

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“METODOLOGÍA BIM PARA LA FABRICACIÓN DE ACERO
DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
ARMADO PARA EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

KENNET EDYSON MAMANI ZEA

ID: 009-0000-8941-5824

ASESOR

Mag. MARCK STEEWAR REGALADO ESPINOZA

ID: 0000-0002-6752-0196

LIMA - PERÚ

2025

© 2025, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Trabajo de Suficiencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

MAMANI ZEA, Kennet Edyson

kmamaniz@uni.pe

(051) 948478056

DEDICATORIA

A mis padres que han sido mi mayor inspiración y soporte.
A mi familia, por su apoyo incondicional. A mi novia Sat, por su paciencia y motivación constante y mis amigos, por acompañarme en este camino.

A mi asesor, por su guía y apoyo, y a mi querida Alma Mater,
la Universidad Nacional de Ingeniería, por todo lo aprendido

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el proceso de creación de un modelo BIM de estructuras para la fabricación de acero predimensionado (ACEDIM®), dentro del enfoque metodológico BIM y su integración con Virtual Design and Construction (VDC). El estudio se basa en el análisis de la experiencia real de la construcción de un edificio multifamiliar de 20 niveles y 4 sótanos ubicado en la ciudad de Lima, abordado desde el enfoque de trabajo del equipo de ingeniería de detalle de la empresa TSC Innovation SAC.

Se describe el flujo completo del servicio ACEDIM®, desde la recolección técnica, compatibilización de especialidades y creación del modelo BIM en Tekla Structures, hasta la generación de documentación técnica para su fabricación e instalación. Se describe el uso de herramientas digitales, API's y plantillas estandarizadas, lo cual permite automatizar procesos clave y reducir tiempos operativos. Además, se resalta la importancia del control de calidad del modelo mediante revisiones de atributos, validación geométrica y generación automática de reportes. La coordinación con el cliente se realiza mediante plataformas colaborativas como Trimble Connect y Steel Track®.

Finalmente, se presentan los resultados del metrado del proyecto, la documentación generada y una comparación del desempeño en obra respecto al método tradicional de habilitado de acero. Se concluye que el uso de BIM en este contexto mejora la eficiencia operativa, reduce errores y permite una planificación más precisa.

Palabras clave:

BIM, ACEDIM®, Edificio Multifamiliar, Tekla Structures, Prefabricado.

ABSTRACT

This paper describes the process for creating a BIM model of pre-engineered steel fabrication structures (ACEDIM®), using the BIM methodological approach and its integration with Virtual Design and Construction (VDC). The study is based on an analysis of the real-life construction experience of a 20-story, 4-basement multi-family building located in Lima, approached from the perspective of the detailed engineering team at TSC Innovation SAC.

The complete flow of the ACEDIM® service is described, from technical collection, harmonization of specialties, and creation of the BIM model in Tekla Structures, to the generation of technical documentation for fabrication and installation. The study describes the use of digital tools, APIs, and standardized templates, which allow for the automation of key processes and reduced operating times. Furthermore, the importance of model quality control through attribute reviews, geometric validation, and automatic report generation is highlighted. Coordination with the client is carried out through collaborative platforms such as Trimble Connect and Steel Track®.

Finally, the results of the project measurement, the documentation generated, and a comparison of on-site performance with the traditional steelwork design method are presented. It is concluded that the use of BIM in this context improves operational efficiency, reduces errors, and enables more accurate planning.

Keywords:

BIM, ACEDIM®, Multi-family Building, Tekla Structures, Precast.

ÍNDICE

	Página
Resumen	II
Abstract	III
Prólogo	XII
Capítulo I: Introducción	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Planteamiento de la realidad problemática	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	4
2.1 Construcción 4.0.....	4
2.2 Virtual Design Construction (VDC).....	5
2.3 Metodología BIM.....	7
2.4 Acero Dimensionado - ACEDIM®	9
2.4.1 Construcción virtual de ACEDIM®.....	11
2.4.2 Proceso del servicio ACEDIM®	12
2.4.3 Beneficios del uso de ACEDIM®	13
Capítulo III: Descripción del proyecto.....	15
3.1 Descripción general del proyecto	15
3.1.1 Arquitectura.....	16
3.1.2 Estructura.....	16
3.2 Gestión interna de proyectos ACEDIM®	18
3.3 Flujo VDC para la producción de ACEDIM®	20
3.4 Coordinación para el suministro de ACEDIM®.....	22
3.4.1 Alcance del modelo BIM de estructuras.....	23
3.4.1.1 Alcance del Servicio ACEDIM®	23
3.4.1.2 Nivel de detalle	25
3.4.1.3 Programación de Obra.....	26
3.4.1.4 Restricciones y respuestas ante el cambio de la información en ingeniería.....	30
3.4.2 Herramientas para la gestión de la Información.....	31

3.4.2.1	Herramientas y plataformas para el intercambio de información	31
3.4.2.2	Flujo de la Información.....	36
	Capítulo IV: Modelado BIM del acero predimensionado.....	38
4.1	Recolección y preparación de la información	38
4.1.1	Información técnica del proyecto	38
4.1.1.1	Planos arquitectónicos	39
4.1.1.2	Planos estructurales.....	41
4.1.1.3	Planos de instalaciones	41
4.1.2	Compatibilización de especialidades	42
4.1.3	Especificaciones técnicas.....	48
4.2	Creación del modelo BIM.....	48
4.2.1	Ingeniería de detalle en AutoCAD	49
4.2.2	Modelado en Tekla Structures.....	50
4.2.2.1	Modelo base	50
4.2.2.2	Rebar Shape Manager.....	51
4.2.2.3	Rebar Catalog.....	52
4.2.2.4	Atributos Definidos por el Usuario – ADU's.	54
4.2.2.5	Herramientas de visualización	57
4.3	Flujo de trabajo para la creación del Modelo BIM	60
4.4	Automatización del modelado y dibujo	62
4.4.1	Aplicativo TSC-Vigas.....	63
4.4.1.1	Módulo de vigas y losas.....	65
4.4.1.2	Módulo de acero viga.....	65
4.4.1.3	Módulo de dibujo.....	66
4.5	Control de calidad del modelo BIM de estructuras	66
4.5.1	Revisión de datos de entrada y control de cambios.....	66
4.5.2	Validación de Atributos Definidos por el Usuario (ADU)	67
4.5.3	Verificación geométrica	68
4.5.4	Automatización de procesos de revisión.....	69
	Capítulo V: Fabricación e instalación del Acero Dimensionado.....	70
5.1	Documentación obtenida desde el Modelo BIM	70
5.1.1	Planos ACEDIM®.....	71
5.1.2	Planilla de fabricación.....	74
5.2	Programación de entrega.....	77
5.3	Recepción y descarga en obra	77

5.4 Armado e instalación de ACEDIM®	79
5.5 Metrado de ACEDIM® del caso de estudio	80
5.5.1 Metrado de cimentaciones.....	80
5.5.2 Metrado de coberturas	82
5.5.3 Metrado de portantes	88
5.5.4 Resumen de metrado ACEDIM® obtenido del modelo BIM.....	92
5.5.5 Metrado de ACEDIM® en 2D	94
5.5.6 Métricas adicionales	97
5.6 Resultados de la instalación de ACEDIM® en obra	99
5.6.1 Análisis de la curva S	100
5.6.2 Representación 4D de la secuencia constructiva	101
5.6.3 Comparación del rendimiento del uso ACEDIM® con el método tradicional.	105
Conclusiones	107
Recomendaciones	109
Referencias bibliográficas	110
Anexos.....	114

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características estructurales de la TORRE SK	17
Tabla 2. Clasificación de estructuras según su aplicación	24
Tabla 3. Alcance estructural ACEDIM® para el proyecto TORRE SK	24
Tabla 4. Descripción de los Atributos Definidos por el Usuario para el modelado de ACEDIM®	56
Tabla 5. Peso total producido de ACEDIM®	98
Tabla 6. Propiedades de modelo BIM de estructuras	99
Tabla 7. Planos ACEDIM® producidos	99
Tabla 8. Rendimientos de HH en el armado de acero	105

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tecnologías utilizadas en la Construcción 4.0	4
Figura 2. VDC Framework	6
Figura 3. Modelos BIM de diferentes especialidades de un mismo proyecto	8
Figura 4. Incidencia del Acero Corrugado dentro del costo directo de una obra.....	9
Figura 5. Promoción de ACEDIM® como un producto de AASA.....	10
Figura 6. Proceso de Construcción Virtual	11
Figura 7. Interacción Cliente-AASA mediante Steel Track	13
Figura 8. Beneficios del uso de ACEDIM® sobre el método tradicional de habilitado de acero	14
Figura 9. Vista renderizada del proyecto TORRE SK	15
Figura 10. Distribución de espacios en las tipologías de la TORRE SK.....	16
Figura 11. Organigrama de producción de TSC Innovation.....	19
Figura 12. Interacción Equipo de Ingeniería y Planificación con el Cliente	20
Figura 13. Interacción entre AASA-TSC y Cliente bajo los estándares VDC	22
Figura 14. Matriz de Nivel de Detalle	25
Figura 15. Nivel de Detalle del modelo BIM del proyecto TORRE SK	26
Figura 16. Lead Time de Producción promedio de ACEDIM®	27
Figura 17. Sectorización de planta propuesta por el cliente	28
Figura 18. Master Plan del proyecto TORRE SK	29
Figura 19. Flujo de información entre Cliente y equipo de modelado	30
Figura 20. Interfaz de Tekla Structures 2020	31
Figura 21. Interfaz de Trimble Connect	32
Figura 22. Estructura del HCAP	33
Figura 23. Estructura del Log de Consultas	35
Figura 24. Plano de distribución arquitectónica TORRE SK	40
Figura 25. Plano de encofrado de techo TORRE SK	41
Figura 26. Plano de instalaciones sanitarias TORRE SK	42
Figura 27. Compatibilización de información por especialidades	43
Figura 28. Planos de Planta de Arquitectura y Encofrado de Techo	44
Figura 29. Planta compatibilizada de Arquitectura y Estructuras	46
Figura 30. Cuadro de pases e interferencias en elementos estructurales	47
Figura 31. Interacción entre AutoCAD y Tekla Structures	49
Figura 32. Rebar Shape Manager del Modelo Base	51

Figura 33. Catálogo de Formas ACEDIM®	52
Figura 34. Rebar Catalog del Modelo Base	53
Figura 35. Propiedades de diámetro comerciales ACEDIM®	54
Figura 36. Atributos Definido por el Usuario para el modelado de ACEDIM®	55
Figura 37. View Properties de Tekla Structures	57
Figura 38. Visualización por color de diámetro	58
Figura 39. Visualización por sectorización del proyecto	59
Figura 40. Visualización por tipo de aplicación estructural	59
Figura 41. Visualización sólida de elementos	60
Figura 42. Flujo de trabajo para el modelado ACEDIM®	61
Figura 43. Interfaz de aplicativo TSC-VIGAS	64
Figura 44. Aplicación de la herramienta DWG Compare de AutoCAD	67
Figura 45. Control de calidad mediante visualización de ADU's	68
Figura 46. Flujo de entregables a partir del modelo BIM	70
Figura 47. Ejemplo de croquis de despiece ACEDIM® para una viga peraltada.....	71
Figura 48. Croquis de despiece ACEDIM®	73
Figura 49. Planilla de fabricación ACEDIM®	75
Figura 50. Flujo de información de la Planilla de Fabricación	76
Figura 51. Etiqueta y Listado de Barras	78
Figura 52. Estructuras de cimentaciones consideraras para ACEDIM®	81
Figura 53. Distribución de pesos en cimentaciones del proyecto Torre SK	82
Figura 54. Modelo BIM de estructuras de Viga Grúa	83
Figura 55. Estructuras de coberturas consideraras para ACEDIM® en sótanos...84	
Figura 56. Distribución de peso modelado en coberturas de sótanos	85
Figura 57. Estructuras de coberturas para ACEDIM® en techo típico y azotea ...87	
Figura 58. Distribución de peso modelado en coberturas de edificio	88
Figura 59. Estructuras de portantes consideradas para ACEDIM® en sótanos ...88	
Figura 60. Distribución de peso modelado en portantes de sótanos	89
Figura 61. Criterio de modelado para elementos verticales	90
Figura 62. Estructuras de portantes consideradas para ACEDIM® en edificio.....91	
Figura 63. Distribución de peso modelado por nivel en portantes de edificio	91
Figura 64. Distribución de peso modelado en portantes según diámetro en edificio.....	92
Figura 65. Distribución de peso modelado por nivel según tipo de estructura	93

Figura 66. Distribución de peso modelado según diámetro en edificio	94
Figura 67. Detalle de prelosa maciza	95
Figura 68. Dimensionamiento de prelosas	95
Figura 69. Croquis de despiece ACEDIM® en losas	96
Figura 70. Distribución de peso ACEDIM® en losas	97
Figura 71. Distribución de peso ACEDIM® según método de diseño	98
Figura 72. Curva S del modelado, fabricación y suministro de ACEDIM® en obra.....	100
Figura 73. Secuencia de suministro ACEDIM® en sótanos	102
Figura 74. Secuencia de suministro ACEDIM® en pisos típicos	103
Figura 75. Secuencia de suministro ACEDIM® en últimos pisos	104
Figura 76. Comparación de las HH empleadas usando ACEDIM® y el método tradicional	106

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASA	: Aceros Arequipa S.A.
ACEDIM®	: Acero Dimensionado
ARQ	: Arquitectura
BIM	: <i>Building Information Modeling</i>
CIFE	: <i>Center for Integrated Facility Engineering</i>
EST	: Estructuras
HCAP	: Hoja de Control y Avance de Proyecto
ICE	: <i>Integrated Concurrent Engineering</i>
IIEE	: Instalaciones Eléctricas
IISS	: Instalaciones Sanitarias
LOD	: <i>Level of Detailing</i>
PPM	: <i>Project Production Management</i>
RFI	: <i>Request for Information</i>
VDC	: <i>Virtual Design and Construction</i>

PRÓLOGO

El desarrollo de la industria de la construcción ha evolucionado significativamente con la implementación de metodologías digitales como el Building Information Modeling (BIM) y el Virtual Design and Construction (VDC), las cuales permiten una mejor planificación, coordinación y control de proyectos. Dentro de este contexto, el uso de acero estructural dimensionado o ACEDIM®, se ha convertido en un material alternativo para optimizar la construcción de estructuras de concreto armado.

En el presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolla la experiencia sobre la aplicación de estas metodologías en la creación de un modelo BIM de estructuras para la construcción de un edificio multifamiliar de 20 pisos y 4 sótanos ubicado en la ciudad de Lima. Para ello se ha utilizado software ampliamente adoptado en la industria, como Tekla Structures y AutoCAD y, además, se analizaron los procesos de modelado, gestión de la información y control de calidad. Asimismo, se detalla el flujo de trabajo documental necesario para la fabricación y montaje del acero predimensionado, garantizando la trazabilidad y eficiencia en cada etapa del proyecto.

Finalmente, el presente trabajo no solo busca demostrar la relevancia de BIM y VDC en la gestión de proyectos estructurales, sino también resaltar la importancia de una comunicación eficiente entre los distintos actores del proyecto, asegurando que la información fluya de manera precisa y oportuna. De esta manera, se contribuye a la optimización del tiempo y recursos en la construcción, reduciendo errores y mejorando la calidad en la ejecución de las estructuras.

Capítulo I: Introducción

1.1 Generalidades

En la industria de la construcción moderna, la adopción de nuevas tecnologías es fundamental para optimizar procesos y mejorar la eficiencia en los proyectos, debido a ello la metodología Building Information Modeling (BIM) ha ganado relevancia como una herramienta que integra todas las disciplinas involucradas dentro del proyecto de construcción, facilitando, como una de sus principales ventajas, la colaboración y la detección temprana de incompatibilidades.

Si bien la metodología BIM es mayormente usado en la elaboración de proyectos de construcción desde la etapa de diseño hasta el mantenimiento, también puede aplicarse en la fabricación de productos industrializados como son las estructuras prefabricadas. El acero dimensionado es un producto industrializado, cortado y doblado con exactitud de acuerdo con los requerimientos específicos del diseño estructural, los cuales se obtienen a partir de modelos BIM de estructuras. Este enfoque permite al proveedor fabricar las piezas de acero a base de datos tridimensionales altamente detallados, lo que minimiza los errores durante la construcción y asegura que el producto cumpla con las especificaciones requeridas en el proyecto.

Uno de los aspectos más importantes de la metodología BIM es que permite identificar incompatibilidades entre las estructuras y otras especialidades, como las instalaciones eléctricas, sanitarias y mecánicas; antes de que estas lleguen a la fase de construcción. Al detectar estos conflictos en las fases tempranas del diseño, se evita la necesidad de costosos y demorados retrabajos en obra, optimizando la eficiencia del proyecto y mejorando la coordinación entre los equipos de trabajo.

Desde la óptica de TSC Innovation, empresa dedicada al suministro de acero dimensionado, la interacción con el cliente se desarrolla mediante la aplicación de la metodología de Diseño y Construcción Virtual (VDC, Virtual Design and Construction), en el cual los modelos BIM sirven como el principal medio de comunicación y colaboración. Mediante las herramientas que ofrece la metodología VDC, se establece una comunicación continua entre el cliente

(generalmente el equipo de diseño o el contratista) y el proveedor de acero dimensionado, permitiendo que el proceso de diseño y producción de acero sea coordinado y ajustado en tiempo real.

Este proceso colaborativo no solo mejora la relación cliente-proveedor, sino que también asegura que el proceso de fabricación de acero dimensionado esté completamente alineado con los plazos y objetivos del proyecto. Por lo tanto, el entorno BIM y VDC garantiza que el proveedor de acero trabaje con datos actualizados y precisos, lo que reduce la probabilidad de errores y mejora la calidad final del producto.

1.2 Planteamiento de la realidad problemática.

A pesar de las ventajas potenciales de la metodología BIM para la ejecución de proyectos de construcción, su aplicación en la fabricación de acero dimensionado para estructuras de concreto armado aún no se encuentra del todo generalizada dentro de la industria de la construcción en el Perú. Esta brecha, posiblemente se deba a la falta de conocimiento y capacitación de los profesionales de la construcción en aplicación de la metodología BIM, la falta de uso de las herramientas de modelado y su aplicación en la fabricación de elementos predimensionados dentro de sus proyectos.

En lo que refiere a la producción de acero dimensionado, dentro de los procedimientos internos de la empresa Corporación Aceros Arequipa y su subsidiaria Tecnología y Soluciones Constructivas S.A.C. (en adelante denominado AASA-TSC), se ha identificado una falta de estandarización de los procesos de modelado, fabricación e instalación para la construcción de edificaciones. Si bien es cierto que, en la práctica, cada proyecto de construcción posee una identidad propia respecto a su diseño y forma de construcción; resulta necesario desarrollar y estandarizar los procesos aplicados bajo la metodología BIM para controlar la calidad del modelado y fabricación del acero dimensionado dentro del área de ingeniería de AASA-TSC.

Dentro del flujo de trabajo desarrollado por AASA-TSC para la producción de acero dimensionado, existe una constante interacción entre el proveedor y el cliente que suscribe el servicio. Por ello, mediante la aplicación de la metodología BIM se

busca mejorar las prácticas existentes dentro del flujo de trabajo de AASA-TSC y desarrollar estándares para mejorar la calidad de modelado y fabricación de ACEDIM® y aplicarlos en otros proyectos similares.

Ante lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuál es la aplicación de la metodología BIM para el control del modelado, fabricación e instalación de acero dimensionado para estructuras de concreto armado de un edificio multifamiliar?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Mostrar el uso de la implementación de la metodología BIM en el proceso de modelado y fabricación de acero dimensionado para estructuras de concreto armado de un edificio multifamiliar desde el enfoque de una empresa proveedora de acero.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir el caso de estudio seleccionado.
- Presentar el flujo de trabajo y el análisis de la información del proyecto para el modelado de acero dimensionado bajo el enfoque de la metodología BIM.
- Presentar el proceso de fabricación e instalación del acero dimensionado.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1 Construcción 4.0

Según Frost & Sullivan e IBM (s.f.) la Industria 4.0 es el término que representa a la cuarta revolución industrial y está caracterizada por la integración de tecnologías digitales en los procesos de producción y gestión empresarial a gran escala. Este término surge de la convergencia de los principios de automatización, la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y otras tecnologías emergentes; y redefine la forma en que las empresas operan y gestionan sus procesos.

Por su parte, el término Construcción 4.0 hace referencia a la influencia de la cuarta revolución industrial en el sector de la construcción y está basada en la aplicación de tecnologías digitales y de fabricación innovadoras aplicadas al sector de la construcción con el fin de fusionar la información del mundo real con el mundo virtual. La Construcción 4.0 busca mejorar la gestión de la construcción y obtener mejores resultados en la eficiencia, productividad y sostenibilidad de los procesos constructivos (Zigurat Global Institute of Technology, 2020).

Figura 1

Tecnologías utilizadas en la Construcción 4.0



Nota: Tomado de <https://www.e-zigurat.com/>

Según Zigurat (2020) las tecnologías clave para el desarrollo de la Construcción 4.0 se encuentran relacionadas y crean un ecosistema digital que transforma la construcción en una industria más inteligente, automatizada y eficiente. En la Figura 1, se muestra como estas tecnologías se encuentran relacionadas entre sí. Para Cieri (2022), la Construcción 4.0 se basa en dos principios fundamentales: la industrialización de procesos constructivos y la incorporación de tecnologías emergentes. La primera, implica dirigir los proyectos de construcción como fábricas y los procesos constructivos como procesos productivos; la segunda, incluye el uso de herramientas digitales como Big Data, Inteligencia Artificial, Internet of Things (IoT) y Metodología BIM, las cuales permiten gestionar datos, interconectar la información y optimizar la planificación y ejecución de obras.

La Construcción 4.0 también está aumentando la productividad, la sostenibilidad de los recursos y garantizando la seguridad en los proyectos de construcción (Rojas et al., 2022). Por su parte JROMA (2023) indica que la implementación de la construcción 4.0 en el mercado peruano es aún incipiente; sin embargo, existe un creciente interés por parte de las empresas peruanas en adoptar tecnologías digitales y mejorar la eficiencia de sus procesos productivos.

2.2 Virtual Design Construction (VDC)

El Diseño y Construcción Virtual o VDC por sus siglas en inglés, es una metodología usada para la gestión de proyectos desarrollado en el 2001 por el Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) de la Universidad de Stanford. La metodología VDC permite integrar los modelos de diseño con los procesos de planificación y construcción, mediante un entorno colaborativo que optimiza la toma de decisiones durante el ciclo de vida del proyecto. Esta metodología se basa en tres componentes principales: el modelo de producto (BIM), el modelo de organización y el modelo de proceso; y su aplicación requiere de un entorno colaborativo que integre simultáneamente a las partes interesadas, permitiendo evaluar escenarios y anticiparse a problemas constructivos (Fischer et al., 2017)

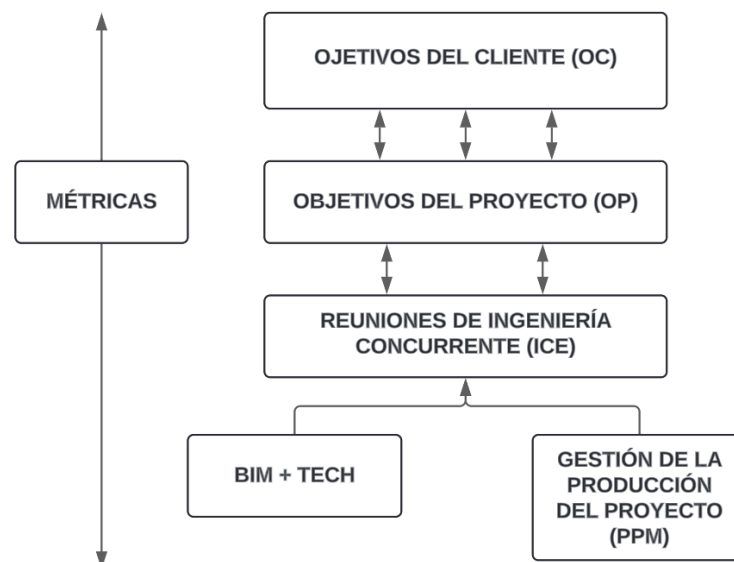
El origen de VDC se basa en la integración de los modelos de producto, organización y procesos. Los proyectos de construcción buscan cubrir una necesidad específica del cliente; ante ello, se propone una solución conceptual del

producto (o modelo) basada en este requisito. A partir del modelo, se procede con el plan de construcción el cual resulta necesario para el éxito del proyecto. Finalmente, se establece un esquema de organización para desarrollar los modelos y procesos a ejecutar para alcanzar los objetivos del proyecto. (Bicharra et al., 2016).

Dentro de esta metodología, según lo expuesto por Meza (2023), se incluye el modelado 3D como una herramienta de apoyo y da especial énfasis en los procesos de trabajo y en la colaboración de las partes involucradas en el proyecto con el fin de cumplir satisfactoriamente los objetivos del proyecto. A diferencia de BIM, que parece más enfocado en la producción de un modelo virtual, la metodología VDC se enfoca en un proceso más completo. Por otro lado, VDC se apoya en la gestión de los procesos de producción (Project Production Management, PPM). Un seguimiento detallado de la información virtual y las métricas que se generan de ambos (BIM y PPM) confluye en la toma de decisiones que se dan en las sesiones denominadas ICE (Integrated Concurrent Engineering), el cual resulta en el motor que da impulso a la ejecución de esta metodología.

Figura 2

VDC Framework.



Nota: Adaptado de Kunz y Fischer, 2017.

En la Figura 2 se puede visualizar la forma en la que interactúan los componentes clave de la metodología VDC. Según Aslam et al. (2023), la correcta interrelación y ejecución de estos componentes brindan una serie de beneficios para el proceso constructivo en su totalidad, tanto en el formato virtual como en la ejecución física. Primero, se logra una mejora significativa en el trabajo colaborativo entre los diferentes actores involucrados; en segundo lugar, como consecuencia de esto, se reducen tanto los tiempos como los costos al minimizar las incompatibilidades en el diseño y ofrecer información mucho más detallada para la toma de decisiones frente a posibles percances e imprevistos.

Para la correcta ejecución de estos pasos se debe tener en cuenta los límites de tiempo, las barreras físicas, las diferentes metas económicas, ambientales y sociales los cuales constituyen una característica única para cada proyecto de infraestructura (Fischer et al., 2017).

2.3 Metodología BIM

El Modelado de Información de la Construcción o Building Information Modeling (BIM) por sus siglas en inglés, es un término el cual no posee una definición única. Según un estudio sobre las definiciones de BIM, Borkowski (2023) menciona que BIM puede concebirse como una actividad, un producto o un sistema. Como actividad, se puede referir al modelado, generación y actualización de datos de un objeto de construcción; como un producto, el modelo BIM proporciona valor a las partes interesadas durante el proceso de inversión; por último, como sistema, BIM sirve como un componente de un sistema más complejo. Para Del Savio et al. (2022), BIM puede asociarse, a una herramienta, un software, una metodología, un modelo representativo, una simulación de proyectos, una tecnología o un concepto moderno utilizado para el marketing de un proyecto.

Dentro del ámbito local, el Ministerio de Economía y Finanzas (2021b), define BIM como el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones”. Dicho de otra manera, la metodología BIM utiliza herramientas informáticas para la gestión de una

inversión en edificaciones o en infraestructura, a través de un modelo digital 3D que representa las características físicas y funcionales del proyecto.

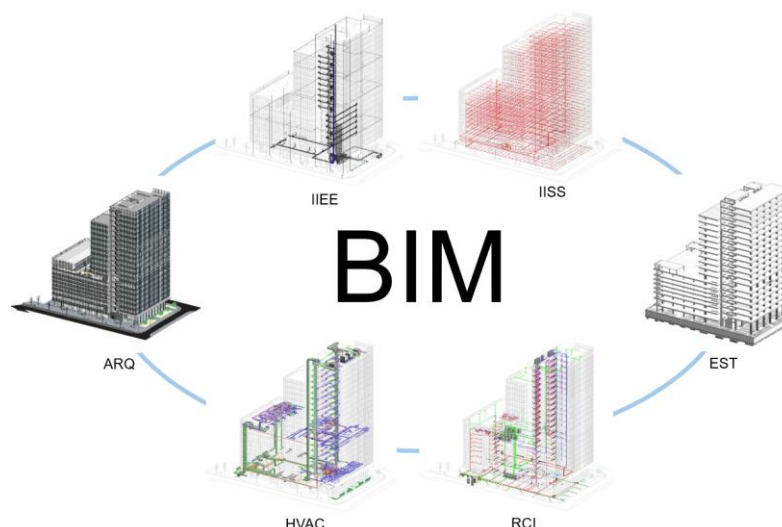
En el Perú, el Ministerio de Economía y Finanzas es el organismo oficial encargado de la implementación y regulación de la metodología BIM mediante iniciativas como el PLAN BIM PERU 2030 el cual establece una hoja de ruta para la implementación progresiva de BIM en los proyectos de inversión pública (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Actualmente, el uso de la metodología BIM dentro del ámbito privado ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años. Según una entrevista a Guido Valdivia, exdirector ejecutivo de la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO, publicada por Constructivo (2021), esta tendencia se ve impulsado por los múltiples beneficios que BIM ofrece a las empresas, en los ámbitos de eficiencia y productividad, colaboración y comunicación, precisión y control de la información, y finalmente, en la sostenibilidad de proyectos.

