., con un enfoque en más empresas que sientan una motivación y quieran una digitalización BIM.

La realización de una guía de gestión y/o uso de Dalux Field es dirigida a los responsables de la toma de decisiones en el sector de la construcción. La misma pretende brindar respuestas claras y concisas a las preguntas más importantes sobre la aplicación e introducción del método de trabajo BIM. Dentro de la ejecución de planificación de instalación de estructuras metálicas, Dalux supone ser una aplicación completa, la cual forma parte de un entorno BIM que está completamente enfocada en aumento de la productividad y la calidad del proyecto. Diariamente la calidad de las obras es muy cuestionada, por lo que es necesario una mejor participación de los colaboradores en el proceso de ejecución. Para la realización de esta guía se contemplaron los primeros pasos a considerar dentro de la aplicación, de igual manera se destacaron los objetivos principales, recursos esenciales y temporización y evaluación de las tareas.

En el anexo 11 se puede encontrar dicha guía, la cual pretende servir en los primeros pasos de utilización de Dalux, la misma cuenta con un enfoque de implementación que puede utilizarse en varias empresas de la República Dominicana dedicadas al sector construcción.



Los ingenieros civiles necesitan llegar a comprender mejor los procesos y procedimientos para completar unas tareas específicas, con lo cual se puede mejorar la eficiencia y efectividad en el trabajo.

Durante las últimas semanas de implementación de Dalux en obra, se han observado mejoras en su aplicación móvil. Dichas actualizaciones continúan siendo muy innovadoras en el sector construcción, las cuales siguen suministrando mejoras en la eficiencia y en información. Dalux busca un impacto positivo mediante el uso de su aplicación, aunque luego vendrán herramientas completamente nuevas, la digitalización y nuevas metodologías son un hecho en el sistema constructivo actual.

6 Conclusiones

A continuación, se presenta en este capítulo el cumplimiento de los objetivos y las contribuciones de la aplicación, las cuales han servido para esclarecer el estatus BIM en la República Dominicana, así como el uso de herramientas digitalizadas que han evolucionado significativamente en las últimas décadas, gracias al avance de la tecnología con enfoque en el campo de la ingeniería civil.

El estudio de la implementación de Dalux Field en la instalación de estructuras metálicas no solo ha permitido tener una visión más amplia de la innovación BIM, sino que ha permitido conocer aquellas implicaciones en la práctica profesional, conforme a la eficiencia y la comunicación.

6.1 Cumplimiento de objetivos.

Se presentan las siguientes conclusiones de los objetivos alcanzados, con el fin de responder y evaluar la efectividad del proyecto de investigación:

- Mostrar la aplicación de la metodología BIM, en la fabricación e instalación de estructuras metálicas.
 1. Mediante la investigación desarrollada se realizó un estudio sobre la aplicación que tiene la metodología BIM y su influencia en la fabricación e instalación de estructuras metálicas. Evidenciando que es posible alcanzar un amplio nivel de detalle con la ayuda de BIM. Varios softwares considerados parte de la familia BIM como: Navisworks, Revit Structure, Tekla Structures, Dalux, Autodesk Advance Steel, entre otros, se caracterizan por brindar al usuario una visión más clara del sistema.
 2. En la literatura existente hoy en día, se muestran casos de estudios donde la implementación BIM en estructuras ha llegado a reducir costes y desperdicios haciendo uso de elementos prefabricados que solo requieren su colocación en obra.

- Analizar el proceso constructivo de la empresa con el fin de desarrollar un método de implementación de la metodología BIM con énfasis en Dalux Field.
 1. Considerando el proceso constructivo de la empresa, el desarrollo de BIM debe de promover ciertas fases de colaboración entre los participantes. Por otro lado, se deben de considerar las capacitaciones del personal como cruciales para implementar esta metodología.
 2. Las condiciones de implementarse gradualmente deben estar presentes para una mejor efectividad y evaluación de resultados a corto y largo plazo.

 - Identificar los recursos necesarios para la implantación de Dalux Field dentro de la empresa constructora.
 1. A partir de la investigación realizada, los recursos necesarios para la implantación de BIM son bajos, ya que, hoy en día la mayoría de las empresas cuentan con herramientas tecnológicas como ordenadores y brindan en algunos casos dispositivos móviles para mejorar la comunicación.
 2. El coste de la licencia dependerá del proyecto, por lo que se deberá de realizar una consulta con Dalux donde se plantean los objetivos y lo que se busca mediante la ejecución del proyecto.

