

DESARROLLO DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE SOLUCIONES MODULARES DE LA EMPRESA
CEMENTOS ARGOS.

Daniela Sanin Vera

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Laura Andrea Vargas Carvajal

Doctora en ciencias de la ingeniería

Codirector

Homer Armando Buelvas Moya

Magister en Evaluación y Gerencia de Proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mis padres, Juan Fernando Sanín y Olga Lucía Vera, cuya inmensa dedicación y amor incondicional me han acompañado en cada paso de este camino. Por estar presentes en cada noche larga, asegurándose de que nunca me faltara nada para continuar, por atender desde el corazón cada tristeza y alegría, y por darme el valor para alcanzar esta meta.

A mi hermana, quien ha sido mi fuente de sabiduría, inspiración y un ejemplo de fuerza inmensa, mostrándome siempre el camino con su inteligencia y determinación.

A mi hermano, la luz de nuestra familia y el motor que me impulsó a seguir adelante, recordándome que siempre somos capaces de cosas inimaginables.

Y a mis amigos Santiago y Natalia, quienes desde el primer día compartieron cada lágrima y cada logro, haciendo que este proceso fuera más llevadero y significativo con su amistad inquebrantable.

Desde mi corazón, este logro también es de ustedes.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron parte de mi formación académica y profesional. A mi tutora, la ingeniera Mónica Montoya, por su pasión, determinación y trabajo incansable en Cementos Argos. Su forma asertiva y dedicada de enseñar fue fundamental en mi formación profesional, inspirándome a seguir creciendo tanto personal como académicamente.

Agradezco a los docentes de la Universidad Industrial de Santander, quienes desempeñaron un papel crucial en mi desarrollo académico. En especial, al docente Aldemar Remolina Millán y al docente Alexis Vega Argüello, por su apoyo incondicional en mi decisión de buscar nuevas oportunidades fuera de la ciudad, alentándome siempre a perseguir mis metas y, al docente Homer Armando Buevas, no solamente por su excelente dirección y compañía durante mis prácticas empresariales, sino también por su compromiso con la formación de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil y su destacada labor durante la pandemia, utilizando herramientas innovadoras para garantizar nuestro aprendizaje, lo convierten en un referente de dedicación y excelencia.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Introducción	15
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo General	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. Marco de referencia	19
3.1 Marco Conceptual	19
3.1.1 Cantidades de Obra	19
3.1.2 Construcción lean:	19
3.1.3 Construcción Modular:	19
3.1.4 Gestión de proyectos:.....	20
3.1.5 Usos BIM:	20
3.2 Marco Teórico.....	20
3.2.1 Ciclo de Vida de un proyecto de Construcción	20
3.2.2 Flujo de coordinación de un proyecto.....	21
3.2.3 Sistema carrusel	22
3.2.4 Elaboración de presupuestos.....	24
3.3 Marco Legal	25
3.3.1 Descripción de la empresa	25
3.3.2 Propósito superior	25
3.3.3 Soluciones Modulares Argos	25
4. Metodología	28

4.1	Capacitación y entendimiento del sistema constructivo	28
4.2	Creación de modelos y extracción de cantidades de obra.....	30
4.3	Gestión documental y elaboración de presupuestos	31
4.4	Gestión de documentación en la plataforma Autodesk® Construction Cloud®	31
5.	Desarrollo de la práctica	32
5.1	Realizar el proceso de estimación de cantidades de obra a partir de modelos 3D para proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.....	32
5.1.1	Lectura de planos y entendimiento de proyectos de construcción mediante información proporcionada por diversas constructoras.....	33
5.1.2	Elaboración de modelos Revit que permitan el incremento del nivel de desarrollo de un elemento estructural (LOD).....	34
5.1.3	Generación y extracción de tablas de cantidades mediante el uso del software Revit de Autodesk	37
5.1.4	Casos de Éxito.....	40
	Andarríos.....	40
	Bodega Grupo Familia.....	41
	Reserva Lunaria	41
5.2	Generar reportes de avance de presupuestos de los proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.	42
5.2.1	Entendimiento de datos obtenidos de la base de datos de entrada de proyectos.	43
5.2.2	Extracción y reducción de datos destacados de la base de datos.....	44
5.2.3	Representación gráfica haciendo uso de Power BI.....	44
5.2.4	Finalización del proceso	45

Página 1: Portada	45
Página 2: Visualización de elementos.....	46
Página 3: Oportunidades y proyectos por zona.....	47
Página 4: Categoría y estado de oportunidades por zona	47
Página 5: Oportunidades por asesor.....	48
Página 6: Cantidad de m2, valor total y cierres comerciales por cliente	49
Página 7: Finalización.....	49
5.3 Proponer un documento de apoyo para el flujo de trabajo y seguimiento de proyectos de construcción con información digital en el ambiente Autodesk® Construction Cloud®.....	50
5.3.1 Desarrollo del documento	50
5.3.2 Entrega del documento de apoyo al seguimiento	52
Introducción	52
Marco teórico	52
Planeación Fase I: Preparación del modelo	53
Planeación Fase I: Elaboración del modelo	53
Planeación Fase I: Tablas de cantidades	53
Planeación Fase I: Uso del cotizador	54
Planeación Fase I: Presentación comercial	54
Planeación Fase I: Cantidades de acero	54
Planeación Fase I: Entregables	55
6. Conclusiones	56
Referencias Bibliográficas	57

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Listado de proyectos trabajados</i>	34
Tabla 2. <i>Tipos de elementos modelados</i>	37

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Planta SMA Cajicá</i>	22
Figura 2. <i>Elementos modulares proyecto Living 23</i>	28
Figura 3. <i>Ensamblaje de elemento modular proyecto Living 23</i>	29
Figura 4. <i>Proceso estimación de Cantidades</i>	32
Figura 5. <i>Propiedades de tipo para una escalera</i>	36
Figura 6. <i>Ejemplo de Tabla de Planificación</i>	38
Figura 7. <i>Ejemplo de Presupuesto de Escaleras</i>	39
Figura 8. <i>Izaje de elementos en Andarrios</i>	40
Figura 9. <i>Placas Bodega Familia</i>	41
Figura 10. <i>Ensamblaje de muros en Reserva Lunaria</i>	42
Figura 11. <i>Ejemplo de indicadores de gestión comercial</i>	45
Figura 12. <i>Portada IGC</i>	46
Figura 13. <i>Elementos ejecutados</i>	46
Figura 14. <i>Proyectos por zona en Colombia</i>	47
Figura 15. <i>Categorías de proyectos</i>	47
Figura 16. <i>Oportunidades por Asesor</i>	48
Figura 17. <i>Cierres comerciales</i>	49
Figura 18. <i>Finalización</i>	49
Figura 19. <i>Documento flujo de trabajo SMA</i>	50

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Documento Guía Para El Seguimiento De Proyectos En Autodesk Construction Cloud*.....Los apéndices están adjuntos

Glosario

Autodesk® Construction Cloud®: Autodesk® Construction Cloud®, también conocida simplemente como ACC, recoge en un Entorno Común de Datos todos los softwares que ofrece Autodesk® para el sector AECO (Espacio BIM, 2024).

BIM: Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D), de mantenimiento (7D), prevención de accidentes (8D), construcción LEAN (9D) e industrialización de la construcción (10D) (Piaseckienè, 2022). Esta metodología abarca las fases de diseño, construcción y operación de las edificaciones.

Flujo de trabajo: Un flujo de trabajo corresponde a un conjunto de actividades, en este caso en desarrollo de proyectos de construcción, que abarca la ejecución coordinada de múltiples tareas desarrolladas por diferentes áreas y todas estas tienen un objetivo común. (Fernandez, 2009)

LEAN: El término lean en inglés traduce textualmente al español la palabra “delgado (Cambridge University, 2025). El término Lean para el contexto de construcción traduce las palabras “sin pérdidas” y con este término surgen otros como “Lean Manufacturing” o “Lean Production” (Que traducen literalmente “Fabricación sin pérdidas” y “Producción sin pérdidas” respectivamente) en 1990 cuando se realiza un estudio al eficiente método de producción de Toyota liderado por el ingeniero Taiichi Ohno (Aceros Arequipa, 2011).

Modular: El termino modular hace referencia a unidades individuales estandarizadas que pueden ser utilizadas para crear elementos mucho más grandes mediante su ensamblaje, estos según su forma y geometría se pueden clasificar en lineales, superficiales o volumétricos, con diferentes grados de aplicación dependiendo el caso. (Andrade, 2015)

Proyecto: Un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un comienzo y un final para el trabajo del proyecto o una fase del trabajo del proyecto. Los proyectos pueden ser independientes o formar parte de un programa o portafolio (Project Management Institute, 2024).

Revit: Revit es un software de computación empleado para modelar formas, estructuras y sistemas en 3D con exactitud paramétrica, precisión y facilidad. Además, es de gran importancia para agilizar la gestión de proyectos con revisiones instantáneas de planos, elevaciones, planificaciones, hojas y visualizaciones 3D. Y permite combinar equipos de proyecto multidisciplinarios para mejorar la eficiencia y la colaboración, y generar un mayor impacto en la oficina o en la obra (Autodesk Inc., 2024).