Según el Plan BIM Perú 2030, se espera que en los próximos años la metodología BIM se consolide como una herramienta fundamental para la transformación de la industria de la construcción en el Perú.

Figura 3

Modelos BIM de diferentes especialidades de un mismo proyecto.



Nota: La figura muestra la interacción de las especiales de un proyecto de construcción bajo en entorno BIM. Elaboración propia.

2.4 Acero Dimensionado - ACEDIM®

Una de las partidas más importantes en un proyecto de construcción corresponde al “acero de refuerzo” el cual puede impactar en el costo, los plazos y la calidad de la obra. En la Figura 4, Orihuela et al. (2019) realizó el análisis del presupuesto para la construcción en una vivienda multifamiliar de 8 pisos de 90 m² y concluyó que, dentro de la incidencia en el costo directo de la obra, la partida de acero representa, en promedio, el 12% del total. De forma similar, en un estudio realizado por Rodríguez y Ventura (2019) en viviendas para uso inmobiliario de entre 8 y 12 niveles de la provincia de Santo Domingo, República Dominicana, determinaron que el costo directo del acero representa entre el 10% y 14% del costo directo.

Figura 4

Incidencia del Acero Corrugado dentro del costo directo de una obra.



Nota: La figura muestra la incidencia del peso de acero sobre otras partidas más incidentes dentro de un presupuesto de obra. Orihuela et. al (2019).

Respecto a la incidencia en el tiempo, la partida de acero es la que da inicio al tren de producción, por lo que la habilitación e instalado del acero influye directamente

en los plazos de la obra El acero es uno de los dos principales materiales de las estructuras de concreto armado (concreto y acero), por lo que su correcta colocación afecta directamente a la calidad de la obra (Orihuela et al., 2019).

El Acero Dimensionado, en adelante denominado ACEDIM®, es un producto ofrecido por la Corporación Aceros Arequipa SA, el cual consiste en la fabricación de barras de construcción predimensionados, con el objetivo de incrementar la productividad en obra, optimizar los recursos y mejorar la calidad del proyecto (Corporación Aceros Arequipa, s.f.-b).

Adicional a la fabricación del acero dimensionado, ACEDIM® ofrece el prearmado de las estructuras y la instalación en obras según las necesidades y objetivos de sus clientes.

Figura 5

Promoción de ACEDIM® como un producto de Aceros Arequipa SA.



Nota: En la figura se muestra el cartel publicitario de ACEDIM® y las ventajas del uso de este producto. Corporación Aceros Arequipa (s.f.-b)

Este producto, como una solución constructiva, cuenta con el soporte de Tecnología y Soluciones Constructivas SAC (TSC Innovation), empresa de

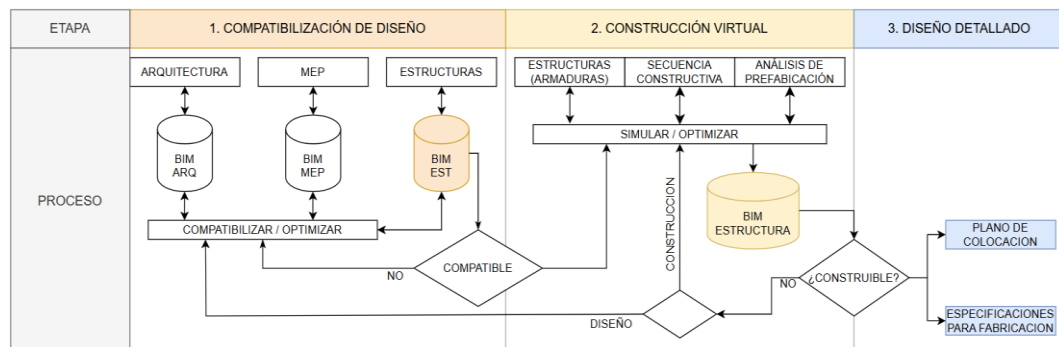
Ingeniería orientada a la automatización y la transformación digital de proyectos de construcción y subsidiaria de la Corporación Aceros Arequipa S.A. Este equipo se encarga de la producción de ACEDIM® empleando tecnología y herramientas BIM, procesos de Lean Construction y estándares de la Metodología VDC logrando un flujo de atención confiable entre cliente y proveedor.

2.4.1 Construcción virtual de ACEDIM®

El modelado y fabricación de ACEDIM® se coordina a partir de la información de los planos estructurales y otras especialidades relacionadas (principalmente arquitectura e instalaciones sanitarias) proporcionados por la ingeniería del proyecto, de esa forma, se busca obtener que las piezas sean compatibles para su instalación en campo.

Figura 6

Proceso de Construcción Virtual.



Nota: El diagrama muestra los diferentes procesos utilizados para la construcción virtual de un proyecto. Adaptado de Valle (2015)

Según detalla Valle (2015), el proceso de construcción virtual de un proyecto comienza con la compatibilización de diseño; en esta etapa se evalúan las inconsistencias e interferencias entre las diferentes especialidades del proyecto; el modelo BIM de estructuras contiene los elementos de concreto armado compatibles con arquitectura e instalaciones sanitarias. A continuación, se procede con la construcción virtual del proyecto, en esta etapa, el modelo BIM de estructuras, además de ser compatible con la información del proyecto, redefine las estructuras para mejorar la constructibilidad. Finalmente, en una tercera etapa,

el diseño detallado contiene la documentación necesaria para la construcción y se obtiene directamente del modelo BIM.

La producción de ACEDIM® está basada en el esquema propuesto por Valle (2015), agregando herramientas de gestión e intercambio de información bajo la metodología BIM y definiendo los objetivos del proyecto bajo el enfoque VDC. El proceso y las características de cada etapa para la producción de ACEDIM® serán explicadas a detalle en los capítulos posteriores.

2.4.2 Proceso del servicio ACEDIM®

Los proyectos de construcción desarrollados bajo la metodología BIM deben contemplar el proceso de conversión de los modelos de diseño a modelos de producción, por ello, la validación por parte del constructor y los proveedores resulta necesaria para lograr procesos óptimos de construcción virtual que sirvan para la posterior construcción física.

Bajo esta premisa, para la producción de ACEDIM® se pueden identificar tres procesos principales, los cuales serán desarrollados con la aplicación a un proyecto real en los capítulos posteriores.

- A. Ingeniería del Proceso Constructivo: En esta etapa se desarrolla la Ingeniería de Detalle mediante la creación del modelo BIM de estructuras. Además, se contempla la coordinación con el cliente respecto a la información y la programación del proyecto.
- B. Fabricación de las piezas: A partir del modelo BIM de estructuras se obtiene la forma, dimensiones y ubicación de las piezas ACEDIM®, posteriormente, estas piezas son cortadas y dobladas en máquinas con alta precisión. Durante esta etapa, cada paquete de barras es debidamente identificado para facilitar su control y posterior instalación en obra.
- C. Entrega en obra: El producto puede ser suministrado a la obra de dos formas, recogido directamente del almacén o trasladado a obra. Para ello, se proporciona al cliente las recomendaciones necesarias de espacio, mantenimiento y colocación del producto.

Para la coordinación del proyecto, la parte proveedora de ACEDIM en adelante denominado AASA-TSC, posee una plataforma colaborativa llamada Steel Track el cual integra toda la información referida al proyecto (consultas de información, fechas, metrados, modelos BIM de estructuras, etc.).

Figura 7

Interacción Cliente-AASA mediante Steel Track



Nota: La figura muestra las diferentes etapas de la interacción entre el cliente y AASA-TSC mediante la plataforma Steel Track. Corporación Aceros Arequipa (s.f.-a)

En la Figura 7 se muestra como la herramienta Steel Track brinda el soporte de intercambio de información entre el cliente y el proveedor en cada uno de los procesos de planificación y seguimiento del ACEDIM®. Mediante el uso de esta plataforma y la integración con otras herramientas, se asegura que la información llegue al cliente en tiempo real y de esa manera brindar trazabilidad desde la ingeniería hasta la instalación en campo.

2.4.3 Beneficios del uso de ACEDIM®

Dentro de los beneficios del uso de ACEDIM® en el proceso constructivo de un proyecto podemos destacar:

- Reducción de la merma y mano de obra para el habilitado e instalación de acero.

- Elementos industrializados listos para el montaje en obra de acuerdo con la necesidad del proyecto.
- Reducción de tiempos de ejecución del proyecto y gastos fijos.
- Control de la Calidad y Procedimientos de Armado en línea soportado por plataformas virtuales.

Figura 8

Beneficios del uso de ACEDIM® sobre el método tradicional de habilitado de acero.

Método	% Utilización Horas Hombre	Ahorro Estimado	Rendimiento (KG/HH)
ACEDIM Prearmado Columnas + Vigas	40%	60%	70 - 80
ACEDIM Prearmado Columnas	60%	40%	45 - 55
ACEDIM	85%	15%	30 - 35
Tradicional	100%	0%	20 - 25

Nota: comparativa de las mejoras sobre el uso de ACEDIM® en sus diferentes presentaciones. Corporación Aceros Arequipa (s.f.-a)

En la Figura 8 se muestra la comparación de beneficios entre los sistemas de ACEDIM® que ofrece AASA-TSC y el método tradicional de habilitado de acero en obra. Se puede observar que el uso de ACEDIM® reduce notablemente el uso de Horas Hombre y mejoran el rendimiento, en comparación sobre el método tradicional.

Capítulo III: Descripción del proyecto

En el presente capítulo se presenta la experiencia sobre el uso de ACEDIM® en un proyecto de edificación multifamiliar y cómo se utiliza la información del proyecto dentro de cada una de las etapas del flujo de trabajo desde la planificación, creación del modelo BIM de estructuras, la fabricación y el montaje de las piezas de acero dimensionado en la obra.

3.1 Descripción general del proyecto

El caso de estudio es un edificio multifamiliar de concreto armado denominado en adelante como TORRE SK, el cual consta de 03 sótanos, 20 pisos y 01 azotea ubicado en la ciudad de Lima, Perú.

Figura 9

Vista renderizada del proyecto TORRE SK.



Nota: Tomado de Urbana Perú.

3.1.1 Arquitectura

El proyecto TORRE SK es un edificio de departamentos con un concepto tipo “studio” el cual, según su diseño, prioriza la funcionalidad de cada una de sus 153 unidades de departamentos distribuidas en 20 pisos. Los departamentos poseen tipologías entre departamentos independientes de 1,2 y 3 dormitorios que van desde los 40 m² hasta los 65m² aproximadamente. En la Figura 10 se puede observar la distribución arquitectónica de algunas de estas tipologías.

Figura 10

Distribución de espacios en las tipologías de la TORRE SK.



Nota: Adaptado de Urbana Perú.

Este proyecto se promociona como una estructura moderna de espacios compartidos, tales como, un amplio lobby de recepción a los propietarios y visitas, un Centro de Negocios ideal para reuniones de trabajo, un área de lavandería, y finalmente, un salón de estar al aire libre, ideal para parrillas y eventos pequeños.

3.1.2 Estructura

El sistema estructural utilizado en el diseño del proyecto, según lo indicado en las Especificaciones Técnicas del proyecto es de Concreto Armado, el cual a su vez utiliza un Sistema Dual de pórticos y muros estructurales.

En la Tabla 1 se muestra de manera resumida las principales características obtenidas desde los planos Estructurales y Especificaciones Técnicas.

Tabla 1

Características estructurales del proyecto TORRE SK.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	DESCRIPCION
General	Ubicación	Cercado de Lima, Lima, Perú
	Uso del Edificio	Multifamiliar con áreas comunes en el primer piso y estacionamiento en los sótanos.
	Altura Total del Edificio	20 pisos sobre el nivel de sueño y estacionamientos distribuidos en 04 niveles de sótanos.
Diseño estructural	Sistema Estructural	Sistema dual: Pórticos de concreto armado combinados con muros de corte.
	Material Principal	Concreto armado en columnas, vigas, y muros estructurales.
	Muros Estructurales	Muros o placas de concreto armado en núcleo de ascensores y escaleras. Distribuidos en el área del proyecto para resistir fuerzas sísmicas.
	Pórticos de concreto	Pórticos en dirección longitudinal y transversal.
Cimentaciones	Cimentación	Cimentación superficial con zapatas cuadradas aisladas con una profundidad de 7.90m a partir del nivel 0.00 del proyecto.
	Estrato de apoyo de la cimentación	Grava arenosa pobremente gradada (GP), no plástica y de compacidad densa
	Cisterna	Ubicado en el último sótano e integrada en la estructura con protección impermeabilizante.

Diseño Sísmico	Análisis Sísmico	Basado en la norma E.030, Factor de zona $Z=0.45$, Factor de Uso $U=1.00$, Factor de Suelos $S=1.00$.
	Deriva máxima Permitida	Control de derivas inferiores a 0.007 veces la altura de entrepiso en las direcciones X e Y.
	Aisladores Sísmicos	No aplicados en el este proyecto.
	Losas	Combinación de losas Macizas y Aligeradas con espesores de 20cm como máximo.
Instalaciones y servicios	Instalaciones	Consideración del paso de instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas en el diseño final de los elementos estructurales.

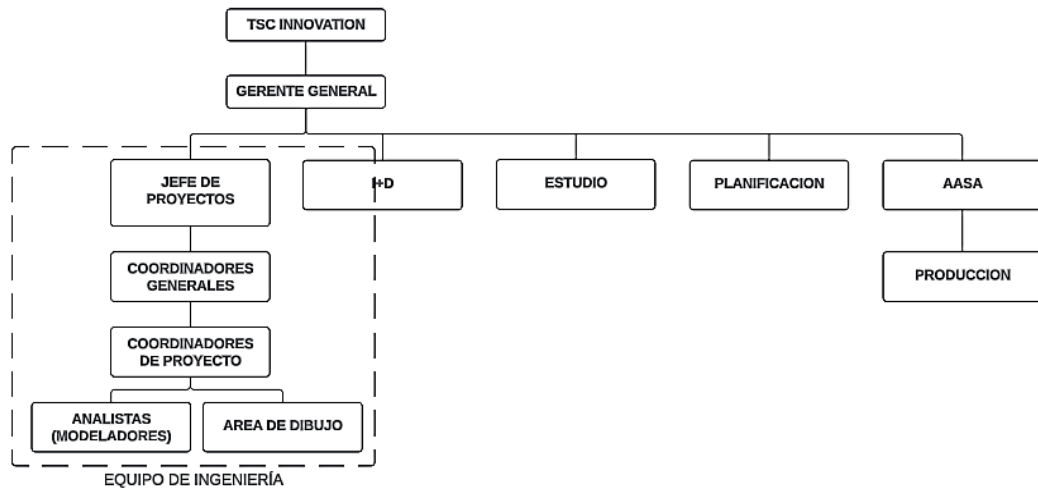
3.2 Gestión interna de proyectos ACEDIM®

Dentro de la estructura organizacional de AASA-TSC, se tienen diferentes grupos de trabajo los cuales se encargan del soporte técnico, tecnológico y productivo; dentro de ellos, el equipo de Ingeniería de Detalle gestiona la creación del modelo BIM de estructuras del proyecto empleando la metodología VDC para una constante comunicación y soporte del cliente en cada una de las diferentes etapas de producción, los mismos que será descritos en el CAPITULO II del presente trabajo.

En la Figura 11 se puede visualizar el organigrama de la empresa TSC Innovation y las jerarquías de trabajo de los diferentes equipos que lo conforman. El equipo de Ingeniería de Detalle es liderado por el jefe de Proyectos, el cual es el encargado de tener el registro y control de todas las obras que contratan el servicio de ACEDIM®. El Jefe de Proyectos es, además, el encargado de dirigir a los Coordinadores Generales a los cuales se les asigna, según su experiencia y especialidad, cada uno de los proyectos contratados de acuerdo con el tipo de edificación, complejidad constructiva o tipo de producto contratado.

Figura 11

Organigrama de equipos de trabajo de TSC Innovation.



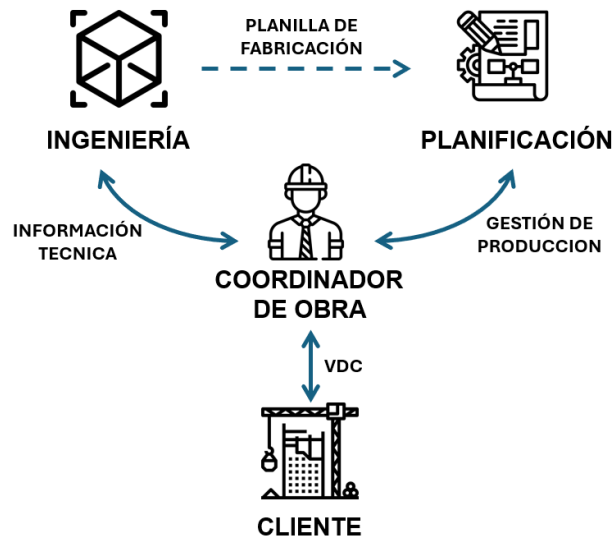
Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Luego de ser asignados a un proyecto, los coordinadores generales desempeñan el rol de Coordinador de Obra, cuya principal función es la de interactuar y coordinar cada uno de los proyectos ACEDIM® con el equipo técnico de la parte constructiva del proyecto, en adelante denominado Cliente. Desde la ingeniería de detalle hasta la instalación de las piezas de acero, el Coordinador de Obra y el Cliente trabajan en conjunto bajo los estándares y herramientas VDC durante todo el proceso de construcción del proyecto.

Por otro lado, un área importante para el suministro de ACEDIM® es la de Planificación, equipo integrado por los analistas de planificación. Esta área se encarga de brindar el soporte de logística para el control y seguimiento del producto de acuerdo con las solicitudes del Coordinador de Obra del área de ingeniería.

Figura 12

Interacción Equipo de Ingeniería y Planificación con el Cliente.



Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

En la Figura 12, se muestra la interacción entre los equipos involucrados en la producción y suministro de ACEDIM®. Por un lado, el Equipo de Ingeniería se encarga de elaborar el modelo BIM de estructuras del proyecto y crear la documentación necesaria para la fabricación e instalación.

La información recibida por el equipo de Planificación es procesada y enviada a la planta de producción para el corte, doblado y etiquetado de cada una de las piezas ACEDIM®. Luego de tener listo el material, este equipo se encarga también de la organización del despacho del producto hacia la obra.

Cabe observar también que la interacción entre el equipo de Ingeniería y de Planificación no se da de forma directa sino a través del Coordinador de Obra. Este es el encargado de dar el visto bueno final sobre el diseño del despiece en el modelo BIM, y de coordinar la producción con el equipo de Planificación.

3.3 Flujo VDC para la producción de ACEDIM®

El flujo VDC para la producción de ACEDIM® inicia con la definición de los objetivos del proyecto, estos pueden ser virtuales como la reducción de horas hombre en obra y la optimización de recursos; o reales como la entrega a tiempo

y la reducción de la variabilidad. A partir de objetivos del proyecto definidos, se pueden establecer los objetivos del cliente, los cuales se concentran en los costos, plazos y calidad del proyecto.

A continuación, la empresa Constructora elabora la visión global del proyecto mediante el Master Plan o Plan Maestro y a partir de este, se programa el flujo de actividades iniciales con el cual AASA-TSC inicia la creación del modelo BIM de estructuras. Durante la creación del modelo virtual se analiza la constructibilidad del proyecto, se revisan interferencias y se optimiza el diseño para obtener la validación virtual de parte de la empresa Constructora. La optimización del proyecto permite identificar oportunidades de mejora en los costos, tiempos y logística del suministro de ACEDIM® y también permite actualizar los modelos antes de construir físicamente.

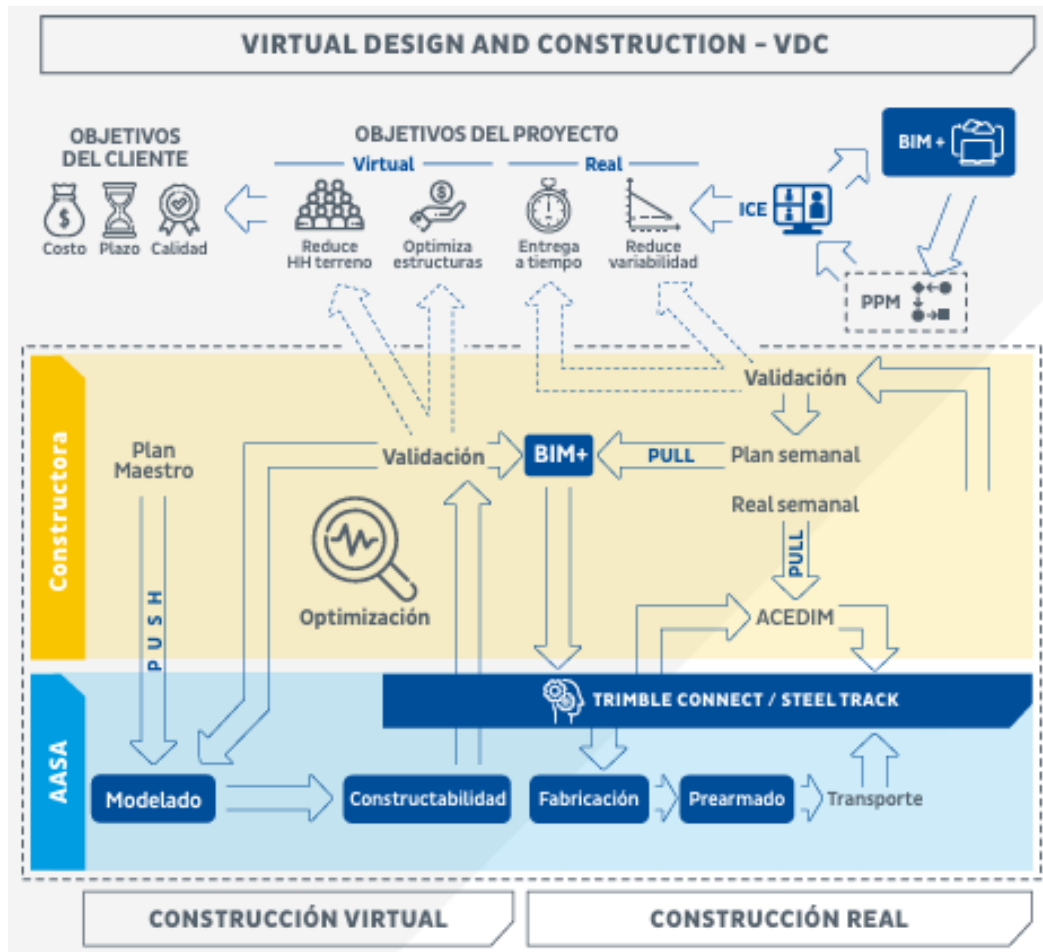
Basado en los modelos BIM de estructuras validados y la información real del avance en obra, se genera un Plan Semanal bajo la aplicación de la metodología Lean, en el cual solo se programa lo necesario y confirmado. De acuerdo con este plan, AASA-TSC inicia la fabricación de los componentes ACEDIM® y realiza la gestión y control de estos usando las plataformas de Trimble Connect (Trimble Inc., s.f.-b) y Steel Track. Finalmente, luego de la fabricación, los componentes son transportados al sitio de obra y se realiza el montaje y construcción real con base en el Plan Semanal validado.

En la Figura 13, se muestra de manera gráfica los diferentes tipos de interacciones entre AASA-TSC y el Cliente descritas anteriormente. Estas interacciones se pueden agrupar en dos grandes etapas: Construcción virtual, el cual comprende la creación del modelo BIM de estructuras y Construcción Real, el cual comprende la fabricación de ACEDIM® en base a la planificación del proyecto.

Durante cada etapa del flujo descrito anteriormente, existen procesos de retroalimentación y mejora continua en los cuales se recopila la información del avance real de la obra y se validan y optimizan los modelos y la planificación del proyecto.

Figura 13

Interacción entre AASA-TSC y Cliente bajo los estándares VDC.



Nota: La figura muestra los diferentes procesos e interacciones entre AASA-TSC y la constructora del proyecto bajo el enfoque VDC. Corporación Aceros Arequipa (s.f.-a)

3.4 Coordinación para el suministro de ACEDIM®

Antes de iniciar con la creación del modelo BIM de estructuras, es fundamental establecer una definición clara de los alcances y entregables para garantizar el éxito del proyecto. Al tener claro qué información se espera encontrar en el modelo, se puede establecer un control de calidad del producto basado en criterios objetivos y verificables. Sin una definición clara de los alcances, se corre el riesgo de generar modelos incompletos, ambiguos o que no respondan a las necesidades reales del proceso constructivo.

La metodología BIM establece que los entregables deben estar alineados con los Requisitos de Intercambio de Información (EIR, por sus siglas en inglés), en los

cuales se establece la información que debe contener el modelo, el Nivel de Desarrollo (LOD, por sus siglas en inglés) que debe alcanzar cada elemento, las propiedades asociadas y los formatos de entrega de la documentación.

3.4.1 Alcance del modelo BIM de estructuras.

A continuación, se detallan algunos criterios establecidos dentro del área de ingeniería de detalle para el proyecto TORRE SK. Si bien el cierre comercial comprende, además, la negociación económica entre el Cliente y AASA-TSC, no es objetivo de este trabajo presentar dicha información, por lo que se tomará especial atención a las partes que comprenden la parte constructiva del proyecto los cuales se describen a continuación.

3.4.1.1 Alcance del servicio ACEDIM®

Como se ha visto anteriormente, la producción ACEDIM® parte de la creación de un modelo BIM de estructuras, y posterior a ello se obtienen la documentación necesaria para la fabricación e instalación en obra. Por otro lado, es importante que el cliente proporcione los planos finales del proyecto en sus diferentes especialidades y brinde el soporte técnico necesario durante la creación del modelo, dado que el servicio de ACEDIM® no incluye un análisis estructural y se limita solo a la evaluación de la constructibilidad.

Dentro de los alcances de servicio ACEDIM®, es importante definir también el tipo de estructuras al cual se va a suministrar las piezas de acero. Para la creación del modelo BIM de estructuras, el equipo de ingeniería de detalle de AASA-TSC clasifica los elementos estructurales de en tres principales grupos como se muestra en la Tabla 2.

El grupo de cimentación incluye las zapatas, plateas de cimentación y vigas de cimentación; por otro lado, el grupo de portantes incluye elementos verticales como las placas y columnas; y, por último, el grupo de coberturas es conformado por los elementos horizontales como vigas y losas.

Tabla 2*Clasificación de estructuras según su aplicación o componente estructural.*

APLICACION ESTRUCTURAL	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Cimentaciones	Zapatas, vigas de cimentación, plateas de cimentación.
Portantes	Columnas, placas, muros de anclaje.
Coberturas	Vigas, losas aligeradas, losas macizas.

Para el proyecto TORRE SK, se ha definido dentro de los alcances de ACEDIM® realizar el modelado de las estructuras de zapatas, placas, columnas, vigas y losas. En la Tabla 3, se muestran el tipo de producto ACEDIM® que se suministrara para cada tipo de elemento estructural. Dentro del suministro ACEDIM® obtenido a partir del modelo BIM de estructuras se están considerando el diseño de zapatas, vigas y muros de la cisterna. También se incluye el diseño de las columnas y placas, sin embargo, se agrega el prearmado en obra para el suministro de ACEDIM®.

Para el caso de las losas macizas y aligeradas, no se está considerando el diseño de estos elementos dentro del modelo BIM de estructuras, ya que estas se complementan con el diseño de las prelosas suministradas por un tercer proveedor. El diseño de estas piezas se realiza directamente sobre los planos 2D.

Tabla 3*Alcance del modelo BIM de estructuras para el proyecto TORRE SK.*

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE PRODUCTO ACEDIM®
Zapatas	ACEDIM®
Columnas y placas	ACEDIM®+PREARMADO
Muros (cisterna)	ACEDIM®
Vigas	ACEDIM®
Losas	ACEDIM® 2D

3.4.1.2 Nivel de detalle

El Nivel de Detalle permite describir la información geométrica de los elementos del modelo BIM. Comprende el detalle geométrico, las dimensiones, la ubicación, la apariencia y el desarrollo paramétrico de cada uno de los elementos (PLAN BIM PERU, 2021). En Nivel de Detalle se estructura a través de cinco niveles que organizan los aspectos de la información geométrica, los cuales parten desde lo conceptual hasta lo detallado. En la Figura 14, se muestra las características sobre el contenido de la información para cada uno de los niveles de detalle.

Figura 14

Matriz de Nivel de Detalle.