 - Identificar las posibles causas de retraso dentro de las obras de estructuras metálicas.
 1. Teniendo en cuenta la ocurrencia y la experiencia dentro del desarrollo del proyecto, se identificaron 4 causas de retraso dentro de las obras de estructuras metálicas:
 - Imperfecciones: Elementos mal ensamblados y/o deteriorados mediante el proceso de transporte a obra.
 - Mala planificación: la falta de comunicación entre los colaboradores retrasa los procesos de ensamblado y transporte.
 - Falta de planos, equipos o herramientas: inconvenientes en la disponibilidad de estos al momento de empezar o continuar con la realización de actividades en obra.
-

- Cambios de diseño: las solicitudes o realización de cambios retrasan gradualmente la ejecución de los proyectos, ya que, se abarca todas las partes del proceso constructivo.

 - 2. Los problemas de supervisión dentro de los proyectos conllevan a la obtención de una mala calidad o problemas del diseño inicial. Se puede obtener de igual manera una solución, pero la misma se llevaría a un sobrecoste.
 - 3. Resolución de interferencias debido a problemas con el diseño, obra civil, el promotor o los subcontratistas encargados del proyecto. Es práctico conversar con todos los involucrados para solucionar inconformidades.

 - Hacer cumplir una construcción Lean mediante el uso de la plataforma digital Dalux.
 1. La realización de actividades de organización y productividad a través de la plataforma Dalux logró agilizar y simplificar los procesos.
 2. La supervisión influye significativamente en la ocurrencia de análisis de desperdicios e identificación de oportunidades referentes a la productividad y eficiencia.

 - Elaborar un registro de información respondiendo cómo Dalux Field afectaría la producción en un sitio de construcción.
 1. El registro de información fue basado en la realización de una encuesta, donde los colaboradores presentaron su posición respecto a Dalux y las contribuciones del este.
 2. La cantidad de respuestas sobre una mejora en la producción fue evaluada para proponer la implementación de Dalux en más proyectos.
 3. A medida que se atribuían más respuestas positivas sobre el uso de Dalux en los proyectos, las probabilidades de tener un compromiso y mejoras fueron consideradas fuentes sólidas para su promoción en otras empresas.

 - Proponer un plan de acción y de mejoramiento mediante el uso de Dalux Field dentro de la empresa.
-



1. El aumento de la productividad es una causa común para cada proyecto, la gestión de un plan de acción en donde se establezcan objetivos y seguimiento sirvió de motivación luego de ver los resultados obtenidos en el proyecto analizado.
 2. Las ventajas ofrecidas por Dalux Field y la supervisión diaria en el proyecto motivaron al promotor y la empresa para el seguimiento en obra haciendo uso de la aplicación.
- Proveer a la empresa de una guía didáctica que incluya cuáles serían los procedimientos por considerar para la utilización de Dalux Field dentro de las obras.
 1. La creación de esta guía didáctica elaborada de forma general busca certificar su uso en demás empresas interesadas. El uso de softwares dentro de las empresas debe de estar conformado por una guía de uso, con la finalidad de garantizar el correcto aprovechamiento y reducción de errores.
 2. Las nuevas características con visión a futuro del programa debido a actualizaciones serán comprendidas mediante las informaciones de Dalux en su página web.

Con todo lo mencionado anteriormente, se considera satisfactorio el análisis sobre la aplicación de Dalux Field en proyectos de estructuras metálicas con lo concluido en cada objetivo. Cada objetivo fue cumplido conforme a lo planteado en la realización de este trabajo.

6.2 Contribución a la investigación.

Actualmente mediante la práctica realizada de la aplicación BIM en un proyecto de instalación de estructuras metálicas, se logró identificar la ausencia de investigación y/o aplicación de esta herramienta dentro de la industria de la construcción dominicana. Sin embargo, algunos de los colaboradores presentaron ciertos conocimientos que lograron afianzar mejor el uso de BIM dentro del proyecto. A través de la aplicación de este trabajo se logra evidenciar que al menos 7 de 10 colaboradores no conocen BIM, sus características y como emplearlo en los proyectos.

Una contribución clara de esta investigación ha sido la identificación de las principales causas (derivadas de la literatura alrededor del mundo) por las que pueden retrasar estos tipos proyectos y la falta de comunicación que ocurren en los mismos.



Por otra parte, la realización de este trabajo ha favorecido en permitir que llegue a ocurrir de manera gradual una implementación de BIM en el sector construcción. Una de las principales contribuciones es que el usuario conozca no solo las herramientas BIM básicas, sino también aquellas que de una manera u otra brindan las mismas o mejores facilidades, tal como es en el caso de Dalux.