Reporte: Un reporte es un documento mediante el cual se pretende transmitir o comunicar información detallada (Real Academica Española, 2025). Para este contexto se pretende generar reportes del avance de procesos de construcción.

Sistema Carrusel: Es una planta con una línea de producción rotatoria que permite realizar fundidas en serie en moldes para cada módulo, lo cual disminuye el desperdicio de materiales (Pinzón Canasto, 2023).

Nivel de desarrollo: LOD, por sus siglas en inglés, es un indicador que dice el nivel de desarrollo que en cada caso tiene o se ha de ejecutar en un modelo BIM de cualquier edificación o infraestructura.

NTC: Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) son documentos establecidos por Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), que definen las características que deben cumplir los productos, servicios y procesos en el país. Estas normas tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, asegurar la protección del medio ambiente, y garantizar la seguridad y eficacia de los productos y servicios (Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2024).

Resumen

Título: Procesos de ejecución y seguimiento de proyectos de construcción mediante la gestión técnica y documental para la empresa Cementos Argos.*

Autor: Daniela Sanin Vera**

Palabras Clave: Construcción Modular, Planeación, Presupuestación y Revit.

Descripción: Este trabajo documenta los procesos de ejecución y seguimiento de proyectos constructivos de la división de soluciones modulares en la empresa Argos durante la segunda mitad del año 2024, abordando la estimación de cantidades, medición de presupuestos y seguimiento de obra basados en las actividades de registro de los proyectos y en actividades de modelado 3D, apoyados en herramientas de gestión y en variables de gestión de información BIM (Building Information Modeling – Modelado de la información de Construcción), buscando optimizar procesos y mejorar la colaboración interdisciplinaria en proyectos. BIM emerge como una solución efectiva, permitiendo la gestión eficiente de datos y la reducción de errores mediante el modelado y el uso de un ambiente común de datos o CDE Common Data Environment. El modelado permite la identificación de geometrías y cantidades para los procesos de ejecución y seguimiento de proyectos de la división de soluciones modulares de Cementos Argos, mientras que el uso de un CDE permite la gestión centralizada de información (archivos y datos), disminuyen imprevistos, ofreciendo visualizaciones 3D y fomentando la integración de áreas de conocimiento relacionadas con proyectos de construcción modular en concreto. Los procesos apoyados en softwares de modelado 3D como Revit y AutoCAD, y en la plataforma Autodesk® Construction Cloud® permiten la estimación de cantidades y actualización de presupuestos de forma más eficiente y facilitan del seguimiento de los flujos de trabajo de construcción.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil.
Director: Homer Armando Buelvas Moya. MSc. Ingeniería Estructural.

Abstract

Title: Execution and monitoring processes of construction projects through technical and documentary management for the company Cementos Argos *

Author(s): Daniela Sanin Vera **

Key Words: Modular Construction, Planning, Budgeting and Revit.

Description: This work documents the execution and monitoring processes of construction projects of the modular solutions division at the company Argos during the second half of 2024, addressing the estimation of quantities, measurement of budgets and monitoring of work based on project registration activities and 3D modeling activities, supported by management tools and BIM (Building Information Modeling) information management variables, seeking to optimize processes and improve interdisciplinary collaboration in projects. BIM emerges as an effective solution, allowing efficient data management and error reduction through modeling and the use of a common data environment or CDE Common Data Environment. Modeling allows the identification of geometries and quantities for the execution and monitoring processes of projects of the modular solutions division of Cementos Argos, while the use of a CDE allows the centralized management of information (files and data), reduces unforeseen events, offering 3D visualizations and promoting the integration of areas of knowledge related to modular construction projects. Processes supported by 3D modeling software such as Revit and AutoCAD, and the Autodesk® Construction Cloud® platform, enable more efficient quantity estimating and budget updating and facilitate the monitoring of construction workflows.

* Degree Work

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Homer Armando Buelvas Moya. MSc. Structural Engineering.

1. Introducción

Los problemas en los procesos de seguimiento y control en proyectos de construcción a nivel nacional e internacional han generado retrasos y sobrecostos asociados a situaciones técnicas y administrativas en grandes obras en nuestro país. En Colombia algunas de estas han consumido recursos por más 2.1 billones de pesos (El Colombiano, 2023) esto sumado a la nulidad de uso de nuevas tecnologías genera en los proyectos dificultad para obtener información actualizada y precisa sobre el avance de ejecución, así como la ineficiencia en la identificación y resolución de retrasos, sobrecostos y problemas de calidad. Algunas muestras de esta situación son la construcción de la biblioteca pública de Ariporo (Arias, 2021) un proyecto inconcluso que lleva más de 18 años sin terminarse, y el hospital general del norte (El Colombiano, 2023), proyecto que aún no se ha construido. Proyectos con grandes volúmenes de datos de cantidades en proyectos de construcción presenta desafíos como exceso de tiempo y recursos dedicados a la recopilación y organización de datos.

Los proyectos de construcción requieren entonces la aplicación de técnicas, herramientas y estrategias de ejecución, monitoreo y control que permitan identificar y solucionar posibles problemas de costos, tomar decisiones oportunas, prever el consumo excesivo de tiempos y recursos, y darle visibilidad al proyecto (Saldías Silva, 2010). Herramientas y técnicas de gerencia como las implementadas en la metodología Building Information Modelling BIM permite apoyar la gestión manual de grandes volúmenes de datos de cantidades en proyectos de construcción lo que puede presentar altas probabilidades de disminuir errores e inconsistencias en la información y dificultades para obtener una visión global y actualizada de los datos de cantidades de los proyectos.

En la actualidad softwares como REVIT permite la creación de modelos 3D con sistemas de información de proyectos con un nivel de desarrollo 300 (LOD 300, por sus siglas en ingles), donde se pueden identificar formas, geometrías, cantidades y otros elementos paramétricos que permiten gestionar mejor los procesos constructivos. Modelos constructivos que permiten la gestión de información centralizada y precisa, la disminución de no previstos, la visualización de proyectos tridimensionalmente y la unión áreas de conocimiento mediante la metodología BIM. La importancia de estos modelos recae en la gestión, organización y trazabilidad de un proyecto, que garanticen la transparencia, eficiencia y calidad de este. (Khalil, 2019)

La implementación de estas herramientas y plataformas de gestión de información como Autodesk® Construction Cloud® permiten ejecutar proyectos que tienen como base la modalidad de construcción los modelos de gerencia Lean y aplican metodología BIM favoreciendo la toma de decisiones estratégicas, mejoras en costos y planeación, y mejor calidad del proyecto. Un ejemplo del impacto del uso de estas metodologías son las 300 viviendas construidas aplicando la metodología BIM por Cementos Argos con su sistema de construcción modular en concreto (Yepes, 2023), mostrando como beneficiarios a empresas y entidades como Cementos Argos (equipo interno, gerentes de proyecto, equipo en campo), los clientes y la industria del sector. A partir de este contexto, y con el fin de favorecer la toma de decisiones que mejoran la calidad y el seguimiento de los proyectos de Cementos Argos, se quiere apoyar procesos de ejecución de proyectos de construcción mediante la gestión documental, elaboración de modelos 3D y la gerencia de la plataforma Autodesk® Construction Cloud® para la empresa.

En el presente documento se muestran los resultados de desarrollar actividades de modelado 3D de proyectos de construcción modular utilizando Revit y AutoCAD, y apoyándose en un CDE. Adicionalmente, se llevó a cabo la gestión de presupuestos de proyectos para

Soluciones Modulares Argos, mediante la extracción y análisis de cantidades de obra, y finalmente la citación de un documento de apoyo para proponer el flujo de trabajo del seguimiento de proyectos usando Autodesk® Construction Cloud®.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar los procesos de ejecución y seguimiento de proyectos constructivos de soluciones modulares de la empresa Cementos Argos.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el proceso de estimación de cantidades de obra a partir de modelos 3D para proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.
- Generar reportes de avance de presupuestos de los proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.
- Proponer un documento de apoyo para el flujo de trabajo y seguimiento de proyectos de construcción con información digital en el ambiente Autodesk® Construction Cloud®.

3. Marco de referencia

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 *Cantidades de Obra*

Las cantidades de obra o cubicación, entendida como la acción y efecto de cubicar, corresponden a la acción de medir el volumen de un cuerpo, en este caso para elementos de una construcción civil, la extracción de cantidades de obra es una parte fundamental de la planeación cronológica, financiera y de recursos para proyectos (Hurtado, 2023). La precisión en su cuantificación optimiza los costos al planificar materiales y ejecución, facilita la logística de transporte e izaje, sirve de base para el control del proyecto y la coordinación entre equipos, y minimiza desperdicios. En SMA la producción es en sistema carrusel para elementos en masa, la exactitud en las cantidades de obra impacta directamente en la eficiencia y economía del proyecto.