NIVEL DE DETALLE Indica el grado de definición de la información geométrica.	Ejemplo					
						
	Referencia	Elementos representados de forma referencial	Elementos representados de forma aproximada	Elementos representados de forma precisa	Representación de elementos de fabricación e instalación	Representa el As-built

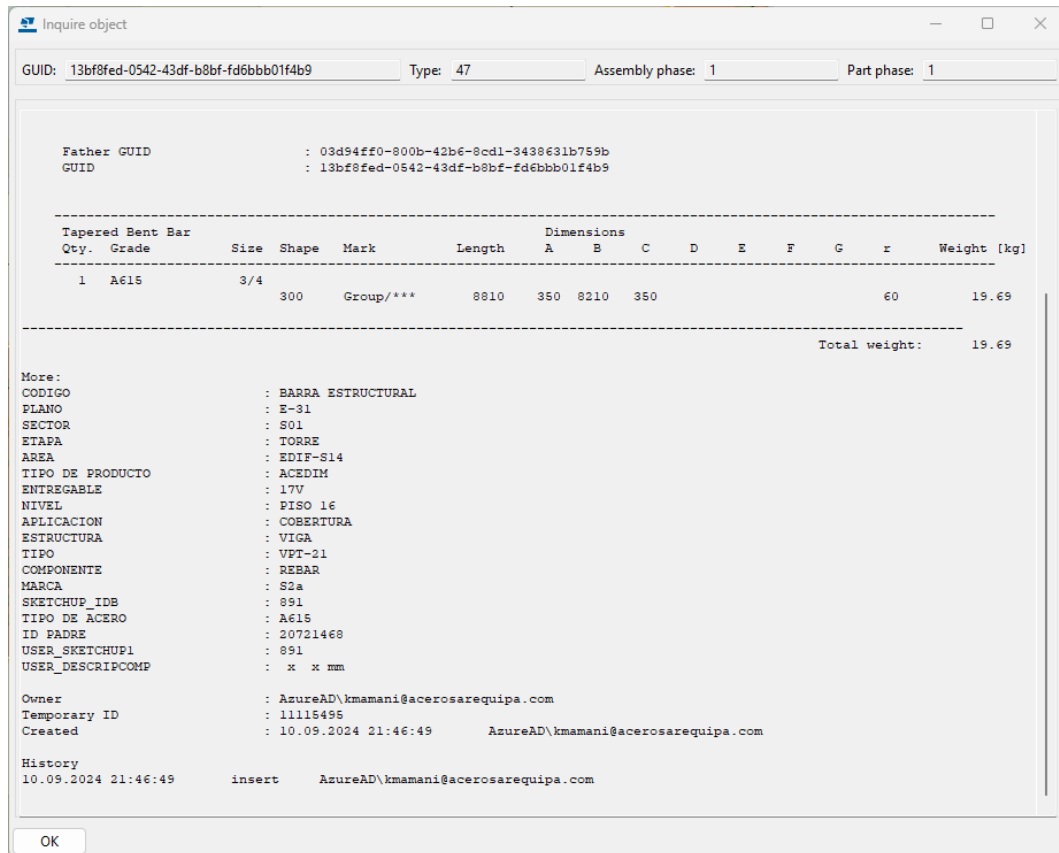
Nota: En la figura se muestra las diferentes niveles de detalle y el tipo de información que debe contener. Adaptado de Ministerio de Economía y Finanzas (2023).

Para el caso de la creación del modelo BIM de estructuras del proyecto TORRE SK, dado que se trata de una edificación multifamiliar el cual no posee elementos estructurales complejos, se ha establecido para el proyecto un LOD 400 el cual posee toda la información respecto a los detalles constructivos y geometría necesarios para la fabricación de ACEDIM® y su correcta instalación en obra.

En la Figura 15 se muestran los atributos por los cuales están contruidos cada uno de los elementos del modelo BIM. Dentro de estos parámetros se incluye información general del elemento, así como información geométrica. La definición de estos Atributos Definidos por el Usuario (ADU's) se desarrollará a detalle más adelante.

Figura 15

Nivel de Detalle del modelo BIM del proyecto TORRE SK.



Nota: La figura muestra la información almacenada en cada elemento del modelo BIM. Se tienen atributos de identidad y datos geométricos. Captura de Tekla Structures.

3.4.1.3 Programación de obra

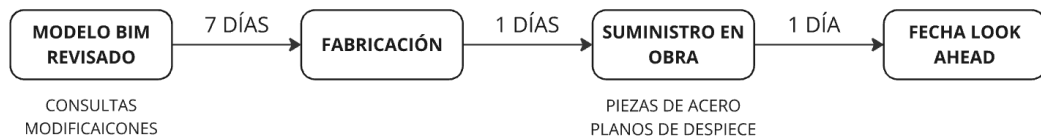
A partir del Plan Maestro, el equipo técnico de obra utiliza un cronograma Look Ahead para organizar las actividades de construcción a corto plazo, asegurando que la secuencia constructiva de un elemento se desarrolle de acuerdo con un “tren de trabajo”. Por este motivo, dentro de la planificación, se debe asegurar que las estructuras de concreto armado estén listas para recibir las piezas de ACEDIM® en el momento adecuado.

Para proyectos de edificación, el servicio ACEDIM® establece generalmente un Lead Time de Producción de 9 días, el cual inicia cuando el cliente brinda la validación del modelo BIM y se continúa con el proceso de fabricación y logística de las piezas de acero en obra (ver Figura 16).

Cabe resaltar que estos tiempos son variables y su duración depende de la validación constante del cliente, factores logísticos como la falta de espacio en obra o factores geográficos, como la ubicación del proyecto o los accesos a la misma.

Figura 16

Lead Time de Producción promedio de ACEDIM®.

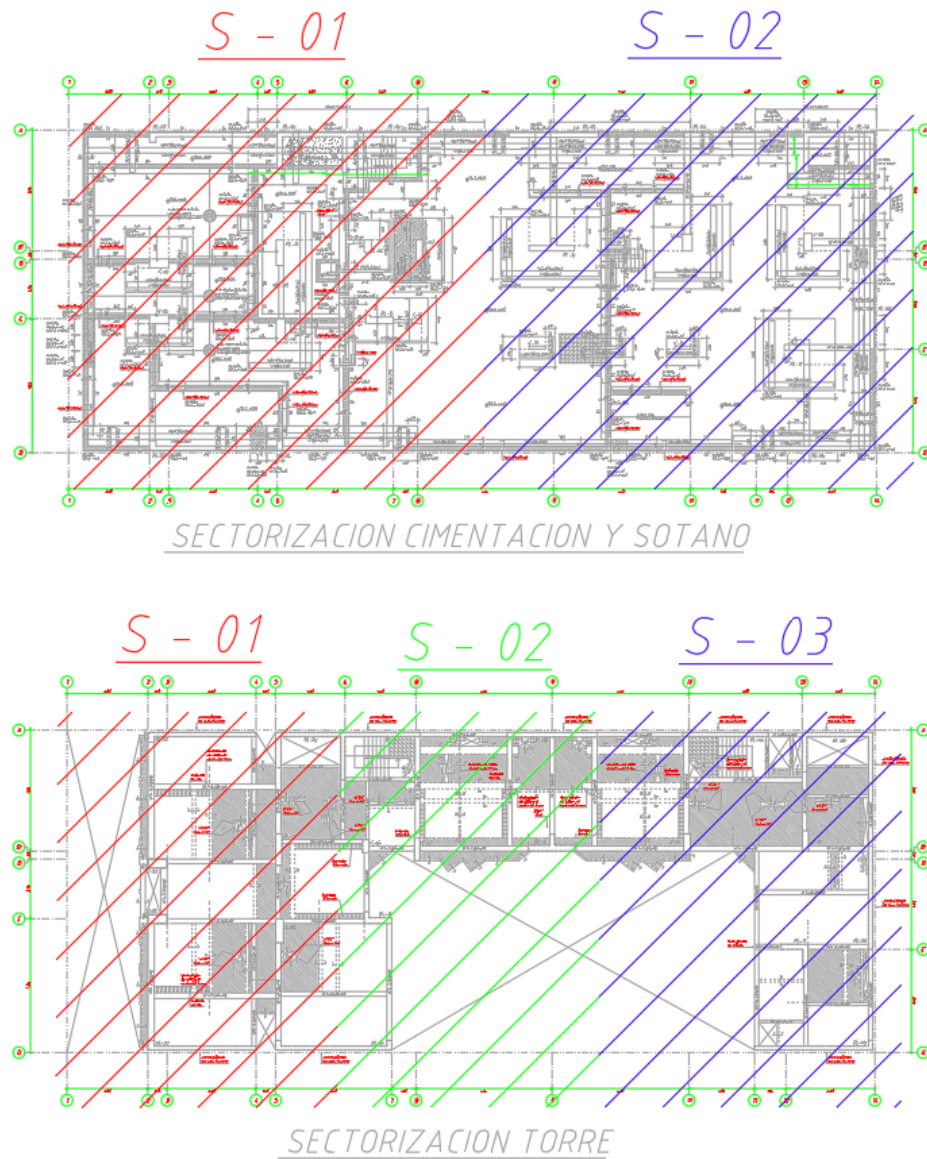


Nota: En la figura se muestra los lapsos de tiempo utilizados para la producción de ACEDIM. Las fechas son utilizadas para la planificación del suministro, sin embargo, la duración de cada etapa está sujeta a la coordinación entre el cliente y proveedor. Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Dado la extensión de área del proyecto TORRE SK de 970m² en los niveles de sótanos y 610m² en los niveles superiores aproximadamente, el equipo técnico de la parte constructora estableció el suministro de las piezas ACEDIM® en fases mediante una secuencia constructiva o sectorización. Esto permite dividir y clasificar el trabajo de acuerdo en entregables o niveles y avanzar en paralelo el suministro de acero y la creación del modelo BIM de estructuras.

Figura 17

Sectorización de planta propuesta por el cliente.

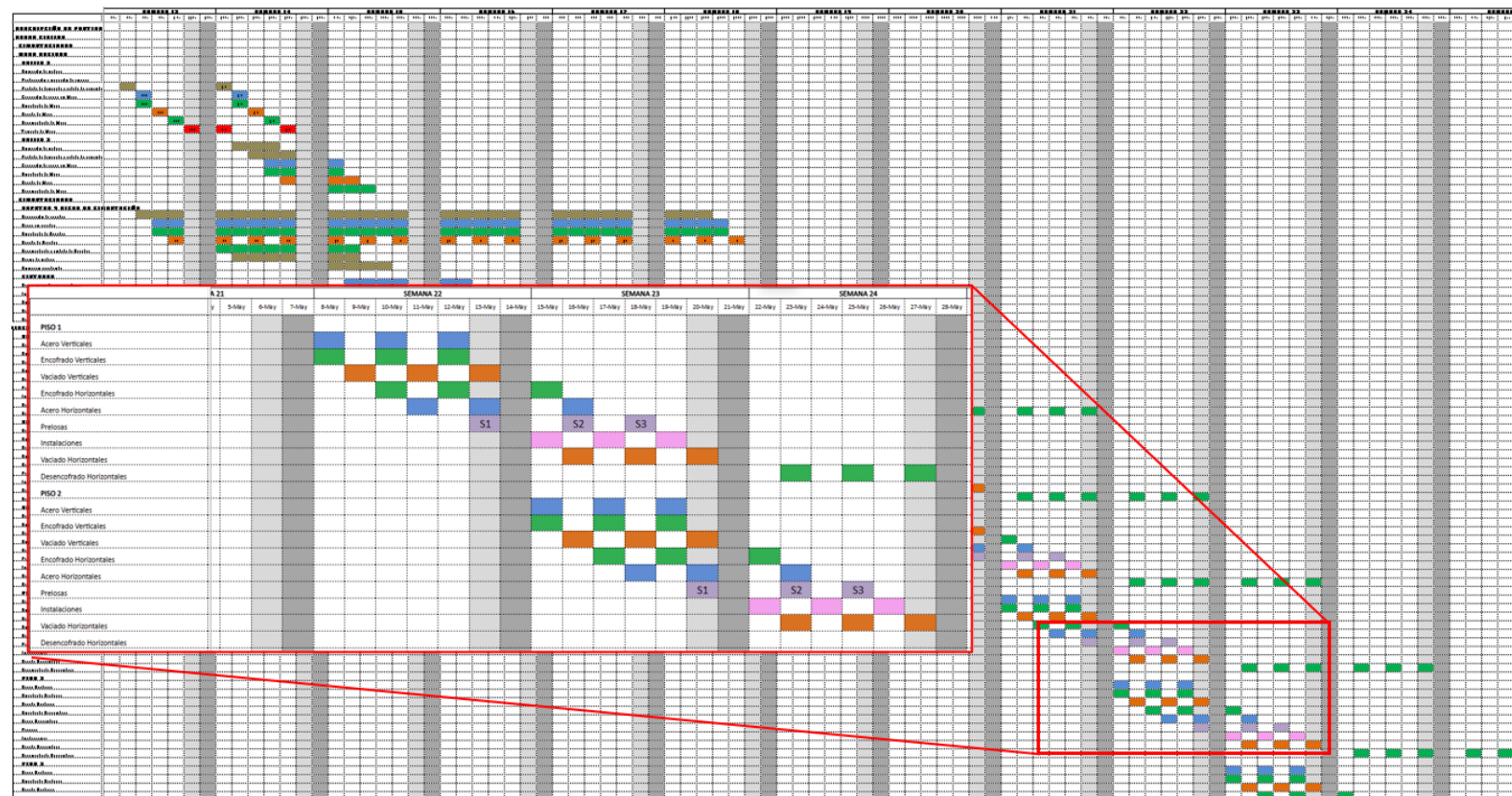


Nota: En la imagen se muestra la sectorización propuesta por el cliente. Esta sectorización está basada en el análisis de la programación de obra. Elaboración propia

Para el proyecto TORRE SK, el cliente estableció una secuencia constructiva, dividiendo la extensión del proyecto en sectores tanto para los niveles de sótanos (2 sectores) y torre (3 sectores), lo que permitió proyectar un tren de trabajo de 7 días de duración y una ejecución del casco estructural del proyecto de 6 meses en total. En la Figura 18 se muestra parte del Master Plan del proyecto y las diferentes actividades del “tren de trabajo” para cada sector de la obra.

Figura 18

Master Plan del proyecto TORRE SK



Nota: En la figura se muestra una parte del Plan Maestro diseñado para el proyecto TORRE SK. En este Plan Maestro, se ha establecido un tren de trabajo de 7 días de duración para cada sector. Adaptado de documento interno de Constructora PDK (no publicado).

3.4.1.4 Restricciones y respuestas ante el cambio de la información en ingeniería

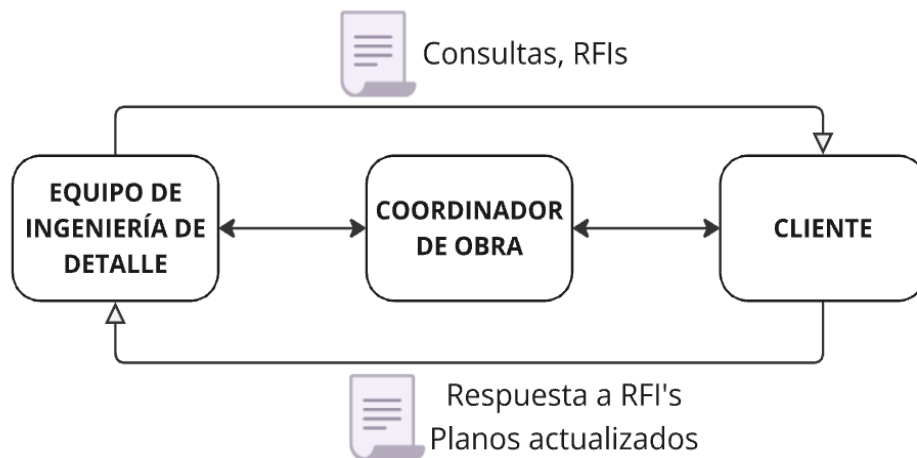
Como parte de los alcances de suministro de ACEDIM®, es importante identificar y gestionar las restricciones que pueden impactar la correcta entrega de las piezas ACEDIM® y que estas afecten la producción, la coordinación y la instalación en obra. Para la creación del modelo BIM de estructuras del proyecto TORRE SK, el Coordinador de Obra y el cliente han establecido las siguientes restricciones:

- Cambio de Planos: Modificaciones a los planos después de haber iniciado el proceso de modelado y producción. Impacta en el cronograma de entregas, genera retrabajos, posibles sobrecostos y desperdicio de material.
- Demora en Respuesta por parte del Cliente: Tardanza en las respuestas a solicitudes de información. Retrasa la producción y puede alterar el cronograma de entrega.
- Anticipación a la Instalación: Falta de coordinación entre la entrega de piezas y la instalación en obra. Puede generar problemas de almacenamiento o retrasos si no se ajustan al cronograma de obra.

Para evitar la ocurrencia de estas restricciones durante la ejecución del proyecto, el Coordinador de Obra es el encargado de mantener el flujo continuo entre las solicitudes o consultas de información por parte del equipo de modelado y la actualización de la información por parte del cliente, ver Figura 19.

Figura 19

Flujo de información entre Cliente y el equipo de modelado BIM de estructuras.



Nota: En la figura se muestra la documentación utilizada para el intercambio de información entre el equipo de modelado y el cliente. Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

3.4.2 Herramientas para la gestión de la información.

La gestión y el intercambio de la información entre el cliente y el proveedor es esencial para garantizar una comunicación eficiente y una ejecución correcta del suministro de ACEDIM®. El uso de herramientas BIM y la metodología VDC ofrecen una estructura clara para la gestión de la información, asegurando que cada parte involucrada tenga acceso a la información actualizada en el momento adecuado, optimizando la producción y el control de la obra en tiempo real.

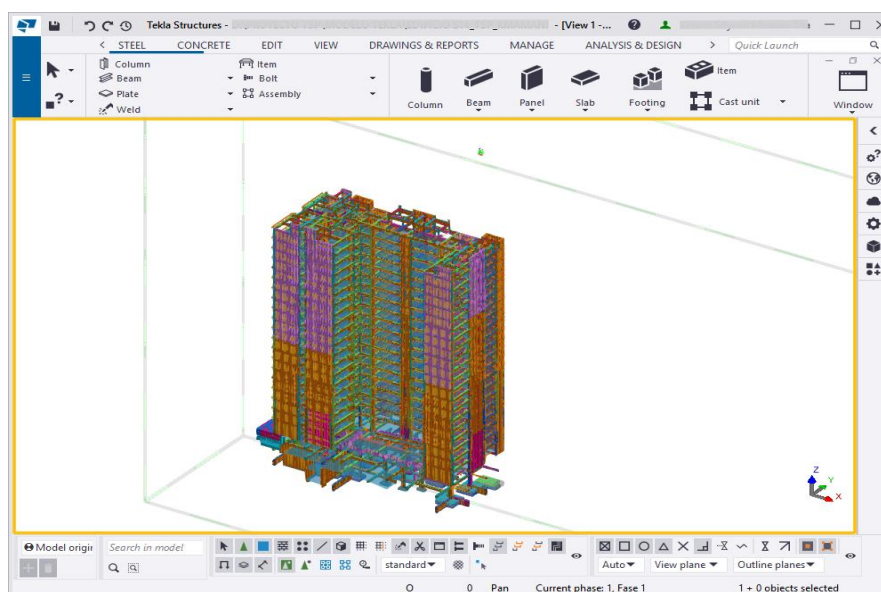
3.4.2.1 Herramientas y plataformas para el intercambio de información

Durante la creación del modelo BIM de estructuras para la fabricación de ACEDIM®, se utilizan herramientas virtuales de modelado y de colaboración que permiten el intercambio y la coordinación de la información de manera óptima dentro del marco de la metodología BIM. A continuación, se describe los principales programas utilizados por el equipo AASA-TSC:

- Tekla Structures (Trimble Inc., s.f.-a): Principal herramienta utilizada para la creación del modelo BIM de estructuras. Este software permite la creación de modelos precisos que contienen la información necesaria para la producción de ACEDIM®.

Figura 20

Interfaz de Tekla Structures 2020.

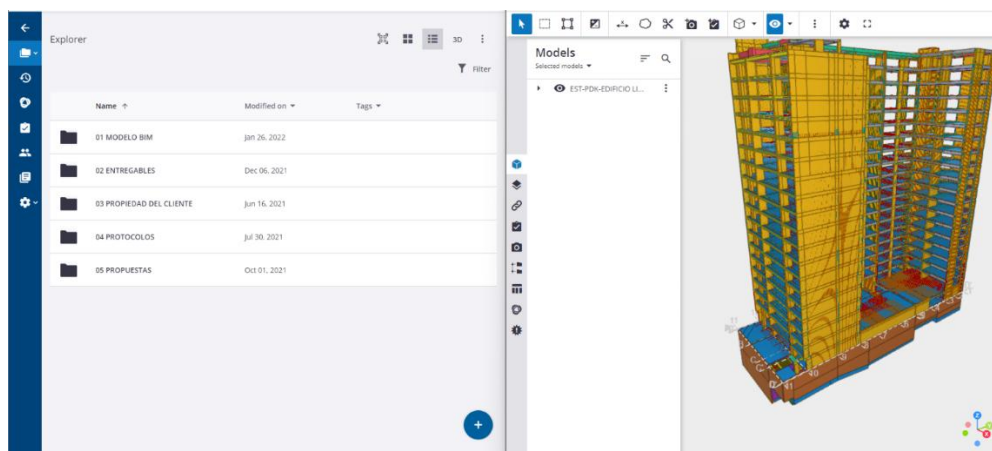


Nota: Captura de Tekla Structures

- Trimble Connect (Trimble Inc., s.f.-b): Es una plataforma de colaboración basada en una nube de archivos diseñada para compartir, visualizar modelos 3D y almacenar documentación de la obra tales como planos, fotografías y documentos. A diferencia de Tekla Structures, esta herramienta no requiere de una licencia específica para acceder al modelo, lo que lo convierte en una herramienta mucho más accesible para el cliente y otros interesados que no poseen una licencia de Tekla Structures.

Figura 21

Interfaz de Trimble Connect.



Nota: En la imagen se muestra la interfaz de Trimble Connect como almacén de nube de archivos (izquierda) y visualizador de archivos de formato .IFC. Trimble Inc. (s.f.-b)

- Hoja de Control de Avance y Producción (HCAP): Documento interno de AASA-TSC utilizado para la gestión del control de la producción y los envíos de ACEDIM®. En este documento el Coordinador de Obra registra el estado de fabricación de las piezas, las fechas programadas de producción y el peso total para la valorización del producto.

Figura 22

Estructura del HCAP

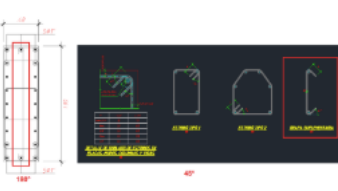
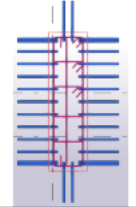
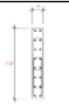
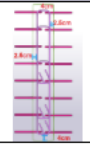
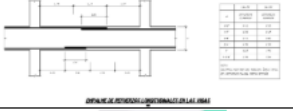
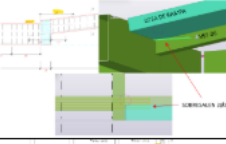
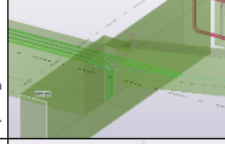
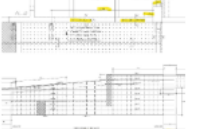
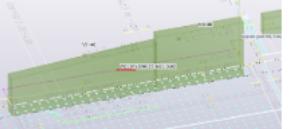
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	nombre	acero	entregable	area	etapa	nivel	sector	aplicacion	estructura	tipo	cantidad	plano	planoOriginal	revActual	pesoEstimado	fechaEnvio	subEstado	estadoScoin	producto	fechaEntrega
2	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	CO-10		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
3	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	CO-7		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
4	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	CO-8		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
5	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	CO-9		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
6	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-01		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
7	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-04		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
8	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-06		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
9	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-08		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
10	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-10		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
11	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-11		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
12	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-12		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
13	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-14		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
14	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-16		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
15	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-17		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
16	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-20		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
17	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-21		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
18	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-22		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
19	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-23		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
20	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-24		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
21	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-25		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
22	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-26		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
23	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-27		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
24	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-28		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
25	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-29		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
26	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S01	COBERTURA	VIGA	VPT-30		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	08/07/2023
27	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-02		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023
28	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-03		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023
29	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-05		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023
30	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-07		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023
31	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-09		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023
32	11V-EDIF-SK-T 615/706	11V	TORRE SK	TORRE	PISO 08	S02	COBERTURA	VIGA	VPT-11		1				3		En diseño	Ingeniería	ACEDIM	11/07/2023

Nota: En la figura se muestra la estructura de datos del HCAP, en ella se registra las fases de producción de cada elemento estructural construido con ACEDIM. Tomado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

- Log de Consultas: Es un documento centralizado que recoge todas las solicitudes de información (RFI), incompatibilidades, interferencias o mejoras constructivas que surgen a partir de la creación y revisión del modelo BIM de estructuras por parte del equipo de ingeniería de detalle y dirigidas hacia el cliente. Este registro permite realizar un seguimiento claro y formal de las consultas y respuestas.

Figura 23

Estructura del Log de Consultas.

ID	RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN CONSULTA	PROPUESTA	IMAGEN PROPUESTA	ESTADO DE CONSULTA	TIPO DE CONSULTA	COMENTARIOS/RESPUESTA
CO-28	AGH	En los detalles se indican que las trabas serán tendran sus ganchos en 45° pero en el desarrollo de las placas se observa que los ganchos estan en 180°		Los ganchos de las trabas se estan considerando en 180° como se muestra en el desarrollo de la placas		Cerrada	Incompatibilidad	conforme
CO-29	AGH	La columna C-14 tiene un espesor de 15cm, siendo muy delgada para tener un recubrimiento de 4cm		Se propone usar recubrimiento de 2.5cm para espesores de columnas menores a 20cm		Cerrada	Mejora	Considerando un espaciamiento libre entre fierro de 2.54 cm, se podría tener 3.5 cm de recubrimiento. Considerar esto.
CO-30	KMZ	Según el plano E01 de Especificaciones Técnicas, se tiene que detalle de EMPALME DE REFUERZOS LONGITUDINALES EN LAS VIGAS no muestra las medidas para el caso en que las barras empalmen más del 50% del área de refuerzo.		Se propone usar un empalme CASTIGADO al 30% para los casos en que sea necesarios empalmar más del 50% del área de refuerzo. Las medidas castigadas se muestran en la imagen propuesta, favor de validar criterio.		Cerrada	Mejora	Aprobado
CO-31	KMZ	Según el plano E41 de DESARROLLO DE VIGAS, en el SOTANO 02 se tiene que en la viga VST-06 en apoyo intermedio tiene un cambio de sección de 35cm a 20cm. Además, se indica que las barras superiores 4Ø3/4" anclan una longitud de 90cm, sin embargo, al diseñar 2 de estas barras quedan expuestas (ver imagen).		Se esta considerando que las barras expuestas mueran con gancho estándar en la viga de apoyo VST-23 (ver imagen propuesta). Favor de confirmar criterio asumido.		Abierta	Mejora	
CO-32	KMZ	Según el plano E41 de DESARROLLO DE VIGAS, en el SOTANO 01 se tiene que en la viga VS1-08 en el 4to tramo difiere en la longitud de luz del plano de TECHO DE ENCOFRADO DE TECHO DE SOTANO 01.		Se esta considerando la longitud indicada en el plano de ENCOFRADO DE TECHO DE SOTANO 01, es decir 6.70m para el 4to tramo de la viga VS1-08. Favor de confirmar criterio asumido.		Cerrada	Incompatibilidad	Se reviso de manera interna, sec confirma el diseño

Nota: En la figura se muestra la estructura del Log de Consultas, en este documento se describen las observaciones referidas al diseño de ACEDIM y se apoyan con imágenes de referencia obtenidas desde el modelo BIM de estructuras. Documento interno de AASA-TSC (no publicado).

El proceso de comunicación e intercambio de información utilizando las herramientas mencionadas se estructura de forma jerárquica y centralizada, estableciendo una única ruta de comunicación entre el Cliente y el Coordinador de Obra. Esto asegura que no existan malentendidos o información fragmentada, y que todas las decisiones importantes se tomen de forma clara y documentada.

3.4.2.2 Flujo de la información

La correcta gestión de la información es fundamental para asegurar la coherencia entre el diseño, la producción y la instalación de las piezas ACEDIM®. La integración entre las herramientas antes mencionadas (Tekla Structures, Trimble Connect, HCAP y LOG de Consultas), permiten que las partes interesadas del proyecto trabajen con datos actualizados y coordinados, optimizando así, la toma de decisiones y la planificación del proyecto.

A continuación, se detalla las etapas clave del proceso de la gestión de la información dentro del flujo del modelado, fabricación e instalación de piezas ACEDIM®:

- **Fase de Modelado BIM (Tekla Structures):** El equipo de ingeniería de detalle genera el modelo BIM de estructuras detallado en Tekla Structures, basado en los planos estructurales del proyecto proporcionados por el cliente. Este modelo incluye todas las especificaciones y detalles estructurales, al mismo tiempo que se realiza el registro de incompatibilidades, interferencias y mejoras constructivas en el Log de Consultas. Por otro lado, el modelo creado se puede visualizar a través de Trimble Connect, permitiendo una colaboración accesible y fluida entre las partes.
- **Revisión y Coordinación a través de VDC:** Mediante las sesiones el proveedor y el cliente ICE realizan la revisión colaborativa del modelo BIM de estructuras, coordinando la integración con otras disciplinas y ajustando la producción y cronogramas de entrega. El Log de Consultas centraliza las dudas y respuestas, facilitando una rápida resolución de cualquier discrepancia o cambio solicitado por el cliente, manteniendo el proyecto en línea con los tiempos planificados.