Las proyecciones que se pueden brindar mediante Dalux y su excelente gestión promueven la colaboración dentro del sector constructivo, aportando varios beneficios para el país y al desarrollo BIM. Los hallazgos de esta investigación destacan la necesidad de continuar generando prácticas y guías didácticas que promuevan cómo debería implementarse BIM y los pasos necesarios para utilizarlo. Debido a esto, se fomenta la adopción para la realización de prácticas más avanzadas haciendo uso de sistemas BIM en el sector. Como línea futura, se tiene previsto aplicar y recomendar la herramienta Dalux Field a posibles empresas interesadas, con el fin de motivar e innovar mediante su uso el sector construcción de la República Dominicana.

6.3 Recomendaciones.

El presente trabajo de fin de máster ha proporcionado información trascendente a la aplicación BIM haciendo uso de la herramienta Dalux Field en un proyecto de instalación de estructuras metálicas, el cual ha arrojado como resultado un conjunto de hallazgos que funcionan como propuesta para que se evalúe su implementación.

Dichas recomendaciones surgen en parte de un análisis sobre las posibles barreras de BIM, y cualquier posible interrelación entre ellas. A continuación, la formulación de las siguientes recomendaciones está orientadas a las industrias de la construcción en general y al sector académico:

Sector construcción: se recomienda su aplicación en la instalación de estructuras y demás campos, dado que se ha demostrado la gran eficiencia y colaboración que puede alcanzarse, así como la obtención de un campo de acción más amplio.



Se deberá de contar con un plan bien estipulado al momento de decidir implementar BIM dentro de una empresa, con el fin de que se realice de la manera correcta. Los profesionales de este sector deben de promover la aplicación de esta metodología para que la misma sea incluida de manera obligatoria a través de agentes gubernamentales en la realización de los proyectos. Por otro lado, se recomienda la implementación de Lean Construction el cual puede llegar otorgar resultados relevantes dentro de las empresas al igual que la metodología BIM.

Sector académico: se recomienda realizar estudios y/o capacitaciones que contribuyan a obtener un mejor conocimiento BIM, ya que, el mismo revoluciona e innova el sector de la construcción. Existe un amplio margen en donde la colaboración y el desarrollo BIM pueden ser estudiados, realizando varios casos de estudios en donde se puedan implementar otras herramientas y estrategias que permitan evidenciar diferentes características.

6.4 Limitaciones.

Como limitación principal de esta investigación, la dificultad de adaptación tecnológica fue compleja, ya que, los colaboradores preferían una forma de trabajo más tradicional en donde no se sentían abrumados por la responsabilidad de uso e información generada. Por otro lado, se esperaba contar con más reportes o un amplio listado de no conformidades y gestión del proyecto, sin embargo, debido a las características y envergadura del proyecto, solo se obtuvieron una cantidad menor a quince tareas en un período de dos meses.

Otra limitación identificada fue la necesidad de contar con una conexión a internet para el uso del programa, en donde se requería que los colaboradores contaran con un paquete de datos fijo en sus móviles. Con respecto a la colaboración, surgieron faltas de apoyo en principio al momento de querer ayudar con la implementación de Dalux en obra.

La falta de comunicación y supervisión haciendo uso de la aplicación presentó una desventaja al querer aumentar la productividad en el proyecto. La falta de personal, herramientas y elementos también supuso otra limitación, puesto que, la instalación del proyecto logró ser retrasada en más de una ocasión, esto debido a problemas externos que llegaron a afectar el proyecto.



REFERENCIAS

7 Referencias Bibliográficas

- Ahmed, F. (2018, 5 de junio). LOD (Level of Development or Level of Detail). Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/lod-level-development-detail-fayyaz-ahmad/>
- Alejandro D. Cantú, Jorge Luis Moreno & Melisa Podestá. (2020). Identificación y análisis de los factores que influyen en la productividad de obras civiles. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 11(1), 57-74.
- Btoush, M., & Harun, A. T. (2017, noviembre). Minimizing delays in the Jordanian construction industry by adopting BIM technology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271, 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/271/1/012041>
- Carballo, R. (2022, 1 de marzo). Dimensiones BIM. Másteres Online No 1 Empleabilidad. Recuperado de <https://eiposgrados.com/blog-ingenieros/dimensiones-bim/>
- Cheng, J. C. P., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *ITcon*, 20, 442-478. <https://www.itcon.org/2015/27>
- Cintac. (2022, 12 de abril). Ventajas y desventajas del acero en las construcciones. Recuperado de <https://www.cintac.cl/ventajas-y-desventajas-del-acero/>
- Colomer, S. M. (2021, 26 de agosto). Niveles de madurez BIM. Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/niveles-de-madurez-bim-salvador-moret-colomer/?trackingId=Lx2B7455Sr2/XeQsocvP0Q>
- Dalux – Construcción Lean. (s. f.). Recuperado 24 de octubre de 2022, de <https://construccionlean.com/dalux>
- Dalux. (2022, 29 de septiembre). About Dalux - Effective digitalization of the construction industry. Recuperado de <https://www.dalux.com/about-dalux>
-