3.1.2 *Construcción lean:*

La construcción lean es un proceso de entrega de proyectos que utiliza métodos Lean (reducir la inversión, el tiempo y el esfuerzo.) para maximizar el valor de las partes interesadas y al mismo tiempo reducir el desperdicio al enfatizar la colaboración entre los equipos en un proyecto. El objetivo de la construcción Lean es eliminar y/o minimizar las pérdidas en los recursos que son utilizados para la construcción de un proyecto para generar un máximo valor. (Aceros Arequipa, 2011)

3.1.3 *Construcción Modular:*

La construcción modular es una técnica de basada en el ensamblaje de preconstruídos en una planta antes de ser transportados al sitio de construcción final. Estos módulos se diseñan con conexiones internas y dispositivos de izaje para encajar y formar parte de un edificio más grande. La construcción modular tiene como beneficios mejorar la eficiencia, incrementar la calidad del

producto final, mejores en la escalabilidad de un proyecto, reducción de desperdicios e implementación de sostenibilidad. (Cementos Argos SAS. Soluciones Modulares Argos, 2024)

3.1.4 Gestión de proyectos:

Gestión de proyectos es un enfoque metódico para planificar, organizar, direccionar, controlar y verificar la calidad del desarrollo de los proyectos, puede aplicarse a todo tipo de proyectos, y busca alcanzar un objetivo en concreto, utilizando los recursos necesarios en un plazo de tiempo determinado. La gestión de proyectos permite definir: las fases, presupuesto, alcance, duración y objetivo de los proyectos. (Terrazas, 2009)

3.1.5 Usos BIM:

Los Usos BIM son enfoques concretos para implementar BIM en cada etapa de un proyecto de construcción. Facilitan la definición de tareas, responsabilidades y entregables necesarios para cumplir con metas específicas, abarcando todo el proceso, desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento (Terrazas, 2009).

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Ciclo de Vida de un proyecto de Construcción

Fase I de prefactibilidad: En esta fase, se adapta el diseño arquitectónico proporcionado por el cliente a un formato modular. Además, se validan dimensiones y pesos para asegurar la viabilidad del sistema en la etapa constructiva. A partir de este proceso, se calculan las cantidades necesarias y se elabora un presupuesto inicial no vinculante para la gestión en obra. Finalmente, se busca la aprobación del cliente para avanzar a la Fase II.

Fase II de factibilidad: En la fase de factibilidad del proyecto, se desarrolla el diseño estructural definitivo de los elementos prefabricados, que tiene en cuenta el montaje de redes, así

como la planificación detallada del montaje, considerando los equipos de izaje y la mano de obra requerida. Durante esta etapa, se elabora un cronograma y se formula un presupuesto más ajustado que permite evaluar la viabilidad financiera del proyecto. Al concluir, se busca la aprobación del cliente para avanzar a la Fase III.

Fase III de ejecución: En esta fase final, se preparan los planos de taller y se inicia la producción de los elementos prefabricados. Con esta información, se establece el plan maestro de producción para garantizar una fabricación eficiente de los componentes. Finalmente, se realiza el transporte a obra, se instalan los equipos de izaje y se culmina con el ensamblaje del sistema modular en concreto.

3.2.2 Flujo de coordinación de un proyecto

A partir de las fases anteriormente mencionadas y como metodología de trabajo en SMA se determinó una secuencia organizada de las actividades que contribuyen y se ejecutan en la coordinación de un proyecto, de esta manera se estandariza el proceso de realización del mismo y garantiza que el proyecto se ejecute de una forma acertada siempre y cuando haya un buen cumplimiento de sus pasos. El flujo determinado se muestra a continuación:

1. Diseño Arquitectónico
2. Modelación LOD 200
3. Diseño estructural radicación curaduría
4. Coordinación Arquitectónica Estructural
5. Kick Off de coordinación
6. Diseño Estructural Definitivo
7. Modelación LOD 350 todas las disciplinas
8. Coordinación modelo con todas las especialidades

9. Revisión y ajuste incidencias en modelo

10. Aprobación modelo

11. Modelo LOD 400

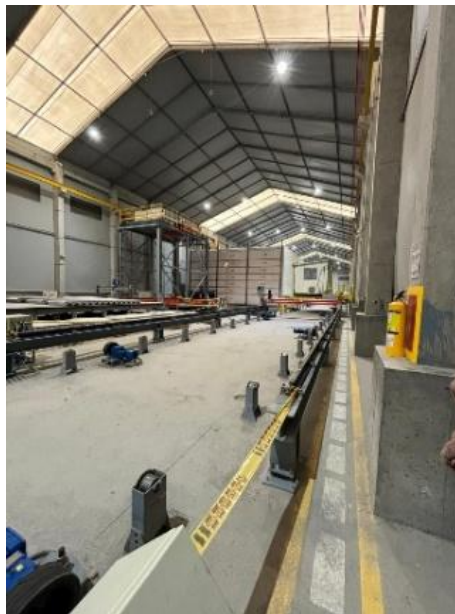
12. Planos de taller y Producción

3.2.3 *Sistema carrusel*

La planta de producción de SMA, ubicada en Cajicá, Cundinamarca, cuenta con un sistema carrusel, similar a una línea de ensamblaje automatizada. Este sistema utiliza mesas de trabajo que circulan por diferentes estaciones, lo que optimiza la productividad para altos volúmenes, mejora la precisión, reduce el desperdicio y asegura mejores estándares de calidad en el producto final. (Cementos Argos, 2023)

Figura 1

Planta SMA Cajicá



Nota. La imagen mostrada permite observar la planta de Soluciones Modulares Argos ubicada en Cajicá, desde su interior. Se observa igualmente el sistema carrusel.

Algunas de las estaciones que hacen parte del sistema de ensamblaje son:

- Estación de limpieza, impresión y ploteo: En esta estación se limpia la mesa antes de armar el siguiente elemento, eliminando residuos que se depositan en una tolva de almacenamiento. Luego, se trazan en la mesa las figuras del elemento a prefabricar, garantizando así la precisión en la geometría y la correcta colocación de los encofrados.
- Estación de armado de refuerzos y piezas embebidas: Aquí se procede a colocar el acero de refuerzo conforme a las especificaciones de los planos, además de incluir mallas, dovelas, ganchos y redes necesarias para el armado.
- Estación de transferencia: Su función es trasladar las mesas de una línea de producción a otra de manera transversal, evitando cuellos de botella en las estaciones y manteniendo un flujo continuo en el proceso productivo.
- Estación de colocación, distribución y vibrado del concreto: En esta etapa, el concreto se distribuye uniformemente en los moldes previamente encofrados, y se realiza el vibrado necesario para garantizar una adecuada compactación y nivelación del material.
- Estación de acabado superficial primario: Se utiliza un equipo especializado para nivelar la superficie de los elementos, asegurando la precisión de los espesores y logrando un acabado uniforme.
- Estación de acabado final: Aquí se lleva a cabo el acabado superficial definitivo con un helicóptero, garantizando la nivelación, el alineado, la rugosidad y el acabado final de los elementos.
- Estación de curado: En esta etapa, los elementos se fraguan y se curan apilándolos en cámaras tipo rack con 42 posiciones que concentran el calor, lo que garantiza la resistencia adecuada según los ciclos de curado establecidos.

- Estación de desmolde y volteo: En esta estación, se retira la formaleta de los elementos. El sistema de volteo permite inclinar las mesas de manera controlada y segura, evitando complicaciones en el proceso de izaje posterior.
- Estación de almacenamiento: Finalmente, los elementos terminados se almacenan en un patio; los muros se colocan verticalmente en racks, mientras que las losas se apilan horizontalmente.

3.2.4 Elaboración de presupuestos

La elaboración de un presupuesto para elementos prefabricados en construcción modular implica la cuantificación precisa de cada elemento y sus componentes (concreto, acero, ganchos de izaje, aligeramiento, conexiones, etc.), considerando los costos de fabricación en planta (mano de obra, costos fijos, planos, etc.), transporte al sitio de construcción (distancia, tipo de transporte), y montaje (grúas, personal especializado). En algunos casos se incluyen también los costos de diseño de los elementos e ingeniería cuando estos no son proporcionados directamente por el diseñador estructural de la constructora. A partir de un análisis que incluya todos los factores anteriores se busca optimizar la producción en serie para realizar una producción masiva y así reducir costos, teniendo en cuenta la diferenciación que tiene cada elemento, las posibles adecuaciones en obra y otros no previstos que puedan impactar el presupuesto final.

3.3 Marco Legal

3.3.1 Descripción de la empresa

Cementos Argos, es una empresa que lleva 90 años en la producción y comercialización de cemento, concreto y agregados, en donde sus pilares se han centrado en la sostenibilidad, la innovación, el cuidado del medio ambiente y el compromiso con la creación de valor para la compañía y la sociedad. (Cementos Argos SAS, 2024). Argos ha consolidado su presencia en dieciséis mercados de economías emergentes y desarrolladas. Actualmente, es el principal productor de cemento y concreto en Colombia, y un referente en el Caribe y Centroamérica. A lo largo de su trayectoria, ha contribuido al desarrollo económico del país, fortaleciendo la conexión entre regiones, generando confianza en inversionistas y estableciendo relaciones sólidas con las comunidades donde opera. Además, ha alcanzado el quinto lugar en producción de cemento en América Latina, destacando en países como República Dominicana, Haití, Honduras, Panamá, Surinam y Puerto Rico.