- Producción, Envío y Coordinación con el Cronograma Look Ahead: El control de la producción se gestiona mediante el HCAP, documento que monitorea el progreso de la fabricación y organiza las entregas de acuerdo con el cronograma de obra. La producción de ACEDIM®, que suele tardar unos 9 días desde la validación del modelo BIM de estructuras, se revisa junto con el Look Ahead del proyecto obtenido desde el Master Plan de la obra para garantizar que las piezas lleguen al sitio del proyecto en el momento adecuado para su instalación, evitando retrasos y acumulaciones de materiales.

De lo anterior se puede resumir que, el uso adecuado de las herramientas proporcionadas por la metodología BIM y VDC optimizan los procesos de coordinación entre el cliente y el proveedor desde el inicio de la creación del modelo BIM de estructuras hasta la instalación en obra del producto. Por otro lado, el empleo de herramientas como Tekla Structures permite crear modelos detallados y precisos, mientras que Trimble Connect facilita la colaboración e intercambio de información con el cliente sin necesidad de licencias. Respecto a la gestión de la información, las sesiones ICE y el Log de Consultas, garantizan una rápida respuesta y ajustes eficientes en el modelo y, por último, a través del HCAP, la producción y el envío de piezas se sincronizan con el cronograma de obra, asegurando entregas oportunas y minimizando retrasos, lo que asegura el cumplimiento de plazos.

Capítulo IV: Modelado BIM del acero predimensionado

En el presente capítulo se describe el proceso de la creación del modelo BIM de estructuras de un edificio multifamiliar de 4 sótanos y 20 pisos denominado TORRE SK para la fabricación de piezas ACEDIM®, los mismos que serán utilizados para la construcción de elementos de concreto armado. Además, se desarrollará el análisis de la información, los procesos y herramientas utilizadas en cada una de las etapas de modelamiento, compatibilización de disciplinas y la revisión de errores e interferencias, haciendo énfasis en el uso de las herramientas de dibujo y modelado como AutoCAD y Tekla Structures.

4.1 Recolección y preparación de la información

El proceso del modelado BIM es un campo dinámico que requiere una coordinación eficaz entre las partes involucradas del proyecto para obtener los resultados deseados. En la actualidad, las edificaciones son cada vez más complejas y requieren una amplia variedad de materiales, instalaciones, recursos y procedimientos. Sin embargo, frecuentemente se termina la fase de diseño del proyecto y se continúa con la fase del proyecto de construcción con un diseño no optimizado, lo que implica errores e incompatibilidades entre los participantes del proyecto.

Antes de iniciar con la creación del modelo BIM resulta indispensable contar con la información precisa y detallada del proyecto. Como se mencionó anteriormente, esta información debe ser constantemente actualizada y validada por el Cliente durante la etapa de construcción del proyecto y transmitida al equipo de ingeniería de detalle mediante el Coordinador de Obra.

Contar con una información actualizada facilita la comunicación y coordinación entre los diferentes equipos de trabajo, de esta forma se asegura que todos estén alineados con los objetivos del proyecto.

4.1.1 Información Técnica del Proyecto

Los planos de las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones del proyecto proveen la base geométrica, espacial y estructural para la creación del modelo BIM y permiten determinar las relaciones entre los diferentes componentes del edificio, así como las interferencias entre las especialidades (Valle, 2015). En un proyecto de construcción, la información técnica del proyecto resulta esencial para garantizar la ejecución eficiente y coordinada.

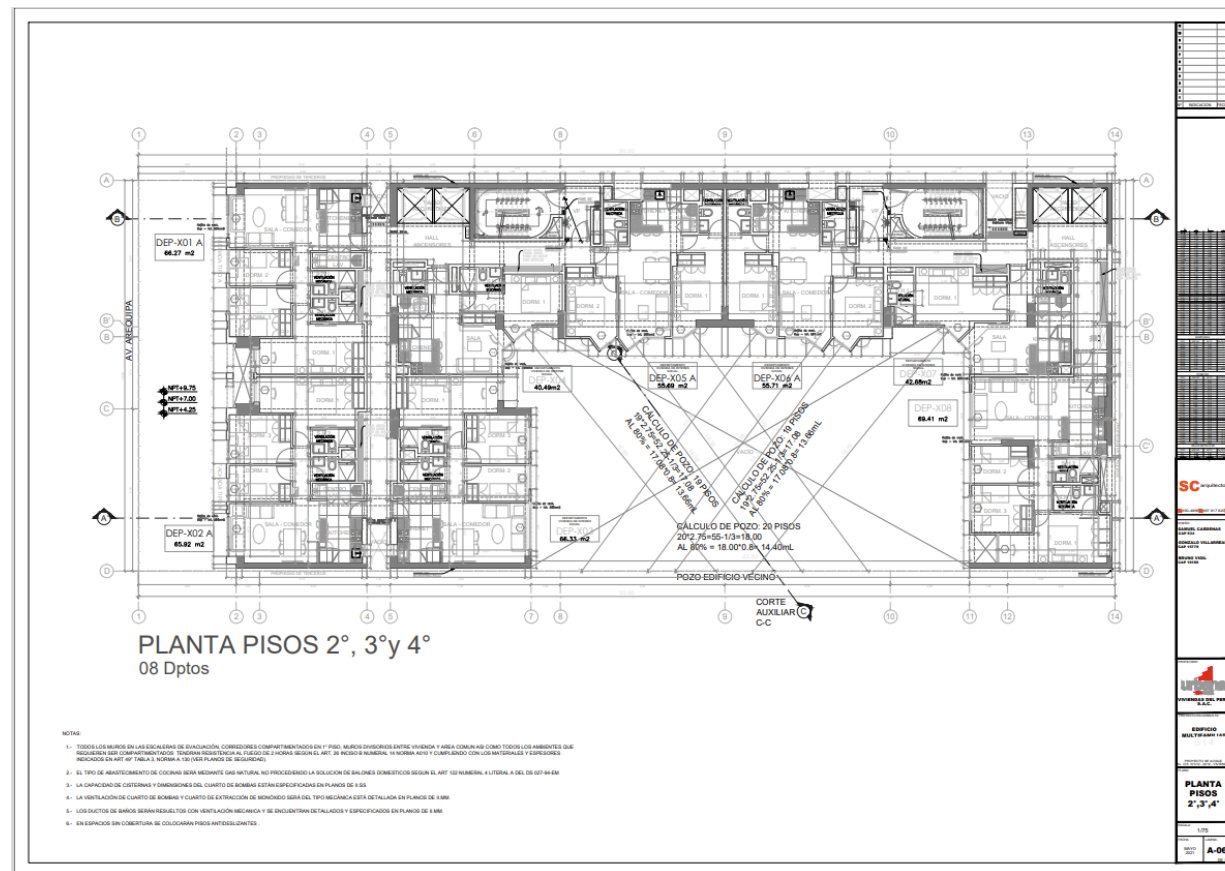
4.1.1.1 Planos arquitectónicos

Son dibujos técnicos que representan las características y detalles de un proyecto arquitectónico. Muestra las dimensiones, distribución de los espacios y elementos constructivos. Además, pueden incluir detalles técnicos como los materiales y sistemas estructurales. Existen varios tipos de planos arquitectónicos utilizados en la arquitectura, entre ellos:

- Plano de planta: representa una vista en planta del edificio, mostrando la distribución de los espacios y la ubicación de las puertas, ventanas y elementos estructurales.
- Plano de elevación: representa una vista frontal del edificio, mostrando las dimensiones, altura, disposición y detalles de las fachadas.
- Plano de sección: representa una vista transversal del edificio, mostrando detalles internos de la estructura y su relación con el entorno.
- Plano de detalles: representa detalles técnicos de la construcción, como detalles constructivos, materiales, sistemas eléctricos, de iluminación y de ventilación.

Figura 24

Plano de distribución arquitectónica TORRE SK.



Nota: Tomado de Urbania Peru

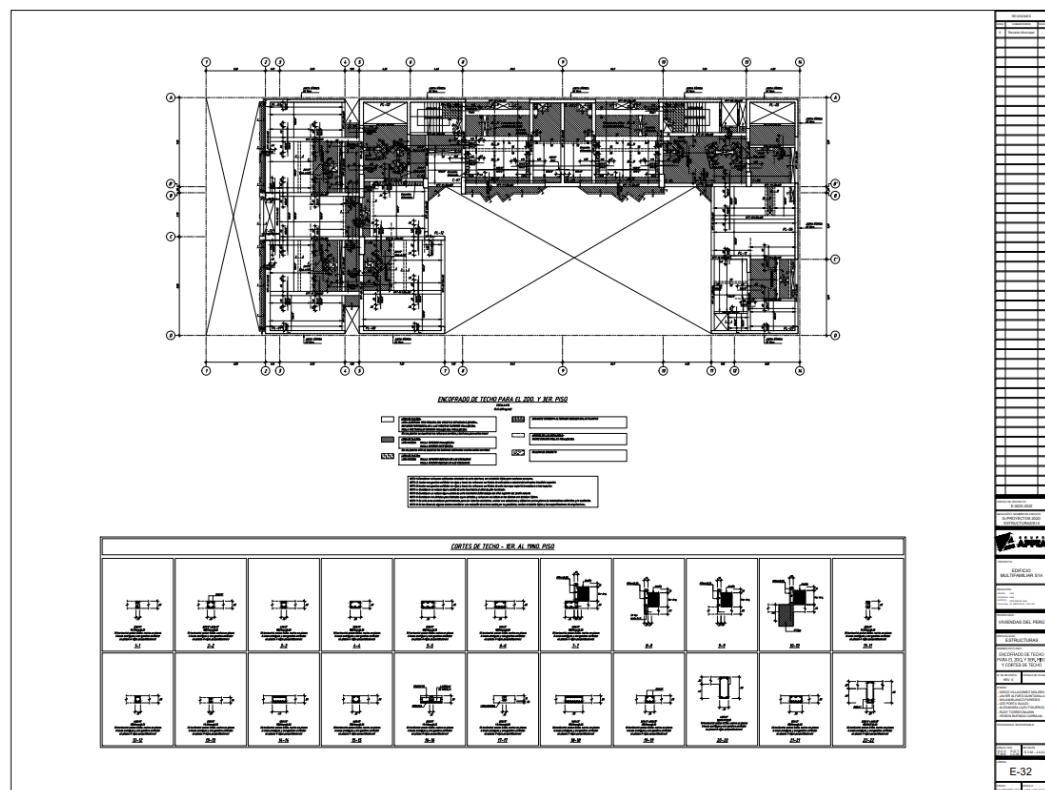
4.1.1.2 Planos estructurales

Son dibujos técnicos que representan el detalle de los elementos estructurales que componen la edificación. En este documento se detallan con precisión los materiales, dimensiones y disposiciones de cada componente que forma parte de las estructuras de la edificación. Estos planos son elaborados por ingenieros estructurales y son esenciales para asegurar que el diseño cumpla con los estándares de seguridad vigentes.

La función principal de un plano estructural es garantizar que los elementos críticos del edificio, como columnas, vigas, muros de carga y cimentaciones, estén correctamente diseñados y distribuidos para soportar las cargas que la edificación enfrentará durante su vida útil.

Figura 25

Plano de encofrado de techo TORRE SK.



Nota: Tomado de documento interno de Grupo APPIA (no publicado).

4.1.1.3 Planos de instalaciones

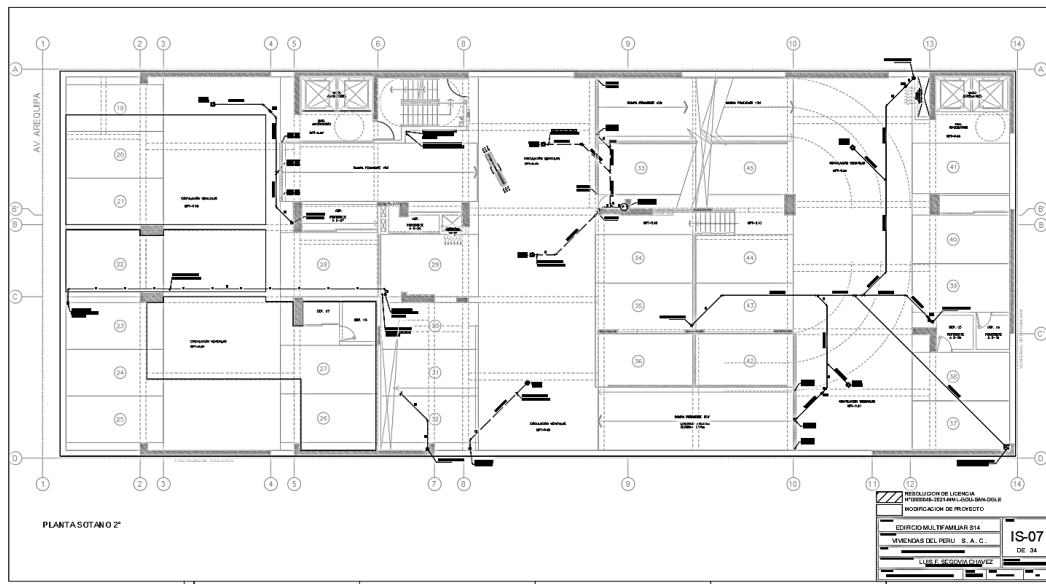
Son dibujos técnicos que muestra de manera gráfica y detallada, la disposición de los sistemas de agua potable, aguas residuales y ventilación dentro de una

edificación. Es decir, este plano indica la ubicación de las tuberías, conexiones de desagüe, registros de drenaje y otros elementos relacionados con el sistema sanitario.

La función principal de un plano de instalaciones sanitarias es garantizar que el sistema de tuberías y conductos de una edificación funcione correctamente, evitando futuros problemas como fugas, obstrucciones o inundaciones. Este plano proporciona toda la información necesaria para instalar correctamente las tuberías de agua potable, drenaje y ventilación.

Figura 26

Plano de instalaciones sanitarias TORRE SK.



Nota. Tomado de documento interno de L. Segovia (no publicado).

4.1.2 Compatibilización de especialidades

La compatibilización es un proceso que revisa y unifica los diseños y la información de todas las especialidades involucradas en un proyecto con la finalidad de poder detectar con anticipación las incompatibilidades, interferencias y observaciones que puedan afectar la funcionalidad de cada uno de los sistemas.

Para la creación del modelo BIM de estructuras del proyecto TORRE SK, la compatibilización de especialidades se realizó mediante la revisión de la información de los planos 2D del proyecto entregados por el Cliente. Para el caso

de ACEDIM®, el equipo de ingeniería de detalle revisa la información de los planos de estructuras, arquitectura e instalaciones.

Figura 27

Compatibilización de información por especialidades.



Nota: En la figura se muestra el tipo de información mínima necesaria contenidas en cada una de las especialidades del proyecto y además se muestra el tipo de compatibilidad que debe existir entre las mismas. Elaboración propia.

La compatibilización entre las especialidades de estructura y arquitectura permite validar la ubicación (tanto en planta y elevación) y dimensión (longitud y sección) de los diferentes componentes estructurales del proyecto. Por otro lado, la compatibilización entre las especialidades de estructura e instalaciones permite ubicar las interferencias de los sistemas de agua, desagüe, eléctricas, etc. en los elementos estructurales del proyecto.

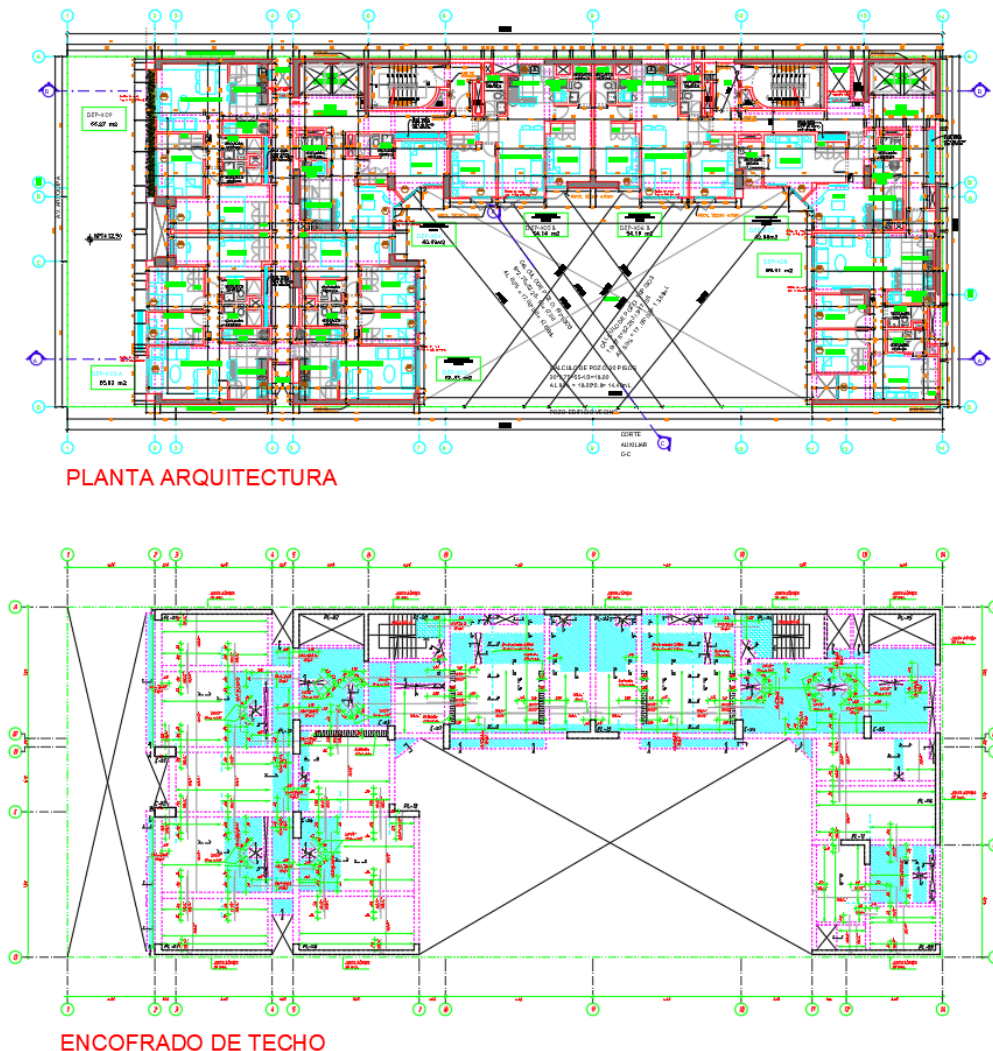
Para el caso de estudio del proyecto TORRE SK, el cliente ha proporcionado la información de forma digital mediante archivos de formato .DWG (AutoCAD); sin embargo, para proyectos de mayor complejidad y extensión se recomienda el uso un modelo digital tales como archivos de formato IFC o Revit. A continuación, se describen algunos de los métodos y herramientas utilizados por el equipo de

modelado para la revisión de la compatibilidad entre especialidades para planos en 2D.

Dado que la información proporcionada por el cliente se encuentra en formato .DWG, se pueden realizar la compatibilidad entre los planos de arquitectura y estructura mediante una inspección visual, esto con el objetivo de validar la ubicación, dimensiones en planta y sección de los elementos estructurales en el cual se van a modelar las piezas de ACEDIM®.

Figura 28

Planos de Planta de Arquitectura y Encofrado de Techo.

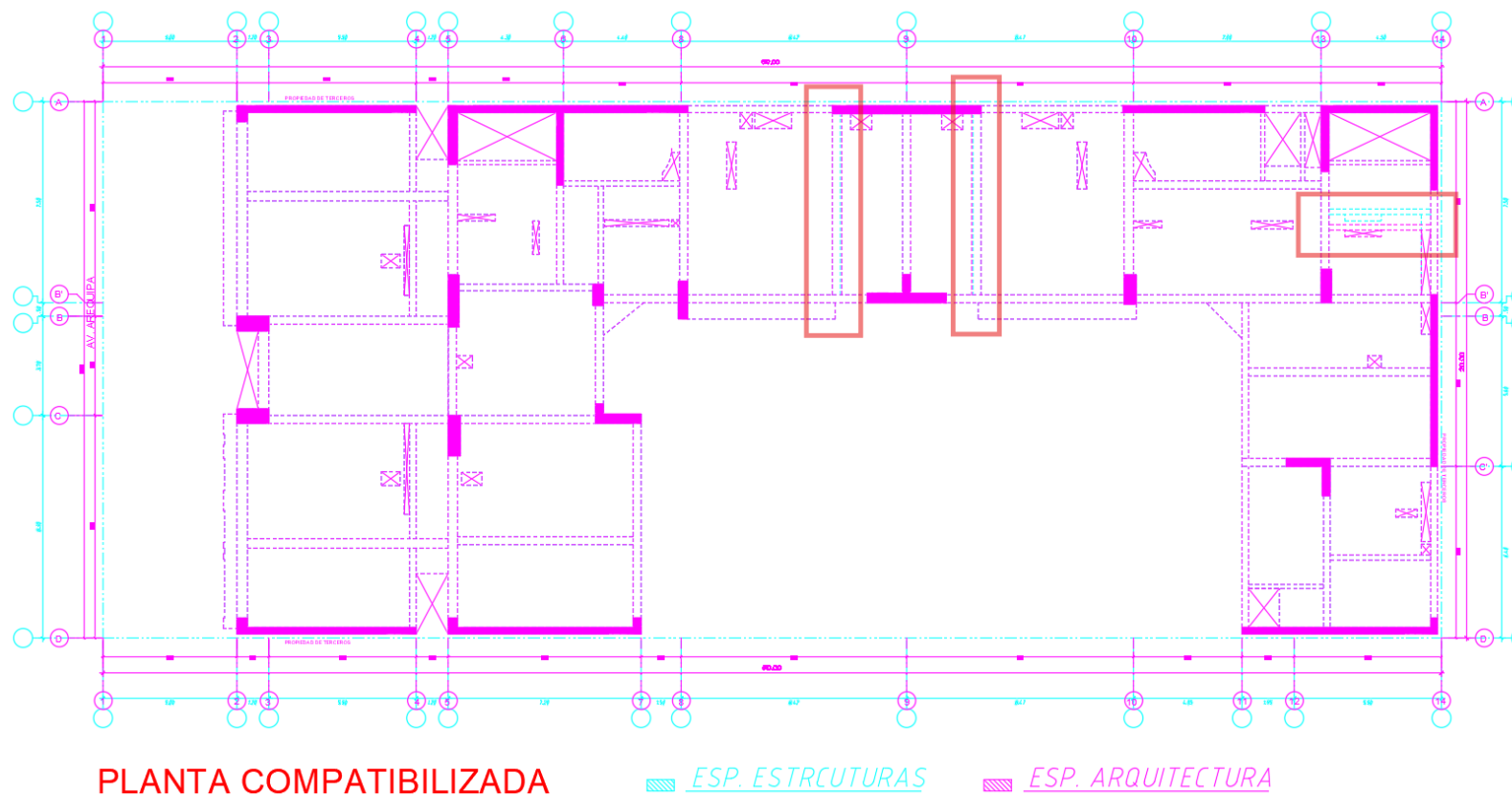


Nota: Para la compatibilización entre las especialidades de Arquitectura y Estructuras se puede hacer uso de los planos de planta y planos de encofrado de techo Elaboración propia

Por ejemplo, en la Figura 28 se muestran los planos de las especialidades de arquitectura y estructuras correspondientes a la planta y el encofrado de techo de un mismo nivel respectivamente. Para la compatibilización de la distribución de los elementos estructurales de ambas especialidades, se realiza una limpieza de los planos de tal forma que solo se identifiquen la ubicación de estos elementos y luego se compara de manera visual los objetos de interés.

Figura 29

Planta compatibilizada de Arquitectura y Estructuras.



Nota: En la imagen se muestra la compatibilización entre las especialidades de Arquitectura y Estructuras. Mediante esta compatibilización se han podido identificar incompatibilidades geométricas. Elaboración propia.

Luego de la limpieza de los planos, los esquemas obtenidos se superponen y se obtiene un plano de planta compatibilizado tal como se muestra en la Figura 29. Como se puede apreciar en el ejemplo mostrado, se han podido identificar algunas incompatibilidades tales como ubicación en planta y anchos de vigas. Estas observaciones son registradas en el log de consultas por el equipo de modelado y quedan a la espera de la resolución por parte del cliente.

Por otro lado, para la compatibilización entre las especialidades de Estructura e Instalaciones, el equipo de Modelado evalúa la información entregada en los planos 2D y elabora un Cuadro de Pases, el cual resume la ubicación exacta de las interferencias entre los sistemas de agua y desagüe con los elementos estructurales.

Figura 30

Cuadro de pases e interferencias en elementos estructurales.

UBICACIÓN DE PASES DE TUBERIA

PASE 2D	SECTOR	CÓDIGO	VIGA	ESPECIALIDAD	DIAM. TUBERÍA Ø	DIAM. PASE Ø	EJE	DISTANCIA DEL EJE - DE (cm)	DIST. F.V. - DF (cm)	ESTADO	COMENTARIOS
NO SE INDICA EN EL PLANO	S1	P1	VS1-18C	ACI	1-1/4"		1	-	-	OBSERVACION	-
SÍ	S1	P2	VS1-21-T1	DESAGUE	4"		1	104	20	OBSERVACION	OK
NO SE INDICA EN EL PLANO	S1	P3	VS1-25-T1	ACI	1"		A	-	-	OBSERVACION	-
SÍ	S1	P4	VS1-25-T2	DESAGUE	4"		A	564	20	OBSERVACION	*PASE FUERA DE CUARTOS DE LUZ.
SÍ	S1	P5	VS1-30-T2	DESAGUE	4"		A	564	20	OBSERVACION	*PASE FUERA DE CUARTOS DE LUZ.
NO SE INDICA EN EL PLANO	S1	P6	VS1-30-T2	ACI	2 1/2"		B	-	-	OBSERVACION	-
NO SE INDICA EN EL PLANO	S1	P7	VS1-32-T4	ACI	1"		C	-	-	OBSERVACION	-
NO SE INDICA EN EL PLANO	S1	P8	VS1-32-T4	ACI	2 1/2"		D	-	-	OBSERVACION	-

Nota: En la figura se muestra el cuadro de pases en cual se registra de manera precisa la ubicación de los pases de tuberías de la especialidad de Instalaciones Sanitarias y los elementos estructurales. Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

En la Figura 30 se muestra el cuadro de pases obtenido de la compatibilización de los planos de estructuras y de instalaciones sanitarias del proyecto TORRE SK. Se puede observar que el cuadro contiene información precisa sobre los pases identificados, tales como su ubicación en planta, tamaño, ubicación relativa e incluye también observaciones sobre el diseño que contradicen las indicaciones de las Especificaciones Técnicas. El cuadro de pases sirve como un documento

que valida la ubicación de las interferencias entre los sistemas sanitarios y elementos estructurales, este documento es revisado y validado por el cliente.

4.1.3 Especificaciones técnicas

Además de los planos de especialidades, se deben revisar las normativas y especificaciones técnicas aplicables al proyecto. Esta información generalmente se obtiene del plano de Especificaciones Técnicas y Detalles Generales del juego de planos de la especialidad de estructuras del proyecto.

Dentro de las especificaciones técnicas del proyecto se puede destacar la siguiente información para el modelado y restricciones geométricas de las piezas de acero:

- Recubrimientos
- Longitud de ganchos a 90° y estribos
- Longitud de anclaje
- Detalle de empalmes en elementos verticales y horizontales
- Detalle estructuras especiales (pases, encuentros entre elementos estructurales, etc.)

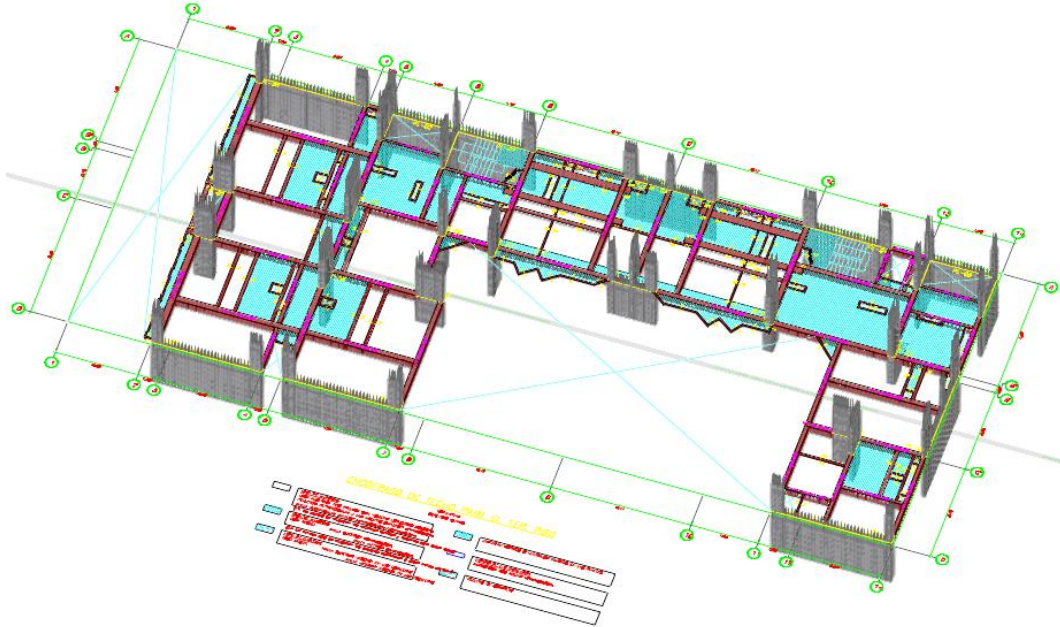
4.2 Creación del modelo BIM

Para la creación del modelo BIM de estructuras de la TORRE SK, el equipo de Ingeniería de Detalle utilizó los programas AutoCAD (Autodesk Inc., s.f.) y Tekla Structures (Trimble Inc., s.f.-a) como principales herramientas especializadas de dibujo y modelado, proporcionadas por las compañías Autodesk y Trimble respectivamente.