- Fredriksson, O., & Persson, O. (2019). Påverkan av kommunikation och effektivitet i byggproduktion med hjälp av Dalux Field (Dissertation). Recuperado de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-45427>
- Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in developing countries; Ghana as a case study. *International Journal of Project Management*, 21, 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)
- Grinnell, R. M. (1997). *Sodal work research & evaluation: Quantitative and qualitative approaches* (Sa. ed.). Itaca: E. E. Peacock Publishers.
- Hartmann, T., van Meerveld, H., Vossebeld, N., & Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, 605–613. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2011.12.011>
- Jung, W., & Lee, G. (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 9, 512-516.
- Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice* (1st ed.). Wiley.
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D Cad and simulations*. McGraw-Hill.
- Lacaze, L. (2020). Encuesta BIM América Latina y El Caribe 2020. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Encuesta-BIM-AmericaLatina-y-el-Caribe-2020.pdf>
- Lee, S.-J., & Cheon, J.-H. (2006). *Application of Building Information Modeling for Steel Structures*.
-

LEXCO - engineering, management, and construction. (s. f.). Recuperado de

<https://lexco.com.do/proyecto/nueva-ciudad-sanitaria-dr-luis-e-aybar/>

Martín Dorta, N., González de Chaves Assef, P., & Roldán Méndez, M. (2014). Building information modeling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción. Spanish Journal of Building Information Modeling. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5413530>

Matta, G., Herrera, R. F., Baladrón, C., Giménez, Z., & Alarcón, L. F. (2018). Using BIM-based sheets as a visual management tool for on-site instructions: a case study. Group for Lean Construction (IGLC), 144-154.

McGraw Hill Construction. (2007). Interoperability in the construction industry. New York, USA: McGraw Hill.

McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing construction: a route to higher productivity. Disponible en www.mckinsey.com

Miranda, J., & Toirac, L. (2010). Indicadores de Productividad para la Industria Dominicana. Santo Domingo: Ciencia y Sociedad, Vol. XXXV, núm. 2, 2010, 235-290.

Pereira de Sa, J. L., & González Alfaro, P. H. (2021). Implementing common data environments in architectural technology studies. Wit Transactions on The Built Environment, 210, 61-72.

<https://doi.org/10.2495/bim210061>

Plenert, G. J. (2011). Lean Management Principles for Information Technology. Taylor & Francis.

Ramanathan, C., Narayanan, S. P., & Idrus, A. B. (2012). Construction delays causing risks on time and cost - a critical review. Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12(1), 37.

[doi:10.5130/ajceb.v12i1.2330](https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i1.2330)

- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Wiley.
- Silverio, A. K., Suresh, S., Renukappa, S., & Heesom, D. (2021b). Status of BIM implementation in the Dominican Republic construction industry – an empirical study. *Journal of Engineering, Design and Technology*. <https://doi.org/10.1108/jedt-05-2021-0253>
- Soler, J., Salcedo, N., & Núñez, Y. (2013). Estudio prospectivo de la formación profesional del sector de la construcción civil. Recuperado de <http://www.oitcinterfor.org/node/5539>
- Taveras De La Rosa, A. R. (2017). Breves ensayos de economía y finanzas. *Oeconomia*, 11(2). Recuperado de <https://cdn.bancentral.gov.do/>
- Uniacc, U. (s. f.). Conociendo las dimensiones BIM y dónde especializarse en ellas. Recuperado de <https://blog.uniacc.cl/conociendo-las-dimensiones-bim-y-donde-especializarse-en-ellas>
- Vera, L. (2015). *La Investigación Cualitativa*. Universidad Interamericana de Puerto Rico. Recinto de Ponce
- Wooyoung Jung & Ghang Lee. (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1100430>
- Zaragoza Angulo, José Manuel; Morea Núñez, José Miguel. (2016). *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería*. Madrid: Editorial Fe d' erratas.
-