3.3.2 Propósito superior

La empresa define su propósito superior como “Hacemos posible la construcción de sueños de vivienda e infraestructura que habilitan una sociedad más sostenible, próspera e inclusiva” (Cementos Argos SAS, 2024).

3.3.3 Soluciones Modulares Argos

Soluciones Modulares Argos (SMA) es un intra emprendimiento de Cementos Argos creado en el año 2023 que tiene como finalidad transformar la construcción tradicional mediante la innovación con elementos prefabricados en la industria de la construcción, todo esto alineado con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. (Soluciones Modulares Argos, 2024). Así, SMA se convierte en la nueva apuesta disruptiva en tecnología de sistemas de construcción, que

deja atrás los métodos tradicionales y revoluciona el uso del concreto. Este innovador sistema ofrece ventajas significativas en términos de rendimiento, eficiencia y rentabilidad. Los elementos realizados con este enfoque se caracterizan por:

- Larga vida útil y bajo mantenimiento en sus superficies.
- Mitigación del efecto de isla de calor gracias a su alta reflectividad.
- Reducción de ruido y menor uso de maquinaria en obra.
- Disminución de desperdicios y generación de residuos sólidos.
- Uso eficiente de materiales.
- Menor polución del aire y agua en su proceso productivo.

Entre los productos que forman parte del portafolio se incluyen soluciones especializadas para construcción de vivienda tales como escaleras, losas, cubiertas y muros. Así como soluciones especializadas para infraestructura e industria entre las cuales destacamos lasa dovelas, losas, escaleras, puentes, vigas y columnas. O incluso soluciones hechas a la medida abarcando todo el campo de estructuras arquitectónicas y fachadas.

Las construcciones modulares se destacan por los siguientes factores (Soluciones Modulares Argos, 2024a).

- 50% menos de tiempo de construcción
- Control de calidad total
- Proyectos más sostenibles
- Mayor facilidad de contratación y administración
- Versatilidad arquitectónica

- Menores costos financieros por inventario
- Proyectos más rentables
- Mayor seguridad en los procesos
- Incrementar la productividad de la mano de obra

4. Metodología

Se establece una metodología para el desarrollo de las prácticas empresariales que permita llevar a cabo una correcta curva de aprendizaje y la correcta realización de los objetivos propuestos.

4.1 Capacitación y entendimiento del sistema constructivo

Inicialmente, el área de planeación proporciona una capacitación introductoria sobre la metodología de trabajo y los formatos Excel empleados para la elaboración de presupuestos. Paralelamente, el área de desarrollo BIM capacita sobre el uso del software Revit y Autodesk Construction Cloud, plataforma utilizada para la gestión y seguimiento de las actividades de cada proyecto. Complementando esta formación, se realiza una familiarización con los proyectos de soluciones modulares a través de visitas a obra, permitiendo un reconocimiento práctico y el entendimiento general del flujo de trabajo en Soluciones Modulares Argos de tal forma que se permita identificar los conocimientos necesarios y las falencias para la correcta realización del trabajo.

Figura 2

Elementos modulares proyecto Living 23



Nota. En la **Figura 2** se muestra la llegada al sitio de la obra de elementos arquitectónicos cilíndricos para el proyecto hotelero Living 23. En esta imagen se puede apreciar el embalaje de los elementos, realizado con un rack fabricado por SMA, así como la disposición de estos dentro del mismo.

Figura 3

Ensamblaje de elemento modular proyecto Living 23



Nota. En la **Figura 3** se muestra un momento del proceso de ensamblaje, en el que el elemento fue colocado satisfactoriamente y se procedió al corte de los ganchos superiores de izaje. Posteriormente, se realizaron los anclajes en seco del elemento.

4.2 Creación de modelos y extracción de cantidades de obra

Como parte de la metodología para la planeación de los proyectos se lleva a cabo la creación de modelos y extracción de cantidades de obra mediante el análisis de planos AutoCAD y la modelación en el software Revit, en donde la finalidad es el correcto análisis de modelos 3D.

Esta etapa se plantea como labor inicial y buscar realizar:

- La recopilación y revisión de planos
- Análisis de la información proporcionada
- Extracción de datos relevantes
- Creación y configuración del proyecto en Revit.

A partir de esto realizar el modelado de los elementos relevantes del proyecto, verificando y validando el modelo para finalmente documentarlo. Es de gran importancia la colaboración de la gestión de la información y la comunicación efectiva para el proyecto de proyecto en BIM.

- La preparación del modelo 3D
- La definición de categorías y parámetros
- La configuración de fórmulas de cálculo
- La generación de hojas de cálculo de cantidades y la validación y revisión de las cantidades. Todo esto mediante la implementación del software REVIT de Autodesk® con licencia propia en ARGOS, que permite trabajar en colaboración, actualizar el modelo 3D, utilizar herramientas de automatización y comunicar efectivamente los resultados.

4.3 Gestión documental y elaboración de presupuestos

Con la finalidad de brindar apoyo técnico a la gestión documental, gestión de presupuestos y teniendo como referencia las cantidades de obra extraídas, se desarrolla un flujo de trabajo dividido en las siguientes etapas:

- La obtención y análisis de información
- Realización de informes documentales
- Definición de una estructura de presupuesto
- Cálculo de costos unitarios y/o de recursos
- Generación del presupuesto total
- Realización de informe de costos.

4.4 Gestión de documentación en la plataforma Autodesk® Construction Cloud®

La gestión de documentación en Autodesk® Construction Cloud® implica definir una estrategia en la cual se contemplen las siguientes actividades:

- Crear y clasificar documentos
- Almacenarlos de forma centralizada
- Integrar documentos en Autodesk® Construction Cloud®
- Generar una propuesta de manual de uso de la plataforma Autodesk® Construction

Cloud® La adopción de esta metodología permite una gestión eficiente de la documentación, fundamental para el éxito de los proyectos de construcción.

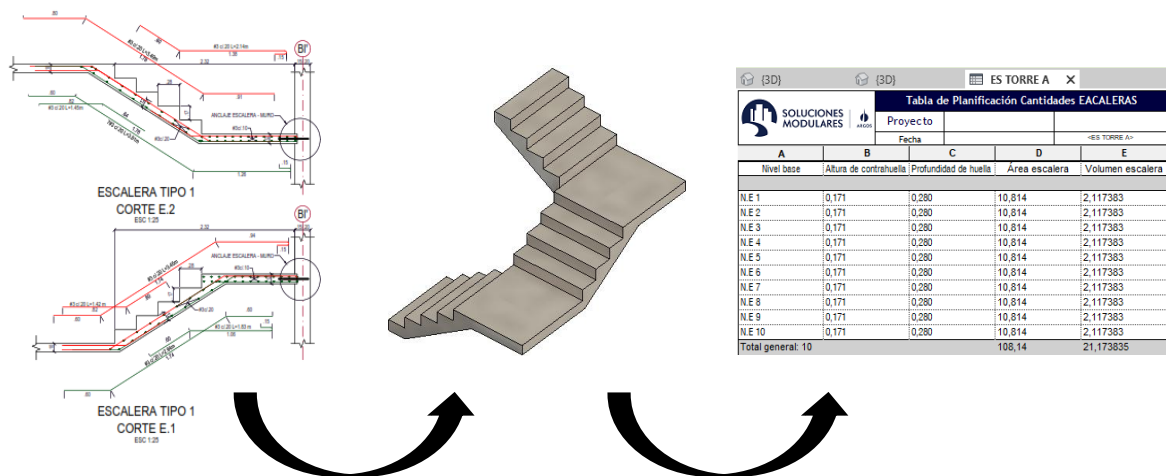
5. Desarrollo de la práctica

5.1 Realizar el proceso de estimación de cantidades de obra a partir de modelos 3D para proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.

Para el desarrollo del primer objetivo específico y en el periodo de práctica empresarial se recibió al menos 65 proyectos de constructoras que tienen como propósito implementar elementos de Soluciones Modulares Argos en sus obras. Para la recepción de los proyectos desde el departamento de planeación se llevó a cabo diferentes actividades entre las cuales se encuentra la lectura de los planos proporcionados junto con la modelación, extracción de cantidades y presupuestación de elementos prefabricados tales como cuchillas, escaleras, losas, antepechos, muros e incluso proyectos llave en mano o de tipo Bodega.

Figura 4

Proceso estimación de Cantidades



Nota. En la **Figura 4** se ilustra el proceso de estimación de cantidades de obra, que comienza con la revisión de la información estructural del elemento. Posteriormente, se lleva a cabo su modelación en el software Revit, finalizando con la extracción de las cantidades utilizando las herramientas de este.