Por un lado, AutoCAD es utilizado para la visualización de la información del proyecto en 2D, esquemas generales y detalles, mientras que, por su parte, Tekla Structures permite la creación de modelos 3D de la especialidad de estructuras con un amplio nivel de detalle, asegurando la correcta representación de cada componente.

Figura 31

Interacción entre AutoCAD y Tekla Structures.



Nota: La interacción entre los planos 2D y el Modelo BIM de estructuras sirve para validar la ubicación de los elementos modelados. Elaboración propia

El uso combinado de estas dos herramientas permite una coordinación eficiente entre los planos y optimiza el flujo de trabajo durante la creación del modelo BIM de estructuras, tal como se muestra en la Figura 31, a partir de la información 2D se inicia con la creación del modelo 3D.

4.2.1 Ingeniería de detalle en AutoCAD

El software AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador desarrollado por la compañía Autodesk, y es uno de los programas más utilizados para el diseño y dibujo en 2D. Su principal ventaja respecto a otros productos similares se debe gracias a su flexibilidad, precisión y facilidad para la creación de planos o dibujos técnicos.

La información de los planos estructurales proporcionada por el cliente, en su mayoría, se recibe de forma digital en formato .DWG. Estos archivos de AutoCAD

se utilizan para establecer las características de cantidad, diámetro y forma de cada uno de los elementos de acero del proyecto.

La flexibilidad de AutoCAD en la creación y edición de detalles en los planos de estructuras la vuelven una herramienta indispensable dentro del proceso de modelado estructural, dado que permite detallar las características de las piezas ACEDIM® como la geometría, dimensiones y disposición de los elementos.

Estos esquemas se plasman en un conjunto de planos denominados, planos de despiece, los cuales son entregados junto con las piezas ACEDIM® ya fabricadas. El tipo de contenido de estos planos se desarrollará en los capítulos posteriores.

4.2.2 Modelado en Tekla Structures

El programa Tekla Structures, desarrollado por la compañía Trimble Inc, es una herramienta líder en mercado de programas para creación de modelos BIM y es ampliamente utilizado en proyectos que requieren niveles altos de detalle de la especialidad de estructuras como es el caso del ACEDIM®. Posee además la capacidad de interactuar con varios programas, lo que posibilita una buena coordinación durante el proceso de creación del modelo BIM de estructuras.

El uso de Tekla Structures permite transformar la información brindada en los planos 2D, ya sea en formato DWG o PDF, en un modelo 3D detallado y preciso, lo que incluye propiedades geométricas, físicas y mecánicas de los elementos. A continuación, se detalla algunas configuraciones básicas utilizadas por el equipo de Ingeniería de Detalle para la creación del modelo BIM de estructuras.

4.2.2.1 Modelo base

El entorno de trabajo para la creación del modelo BIM del proyecto TORRE SK en Tekla Structures parte de un Modelo Base, el cual posee todas las configuraciones necesarias para el modelado de las piezas ACEDIM® y a partir del cual se crea una copia para el proyecto a diseñar.

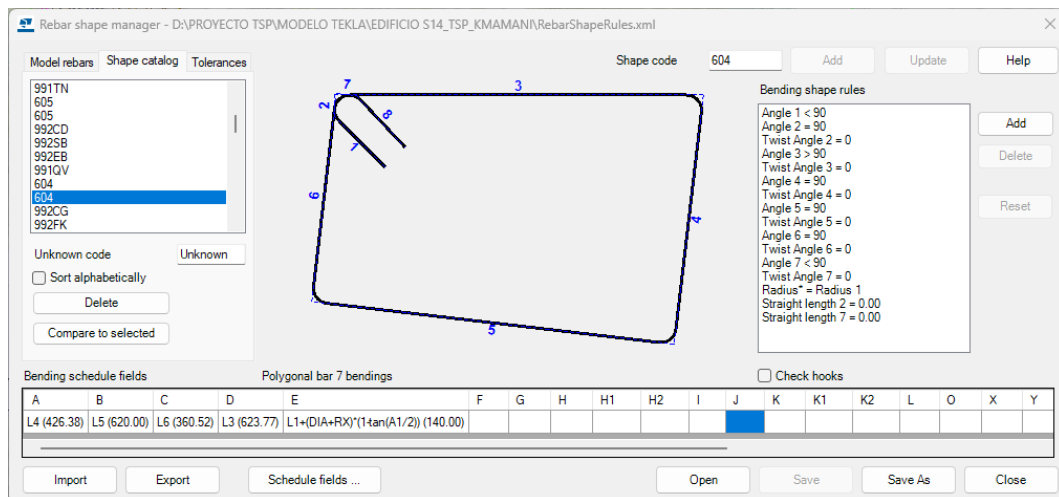
Este modelo base o 'template' ha sido creado, desarrollado y perfeccionado por el equipo de Desarrollo de AASA-TSC mediante la experiencia adquirida a lo largo del desarrollo de varios proyectos.

4.2.2.2 Rebar Shape Manager

Dentro de las principales configuraciones del MODELO BASE, se tiene el catálogo de REBAR SHAPE MANAGER, el cual contiene la clasificación de todas las FORMAS de piezas ACEDIM® que se pueden utilizar dentro del modelo. Este catálogo no viene dado por defecto en el programa, sino que se crean y agregan datos a partir de las formas que requiera el proyecto o que se hayan utilizado en otros anteriores.

Figura 32

Rebar Shape Manager del Modelo Base.



Nota: Captura de Tekla Structures

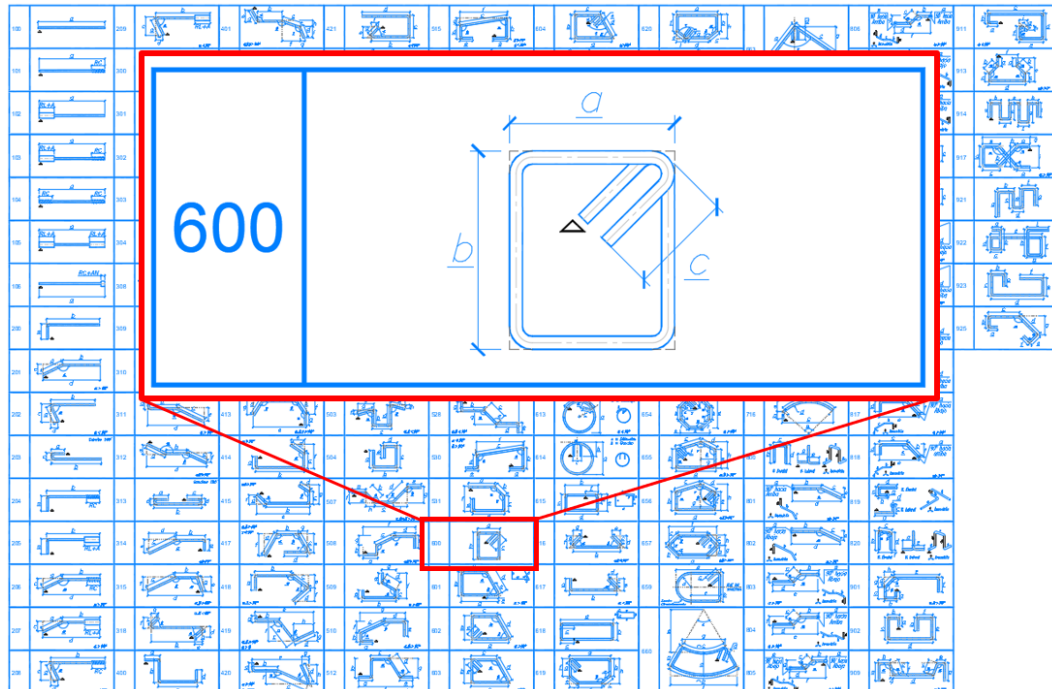
Como se muestra en la Figura 32, el catálogo de Rebar Shape permite al usuario personalizar las formas de plegado según los requisitos del proyecto. Mediante este catálogo, el programa permite:

- Personalizar las formas de plegado existentes y crear nuevas formas de plegado.
- Establecer reglas para definir las formas de plegado.
- Personalizar sus propias asignaciones de dimensión que posteriormente son utilizados en cuadros e informes.
- Importar y exportar formas de plegado definidas por el usuario.

Es necesario indicar que Rebar Shape no puede controlar las propiedades de creación de armaduras como el espesor de recubrimiento, calidad de armadura o tamaño. Actualmente, el catálogo de REBAR SHAPE, generado dentro del MODELO BASE desarrollado por AASA-TSC, posee más de 150 formas diferentes (ver Figura 33); desde las más comunes, como estribos, barras rectas, barras con gancho, entre otros; hasta formas complejas en 3 dimensiones o barras con tratamientos especiales como conectores y anclajes mecánicos.

Figura 33

Catálogo de Formas ACEDIM®.



Nota: En la figura se muestra parte del Catálogo de formas del Modelo Base. Documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Esta variedad de formas dentro del catálogo de REBAR SHAPE permite al equipo de ingeniería de detalle plantear las mejores soluciones para el diseño del despiece de las barras ACEDIM® dentro de las estructuras de concreto armado.

4.2.2.3 Rebar Catalog

Otra de las principales configuraciones del MODELO BASE de AASA-TSC, es el REBAR CATALOG, el cual contiene las definiciones mecánicas y geométricas

para distintos tipos de armaduras de diferentes calidades, las mismas que son utilizadas para el diseño de piezas ACEDIM®.

El Rebar Catalog, permite añadir, copiar, agrupar, modificar y borrar definiciones de armadura. También, se puede importar y exportar definiciones individuales, grupos de definiciones o bases de datos de armaduras completas. Este catálogo posee los siguientes campos de información: Grado del acero, tamaño, diámetro nominal, radios de doblado y longitud de ganchos estándar, clasificados según el diámetro de la barra.

Figura 34

Rebar Catalog del Modelo Base.

The screenshot shows the 'Rebar catalog' window. The main table lists rebar definitions with columns: HOOK LENGTH 180 DEGREES, CRANKED LENGTH TYPE, CRANKED LENGTH, CRANK EXTRA OFFSET, CRANK STRAIGHT LENGTH, LAP LENGTH, and NAME. The 'NAME' column is expanded to show details for the selected item '615/706', including Code (AA), Grade (615/706), Size (5/8), Usage (tie/stirrup), Nominal (17.30 mm), Actual (17.30 mm), Bendin (30.00 mm), Weight (1.552000 kg/m), Cross s (200.000000 mm²), and Hooks (30.00 mm, 122.70 mm, 30.00 mm, 122.70 mm, 30.00 mm). The sidebar on the right contains sections for GENERAL, ANALYSIS, TAGS, and a search bar.

NAME	VALUE
GENERAL	
Code	AA
Grade	615/706
Size	5/8
Usage	tie/stirrup
Nominal	17.30 mm
Actual	17.30 mm
Bendin	30.00 mm
ANALYSIS	
Weight	1.552000 kg/m
Cross s	200.000000 mm²
HOOKS	
Hook ri	30.00 mm
Hook li	122.70 mm
Hook ri	30.00 mm
Hook li	122.70 mm
Hook ri	30.00 mm
TAGS	
(0 Excluded)	

Nota: Capturado de Tekla Structures.

Al igual que el REBAR SHAPE, el catálogo utilizado para el modelado de las piezas ACEDIM® no viene configurado por defecto dentro del programa Tekla Structures, sino que se elabora a partir de las restricciones mecánicas de las barras, tales como diámetro y radio de doblado, las cuales son definidas por norma y las especificaciones del proyecto, como son longitud de ganchos estándar según el tipo de diámetro.

Figura 35*Propiedades de diámetro comerciales ACEDIM®*

BARRAS CORRUGADAS					ESTRIBOS	
Código	Ø Nominal	Ø Métrico	Radio Doblado	Long. Mínima	Radio Doblado	Gancho Stand.
J	4.7mm	0.0050m	0.015m	0.04m	0.015m	0.08m
A	1/4" (6mm)	0.0065m	0.015m	0.04m	0.015m	0.10m
B	8mm	0.0086m	0.020m	0.04m	0.015m	0.13m
C	3/8"	0.0103m	0.030m	0.06m	0.020m	0.13m
I	12mm	0.0130m	0.040m	0.08m	0.025m	0.15m
D	1/2"	0.0137m	0.040m	0.08m	0.025m	0.15m
E	5/8"	0.0173m	0.050m	0.10m	0.030m	0.17m
F	3/4"	0.0210m	0.060m	0.22m	-	-
K	7/8"	0.0222m	0.070m	0.18m	-	-
G	1"	0.0279m	0.080m	0.30m	-	-
L	1 1/8"	0.0287m	0.080m	0.30m	-	-
M	1 1/4"	0.0353m	0.150m	0.42m	-	-
H	1 3/8"	0.0394m	0.150m	0.42m	-	-
N	1 3/4"	0.0430m	-	-	-	-
P	2 1/4"	0.0573m	-	-	-	-

Nota: Documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Dentro del Modelo Base, el Rebar Catalog elaborado por AASA-TSC contiene definiciones de barras de acuerdo con la producción que ofrece la compañía. En la Figura 35, se pueden visualizar algunas de las especificaciones de diámetros comerciales utilizados para la fabricación de ACEDIM®.

4.2.2.4 Atributos Definidos por el Usuario – ADU's.

Los Atributos Definidos por el Usuario, en adelante ADU, representan los datos relevantes que forman parte del contenido informativo del modelo BIM de estructuras. Estos datos permiten que el modelo no solo sea una representación gráfica, sino que también sirva como una base de datos estructurada. Los ADU pueden ser utilizados para varios fines como filtros, dibujos, informes, exportación, importación, fabricación, montaje y gestión de revisiones.

Dentro del modelo BIM de estructuras, a cada componente de acero y concreto se le pueden asignar estos ADU y así clasificar cada uno de estos elementos según los parámetros que se le definan.

Figura 36

Atributos Definido por el Usuario para el modelado de ACEDIM®.

Attribute	Value
ENTREGABLE	17V
TIPO DE PRODUCTO	ACEDIM
AREA	EDIF-S14
ETAPA	TORRE
NIVEL	PISO 15
SECTOR	S02
APLICACION	COBERTURA
ESTRUCTURA	VIGA
PLANO	E-31
TIPO	VPT-11
COMPONENTE	REBAR
ESTADO ARMADURA	
DESPACHO	
ESTADO ACEDIM	
CODIGO	BARRA ESTRUCTURAL
MARCA	Es1
TIPO DE CONECTOR	
TIPO DE ACERO	A615
PREARMADO	
ID PADRE	20636764
SECUENCIA	
UBICACION DE CONECTOR	
UBICACION	
PARTIDA ARMADURA	
SKETCHUP_IDB	168

Nota: Captura de Tekla Structures.

En la Figura 36 se pueden visualizar los ADU definidos para las piezas de acero ACEDIM® configurados a partir del MODELO BASE de AASA-TSC los cuales contienen los datos necesarios para la creación, revisión, control y la identidad de cada uno de los elementos del modelo BIM de estructuras. A continuación, en la Tabla 5 se desarrolla la definición de los principales parámetros utilizados en la creación del modelo.

Tabla 4

Descripción de los Atributos Definidos por el Usuario para el modelado de ACEDIM®.

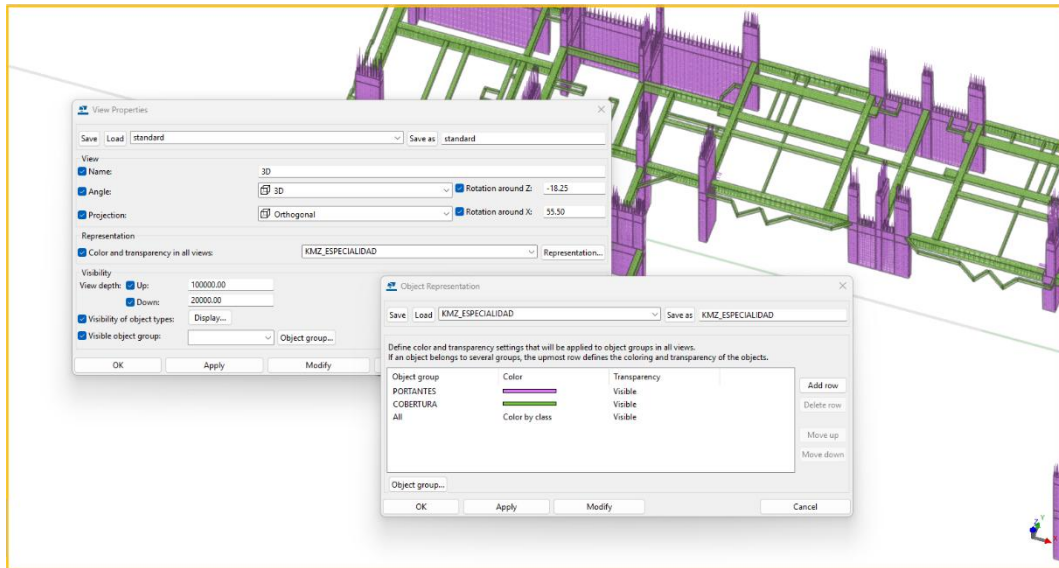
ATRIBUTO DEFINIDO POR EL USUARIO	DEFINICION
ENTREGABLE	Es el paquete de despacho de piezas ACEDIM® que se va a suministrar en obra. Se suele clasificar por tipo de estructura y nivel y son definidas por el Coordinador de Obra.
TIPO DE PRODUCTO	Es el tipo de producto designado para la pieza de acero, Puede ser ACEDIM® o PREFABRICADO. Para el caso de estudio de del proyecto TORRE SK, el tipo de producto a considerar es ACEDIM®.
AREA	Es el nombre del edificio del proyecto. Puede darse el caso de que un proyecto esté integrado por más de dos edificios, lo cual permite clasificar los elementos de acuerdo con este parámetro.
ETAPA	Define la ubicación general del elemento. Puede ser de tres tipos: CIMENTACION, SOTANO (para niveles por debajo del nivel de terreno) y EDIFICIO (para niveles por encima del nivel de terreno)
NIVEL	Es la ubicación respecto al nivel del proyecto. Se define mediante los planos de encofrados de techo y elevaciones de elementos verticales.
SECTOR	Es la ubicación del elemento respecto a la sectorización o secuencia constructiva del proyecto. Se define a partir de la información entregada por el cliente.
APLICACIÓN	Es el tipo de aplicación estructural al cual pertenece el elemento de acero. Puede ser: CIMENTACION, COBERTURAS o PORTANTES.
ESTRUCTURA	Define el tipo de estructura al cual esta agregado el elemento de acero. Puede ser: VIGA, COLUMNA, PLACA, LOSA, etc. Se define a partir de los planos de estructuras.
TIPO	Define el nombre del elemento estructural al cual pertenece la pieza ACEDIM®. Se define según el nombre designado a los elementos de concreto armado en los planos de estructuras.
MARCA	Define el nombre específico de la pieza ACEDIM® y sirve como identificador principal dentro de los planos de despiece. Se utilizan prefijos según el tipo o la ubicación de la barra, por ejemplo: S, superior; Es, estribos; Bh, barra horizontal, etc.

4.2.2.5 Herramientas de visualización

Tekla Structures permite hacer configuraciones de visualización del modelo, lo cual optimiza el proceso de creación del modelo BIM de estructuras y permite la compresión, revisión y coordinación del proyecto.

Figura 37

View Properties de Tekla Structures.



Nota: Captura de Tekla Structures

Mediante el cuadro View Properties mostrado en la Figura 37, se puede modificar las propiedades de visualización del modelo, de los cuales se tienen algunas de las siguientes opciones:

- Proyección: Define el tipo de proyección de la vista, puede ser ortogonal o de perspectiva.
- Representación: Abre el cuadro de Object Representation en el cual se pueden definir las configuraciones de color y transparencia.
- Display: Permite definir que objetos se muestran en la vista, por ejemplo, las barras de armaduras, concretos, objetos de referencia, etiquetas, etc.
- Object Group: Permite crear y modificar grupos de objetos.

Las configuraciones de visualización en Tekla Structures permiten personalizar cómo se muestran los elementos del modelo, gracias a la capacidad de agrupar

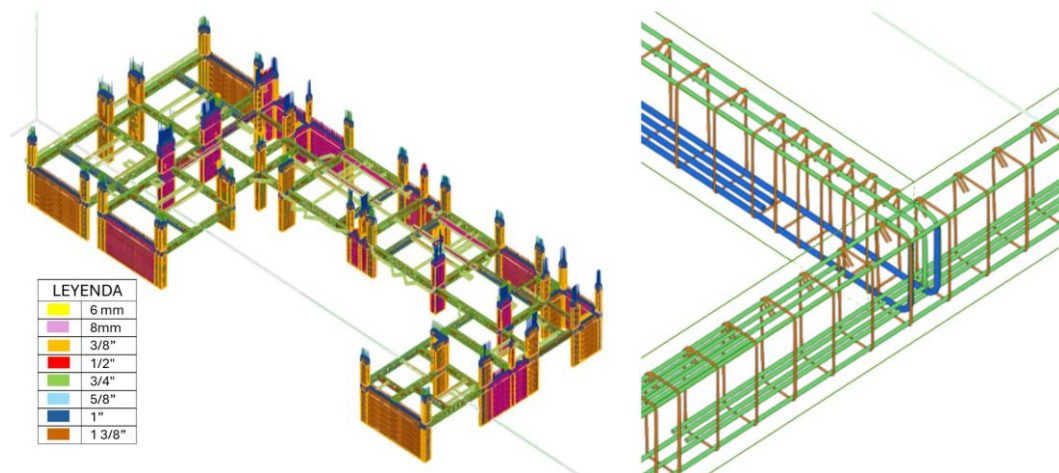
elementos por atributos (como nivel, tipo o sector) y crear vistas con objetos filtrados.

Además, estas configuraciones garantizan una adecuada comprensión en cada una de las etapas constructivas del modelo, reducen errores al anticipar problemas, y estandarizan la información visual para facilitar la comprensión tanto interna como externa, alineándose con los requisitos del cliente y del proyecto.

A continuación, se describen algunas de las configuraciones de vista más utilizados durante la creación del modelo BIM de ACEDIM®.

Figura 38

Visualización por color de diámetro.

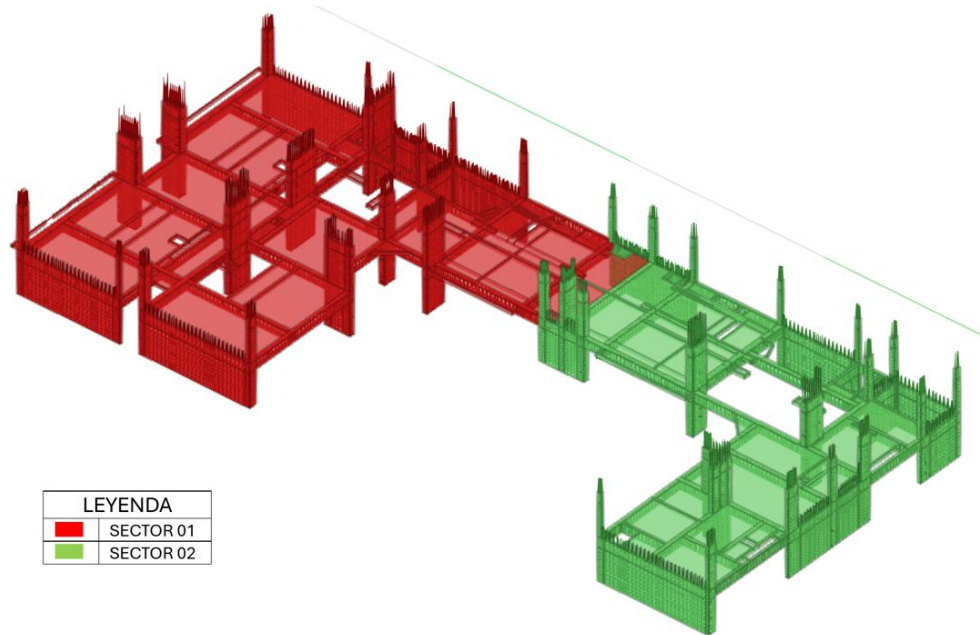


Nota: En la figura, la representación verificar de forma visual que el diseño sea conforme con la información de los planos. Elaboración Propia

En la Figura 38 se muestra la representación del modelo según el atributo de DIÁMETRO DE BARRA. Esta forma de representación permite visualizar cada barra ACEDIM® de un color diferente según el tamaño de diámetro. Mediante esta representación se puede hacer una inspección visual de los elementos del modelo y asegurar que el diámetro asignado sea el mismo que indican los planos de estructuras del proyecto. El color asignado para cada tamaño de barra es definido desde el Modelo Base y es el mismo para todos los proyectos de AASA-TSC, lo que facilita la revisión interna entre los miembros del equipo de modelado.

Figura 39

Visualización por sectorización del proyecto.

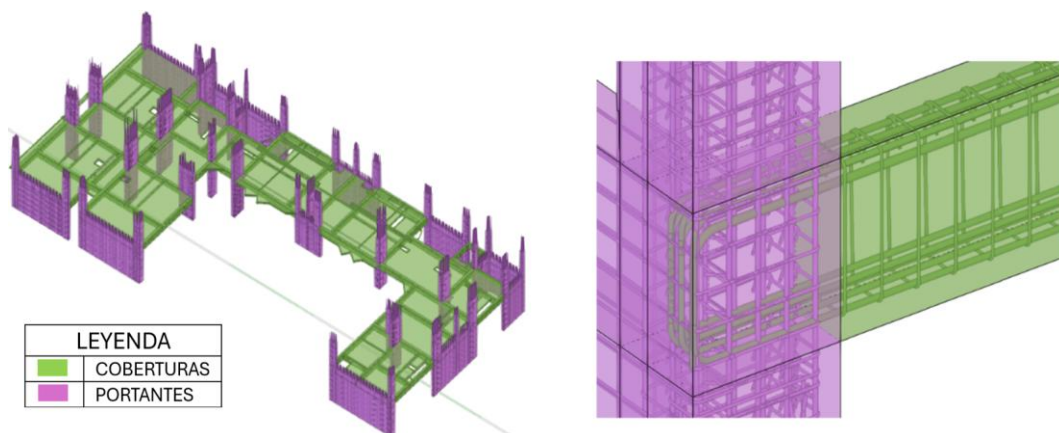


Nota: La visualización por sector permite verificar la secuencia constructiva de los elementos estructurales del proyecto. Elaboración Propia

En la Figura 39 se muestra una representación de la SECUENCIA CONSTRUCTIVA o SECTORIZACION del modelo BIM de estructuras mediante el atributo de SECTOR. Esta forma de visualizar el modelo permite entender la secuencia constructiva del proyecto e identificar las piezas que se enviarán en cada despacho.

Figura 40

Visualización por tipo de aplicación estructural.

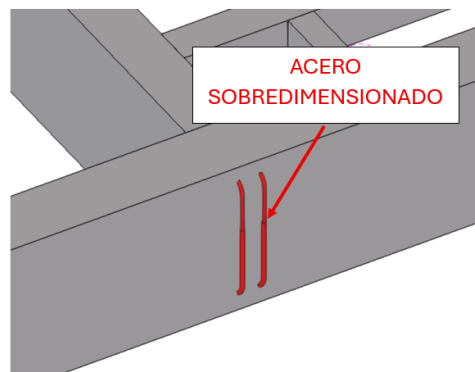


Nota: La visualización por aplicación permite verificar que cada elemento este correctamente embebido en su anfitrión estructural. Elaboración Propia

En la Figura 40 se muestra una representación del modelo por el tipo de componente estructural. Mediante esta representación se pueden diferenciar los elementos estructurales según el parámetro de APLICACIÓN diferenciando así, elementos que pertenecen a estructuras de cimentación, portantes o de coberturas. Esta forma de visualizar el modelo permite visualizar el detalle las intersecciones o nodos de los elementos verticales y horizontales del proyecto para poder detectar interferencias, errores de longitud y ubicación.

Figura 41

Visualización sólida de elementos.



Nota: La visualización de tipo sólido del modelo permite identificar elementos sobredimensionados
Elaboración Propia

Finalmente, en la Figura 41 se muestra una representación de tipo 'sólida' el cual permite identificar errores de sobredimensionado de las piezas. Esta revisión se realiza de forma visual y forma parte del control de calidad del modelo el cual será explicado a detalle más adelante.