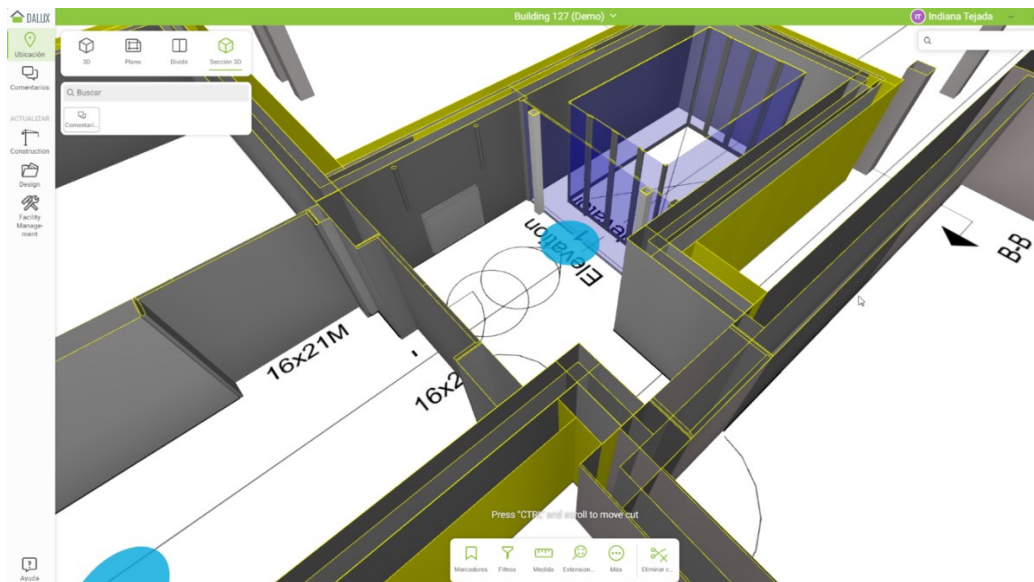
Anexos

8 Anexos

Anexo 1. Visualización de ubicación plano 2D compartida con modelo 3D. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022



Anexo 2. Visualización de relación plano 2D con modelo 3D. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022



Anexo 3. Utilización de realidad aumentada a través de aplicaciones Dalux. Fuente: Modelo Demo – Dalux, 2022



Anexo 4. Planta de producción y área de almacenaje INSTRUMET S.R.L. Fuente: INSTRUMET S.R.L

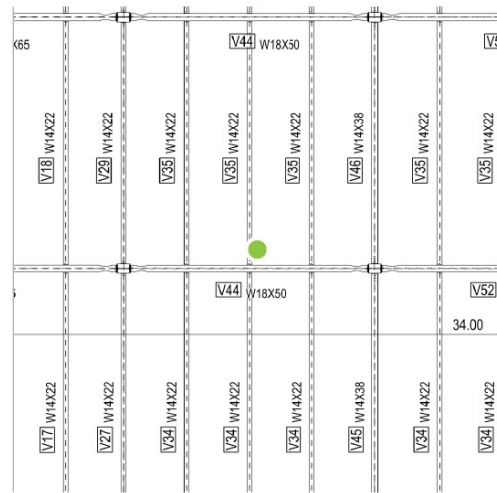


Anexo 5. Reporte de tarea debido a incidencia en obra.

DF6 Revisión de elemento

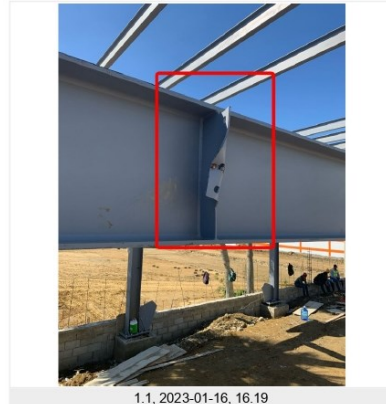
Incidencia

Proyecto	Licencia de estudiante Indiana	Paquete de trabajo	Ing. Christian Beato
Edificio	Licencia de estudiante Indiana	Flujo de trabajo	Instalación Estructura Metálica
Nivel	Nivel 2	Fecha creada	16 ene. 2023, 16:26
Plano	Instalación Nivel 2	Creado por	Indiana Tejada, UPV
		Sustituir por	Cristian Beato, INSMEC
		Responsable	(Aprobado, cerrado)



16 ene. 2023, 16:26
Asignado a INSMEC

Creado por:	Indiana Tejada, UPV
Sustituir por:	Cristian Beato, INSMEC
Asignatario:	INSMEC
Título:	Revisión de elemento
Descripción:	Solucionar doblez de shearplate