El uso BIM de este proceso corresponde al uso de estimación de cantidades y costos mediante el cual se utiliza un modelo BIM para cuantificar los elementos del modelo y se extrae información de este, esto facilita la estructuración y la gestión del presupuesto

Para estas actividades ha sido de vital importancia el manejo y entendimiento del software Revit, ya que para ciertos proyectos facilita y agiliza de forma considerable la extracción de cantidades, la cual es vital para llevar a cabo el presupuesto inicial. A su vez, el desarrollo de este objetivo se puede dividir en 3 principales actividades que se describirán a continuación.

5.1.1 Lectura de planos y entendimiento de proyectos de construcción mediante información proporcionada por diversas constructoras.

Una vez recibida la información base y en algunas ocasiones mediante la participación en reuniones de socialización, se llevó a cabo la revisión completa de planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones proporcionados por las constructoras o clientes involucrados. Este análisis permitió comprender el alcance de los diferentes proyectos, las especificaciones técnicas y la integración potencial en obra de los elementos prefabricados de Soluciones Modulares Argos. Se consideraron proyectos de diversa índole, desde la incorporación de elementos específicos como cuchillas, escaleras, losas y antepechos, hasta proyectos llave en mano o de tipo Bodega, lo cual implicó un entendimiento profundo de las necesidades particulares de cada caso.

5.1.2 *Elaboración de modelos Revit que permitan el incremento del nivel de desarrollo de un elemento estructural (LOD).*

Seguido del entendimiento del proyecto se realizó la creación de modelos 3D en Revit para representar los elementos prefabricados a incorporar en cada proyecto, no solamente para llevar a cabo la presupuestación sino para una posible presentación comercial del producto. Se puso especial énfasis en el incremento del Nivel de Desarrollo (LOD) de los elementos estructurales modelados. Un mayor LOD implicó un modelado más detallado, incluyendo información geométrica precisa, conexiones, detalles de fabricación y otros atributos relevantes. Este nivel de detalle fue crucial para la posterior extracción precisa de cantidades e incluso la posible utilización de base para planos de taller. La utilización de Revit demostró ser fundamental para agilizar este proceso, especialmente en proyectos complejos o de elementos altamente variables. Los proyectos base son los mostrados en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Listado de proyectos trabajados

Proyecto	Ciudad	Tipo	Modelo
MURO TIPO ESCAMA	Bogotá	Especializado	NA
PRADERAS DE OVIEDO	Málaga	Llave en mano	SMA
ROSALES	Cajicá	Escaleras	Cliente
JAGGUA	Primavera	Antepechos	SMA
MADERO LOS ROBLES	Bogotá	Llave en mano	Cliente
MAPLE	Dosquebradas	Antepechos, Cuchillas y Escaleras	Cliente
NUEVA ESPERANZA	Ubaté	Llave en mano	SMA
BOSQUES DE CUBA	Pereira	Llave en mano	SMA
WELL	Bogotá	Muros y Escaleras	SMA
ARAGUA	Caldas	Muros	SMA
INDIGO	Itagüí	Muros y Escaleras	SMA
ENTREBOSQUES	Bello	Escaleras	SMA
LA HEREDIA	La Ceja	Muros	SMA

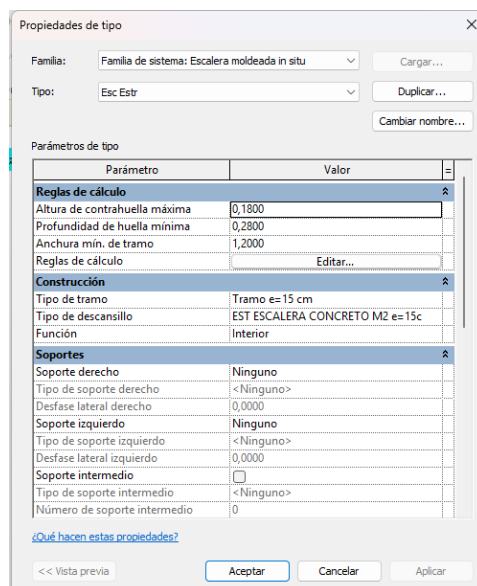
VISSANI	Bogotá	Muros y Escaleras	SMA
PALO VERDE	Cajicá	Escaleras	Cliente
SAUCES II MOCOA	Mocoa	Llave en mano	SMA
CIUDADELA MADEROS ETAPA 3	Apartadó	Llave en mano	SMA
ARENA PRIMAVERA	Sabaneta	Graderías	Cliente
MINISTERIOS	Bogotá	Muros Cóncavos	Cliente
CENTRIKO	Bogotá	Escaleras	SMA
PACIFIKA	Mosquera	Escaleras	SMA
CHIPICHAPE	Cali	Cuchillas y escaleras	SMA
ALTAVISTA	Cali	Cuchillas y escaleras	SMA
BODEGA INDUSTRIAL	NA	Placa contrapiso	NA
SAN MATEO	Zipaquirá	Antepechos, Muros y Escaleras	SMA
SANTA HELENA	Puerto López	Llave en mano	SMA
EL AGUACATAL	Buenaventura	Llave en mano	SMA
LOS HEROES	Bogotá	Muros de fachada	SMA
MORPH GRANADA	Cali	Losa	SMA
EL POLO	Bogotá	Escaleras	Cliente
KUO	Sabaneta	Antepechos y muros aticos	Cliente
HACIENDA EL BOSQUE	Bogotá	Escaleras	SMA
TAKAI	Bogotá	Muros no estructurales	SMA
AREIA	Cali	Escaleras	SMA
FAUNA	Medellín	Antepechos, Muros y Escaleras	SMA
SELVA	Medellín	Antepechos Parquedero	NA
PRADERA VIVA	Dosquebradas	Muros T	Cliente
CAVANNA	Pereira	Llave en mano	Cliente
MOSAIKO	Pereira	Losas y Muros	SMA
LA RESISTENCIA	Cartagena	Llave en mano	SMA
DOSEL DEL BOSQUE	Girardot	Losas y Muros	SMA
SOLARE	Zipaquirá	Escaleras	SMA
PARIS CIUDAD	Sabaneta	Muros aligerados	Cliente
EL TIEMPO FONTIBON	Fontibon	Bodega	SMA
MACARENA	Bogotá	Muros aligerados	SMA
VITA	Tocancipa	Escaleras	Cliente
JADE	Soacha	Escaleras	Cliente
HACIENDA EL BOSQUE	Bogotá	Cuchillas	Cliente
BODEGA 46	Rionegro	Bodega	SMA
NATE	Rionegro	Antepechos de Parquedero	NA
SERRANIA CAMPESTRE	Sabaneta	Muros	NA
MATEGUADUA	Apartadó	Llave en mano	SMA
SANTANA 11S	Bogotá	Losas y escaleras	Cliente

AIRE	Medellín	Muros semicirculares	Cliente
Terrazas del rio, Linz y Grass	Envigado	Muros Aligerados, Parapetos, Antepechos y Escaleras	SMA
LA RESISTENCIA ARQ	Cartagena	Columnas, Vigas y Especializados	SMA
Ductos Ménsula	Medellín	Especializado	SMA
Reserva del sopó	NA	Llave en mano	NA
Jaya	El retiro	Llave en mano	Cliente
Tierra Grata Country	Medellín	Apto modelo	SMA
TYBA	Chía	Escaleras	Cliente
Salinas	Zipaquirá	Cuchillas	SMA
Distrito Vera	Medellín	Muros aligerados, muros de fachada y antepechos de balcón	Cliente
Ciprés	Chía	Llave en mano	Cliente
Reserva central	Bogotá	Antepechos y Muros aligerados	Cliente

Nota. Esta tabla presenta los proyectos trabajados mediante el análisis con el modelo Revit. En la última columna se especifica si el modelo es propio del equipo o no. Las casillas marcadas con "NA" indican que dichos proyectos no fueron culminados o no se disponía de información específica para su inclusión. Esta tabla solo relaciona la prefactibilidad de inclusión de elementos, más no la ejecución de los mismos.

Figura 5

Propiedades de tipo para una escalera



Nota. En la **Figura 5** se muestra como un elemento sencillo como una escalera que fue modelada en Revit puede ser un elemento con mayor nivel de desarrollo, pues se integra tanto el modelado geométrico como información asociada a este elemento, esto mediante los parámetros determinados por Revit como para parámetros que pueden ser creados con un fin en específico, esta metodología permite también gestionar la complejidad del modelo a medida del avance del proyecto. En la tabla 2 se pueden detallar los elementos modelados más usados.

Tabla 2

Tipos de elementos modelados en Revit

Elemento modelado	Cantidad
Escaleras	22
Muros	21
Llave en mano	14
Antepechos	10
Cuchillas	5
Losas	5
Especializado	4
Bodega	2
Graderías	1
Total	84

Nota. Esta tabla presenta el recuento de los elementos analizados y estructurados en Revit. La cantidad total de proyectos es 65, sin embargo, cada proyecto tiene uno o más elementos analizados.