4.3 Flujo de trabajo para la creación del modelo BIM

A continuación, en la Figura 42 se procede a describir el flujo de trabajo utilizado por el equipo de modelado para la creación del modelo BIM de estructuras y cómo este interactúa con el Cliente mediante el Coordinador de Obra para la gestión de la información del proyecto.

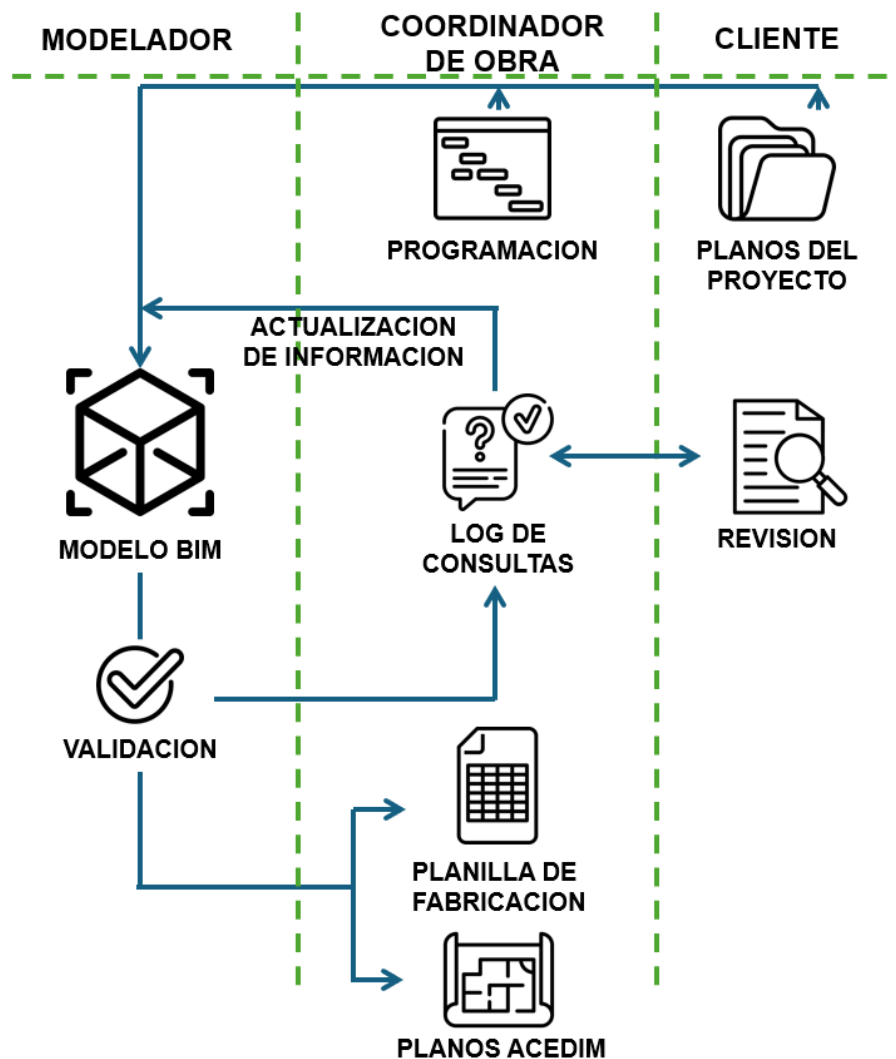
La creación del modelo BIM de estructuras parte de la información técnica del proyecto y de la planificación de la construcción del proyecto definido en el plan maestro. Ambos detalles fueron previamente coordinados entre el Cliente y el

Coordinador de Obra en las sesiones ICE del proyecto. El equipo de modelado recibe toda esta información a través del Coordinador de Obra, el cual indica los requerimientos y prioridades del modelo.

Luego de recibir la información, el equipo de modelado inicia con la creación del modelo BIM. Para tal fin las configuraciones y herramientas de modelado descritas anteriormente. Finalizada la creación del modelo BIM de la parte solicitada por el Coordinador de Obra, esta es sometida un control de calidad, en el cual se identifican las interferencias con otras especialidades; errores de dimensión, diámetro o cantidad; solicitudes de información o mejoras constructivas.

Figura 42

Flujo de trabajo para el modelado ACEDIM®.



Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Todas las observaciones encontradas en el proceso de validación del modelo son detalladas en el Log de Consultas, documento en el que se registran las solicitudes de aclaración y las respuestas generadas por el Cliente. Este documento es importante para el desarrollo del modelo debido a que asegura un seguimiento ordenado y transparente de cada consulta técnica o de diseño que pueda afectar la precisión del modelo. Además, como se ha explicado anteriormente, permite dejar evidencia documental en caso de discrepancias entre el equipo de modelado y el cliente.

Cada respuesta del Cliente ingresada al Log de Consulta se traduce en una actualización del modelo BIM de estructuras, ello implicar modificarlo y realizar nuevamente una validación final del mismo. Cuando ya no se tienen observaciones y se da el visto bueno del modelo, el Equipo de Ingeniería entrega al Coordinador de Obra la documentación necesaria para la fabricación del ACEDIM®, estos son la Planilla de Fabricación y los Planos ACEDIM®; finalizando así el proceso de creación del modelo BIM de estructuras. Las características de estos dos últimos documentos se desarrollan en el Capítulo V.

4.4 Automatización del modelado y dibujo

Durante el proceso de la creación del modelo BIM de estructuras existe la constante interacción entre los programas AutoCAD y Tekla Structures debido a la variedad de sus funciones. Por un lado, AutoCAD se utiliza principalmente para la creación y edición de dibujos 2D y por el otro, Tekla Structures se encarga del modelado 3D, detallado y la coordinación de la información del modelo BIM de estructuras. Además, el procedimiento para el modelado de los elementos estructurales del proyecto se torna, en la mayoría de los casos, en tareas simples y repetitivas, los cuales pueden conllevar a la generación y propagación de errores si es que no se detectan y corrigen en su debido momento.

Debido a ello, el equipo de Innovación y Desarrollo de AASA-TSC ha desarrollado diversas herramientas o módulos mediante la aplicación de la programación orientada a objetos (POO) utilizando las capacidades de las APIs (Application Programming Interfaces) de Tekla Structures y AutoCAD. Estos modelos de programación permitieron crear aplicativos específicos que agilizan y optimizan

las tareas repetitivas en el modelado y el intercambio de datos, reduciendo de esa manera, el tiempo y los errores asociados al trabajo manual.

Tekla Structures cuenta con una API robusta basada en el lenguaje de programación C#, el cual le permite interactuar directamente con el modelo 3D. Mediante esta API, el equipo de desarrollo puede crear, modificar y consultar la información de los elementos dentro del modelo BIM de estructuras, asignar atributos personalizados y generar reportes de información de manera estructurada. Por su parte, el programa AutoCAD ofrece un API que soporta lenguajes como .NET, C++ y Visual Basic for Applications (VBA) el cual proporciona acceso a la creación, edición y análisis de dibujos 2D. Esta API permite manejar elementos geométricos, textos y anotaciones los cuales son fundamentales para el modelado y la documentación de la fabricación de piezas ACEDIM®.

Dentro de los principales algoritmos desarrollados por el equipo de Investigación y Desarrollo de AASA-TSC para la automatización de procesos en AutoCAD y Tekla Structures, se puede resaltar, por ejemplo:

- La lectura y transferencia de información: Para los datos obtenidos desde archivos .DWG generados en AutoCAD, e integración a Tekla Structures como base para el modelado 3D.
- Exportación de información: Desde Tekla se puede extraer la información del modelo BIM, como dimensiones, etiquetas y detalles constructivos, y exporta a formatos compatibles con AutoCAD para la generación de planos 2D o tablas de información.

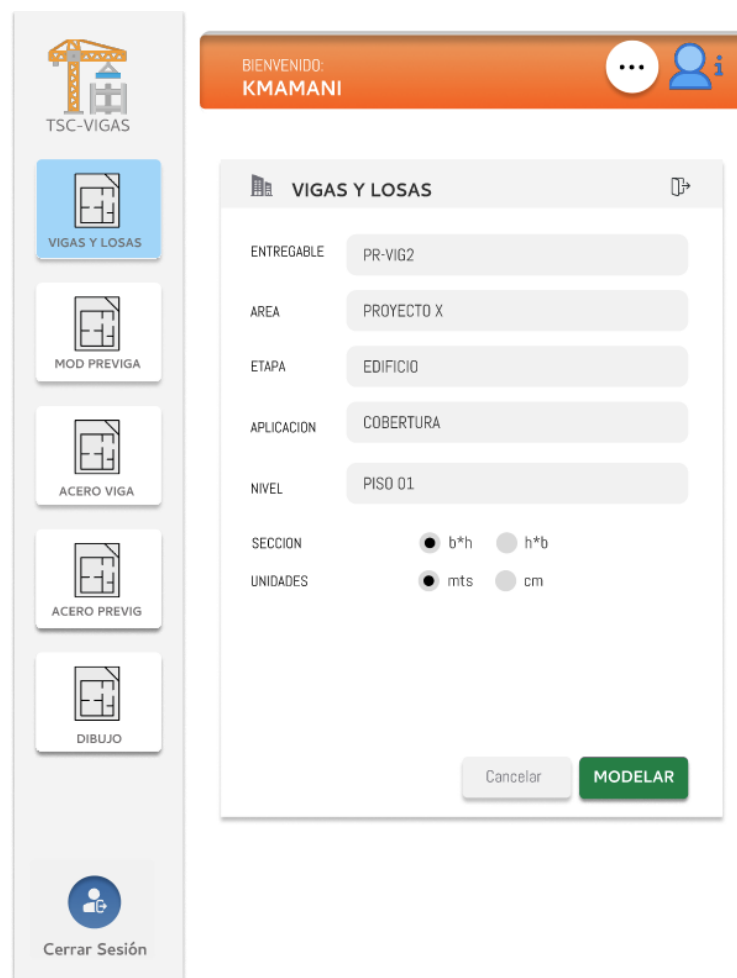
4.4.1 Aplicativo TSC-VIGAS.

Parte del conjunto de herramientas y aplicativos desarrollados dentro del equipo de AASA-TSC están orientados a la creación del modelo 3D y a su representación en planos 2D. Dependiendo del tipo de aplicación del elemento estructural (cimentación, portante o cobertura) cada herramienta se desarrolla mediante un algoritmo diferente lo que resulta en la creación de aplicaciones específicas para cada tipo de estructuras.

A continuación, se describe el aplicativo TSC-VIGAS el cual es uno de los más completos y de mayor uso por parte del equipo de Ingeniería de Detalle. Este aplicativo sirve para la creación del modelo y dibujo de los elementos ACEDIM® que componen las vigas estructurales del proyecto. Para ello, el aplicativo interactúa constantemente entre AutoCAD y Tekla Structures, transfiriendo y transformando la información entre ambos programas.

Figura 43

Interfaz de aplicativo TSC-VIGAS.



Nota: En la figura se muestra el interfaz del aplicativo de dibujo y modelado de vigas, mediante esta herramienta se agiliza el trabajo de diseño de ACEDIM en vigas. Software desarrollado por AASA-TSC (no publicado).

La interacción con el usuario se da mediante una interfaz (ver Figura 43) el cual se divide en módulos de trabajo según se requiera su uso. Estos módulos pueden clasificarse en tres grupos: Creación de concreto, creación de acero y creación de

dibujos. A continuación, se explica de manera breve los algoritmos y datos de entrada y salida necesarios para la ejecución de los módulos utilizados para las piezas ACEDIM®.

4.4.1.1 Módulo de vigas y losas

Este módulo permite la lectura de la información del plano 2D presentado en el archivo .DWG y transforma dichos datos en elementos de concreto 3D representados en Tekla. El algoritmo inicia con el formateo y limpieza de los datos presentados en los planos de encofrado de techos del proyecto en AutoCAD y consiste en clasificar por capas cada uno de los elementos geométricos que delimitan la extensión de las vigas y losas en planta. Así, para el caso de las vigas, solo será necesario conocer su extensión, nombre y sección; mientras que para las losas bastará solo con indicar el perímetro de su extensión e indicar mediante el tipo de 'relleno' el espesor que corresponde.

Adicional a los datos geométricos, el algoritmo permite asignar algunos ADU's generales para dichos elementos. Como resultado se obtienen las estructuras de concreto de vigas y losas modeladas en Tekla con las longitudes de viga y espesores de losa compatibles con lo indicado en el plano AutoCAD.

4.4.1.2 Módulo de acero viga

Mediante este módulo, se crean las piezas de acero en cada uno de los elementos de concreto creados con el módulo de VIGAS Y LOSAS. Para tal fin, el algoritmo utiliza como datos de entrada la información proporcionada en los planos de DESARROLLO O ELEVACION DE VIGAS en formato .DWG.

Para la ejecución del algoritmo, es necesario clasificar cada uno de los elementos (líneas, textos y cotas) del dibujo según sea el tipo de componente. Por ejemplo, las líneas que representan los bordes de concreto de la viga se clasifican en un grupo diferente a las líneas que representan los apoyos; por otro lado, también se agrupan las líneas que representan las barras y estribos.

Luego de clasificar y leer los datos, el algoritmo interpreta la información y genera el modelo 3D de las piezas de acero de cada una de las vigas. Según las restricciones y especificaciones del proyecto, este módulo realiza también cálculos

internos para optimizar, si se requiere, la ubicación de empalmes dentro de las vigas. Finalmente escribe información sobre los ADU's de cada una de las piezas de acero generadas (MARCA, TIPO, NOMBRE, etc.).

4.4.1.3 Módulo de dibujo

Este módulo es utilizado para exportar la información del modelo 3D de Tekla Structures hacia esquemas 2D en archivos de formato .DWG. Para tal objetivo, la herramienta extrae la información geométrica de las piezas ACEDIM® de una viga y la representa en un esquema de elevación. Esta herramienta facilita la generación de los planos de despiece, pues asegura que la información de los planos sea compatible con la información entregada al momento del suministro de las piezas ACEDIM®.

4.5 Control de calidad del modelo BIM de estructuras

El correcto control de calidad en el proceso de modelado de concreto y acero en Tekla Structures, asegura que el modelo 3D sea una representación precisa y confiable de los elementos estructurales. Esto resulta crucial para evitar errores que puedan impactar de las fases posteriores, como la fabricación y la instalación de las piezas ACEDIM®. El modelo 3D no solo representa un recurso gráfico, sino también un conjunto de datos organizados, por lo tanto, cualquier inconsistencia en los atributos del modelo puede comprometer la producción de ACEDIM®.

Dentro de AASA-TSC, el equipo de Ingeniería de Detalle realiza el control de calidad mediante un conjunto de procesos y herramientas diseñadas para verificar la precisión, integridad y compatibilidad del modelo BIM de estructuras, a continuación, se describen los procesos clave para el control de calidad.

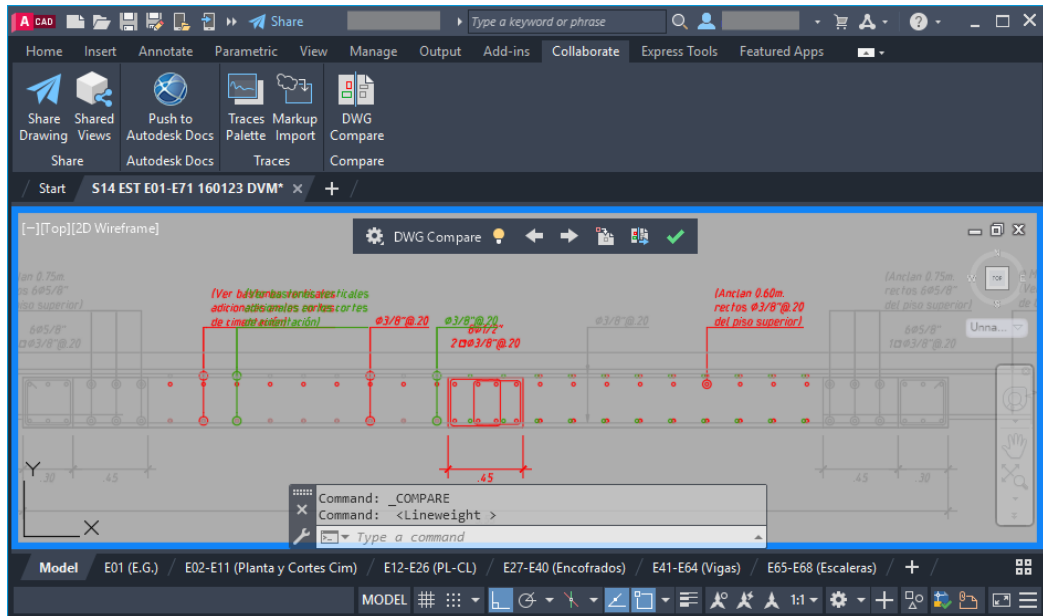
4.5.1 Revisión de datos de entrada y control de cambios

Comprende a la revisión de los planos y especificaciones enviadas por el cliente. Durante este control, se realiza la compatibilización de la información de los planos arquitectónicos, estructurales y MEP. Por otro lado, dentro de la información proporcionada por el cliente, se debe tener un registro y control sobre los cambios realizados en el modelo debido a actualizaciones de información o respuestas a

solicitudes de información. Tekla Structures y AutoCAD tienen herramientas que permiten comparar los cambios realizados en dos versiones diferentes de un mismo archivo (Ver Figura 44).

Figura 44

Aplicación de la herramienta DWG Compare de AutoCAD.



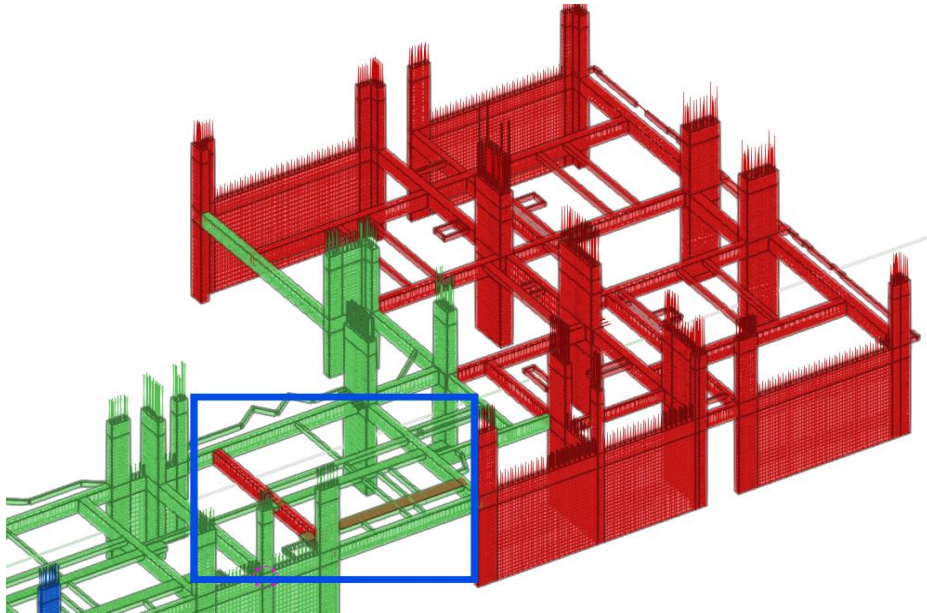
Nota. Captura de AutoCAD.

4.5.2 Validación de Atributos Definidos por el Usuario (ADU)

Los ADU permiten almacenar la información clave de cada elemento del modelo y junto con las herramientas de visualización, como las representaciones o filtros, se puede verificar que los valores asignados a cada uno de los elementos del modelo sean coherentes y cumplan con la planificación del proyecto.

Figura 45

Control de calidad mediante visualización de ADU's.



Nota: La visualización del modelo mediante ADU's permite verificar visualmente la correcta asignación de datos de cada elemento del modelo. Elaboración Propia.

En la Figura 45, por ejemplo, se aprecia como la representación del modelo mediante el atributo SECTOR permitió identificar que las piezas resaltadas, no correspondían al sector correspondiente.

4.5.3 Verificación geométrica

Dentro del control de calidad del modelo, es importante verificar las características geométricas de cada uno de los elementos de acero. A continuación, se detalla un '*check list*' utilizado por el equipo de Ingeniería de Detalle que sirve para validar la geometría del modelado de acero:

- Revisión de atributo MARCA. Verifica que el ADUs de MARCA sea único según diámetro, forma y longitud. No pueden existir piezas con la misma marca y diferente diámetro, por ejemplo.
- Revisión de forma nueva. Verifica que la forma del elemento creado este incluido dentro del banco de formas de Rebar Shape del modelo. Si no es el caso, se evalúa como alternativa de solución el rediseño de la forma nueva mediante el uso de empalmes, habilitación en obra o su inclusión en el Rebar Shape por parte del equipo de Desarrollo.

- Longitud mayor a 12m. La producción de piezas ACEDIM® solo permite piezas de 12m de longitud total como máximo. Si se supera esa medida, es necesario volver a calcular la pieza mediante el uso de empalmes.
- Ingreso a camión. La distribución de las piezas ACEDIM® se realiza mediante vehículos de carga estándar de 9m y 12m por lo que se debe evaluar el acomodo de las piezas dentro de la carga del camión, de tal forma que estas no sobresalgan y representen un riesgo al momento de su traslado a obra.
- Gancho de estribos. La principal restricción para el modelado y fabricación de estribos ACEDIM®, es la extensión del gancho, el cual no debe sobresalir de los lados del estribo. Para tal caso, el equipo de ingeniería de detalle recomienda al cliente girar el gancho o reducir su longitud.
- Ganchos estándar. Mediante la aplicación de filtros, se puede verificar que la longitud de los ganchos según diámetro utilizados en el modelo sea coherente con las especificaciones del proyecto.
- Revisión de longitud de empalme. Mediante scripts o macros personalizados se puede verificar, de forma visual, que la longitud de empalme sea correspondiente con el diámetro de la barra y las restricciones indicadas en las especificaciones técnicas del proyecto.

4.5.4 Automatización de procesos de revisión

Dada la cantidad de piezas de acero que se pueden encontrar en el modelo, resulta necesario el uso de algoritmos que realicen las revisiones de forma automática en el modelo. Por tal motivo, el equipo de Desarrollo ha creado una hoja de reporte el cual sirve como un compilado de datos extraídos de los ADU's definidos en el modelo BIM de estructuras, que permite realizar una revisión final del modelo. Este reporte es usado como paso previo para la generación de la PLANILLA DE FABRICACIÓN, el cual es usado por la planta de corte y doblado de piezas ACEDIM®. Se desarrollará el contenido de este documento en el siguiente capítulo.

Capítulo V: Fabricación e instalación del acero dimensionado

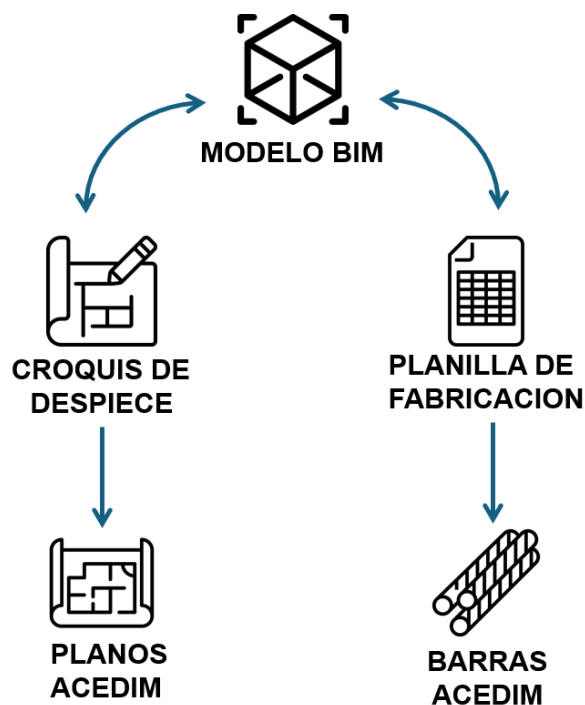
En el presente capítulo se describe el proceso de la creación de la documentación para fabricación e instalación de las piezas ACEDIM® para la construcción del proyecto TORRE SK. Es importante señalar que en este capítulo se detalla el proceso necesario ejecutado por el equipo de ingeniería de detalle para asegurar que las piezas de acero sean correctamente fabricadas, transportadas e instaladas en obra.

5.1 Documentación obtenida desde el modelo BIM

A continuación, se describe el proceso de la transformación de datos desde el modelo 3D a los dos principales entregables solicitados por el Cliente: los planos ACEDIM® y las barras ACEDIM®.

Figura 46

Flujo de entregables a partir del modelo BIM.



Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

El proceso final para la fabricación e instalación del ACEDIM® comienza con el modelo BIM de estructuras validado, el cual sirve como fuente central de

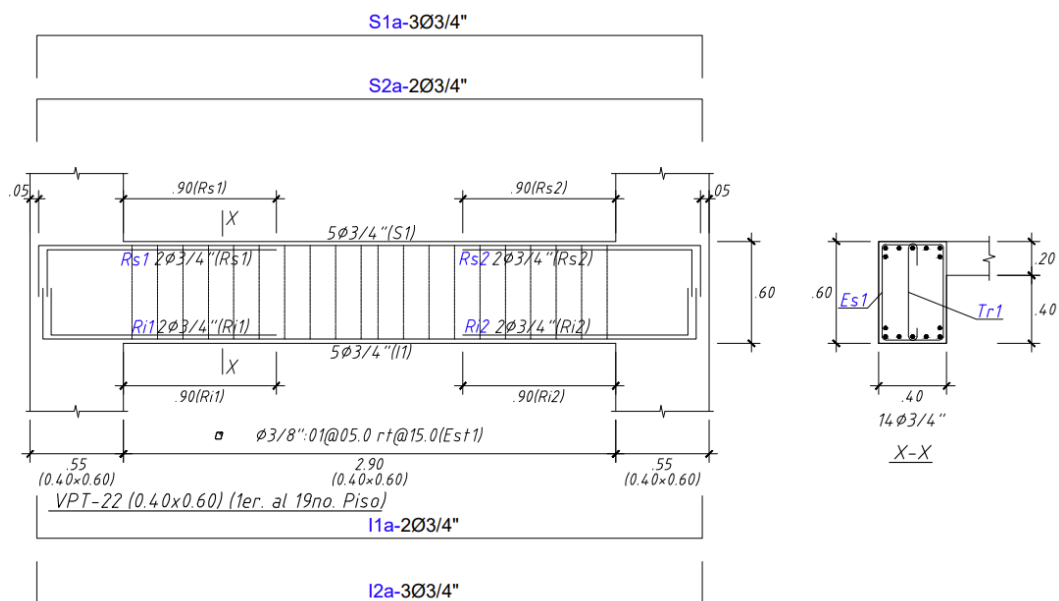
información para la generación de documentos y datos necesarios para la producción e instalación en obra. A partir del modelo BIM de estructuras, se obtienen los siguientes documentos técnicos: la extracción del croquis de despiece y la planilla de fabricación. En la Figura 46, se muestra como la información del modelo BIM se traduce en los Planos ACEDIM® y las barras ACEDIM® propiamente dichas.

5.1.1 Planos ACEDIM®

A partir del modelo BIM validado por el equipo de Ingeniería de Detalle y el Cliente, se genera el croquis de despiece, el cual consiste en un esquema simple que contiene información detallada sobre el desarrollo, ubicación e identidad de las barras en el despiece (ver Figura 47).

Figura 47

Ejemplo de croquis de despiece ACEDIM® para una viga peraltada.



Nota: En la figura se muestra que cada barra tiene asignada una Marca el cual corresponde al ADU's del modelo BIM de estructuras. Elaboración propia.

Como ya se ha explicado en capítulos anteriores, según la complejidad del elemento estructural de concreto armado, se puede hacer uso de programas o scripts que realizan los esquemas de manera automática desde el programa Tekla Structures hacia el programa AutoCAD garantizando de esa forma que la información del modelo 3D sea correctamente trasladada y traducida a planos 2D.

Los croquis de despiece permiten también identificar la ubicación y distribución de empalmes verticales u horizontales a lo largo de la estructura, lo que permite evaluar la constructibilidad del elemento desde antes de su construcción. Finalmente, el croquis revisado por el equipo de ingeniería de Detalle es derivado hacia un equipo de Dibujo el cual se encarga de elaborar los Planos ACEDIM® para su entrega al cliente junto con el material in situ.