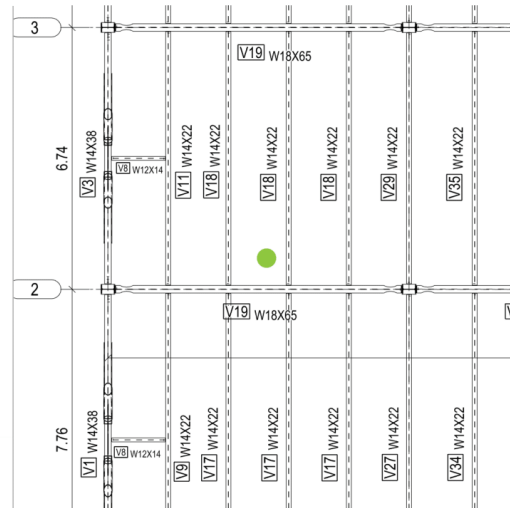
27 ene. 2023, 13:29
Aprobado por INSMEC

Actualizado por:	Cristian Beato, INSMEC
Descripción:	Resultado

Anexo 6. Reporte de incidencia organización de vigas en obra.

DF2 Organización de vigas en Obra
Incidencia

Proyecto	Licencia de estudiante Indiana	Paquete de trabajo	Ing. Christian Beato
Edificio	Edificio de Oficinas Carlos Cabrera	Filjo de trabajo	Instalación Estructura Metálica
Nivel	Nivel 2	Fecha creada	12 ene. 2023, 14:06
Plano	Instalación Nivel 2	Creado por	Indiana Tejada, UPV
		Sustituir por	Cristian Beato, INSMEC
		Responsable	(Aprobado, cerrado)



12 ene. 2023, 14:06
Asignado a INSMEC

Creado por:	Indiana Tejada, UPV
Sustituir por:	Cristian Beato, INSMEC
Asignatario:	INSMEC
Título:	Organización de vigas en Obra
Descripción:	Saludos. Favor proporcionar una mejor organización de las vigas en obra. Se limita mucho la movilidad en la instalación del proyecto.



1.1, 2023-01-12, 14.03

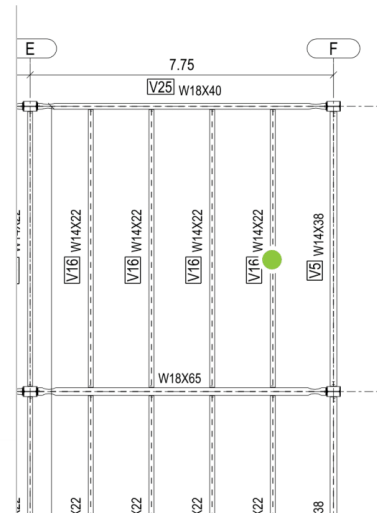
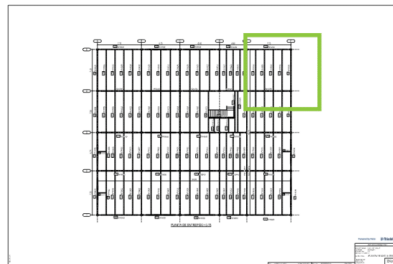
16 ene. 2023, 14:33
Aprobado por INSMEC

Actualizado por:	Cristian Beato, INSMEC
Descripción:	Resuelto

Anexo 7. Reporte de incidencia viga faltante en obra.

DF7 Viga faltante Incidencia

Proyecto	Licencia de estudiante Indiana	Paquete de trabajo	Ing. Pedro Fermín
Edificio	Edificio de Oficinas Carlos Cabrera	Flujo de trabajo	Envío de Vigas
Nivel	Nivel 2	Fecha creada	27 ene. 2023, 13:29
Plano	Instalación Nivel 2	Creado por	Indiana Tejada, UPV
		Responsable	(Aprobado, cerrado)



27 ene. 2023, 13:29

Asignado a INSTRUMET SRL

Creado por:	Indiana Tejada, UPV
Asignatario:	INSTRUMET SRL
Título:	Viga faltante
Descripción:	Favor en viga viga V16



1.1, 2023-01-27, 13.27

1 feb. 2023, 15:12

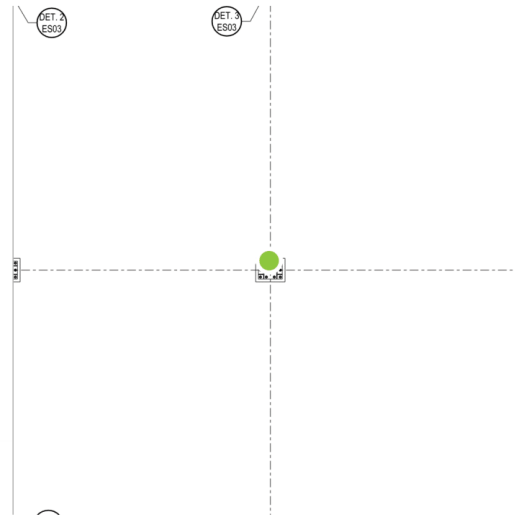
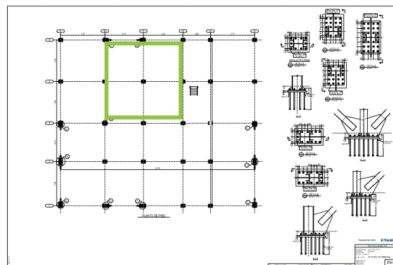
Aprobado por INSTRUMET SRL