5.1.3 Generación y extracción de tablas de cantidades mediante el uso del software Revit de Autodesk

Por último y una vez completados los modelos 3D con el LOD adecuado, se utilizaron las funciones de Revit para generar y extraer tablas de cantidades. Estas tablas automatizadas y

guardadas como plantillas proporcionaron información precisa sobre las cantidades de materiales, áreas, volúmenes y otros parámetros relevantes para la presupuestación. La automatización de este proceso en Revit representó una mejora significativa en la eficiencia y la precisión en comparación con métodos manuales. Para la creación de tablas de cantidades para elementos como escaleras se utiliza como filtro los parámetros de: Nivel de base, Altura de contrahuella, Profundidad de huella, Área de escalera y Volumen de escalera, debido a que cada uno de estos parámetros permite identificar la composición del elemento y por ende llevar a cabo la planeación de la fabricación de este.

Figura 6. Ejemplo de Tabla de Planificación

Ejemplo de Tabla de Planificación

SOLUCIONES MODULARES		Tabla de Planificación Cantidades ESCALERAS		
ARGOS		Proyecto		
		Fecha		<ES TORRE A>
A	B	C	D	E
Nivel base	Altura de contrahuella	Profundidad de huella	Área escalera	Volumen escalera
N.E 1	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 2	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 3	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 4	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 5	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 6	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 7	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 8	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 9	0,171	0,280	10,814	2,117383
N.E 10	0,171	0,280	10,814	2,117383
Total general: 10			108,14	21,173835

Nota. En la **Figura 6** se muestra una tabla de cantidades de una torre de 10 pisos con 10 escaleras completas y para cada una de estas, se observa información como Altura de contrahuella, Profundidad de huella, Área de escalera y Volumen de escalera.

Como consecuencia de esta actividad se llevó a cabo la presupuestación basada en cantidades de obra encontrando como resultados y beneficios la agilización del proceso de cotización pues se incrementó la cantidad de proyectos cotizados semanalmente, lo que impacto directamente en el impulso a Soluciones Modulares Argos pues se llevó a cabo la promoción e implementación de los elementos prefabricados en el mercado de la construcción en Colombia

Figura 7

Ejemplo de Presupuesto de Escaleras

PRESUPUESTO ESCALERAS									
Material	Unidad	Cantidad	Cantidad con Desperdicio	Costo Unitario (\$)	Utilidad (%)	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)	Precio total (\$)	Utilidad (\$)
							#####	#####	#####
SUMINISTRO MATERIALES							#####	#####	#####
	m3	63	65	#####	5%	#####	#####	#####	#####
	Saco	3	6	#####	20%	#####	#####	#####	#####
	kg	6,620	6,819	#####	0%	#####	#####	#####	\$ -
	kg	111	128	#####	0%	#####	#####	#####	\$ -
	Und	1,136	1,170	#####	0%	#####	#####	#####	\$ -
	m2	323	333	#####	0%	#####	#####	#####	\$ -
	m2	323	333	#####	0%	#####	#####	#####	\$ -
	m2	323	323	#####	60%	#####	#####	#####	#####
	m2	323	323	#####	60%	#####	#####	#####	#####
	m2	323	323	#####	60%	#####	#####	#####	#####
	Und	1	1	#####	10%	#####	#####	#####	#####
	und	1	1	#####	10%	#####	#####	#####	#####
	GL	1	1	#####	10%	#####	#####	#####	#####
Total antes de IVA							#####	#####	#####
IVA							#####	#####	
Total con IVA 19%							#####	#####	

Nota. En la **Figura 7** se presenta una fracción de un ejemplo de presupuesto para la elaboración de un determinado número de escaleras en construcción modular, para ello se contemplan las actividades que conforman su fabricación como “Material” y seguido de este se completan las columnas de: Unidad, Cantidad, Cantidad con desperdicio, Costo Unitario, Utilidad en porcentaje, Precio unitario, Costo total, Precio total y Utilidad en pesos.

5.1.4 Casos de Éxito

Mediante la metodología mencionada anteriormente SMA ha logrado ejecutar varios proyectos exitosos, que poco a poco le han permitido posicionarse en el mercado de la construcción modular, algunos de los más destacados se mencionan a continuación.

Andarríos

Andarríos es una construcción de vivienda ubicada en Tocancipá, que hace parte del macroproyecto Ciudadela Foresta y fue de las primeras construcciones ejecutadas por SMA en conjunto con Constructora Prodesa.

Figura 8

Izaje de elementos en Andarrios



Nota. En la **Figura 8** se puede observar el proceso de izaje para el posterior ensamblaje de elementos para el proyecto de Andarríos, el cual cuenta con un área total de 40.074 metros cuadrados entre muros, losas, escaleras y vigas.

Bodega Grupo Familia

La Bodega del Grupo Familia fue un proyecto ubicado en Rionegro en el cual se produjeron 1.266 losas en un tiempo récord de 3 meses, para un total de 2.400 metros cuadrados de elementos especializados en construcción modular.

Figura 9

Placas Bodega Familia



Nota. En la **Figura 9** es posible apreciar los elementos ya ubicados, estos corresponden a unas losas de espesores de 2.8 cm y peso de 90 kg/m² en concreto de alta resistencia.

Reserva Lunaria

Reserva Lunaria es un proyecto de vivienda ubicado en Chía, que fue realizado en conjunto con la Constructora Bolívar para el cual se fabricaron y ensamblaron un total de 8.900 metros cuadrados de elementos como losas, muros, escaleras y cuchillas.

Figura 10

Ensamblaje de muros en Reserva Lunaria



Nota. La **Figura 10** muestra uno de los muros de uno de los tres edificios construidos en SMA, adicionalmente, es posible observar el izaje del elemento y la cuadrilla de trabajo lista para hacer el ensamblaje.

5.2 Generar reportes de avance de presupuestos de los proyectos de construcción de la empresa Cementos Argos.

Soluciones Modulares Argos utiliza una base de datos centralizada que contiene información clave de los proyectos y que es una herramienta de gran utilidad para el área de planeación pues permite mantener un orden y una trazabilidad de los proyectos, entre la información que se puede encontrar en esta hoja encontramos número de proyectos activos, fechas de ingreso y estado, entre otros, a este documento se le denominó indicadores de gestión comercial.

Esta base de datos contiene un listado de proyectos y contiene: Cliente, Nombre del proyecto, Categoría, Tipo de Producto, Estado, Zona, Ciudad, Asesor Fecha de entrada, Cantidad de m², Precio de prefabricación, Precio de Suministro, Precio total de suministro, Precio de construcción, Precio total y Valor Total, esto permite realizar análisis estadísticos básicos para evaluar el crecimiento del negocio, identificando oportunidades por zona del país, caracterizando los elementos cotizados, registrando los asesores comerciales involucrados y calculando los metros cuadrados construidos por cliente. El objetivo principal es extraer la información relevante de esta base de datos y representarla gráficamente con el software Power BI para obtener una visibilidad del negocio en el área de planeación, identificar los elementos de mayor impacto y las herramientas que deben mejorar con base a esto.

5.2.1 Entendimiento de datos obtenidos de la base de datos de entrada de proyectos.

El entendimiento de los datos obtenidos es considerado la etapa inicial, la cual se centra en la comprensión completa de la estructura y el contenido de esta. A partir de esto es posible identificar una ruta de acción que inicia con la identificación de las variables, en este caso son:

- Cliente
- Proyecto
- Categoría
- Tipo de Producto
- Estado
- Zona
- Ciudad
- Asesor
- Fecha de entrada

- Cantidad (m2)
- Precio Prefabricación / m2
- Precio Total / m2
- Precio Total suministro
- Precio Total Construcción
- Precio Total Transporte
- Valor Total

5.2.2 Extracción y reducción de datos destacados de la base de datos.

Seguido de la comprensión de las variables se definió la estrategia para la extracción y procesamiento de los datos, asegurándose que los datos procesados por la herramienta estén correctos y sean los necesarios para la definición de las métricas clave para medir el crecimiento del negocio, como el número de proyectos por zona, el valor total de las cotizaciones, los metros cuadrados construidos, el tiempo promedio de cierre de un proyecto, entre otras.

Esto quiere decir que la labor principal fue seleccionar las variables más destacadas en la etapa anterior y filtrar los datos según los criterios de análisis.

5.2.3 Representación gráfica haciendo uso de Power BI.

Por último, en la etapa final se llevó a cabo la creación de visualizaciones interactivas en Power BI para comunicar los resultados del análisis de manera efectiva. Para esto se diseñó una presentación que mostró la información de manera clara, concisa y atractiva. Para la ejecución del mismo se utilizaron diferentes tipos de gráficos, entre esos gráficos de barras, líneas, circulares e incluso mapas para visualizar las variables clave y las relaciones entre las variables.