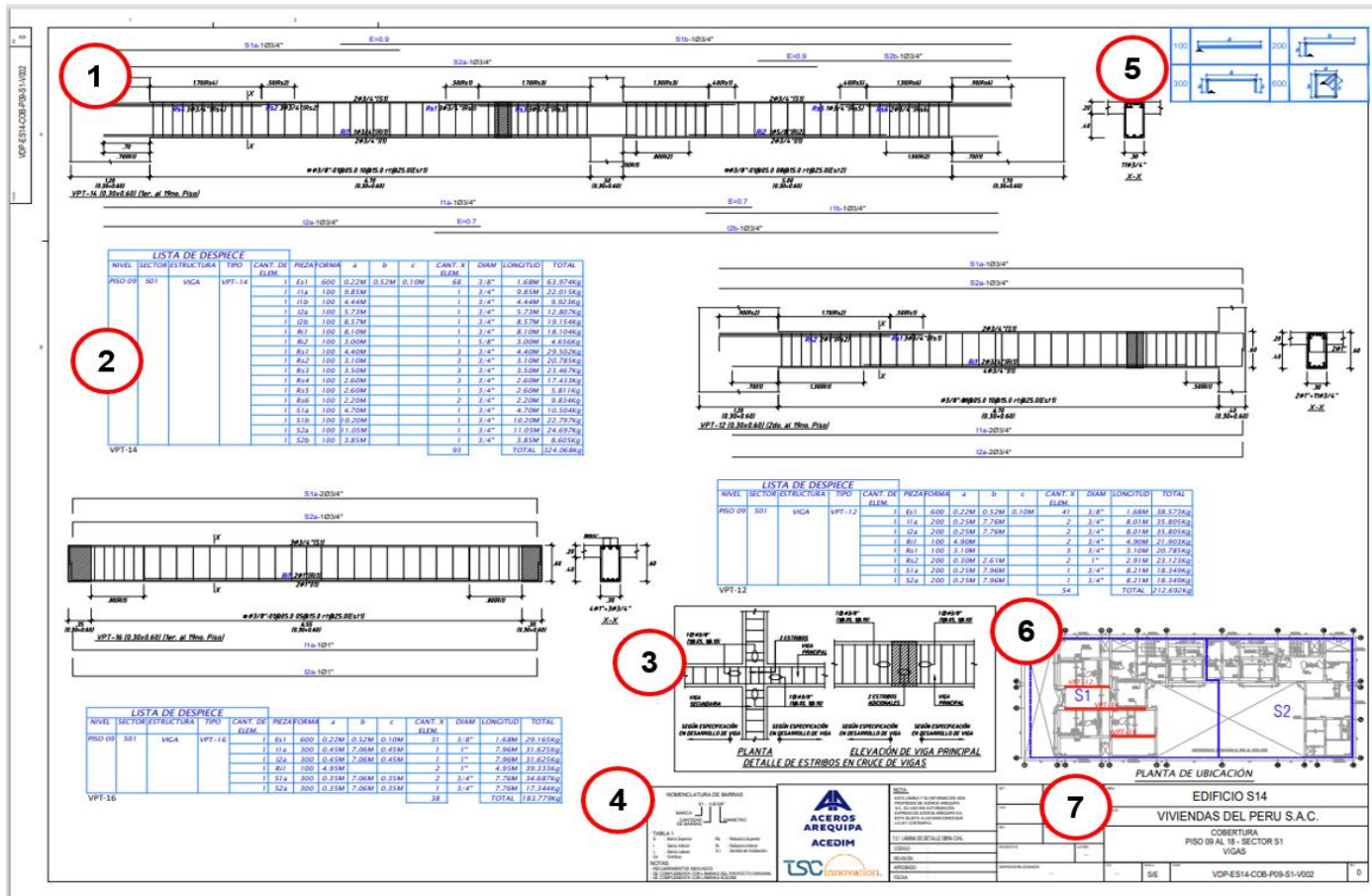
El plano ACEDIM® es un documento técnico que representa parte del entregable final para la coordinación y supervisión del instalado de ACEDIM® en obra. Estos planos permiten una visualización clara y precisa de las piezas ACEDIM® además de la información sobre la identidad y características geométricas de a cada una de las piezas presentes en el elemento estructural.

En la Figura 48 se muestra el contenido de un plano ACEDIM®, en el cual se pueden encontrar los siguientes datos:

1. Croquis ACEDIM®: Muestra la ubicación y distribución de las piezas ACEDIM® en el elemento estructural mediante marcas y cantidades. Se realiza sobre el esquema original del cliente procurando modificarlo lo menos posible.
2. Lista de Despiece: Muestra la información detallada sobre la identidad, dimensiones y peso de cada una de las piezas ACEDIM® que componen el elemento estructural. Esta lista sirve también de referencia para el cálculo de la valorización en el peso de acero.
3. Detalles constructivos: Son los detalles constructivos adicionales que deben ser considerados al momento de la instalación de las piezas. Estos detalles se complementan con la información mostrada en el croquis ACEDIM®.
4. Nomenclatura de Barras: Brinda la información sobre la nomenclatura de las marcas que aparecen el croquis y la lista de despiece.
5. Formas AASA-TSC: Son esquemas que muestran la interpretación de las longitudes mostrada en la Lista de Despiece según el tipo de forma de la barra.
6. Croquis de Ubicación: Consta de una vista en planta en el cual se resalta la ubicación del elemento estructural a construir.
7. Membrete de Plano: Contiene la información general del proyecto, tipo de estructura representada y ubicación del elemento (sector y nivel).

Figura 48

Croquis de despiece ACEDIM®



Los planos ACEDIM® permiten realizar la trazabilidad del producto, dado que cada pieza puede ser identificada y rastreada desde su fabricación hasta su instalación.

5.1.2 Planilla de fabricación

La planilla de fabricación es documento que contiene la información consolidada sobre de los ADU's definidos en cada una las piezas del Modelo BIM de estructuras y sirve como base de datos de entrada para el corte y doblado en planta de las piezas ACEDIM®.

Para poder obtener los datos del Modelo BIM y plasmarlo en la Planilla de Fabricación, es necesario el uso de Scripts que realizan la exportación automática de los datos desde Tekla Structures a una hoja Excel. Este formato, permite realizar una última verificación de los datos de las piezas ACEDIM® mediante el uso de filtros antes de que el equipo de Ingeniería de Detalle remita el documento al Coordinador de obra para su posterior fabricación.

En la Figura 49, se muestra la información contenida dentro de la Planilla de Fabricación. A su vez los datos contenidos en el documento se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Datos Generales: Comprende los datos sobre la planificación del proyecto tales como el Entregable, Etapa, Nivel, Sector, Aplicación, Estructura.
- Datos de Identidad: Comprende los datos propios de cada pieza ACEDIM®. Entre los cuales se tiene el Tipo, Marca, Forma, Radio de Doblado, Dimensiones y Ángulos de Doblado, Cantidad, Diámetro.
- Datos de Producción: Comprende datos que son calculados de forma automática y que sirven para la posterior valorización del producto. Entre estos datos se encuentra la Longitud Total, Peso Total, Tipo de Acero y otros que son utilizados por la planta de producción.

Figura 49

Planilla de fabricación ACEDIM®.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	AB	AC
	ENTREGABLE	PLANO ACEDIM	AREA	ETAPA	NIVEL	SECTOR	APLICACION	ESTRUCTURA	TIPO	CANT. DE ELEM.	PIEZA	FORMA	RADIO	a	b	c	CANT. X ELEM.	CANT. TOTAL
1																		
2	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	Es1	600	0.020M	0.20M	0.60M	0.11M	84	84
3	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	11a	200	0.060M	0.30M	4.34M		4	4
4	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	11b	100	0.060M	0.30M	11.22M		2	2
5	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	12b	200	0.060M	0.30M	10.05M		2	2
6	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	12c	200	0.060M	0.30M	9.25M		2	2
7	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	S1a	200	0.060M	0.30M	4.45M		4	4
8	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	S1b	100	0.060M	0.30M	12.00M		2	2
9	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V3-22p	1	S2a	200	0.060M	0.30M	10.05M		4	4
10	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	Es1	600	0.020M	0.20M	0.60M	0.11M	110	110
11	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	11a	200	0.060M	0.30M	6.74M		4	4
12	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	11b	100	0.060M	0.30M	9.72M		2	2
13	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	12a	200	0.060M	0.30M	11.50M		1	1
14	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	12b	200	0.060M	0.30M	10.70M		1	1
15	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	R1	100	0.080M	0.40M	6.25M		3	3
16	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	Rs1	200	0.080M	0.40M	2.25M		4	4
17	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	Rs2	200	0.080M	0.40M	1.85M		4	4
18	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	Rs3	100	0.080M	0.40M	7.40M		2	2
19	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	Rs4	200	0.080M	0.40M	1.85M		4	4
20	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	S1a	200	0.060M	0.30M	5.60M		2	2
21	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	S1b	100	0.060M	0.30M	12.00M		1	1
22	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-20p	1	S2a	200	0.060M	0.30M	11.20M		2	2
23	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-21p	1	Es1	600	0.020M	0.20M	0.60M	0.11M	110	110
24	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-21p	1	11a	200	0.060M	0.30M	6.74M		4	4
25	474_02V		N163	A474	PISO 02	A	COBERTURA	VIGA	V4-21p	1	11b	100	0.060M	0.30M	9.72M		2	2

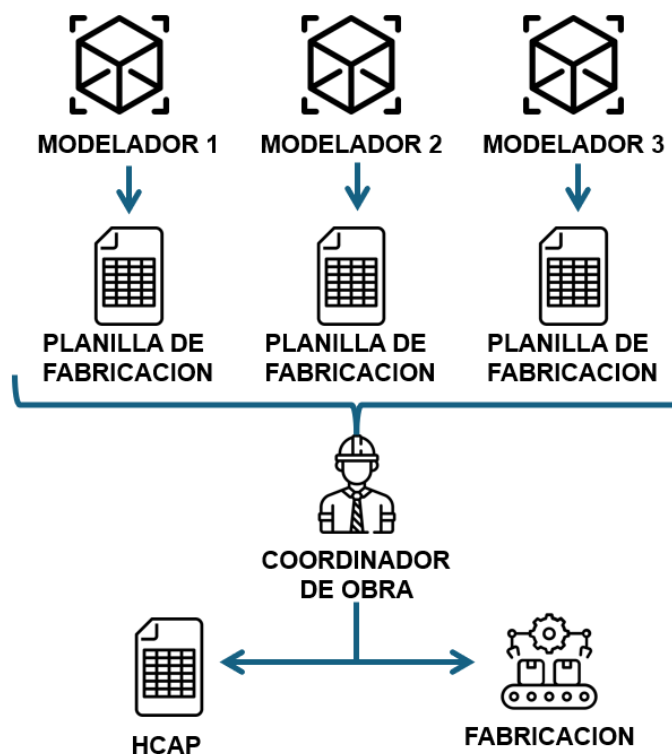
Nota: En la figura se muestra la estructura de la Planilla de Fabricación. En este documento se detalla la ubicación y características geométricas de cada pieza ACEDIM. Documento interno de AASA-TSC (no publicado).

La generación de las Planillas de Fabricación está a cargo del equipo de ingeniería de Detalle y cada uno de sus modeladores involucrados en el proyecto. Luego de realizar el control de calidad del Modelo BIM descrito en el Capítulo IV, el equipo de ingeniería de detalle es el encargado de ejecutar los Scripts para la generación de las planillas según lo solicite el Coordinador de Obra, previa planificación y coordinación de las entregas con el Cliente.

Cabe mencionar que antes de la validación final del modelador, se realiza un último control de las piezas ACEDIM® mediante la Planilla de Fabricación, revisando las piezas que más se repiten y aquellas que representen mayor peso. Luego esta verificación, la planilla esta lista para su uso en producción.

Figura 50

Flujo de información de la Planilla de Fabricación.



Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Como se aprecia en la Figura 50, el Coordinador de Obra es el encargado de consolidar la información entregada mediante las Planillas de Fabricación por parte del Equipo de Ingeniería de detalle. Luego, esta información es trasladada

al HCAP, documento en el cual se registra el estado de fabricación de las piezas, las fechas programadas de producción y el peso total para la valorización del producto. Por otro lado, la información de la Planilla de Fabricación se envía a la planta de producción, donde cortan y doblan cada una de las piezas ACEDIM® según los datos asignados en el documento. El resultado final es la fabricación de las barras ACEDIM® listas para su entrega en obra.

5.2 Programación de entrega

Como se ha descrito en el Capítulo 3.2, dentro del organigrama de AASA-TSC existe un equipo de Planificación el cual brinda el soporte de logística para el control y seguimiento de la producción de ACEDIM® de acuerdo con lo planificado entre el Coordinador de Obra y el Cliente.

Para este proceso, el Analista de Planificación se encarga de consolidar la planificación de la producción solicitada por el Coordinador de Obra; para ello, se toma en cuenta la ubicación de la obra, zona de descarga en obra, peso por unidad, orden de carga, turnos de reparto, etc. Por su parte, el Asistente de Entregas se encarga de realizar el seguimiento a las unidades que salen de la planta de producción hacia la obra y mantiene constante comunicación con el Coordinador de Obra al cuál informa sobre el estado del despacho ACEDIM® desde un día antes de la entrega hasta la hora estimada de llegada a obra.

Para la entrega del ACEDIM® a obra, el Coordinador de Obra deberá indicar la zona donde recibirá la unidad de transporte para la descarga del material, así como realizar las gestiones necesarias para los permisos y restricciones del ingreso a obra.

5.3 Recepción y descarga en obra

Al llegar al sitio de construcción, se realiza una inspección del material para verificar la calidad y conformidad de las piezas con la documentación enviada. Durante esta etapa, participan el Personal de Transporte de ACEDIM® y el Almacenero de la Obra.

El Personal de Transporte es el responsable de realizar la entrega de ACEDIM® en la obra y es el encargado de brindar al Almacenero del proyecto toda la documentación del envío, con la cual se verifica el despacho de las piezas fabricadas y la cantidad entregada.

Para el control del ACEDIM® recibido, el Almacenero valida la conformidad del despacho con la ayuda de los siguientes documentos entregados por el personal de transporte:

- Listado de Barras, el cual contiene el listado y etiquetas con datos de todas las piezas ACEDIM® enviadas en el despacho.
- Factura o Guía del material a entregar.

Para la verificación del despacho ACEDIM®, se utiliza el Listado de Barras y las etiquetas que son incluidas en cada paquete.

Figura 51

Etiqueta y Listado de Barras.

ACEROS AREQUIPA ACEDIM

ACEROS: ASTM A615/A706-G CBR15-1524-0108

CODIGO DE PIEZA **Rs4 200**

NIVEL/SECTOR: BLOQUE-TORRE PISO1-S1

ESTRUCTURA: VIGA

TIPO: Vpt15V-B

DIAMETRO: 1"

PIEZA **2** **ETIQUETA** **1 de 1**

CLIENTE: ABC INMOBILIARIA S.A.C **DESPACHO:** 0108

OBRA: LOS CEDROS CATANIA **ITEM:** 43c

CLIENTE/OBRA: ABC INMOBILIARIA S.A.C **ACEROS AREQUIPA**

NIVEL: BLOQUE-TORRE PISO1-S1

ESTRUC: VIGA **NOMESTR:** Vpt15V-B

COD PZA: DA **DIAM:** 1"

DESPACHO: 0108 **ITEM:** 43c **PIEZAS:** 2 **ETQ:** 1 de 1

LISTADO DE BARRAS

Item	Código	Dim	Forma (cm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
41	Dn-200	1	41	879											
42	Rs3-100	34		350											
43	Rs4-200	1	41	296											
44	Rs5-200	1	41	561											
45	Stn-100	1		1120											

A: Código de pieza (marca y forma)

B: Número de Despacho

C: Ítem, sirve para identificar la etiqueta en el listado de barras

Nota: Adaptado de Corporación Aceros Arequipa (s.f.-a).

En la Figura 51 se muestran los datos entregados al personal de almacén para la verificación del despacho ACEDIM®. Para ello, se ordena cada Etiqueta según el número de despacho (en una entrega puede haber más de un despacho). Posteriormente, se verifica, según el Número de Ítem, que los datos obtenidos en la Etiqueta coincidan con los indicados en la Lista de Barras. Este procedimiento se repite hasta completar la verificación de todos los paquetes que componen cada despacho. En caso sobre o falte material o se realice cualquier observación, esta es advertida al Coordinador de Obra mediante los documentos entregados.

5.4 Armado e instalación de ACEDIM®

La instalación de las piezas de ACEDIM® en obra sigue las instrucciones y criterios de construcción de las especificaciones del proyecto y las instrucciones de montaje detalladas en los planos de detalle generadas a partir del modelo BIM de estructuras. Para tal fin, el equipo de ingeniería de detalle es el encargado de asegurar que toda la información necesaria se encuentre al alcance de la obra para un montaje correcto y eficiente.

Para un correcto armado y colocación del producto, se recomienda, primeramente, identificar los listados de barras los elementos entregados en cada despacho ACEDIM®, y luego, ubicar en el almacén los paquetes de ACEDIM® según las estructuras que se necesite instalar. Para ello, se puede utilizar el número de despacho y posteriormente utilizar el Listado de Barras, los Planos ACEDIM® y las Etiquetas de cada paquete.

Se deberá verificar que todos los paquetes seleccionados contengan las piezas completas para la instalación. Esto se realiza revisando los planos ACEDIM® y los planos Originales del proyecto. De existir una falla en la forma, dimensiones o cantidad de una pieza, el Coordinador de Obra es el encargado de identificar el origen del error (diseño o fabricación).

Según sea el tipo de proyecto, se recomienda tener un stock de respaldo de varillas de acero de 9m de diferentes diámetros, denominado también como BACO, con el fin de brindar una solución rápida en campo cuando alguna pieza presente un error de diseño. La correcta ejecución de los pasos descritos

anteriormente permite que el montaje de las piezas ACEDIM® sea de forma más eficiente.

Mediante el uso del modelo BIM de estructuras, se puede realizar una supervisión en tiempo real. Dado que la información plasmada en los planos de montaje proviene del modelo BIM puede asegurarse que cada una de las piezas sean instaladas según lo planificado.

Además, ante la identificación oportuna de cualquier problema, esta puede resolverse rápidamente utilizando la información detallada disponible en el modelo BIM. Así, por ejemplo, se puede reubicar una pieza con determinadas características de diámetro y forma en otro lugar en el cual no fue correctamente fabricado o instalado.

5.5 Metrado de ACEDIM® del caso de estudio

Para la experiencia descrita en el presente trabajo, cabe recordar que no se ejecutó la instalación del ACEDIM® en obra, sino que solo se realizó el suministro de las piezas. A continuación, se presentarán algunos resultados cuantificables que se obtuvieron a partir del modelado BIM según el tipo de estructura utilizados para la construcción del proyecto TORRE SK.

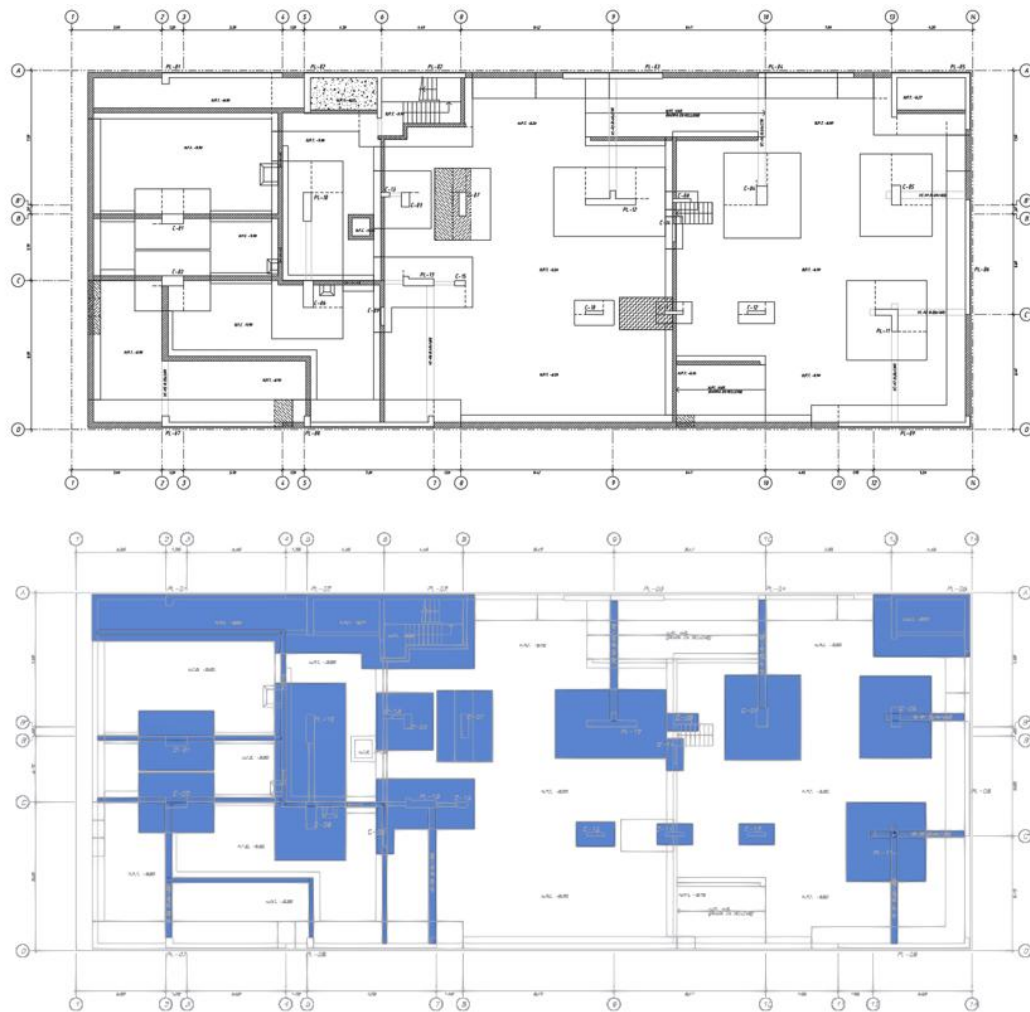
Para la obtención del metrado de acero, se presenta una cuantificación según el tipo de aplicación o componente estructural de los elementos del modelo BIM de estructuras. Para ello se han agrupado los resultados obtenidos, según el ADU de APLICACIÓN en: cimentaciones, coberturas y portantes.

5.5.1 Metrado de cimentaciones.

La cimentación del proyecto TORRE SK, está compuesta por zapatas aisladas y zapatas perimetrales y se encuentran conectados entre sí mediante vigas de cimentación.

Figura 52

Estructuras de cimentaciones consideraras para ACEDIM®.

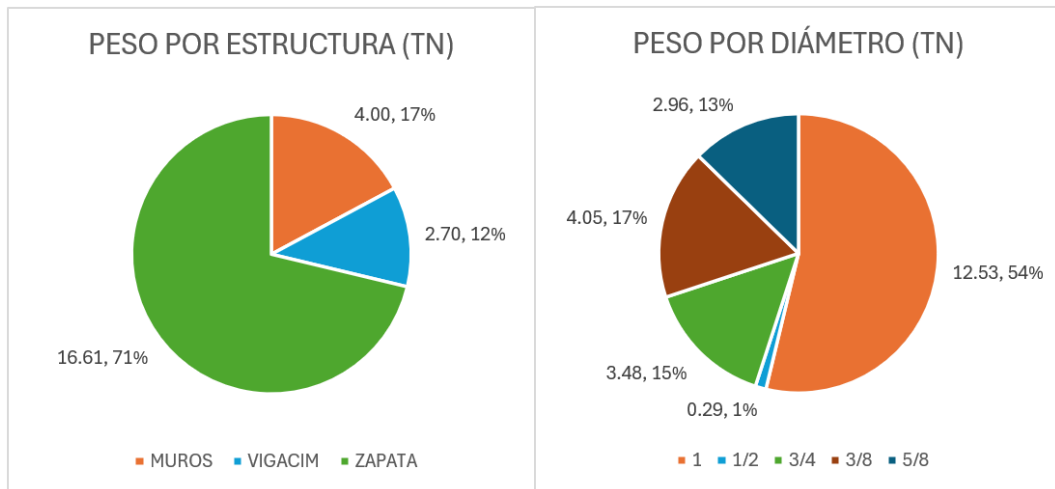


Nota: en la figura se muestran los elementos de la cimentación considerados en el modelo BIM de estructuras. Elaboración Propia.

En la parte superior de la Figura 52 se muestra el plano de cimentación del proyecto, en el cual se puede visualizar la distribución de las zapatas y las vigas de cimentaciones. En la parte inferior se muestran los elementos considerados para el modelo BIM de estructuras. Se puede notar que no todos los elementos mostrados en el plano original son considerados dentro de la creación del modelo, esto debido a una previa coordinación entre el Coordinador de Obra y el Cliente, quienes han definido cuales estructuras se construirán mediante ACEDIM®. Dentro del metrado de los elementos de la Cimentación, también se incluye el modelado de los muros de la cisterna.

Figura 53

Distribución de pesos en cimentaciones del proyecto Torre SK.



Nota: Elaboración Propia.

El diseño de cada uno de estos elementos estructurales comprende el modelado de barras de acero de 3/8" hasta 1" de diámetro, en la Figura 53 se muestran el peso total agrupado por tipo de estructura modelada (muros de cisterna, vigas de cimentación y zapatas aisladas) y por el diámetro modelado. Se puede observar que el diámetro más utilizado es el de 1" y que la estructura con mayor peso son las zapatas, por lo que se tomó más atención al modelado de estos elementos respecto a la revisión de interferencias, geometría y ubicación.

5.5.2 Metrado de coberturas

Los elementos de aplicación Coberturas, comprenden a las losas y vigas del proyecto. Como se ha definido dentro de los alcances del modelo BIM de estructuras del proyecto TORRE SK, no se está considerando el modelado del ACEDIM® para losas aligeradas, dado que existe un tercer proveedor encargado de suministrar losas prefabricadas para estos elementos. Para el caso de las losas macizas, estas si fueron consideradas dentro del despacho ACEDIM®, sin embargo, no están consideradas dentro del modelo BIM de estructuras, el análisis del metrado de estas estructuras se desarrollará más adelante.

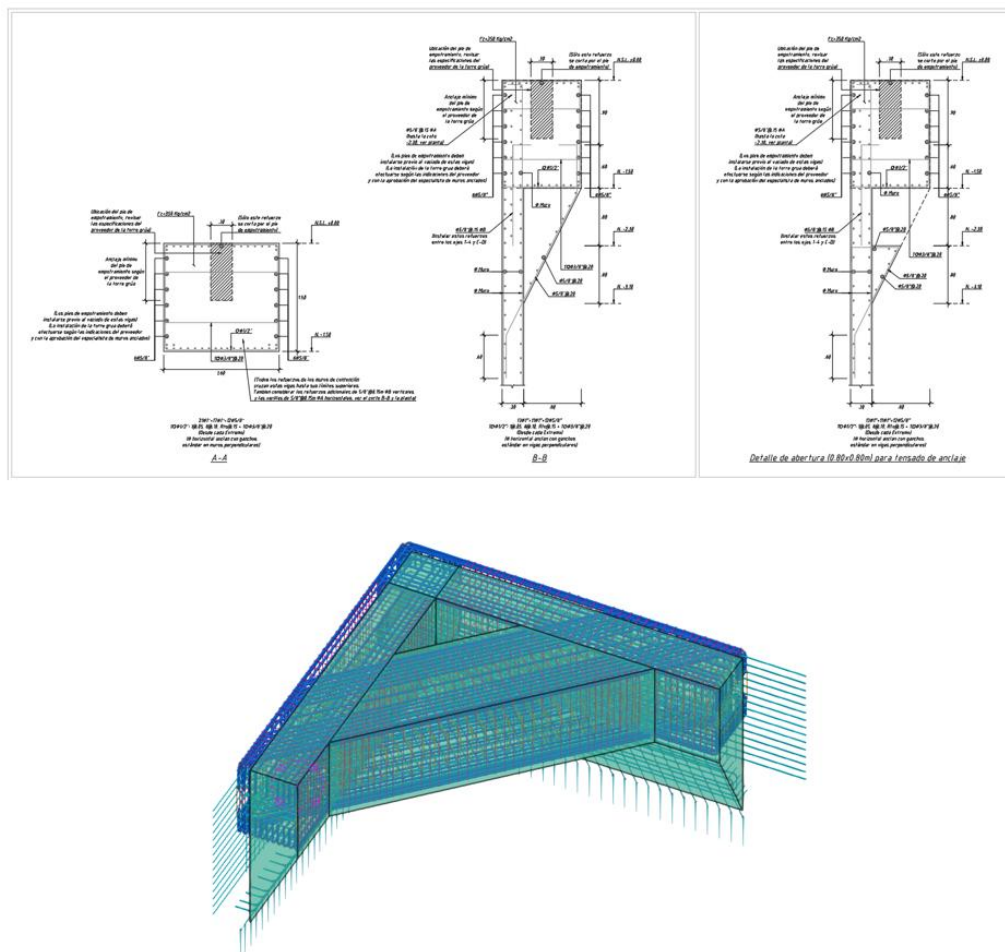
Podemos clasificar el metrado de acero de las Coberturas, según los ADU del modelo, en dos grupos según su ETAPA en SOTANO y EDIFICIO. La etapa de

Sótano del proyecto TORRE SK está conformada por los techos de los sótanos 03 al 01. El techo del tercer sótano cubre el área de cisterna, el cuarto de bombas y estacionamientos, mientras que el sótano 02 cubre la extensión total del proyecto destinada a estacionamiento vehicular. Por último, el techo de sótano 01, cubre estacionamientos vehiculares, cuartos de acopio y sistemas de ventilación.

Además de las vigas indicadas en los planos de techo, se ha considerado también el modelado de la viga grúa en el nivel de sótano 01. Este elemento sirvió como apoyo para el soporte de la grúa torre utilizada durante la construcción del proyecto. En la Figura 54 se muestra el elemento modelado a partir de la información proporcionada en los planos del proyecto.

Figura 54

Modelo BIM de estructuras de Viga Grúa.