Actualizado por:	Pedro Fermín, INSTRUMET SRL
------------------	-----------------------------

Anexo 8. Reporte de incidencia de elementos faltantes en obra.

DF5 Tuercas
Incidencia

Proyecto	Licencia de estudiante Indiana	Paquete de trabajo	Ing. Pedro Fermin
Edificio	Edificio de Oficinas Carlos Cabrera	Flujo de trabajo	Enviar elementos
Nivel	Nivel 1	Fecha creada	16 ene. 2023, 15:48
Plano	Planta de Pernos	Creado por	Indiana Tejada, UPV
		Responsable	(Aprobado, cerrado)



16 ene. 2023, 15:48

Asignado a INSTRUMET SRL

Creado por:	Indiana Tejada, UPV
Asignatario:	INSTRUMET SRL
Título:	Tuercas
Descripción:	Envío de 30 unidades de tuercas 1 1/4" faltantes



1.1, 2023-01-16, 15:48

17 ene. 2023, 15:39

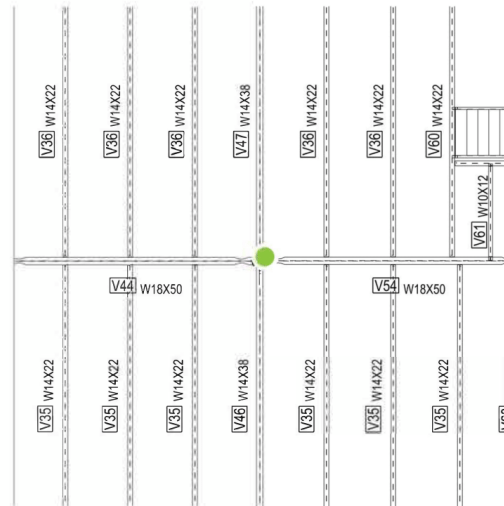
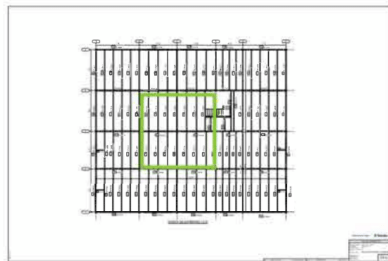
Aprobado por INSTRUMET SRL

Actualizado por:	Pedro Fermin, INSTRUMET SRL
Descripción:	ENVIADO EN CONDUCE #3177

Anexo 9. Reporte de inspección de seguridad en obra.

SI1 Inspección de seguridad

Proyecto	Licencia de estudiante Indiana	Creado por	Indiana Tejada
Edificio	Edificio-Oficina Carlos Cabrera	Creado	14 ene. 2023, 02:35
Nivel	Nivel 2	Modificado por	Indiana Tejada
Plano	Instalación Nivel 2	Modificado	30 ene. 2023, 15:06
		Estado	Completado



Fecha 12-01-2023

Modificado por Indiana Tejada, 14 ene. 2023, 02:35

Baja

Los trabajadores están utilizando pantalones rasgados al momento de realizar la instalación de la estructura.

Modificado por Indiana Tejada, 14 ene. 2023, 02:38

Subcategorías de seguridad: 4

Media

Algunos de los trabajadores no tienen arnés, ni cuentan con el equipo necesario para realizar el trabajo en altura.