La ventaja de la visualización de variables interactivas, aprovechando las capacidades del software Power BI para crearlas es que permitan a los usuarios explorar los datos en detalle, filtrar

la información por diferentes criterios y obtener información específica sobre cada proyecto, de tal forma que la presentación de cada informe permita tener muchos más datos de los que son normalmente visibles en otro tipo de presentación.

Figura 11

Ejemplo de indicadores de gestión comercial



Nota. Como se observa en la **Figura 11**, la herramienta Power BI permite una apreciación de los datos de forma gráfica, facilitando la lectura y el análisis de estos, la figura corresponde a una muestra de ejemplo de una de las páginas del documento.

5.2.4 Finalización del proceso

La estructuración se dividió en la repetición (Con actualizaciones semanales de los proyectos) de un archivo de 7 páginas que se estructuró de la siguiente manera:

Página 1: Portada

Para la primera página se contempla una diapositiva introductoria, que muestre el nombre del documento que se presenta a continuación y la fecha de elaboración de este.

Figura 12

Portada IGC



Nota. Como se observa en la **Figura 12** de esta manera se vería un documento ejecutado el día 4 de agosto y con datos actualizados de esta misma fecha.

Página 2: Visualización de elementos

Para la segunda página se establecen unas estadísticas de los principales elementos presupuestados, ingresando solo su cantidad semanal en unidades de área.

Figura 13

Elementos ejecutados



Nota. En la **Figura 13** se visualiza un ejemplo de la misma en donde las cantidades correspondientes a la semana se ingresarían con la herramienta de Power BI y de forma automática las cuantías requeridas.

Página 3: Oportunidades y proyectos por zona

Como parte de la tercera página se presentan las oportunidades y los proyectos que ingresaron por cada zona del país.

Figura 14

Proyectos por zona en Colombia



Nota. En la **Figura 14** se observa a mano izquierda un diagrama para las oportunidades por zona y a mano derecha un diagrama y tabla para el recuento de los proyectos por zona de forma total.

Página 4: Categoría y estado de oportunidades por zona

Para la página 4 del documento se establecieron los estados de los proyectos por zona, para determinar el momento en el flujo de trabajo en el cual estos mismos se encontraban.

Figura 15

Categorías de proyectos



Nota. En la **Figura 15** se visualiza en su parte superior el recuento de áreas y en la parte inferior por número.

Página 5: Oportunidades por asesor

Dado a que cada proyecto tiene un acompañamiento por un asesor comercial, se convierte en una cifra importante el conocimiento del número de proyectos manejado por cada asesor, para ello se constituye la pagina 5.

Figura 16

Oportunidades por Asesor



Nota. En la **Figura 16** se observa la distinción de número de proyecto para cada asesor y el estado en el que se encuentran los mismos.

Página 6: Cantidad de m2, valor total y cierres comerciales por cliente

Como última información destacada se genera la pagina 6 en la cual se establecen únicamente los cierres comerciales y por tanto el rendimiento proporcionado por SMA.

Figura 17

Cierres comerciales



Nota. En la **Figura 17** se observa el consumo de elementos por cliente tanto en cantidad como en valor y en su parte derecha los valores completos en representación de tabla.

Página 7: Finalización

La séptima y última página corresponde a la finalización del documento.

Figura 18

Finalización



Nota. En la **Figura 18** se observa uno de los lemas de la compañía y el cierre del documento.

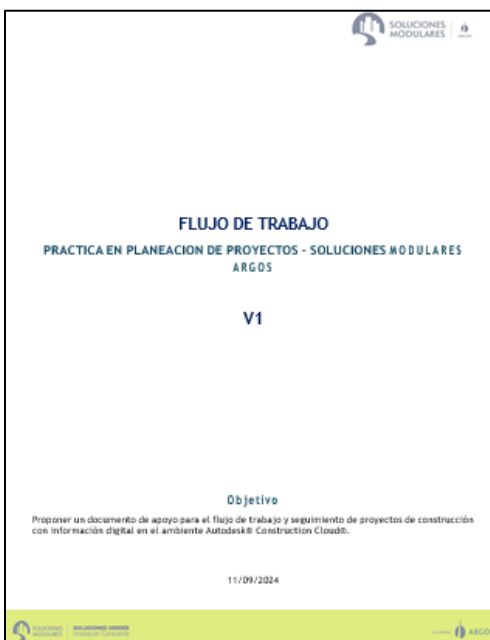
5.3 Proponer un documento de apoyo para el flujo de trabajo y seguimiento de proyectos de construcción con información digital en el ambiente Autodesk® Construction Cloud®.

5.3.1 Desarrollo del documento

Con el objetivo de proponer un documento de apoyo para todo el proceso en el área de planeación, que sea de utilidad para el flujo de trabajo y dé las pautas para el seguimiento de proyectos de construcción en la herramienta Autodesk® Construction Cloud®, se lleva a cabo un documento cuyo entendimiento y buen manejo permita el correcto proceso de cotización de elementos prefabricados en SMA. La estructura del documento que inicia en la Figura 6 se basó en la redacción de la introducción, marco teórico y el proceso completo de planeación involucrando la preparación del modelo, la elaboración del modelo, la extracción de las tablas de cantidades, el uso del cotizador, la presentación comercial, las cantidades de acero y los entregables. Como parte del documento y en la sección correspondiente se da explicación al proceso de gestión documental en la plataforma Autodesk® Construction Cloud®.

Figura 19

Documento flujo de trabajo SMA



Nota. En la **Figura 19** se observa la portada del documento realizado de flujo de trabajo.

La redacción del documento se llevó a cabo de tal forma que fuera de lectura clara acerca del tema que posteriormente se va a tratar, por ello la importancia de la introducción y el marco teórico en el cual se contempla información como la explicación de qué es Soluciones Modulares Argos, cómo funciona el sistema estructural, conexiones de los elementos prefabricados, las etapas de un proyecto de construcción, el flujo de coordinación de los proyectos y el funcionamiento del sistema carrusel de la planta de SMA ubicada en Cajicá, Cundinamarca. Todo esto adicionándole la completa explicación y tutorial del proceso de planeación, dejando claro la recepción de proyectos cuando hay un modelo Revit existente y cuando no, cómo debe ser el manejo de información de entrada y cuál debe ser la información de salida, cuál debe ser la consolidación de la presentación comercial con elementos como la presentación, módulos, presupuestos y consideraciones, y finalmente la correcta presentación de los entregables al equipo de Soluciones Modulares, abarcando desde el modelo Revit, hasta las tablas de cantidades, cotizador, cantidades de acero y presentación final.

5.3.2 Entrega del documento de apoyo al seguimiento

El documento de flujo de trabajo (Apéndice A) corresponde a un documento de 42 páginas ejecutado en la práctica en el departamento de planeación de proyectos en soluciones modulares Argos que contiene una totalidad de 9 capítulos en los cuales se hace un recorrido de inicio a fin para la presupuestación de proyectos en fase de prefactibilidad. A continuación, se presenta una breve descripción del contenido de cada capítulo como parte del desarrollo del objetivo de este documento.

Introducción

Este capítulo consta de la explicación del propósito del documento, el cual es ser una guía para el flujo de trabajo en el área de planeación de "Soluciones Modulares" de Cementos Argos.

Marco teórico

La necesidad de añadir un capítulo específicamente para el marco teórico es importante debido a que SMA reinventa los sistemas de construcción mediante el uso innovador del concreto, ofreciendo beneficios como durabilidad, eficiencia, sostenibilidad y reducción de desperdicios. En este capítulo se lleva a cabo la explicación del portafolio que incluye soluciones especializadas para vivienda, infraestructura, industria y estructuras a la medida. Así mismo se da la explicación del sistema estructural, el cual utiliza elementos prefabricados con conexiones optimizadas que disminuyen costos y mejoran la velocidad y calidad del montaje.

Finalmente describe las etapas de los proyectos que se desarrollan, las cuales son: prefactibilidad, factibilidad y ejecución, y como la planta de producción, ubicada en Cajicá, opera con un sistema carrusel automatizado que optimiza la fabricación mediante estaciones especializadas para limpieza, armado, vibrado, acabado, curado y almacenamiento.

Planeación Fase I: Preparación del modelo

Como primer paso en la fase de prefactibilidad de SMA se lleva a cabo la revisión de datos entregados por el cliente en distintos formatos (PDF, Revit, AutoCAD, etc.) y su almacenamiento en la plataforma ACC. Para este capítulo se entiende que hay un modelo Revit (.RVT) existente, para el cual se realizan ajustes como adecuación de unidades, desagrupación de elementos y generación de tablas de cantidades según formatos de SMA. Sin embargo, si el modelo no existe, se crea desde cero usando archivos base (.DWG o .PDF), que deben limpiarse y ajustarse antes de insertarlos en Revit.

Este capítulo realiza la explicación del proceso de preparación del modelo, lo que incluye pasos como ajustar propiedades del modelo, calcular cantidades mediante Dynamo y verificar la coherencia de los valores obtenidos.

Planeación Fase I: Elaboración del modelo

Seguido de toda esta explicación base y para iniciar la modelación en Revit en dado caso que esta sea necesaria, se muestra y se recomienda los pasos a seguir para garantizar un buen modelado, mediante la creación de niveles, inserción de vistas de planta del CAD correspondientes, diagramación de los ejes y finalmente la modelación de los elementos necesarios.

Planeación Fase I: Tablas de cantidades

Para este capítulo se enseña a generar las tablas de cantidades, las cuales se pueden realizar automáticamente desde la plantilla previamente estructurada. Una vez ya estén creadas las tablas de cantidades en el modelo Revit, para realizar un mejor manejo de los datos se realiza la explicación de la mejor forma de exportarlas a un formato de hoja de cálculo. La finalidad de este capítulo es aprender a obtener las cantidades en una tabla en Excel similar a la observada en Revit,

pero con la facilidad de que los datos son editables, movibles y copiables, herramientas que serán de utilidad en la presupuestación.

Planeación Fase I: Uso del cotizador

En el presente capítulo se hace una explicación del funcionamiento del cotizador el cual es una hoja de Excel, que dependiendo del proyecto se ajusta a condiciones del mercado, de la planta y a la estrategia comercial. Se usan cotizadores específicos para cada tipo de elemento, optimizando la entrada y análisis de datos. Algunos de los elementos para los cuales hay un cotizador estructurado son: Escaleras, Antepechos de parqueadero, Muros, Muros aligerados y Cuchillas. Este capítulo enseña a totalidad como ingresar factores como el servicio de construcción, el tipo de vehículo, el ahorro por compras a gran escala, etc.

Planeación Fase I: Presentación comercial

Adicionalmente, y como una de las labores que se ejecutaban para cada proyecto, se encuentra la presentación comercial, el cual corresponde a un documento en PowerPoint diseñado para exponer visualmente los proyectos, incluyendo información del presupuesto, inclusiones, exclusiones y detalles del elemento cotizado. Aunque esta presentación es personalizada por proyecto, sigue un formato común que contiene: Introducción, Detalles del proyecto, Presupuesto, Consideraciones y Cierre

Planeación Fase I: Cantidades de acero

Uno de los aspectos del presupuesto que llegaban a tener gran impacto era el conteo de acero, y su correcto análisis fue clave para generar presupuestos precisos, ya que en muchos proyectos depende de la cuantía exigida por el diseño estructural del cliente. En el presente capítulo se explican las plantillas específicas para cada elemento, entre los cuales encontramos: Escaleras, Muros, Vigas y Columnas.

Planeación Fase I: Entregables

Finalmente, y como parte del último capítulo se hace la explicación de la entrega de documentos se maneja a través de Autodesk® Construction Cloud®, pues para que los archivos se sincronicen correctamente debe haber una buena gestión de la documentación. Algunos de los archivos a entregar corresponden a: Modelo .rvt, Tablas de cantidades .csv, Cotizador, Cantidades de acero y Presentación comercial .pptx. Adicionalmente se presenta el Conector de Autodesk Docs el cual permite acceder y sincronizar documentos directamente desde el explorador de archivos del computador.

6. Conclusiones

Se cumplió con la estimación de cantidades de obra a partir de modelos 3D para proyectos de construcción en Cementos Argos, pues fue un proceso con retroalimentación a los interesados. El uso del software Revit resultó ser fundamental en este proceso, ya que no solamente agilizo esta actividad, sino que también fue una herramienta precisa y eficiente para desarrollar las tablas de cantidades, optimizando el flujo de trabajo y mejorando los tiempos de la estimación de las cantidades necesarias para cada proyecto, facilitando así, la toma de decisiones, mejorando la calidad y el control del proceso de planeación.

La generación de reportes de avance para proyectos de construcción de Cementos Argos, utilizando la herramienta Power BI, permitió un seguimiento detallado del progreso de cada proyecto, así como áreas de oportunidades y ciclo de vida de estos. La inclusión de esta herramienta facilitó la visualización y seguimiento en tiempo real de los proyectos, lo que contribuyó significativamente a la toma de decisiones informadas y oportunas para Soluciones Modulares Argos, optimizando la gestión de recursos y procesos.

La propuesta y desarrollo del documento de apoyo para el flujo de trabajo y seguimiento de proyectos de construcción en Autodesk® Construction Cloud® resultó ser una herramienta propuesta oportuna para la gestión eficaz de la documentación en la plataforma. Este documento, que contenía información clave para el desarrollo del cargo, permitió estandarizar y optimizar los procesos de manejo de archivos y seguimiento de proyectos. Así mismo, el conector de escritorio de fue recurso fundamental que facilitó la gestión y sincronización de documentos, contribuyendo al éxito de los proyectos al garantizar un flujo de trabajo más eficiente y preciso.

Referencias Bibliográficas

- Aceros Arequipa. (2011). *Boletín Construcción Integral Edición N°12*.
<https://acerosarequipa.com/pe/es/constructoras/boletin-construccion-integral/edicion-12/calidad.html>
- Andrade, M. Y. (2015). *Sistema constructivo modular con materiales alternativos que favorezca a la flexibilidad en la construcción de vivienda* [Universidad Autónoma del Estado de Mexico].
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/79937/2015%20monica%20tesis%20MAESTRIA%2030nov15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, N. A. A. (2021). En Casanare hay 32 “elefantes blancos” que suman casi medio billón de pesos. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/elefantes-blancos-detectados-en-casanare-640424>
- Autodesk Inc. (2024, agosto). *Autodesk Revit Obtener precios y comprar el software Revit oficial*.
<https://www.autodesk.com/mx/products/revit/overview>
- Cambridge University. (2025, enero). *LEAN - Cambridge Dictionary*.
<https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles-espanol/lean>
- Cementos Argos. (2023, abril). *Proyecto Andarríos, una obra desarrollada gracias a Soluciones Modulares Argos - Cementos Argos: Empresa multinacional líder y sostenible*.
<https://argos.co/proyecto-andarrios-una-obra-desarrollada-gracias-a-soluciones-modulares-argos/>
- Cementos Argos SAS. (2024, agosto). *Acerca de Cementos Argos*. Cementos Argos Colombia.
<https://colombia.argos.co/acerca-de-argos/>

Cementos Argos SAS. Soluciones Modulares Argos. (2024). *Ficha Técnica Versión 2: Soluciones Modulares*.

Corporación Universitaria Minuto de Dios. (2024). *ICONTEC: Normas Técnicas Colombianas Uniminuto*. Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://www.uniminuto.edu/biblioteca/listado-bases-de-datos/icontec-normas-tecnicas-colombianas>

El Colombiano. (2023, julio). *Estos son los cinco “elefantes blancos” más costosos del país*. www.elcolombiano.com. <https://www.elcolombiano.com/colombia/este-es-el-top-cinco-de-los-elefantes-blancos-mas-costosos-en-colombia-segun-la-contraloria-BA22002614>

Espacio BIM. (2024). *Autodesk Construction Cloud, ¿qué es ACC? | Espacio BIM*. Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/Autodesk-construction-cloud>

Fernandez, J. (2009). METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE FLUJOS DE TRABAJO AUTOMATIZADO (WORKFLOW) PARA EMPRESAS DE BIENES Y SERVICIOS. *DYNA*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532009000300023&script=sci_arttext

Hurtado, E. (2023). *BIM Y SU TRASCENDENCIA EN LAS CANTIDADES DE OBRA, ESTUDIO DE CASO PROYECTO DE VIVIENDA*. Universidad La Gran Colombia.

Khalil, I. M. (2019). Cost estimation using new rules of measurements 3 in BIM 360. *Business & IT, IX(2)*, 18–28. <https://doi.org/10.14311/bit.2019.02.02>

Piaseckienė, G. (2022). Dimensions of BIM in literature: review and analysis. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania, 14*. <https://doi.org/10.3846/mla.2022.16071>

- Pinzón Canasto, D. F. (2023). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE VIABILIDAD PRODUCTIVA Y FINANCIERA ENTRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO VS SISTEMA MODULAR OFF SITE*. Universidad Piloto de Colombia.
- Project Management Institute. (2024). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management (7th ed.)*.
- Real Academia Española. (2025, enero). *Reportar | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es/reportar#W3GBnj7>
- Saldías Silva, R. O. L. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103904>
- Soluciones Modulares Argos. (2024a, diciembre). *Conoce nuestras propuesta de valor*. <https://solucionesmodularesargos.com/>
- Soluciones Modulares Argos. (2024b, diciembre). *Quienes Somos - Soluciones Modulares Argos*. <https://solucionesmodularesargos.com/quienes-somos/>
- Terrazas, R. A. (2009). *MODELO CONCEPTUAL PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS. Perspectivas*.
- Yepes, R. (2023, diciembre). *En 2023 Argos ejecutó más de 300 viviendas con su sistema de construcción modular en concreto*. Cementos Argos: Empresa multinacional líder y sostenible. https://argos.co/en_2023_argos_ejecuto_mas_de_300_viviendas_con_construccion_modular_en_concreto/