Modificado por Indiana Tejada, 14 ene. 2023, 02:38

Subcategorías de seguridad: 6

Alta

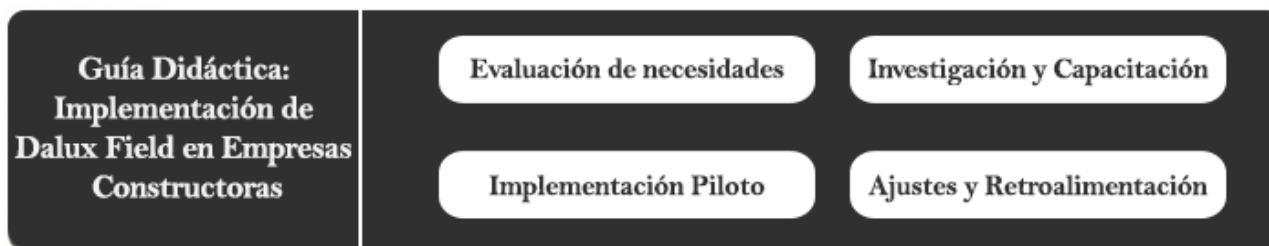
Subcategorías de seguridad: 8


Anexo 10. Inspección de seguridad: no uso de arnés y escaleras





Anexo 11. Guía Didáctica Dalux Field para empresas constructoras.



<p>Dalux Field es una aplicación que permite a los equipos de obra y a la oficina técnica, colaborar en tiempo real y mejorar la eficiencia de las comunicaciones.</p> <p>Dalux Field cuenta con una serie de características útiles para un mejor desempeño en el sector construcción. Con el visor de modelos 3D los usuarios pueden capturar, compartir e informar tareas y listas de verificación. De esta forma garantizan que los problemas se resuelvan y los riesgos se mitiguen, lo que además permite ejecutar las obras dentro de los plazos y del presupuesto.</p> <p>Al inicio de Dalux es necesaria la asistencia de la empresa Dalux, ya que, acorde a las necesidades del proyecto es otorgada la licencia que permite la correcta y adecuada funcionalidad del software.</p>	<p>EVALUACIÓN DE NECESIDADES</p> <p>a) Identificar los desafíos y problemas actuales en la gestión de proyectos.</p> <p>b) Identificar objetivos a lograr.</p> <p>c) Evaluar los recursos disponibles para su implementación.</p>	<p>INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN</p> <p>a) Comprender cómo funciona Dalux Field y las herramientas necesarias</p> <p>b) Designación del equipo de trabajo capacitado.</p>
	<p>IMPLEMENTACIÓN PILOTO</p> <p>a) Se realizan fases de prueba anexando los primeros datos y planos del proyecto.</p> <p>b) Identificaciones de limitaciones y problemas detectados.</p>	<p>AJUSTES Y RETROALIMENTACIÓN</p> <p>a) Comprender cómo funciona Dalux Field y las herramientas necesarias</p> <p>b) Designación del equipo de trabajo capacitado.</p>
<p>Primeros pasos con Dalux:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un proyecto: especificar cada detalle del mismo. 2. Invitar a miembros del equipo: definido el equipo se configuran los roles y permisos que tendrán dentro del proyecto. 3. Subir documentos y planos: es necesario organizar y etiquetar cada plano y enlazarlo con su 3D correspondiente. 4. Realizar inspecciones y reportes: dar seguimiento continuo. 	<p style="text-align: center;">Recursos Necesarios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordenador, portátil o dispositivo móvil. - Conexión a internet estable - Software Dalux - Licencia Dalux 	

CONSIDERACIONES DEL USO DE DALUX FIELD	<p style="text-align: center;">Establecer normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo (a cuestionar según la necesidad)</p>	<p style="text-align: center;">Subir la cantidad de planos necesaria acorde a la labor a realiza en el proyecto.</p>	<p style="text-align: center;">Mantener actualizada la aplicación para evitar errores y conseguir mejor funcionalidad.</p>
---	--	--	--

Anexo 12. Formulario encuesta para evaluar la aplicación Dalux Field en obra.

Nombre del encuestado: _____

Correo electrónico: _____

Preguntas	Respuestas
¿Conoce o ha escuchado sobre Building Information Modeling (BIM)?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Ha implementado BIM anteriormente en su empresa o en la ejecución de instalaciones de estructuras metálicas?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Invertiría un 10% de los recursos obtenidos de los proyectos para la implementación BIM?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Ha considerado factible el uso de BIM mediante Dalux Field en el proceso de Instalación de Oficinas Carlos Cabrera?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Sin el uso de Dalux Field en el trabajo diario, considera que pueden arreglárselas sin el programa?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿En ocasiones se siente limitado sin el programa? Por ejemplo, en la preparación del trabajo y al resolver problemas.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la comunicación y la eficiencia en su trabajo diario?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Considera que Dalux Field afectó positivamente la calidad del trabajo de instalación?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿La aplicación Dalux Field desde el móvil fue de fácil uso en la implementación en obra?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Cree usted que se puede mejorar aún más la calidad e instalación de proyectos haciendo uso de Dalux Field?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé
¿Implementaría Dalux en otros proyectos utilizando la herramienta de manera visual y para la resolución de problemas?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No lo sé