Nota: En la figura se muestra como a partir de la información en 2D se obtiene el diseño del modelo BIM de estructuras. Elaboración Propia.

En la Figura 55 se muestran los planos de encofrados de techo de los sótanos 03 al 01 y los elementos de coberturas considerados para el despacho de ACEDIM®, se puede observar que la viga grúa se ubica en el nivel de sótano 01.

Figura 55

Estructuras consideradas en coberturas de sótanos para ACEDIM.



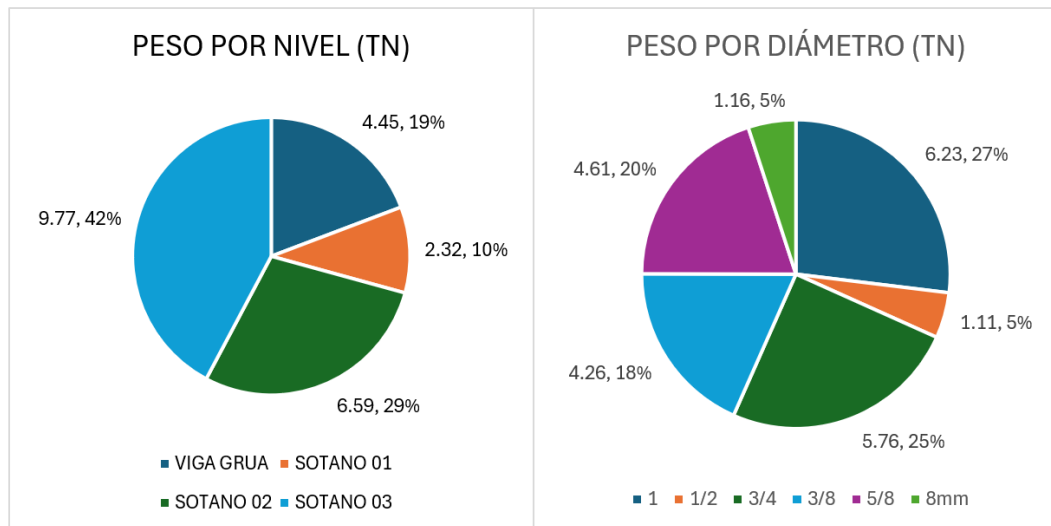
Nota: Elaboración Propia.

Del metrado de ACEDIM® obtenido a partir del modelo BIM de estructuras se puede observar, en la Figura 56, que el mayor peso modelado se encuentra en el sótano 03 a pesar de tener una menor área techada respecto a los otros dos sótanos. Esto puede explicarse debido a que las vigas ubicadas en dicho nivel poseen una mayor cuantía de acero en su diseño respecto a los sótanos superiores. También se puede observar que el sótano 01 posee el menor peso de acero modelado a pesar de tener más elementos estructurales (concreto), esto debido a que el modelado de VIGA GRUA se está considerando como un elemento aparte ya que esta no pertenece al cálculo del plano de encofrado de techo de sótano 01.

Finalmente, se observa que en la distribución del peso modelado por diámetro de barra existe una relación más uniforme entre los valores de 1", 3/4", 5/8" y 3/8". De estos valores podemos resaltar el peso de las barras de 3/8" de diámetro que en su mayoría sirven como estribos de las vigas, por lo que resulta importante cuidar el diseño y la distribución de estos elementos.

Figura 56

Distribución de peso modelado en coberturas de sótanos.



Nota: Elaboración Propia.

La etapa de Edificio del proyecto TORRE SK está conformada por los techos del piso 01 hasta la azotea (21 niveles en total). Similar al proceso de construcción de

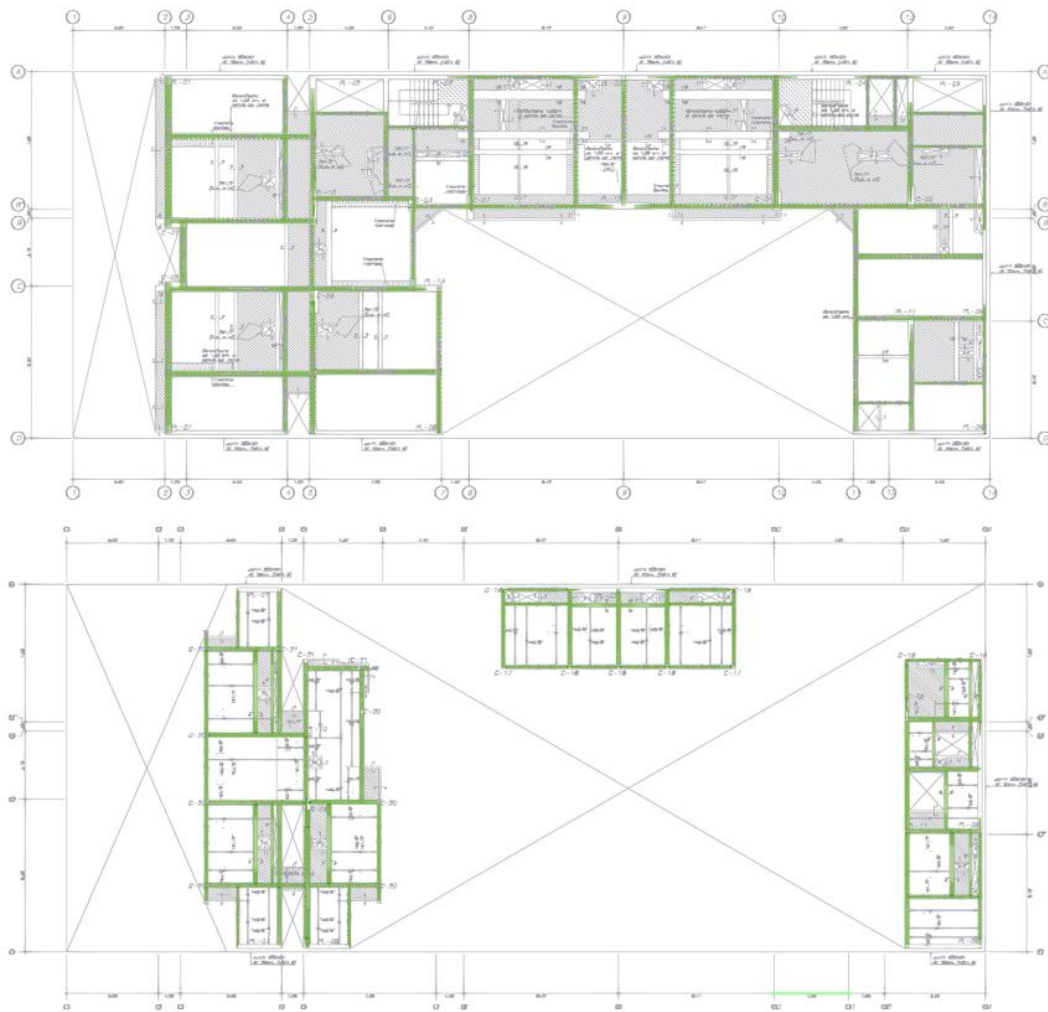
los techos de Sótanos, solo se ha considerado las vigas peraltadas para el despacho de ACEDIM®. Las losas aligeradas de techo fueron construidas mediante elementos prefabricados suministrados por un tercer proveedor, mientras que las losas macizas se realizaron mediante un cálculo de ACEDIM® en 2D.

El encofrado de techo de piso 01 cubre el hall de ingreso al edificio, la rampa de acceso vehicular hacia los sótanos y salones de usos múltiples; a partir del piso 02 hasta los niveles superiores, se ubican las distintas tipologías de departamentos distribuidas en cada uno de los niveles de 617 m² de área techada.

La distribución de los elementos verticales y horizontales se mantiene constante a en cada uno de los niveles y solo presenta variaciones en los elementos ubicados en los perímetros debido a la junta sísmica y detalles de fachadas, por lo que se puede considerar una planta prácticamente típica desde el piso 02 al 19. Los elementos de coberturas considerados para el suministro de ACEDIM® en los pisos de la etapa de edificio se muestran en la Figura 57.

Figura 57

Estructuras de coberturas para ACEDIM® en techo típico y azotea.

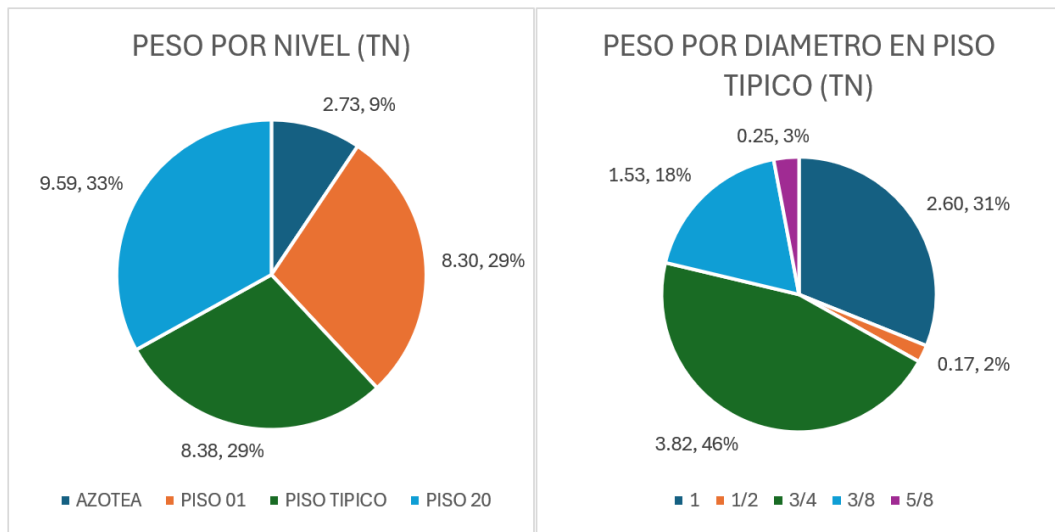


Nota: Elaboración Propia.

Del metrado del peso de ACEDIM® obtenido del modelo BIM de estructuras, se puede observar en la Figura 58 que existe un peso promedio de 8.28 toneladas de acero en cada nivel del edificio desde el piso 01 hasta el piso 19. Además, la barra de mayor peso distribuida en los elementos de cobertura en toda la etapa de edificio del proyecto es la de 3/4" sobre los demás utilizados.

Figura 58

Distribución de peso modelado en coberturas de edificio.



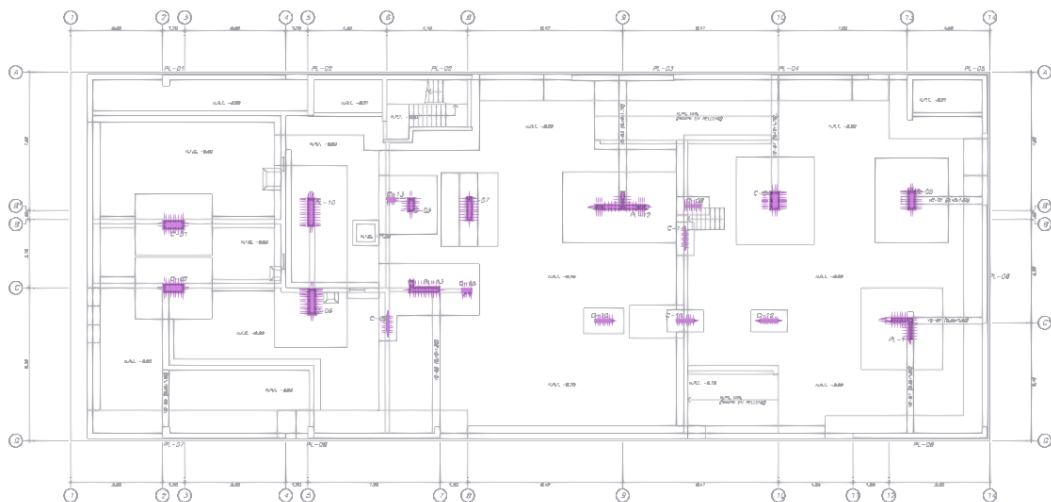
Nota: Elaboración Propia.

5.5.3 Metrado de portantes

Los elementos de aplicación Portantes del proyecto Torre SK, están compuestos por las placas y columnas distribuidas en toda la planta del proyecto. Similar al análisis realizado en el metrado de los componentes de Coberturas, estos elementos se pueden agrupar según la etapa de sótano y edificio.

Figura 59

Estructuras de portantes consideradas para ACEDIM® en sótanos.



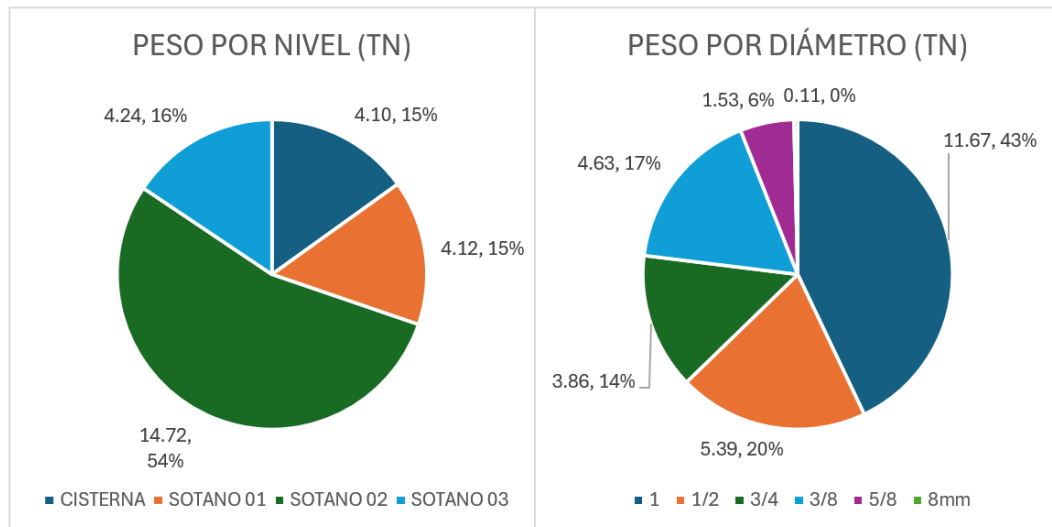
Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 59 se muestra la ubicación en planta de los elementos estructurales que fueron considerados para el suministro de ACEDIM® para la etapa de Sótanos. Se puede observar que solo se han considerado los elementos estructurales que se encuentran en el interior de la planta. Similar al caso de las zapatas, el cliente ha optado a realizar el armado de las placas y columnas perimetrales en paralelo con la construcción de los muros de contención perimetrales.

Del análisis del metrado de ACEDIM® obtenido desde el modelo BIM de estructuras se puede observar, en la Figura 60, que el mayor peso modelado se encuentra en el nivel de sótano 02. Si bien los elementos verticales son uniformes en altura y sección a medida que ascienden a niveles superiores, esta concentración de peso se puede explicar debido al uso de ACEDIM® prearmado en columnas y placas.

Figura 60

Distribución de peso modelado en portantes de sótanos.



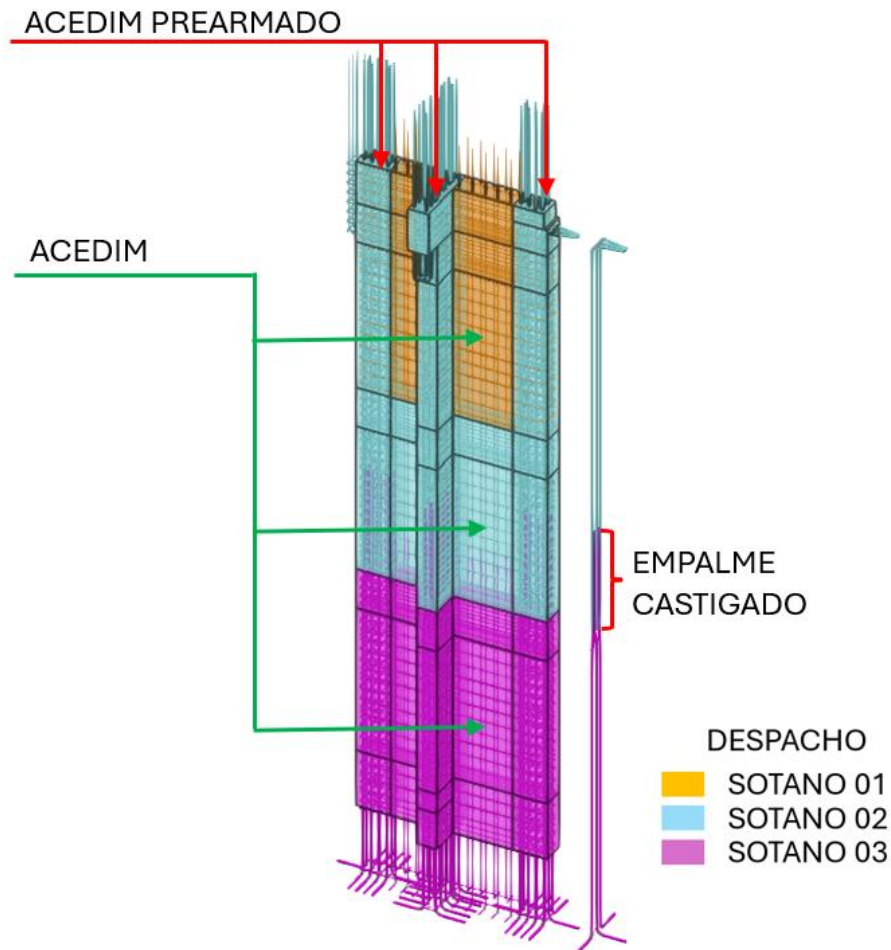
Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 61 se muestra un esquema que explica el criterio utilizado por el equipo de modelado para la construcción los elementos verticales del proyecto. Este criterio hace uso de ACEDIM® prearmado para los nodos de la placa y ACEDIM® para los elementos del alma de la placa. Como se observa en la Figura 61, estos elementos prearmados cubren hasta dos niveles de construcción, este criterio es definido por el cliente. Cabe indicar también, que el criterio utilizado para

la ubicación y longitud de los empalmes en estos elementos son obtenidos de las especificaciones técnicas del proyecto y son validados por el cliente durante toda la etapa de modelado de ACEDIM®.

Figura 61

Criterio de modelado para elementos verticales.

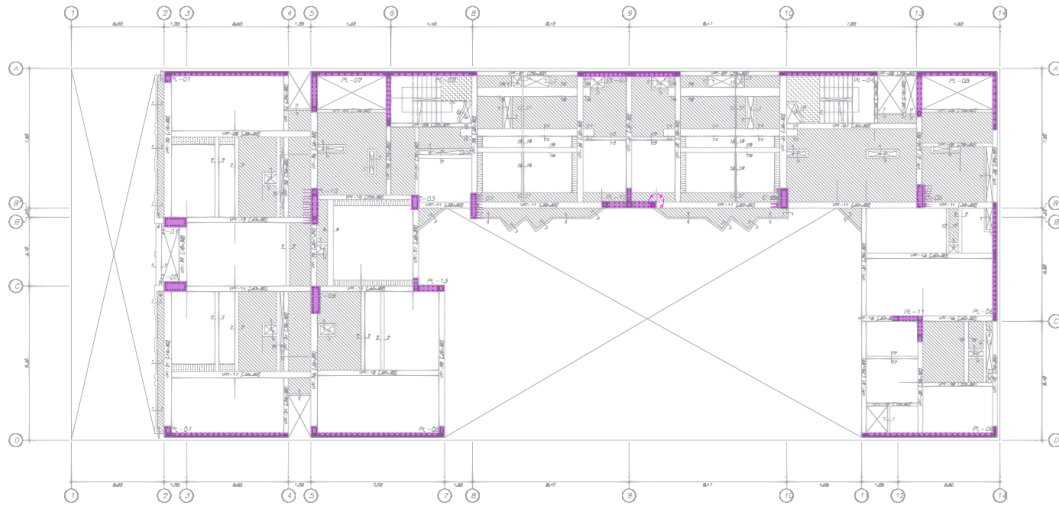


Nota: Elaboración Propia.

Para el caso de la etapa de edificio, se puede observar en la Figura 62 que, a diferencia de la etapa de sótanos, se está considerando el total de elementos verticales entre placas y columnas distribuidos en la planta del edificio para el suministro de ACEDIM®.

Figura 62

Estructuras de portantes consideradas para ACEDIM® en edificio.

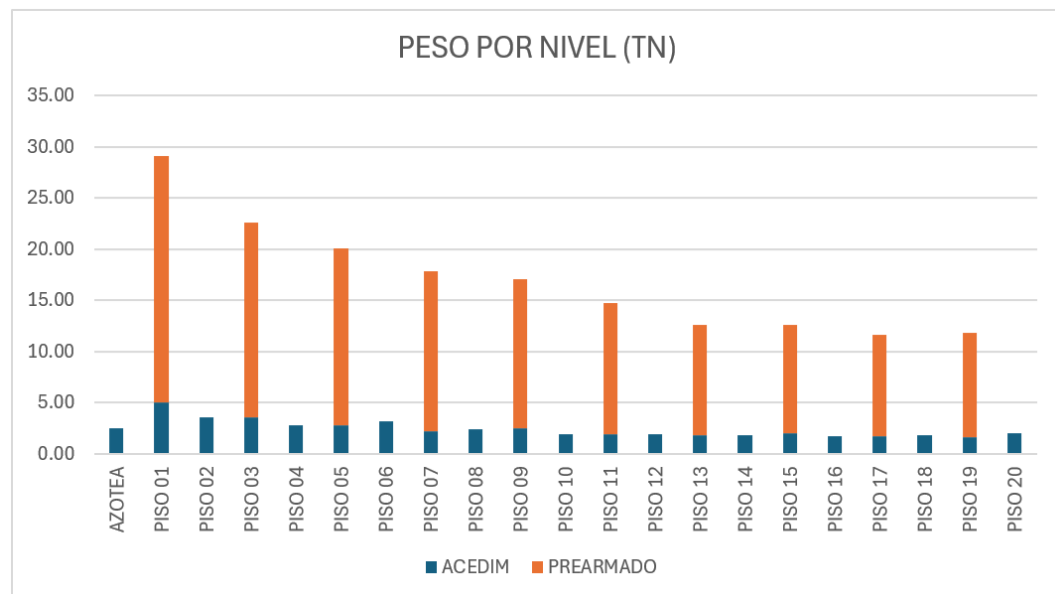


Nota: Elaboración Propia.

En la Figura 63 se tiene la distribución por peso de ACEDIM® producido en los elementos de coberturas para cada nivel de la etapa de edificio. Se puede observar un incremento en el peso fabricado en los niveles impares debido al uso de ACEDIM® prearmado, sin embargo, este peso va disminuyendo a medida que se asciende en los niveles de edificio debido al diseño estructural del proyecto.

Figura 63

Distribución de peso modelado por nivel en portantes de edificio.

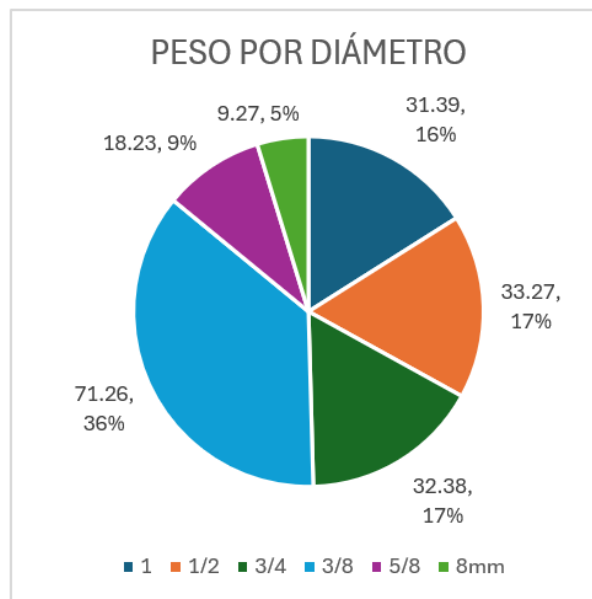


Nota: Elaboración Propia

Por otro lado, al analizar la distribución de los pesos de las piezas ACEDIM® según el diámetro de la barra, se puede observar en la Figura 64, que el peso predominante corresponde a las barras de Ø3/8” esto debido a que se encuentran mayormente distribuidos en las placas y columnas de manera transversal en forma de estribos y trabas.

Figura 64

Distribución de peso modelado en portantes según diámetro en edificio.



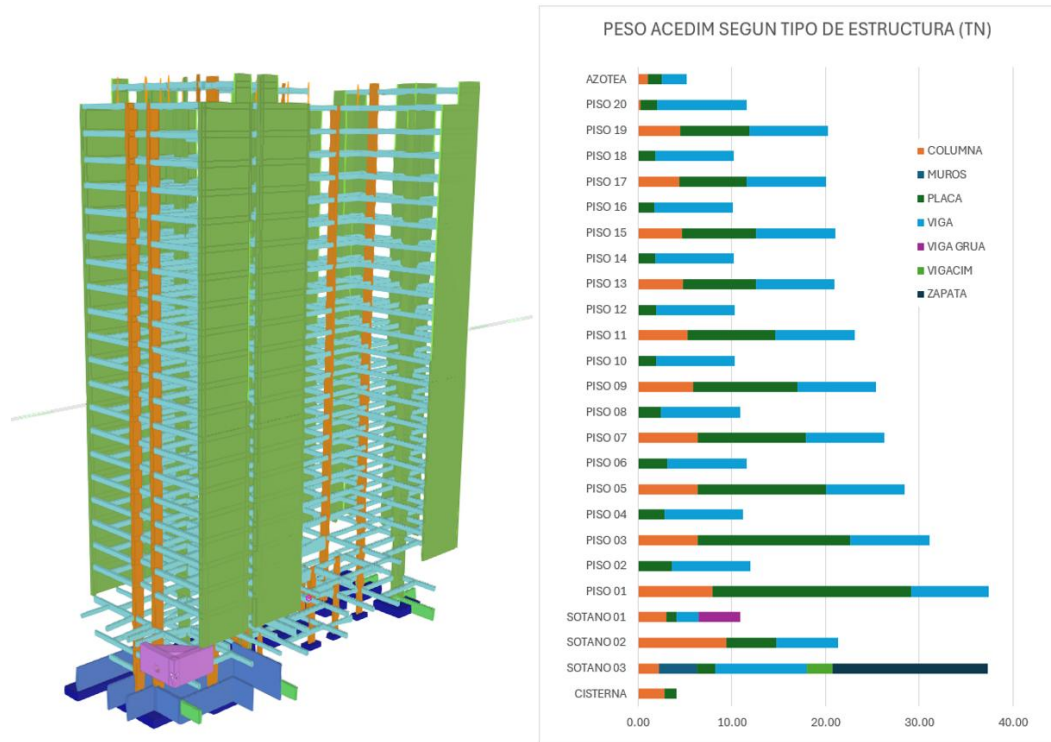
Nota: Elaboración Propia

5.5.4 Resumen de metrado ACEDIM® obtenido del modelo BIM de estructuras

A continuación, se muestra un análisis global del metrado de peso de piezas ACEDIM® obtenidas a partir del modelo BIM de estructuras. En la Figura 65 se muestra la distribución del peso ACEDIM® según el tipo de estructura en cada uno de los niveles del proyecto Torre SK.

Figura 65

Distribución de peso modelado por nivel según tipo de estructura.

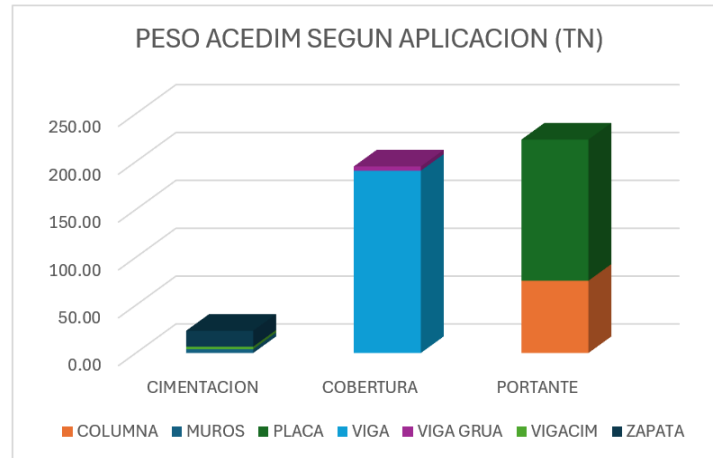


Nota: Elaboración Propia

Podemos resaltar del gráfico anterior que el nivel de sótano 03 concentra el mayor peso de ACEDIM® modelado debido a que incluye el modelado de las zapatas del proyecto, y como vimos antes, para el diseño de estos elementos se utilizaron barras de Ø1" que representan el mayor diámetro diseñado y, por lo tanto, aportan un mayor peso a la estructura. En segundo lugar, el piso 01 concentra los pesos ACEDIM® del modelado de placas, ya que este nivel sirve de arranque para el diseño de los elementos verticales de acuerdo con los criterios empleados por el equipo de modelado.

Figura 66

Distribución de peso modelado según diámetro en edificio.



Nota: Elaboración Propia

Por otro lado, en la Figura 66 se muestra la distribución total del peso modelado de ACEDIM® según el tipo de aplicación del elemento estructural, así para la Cimentación se fabricó 23.31 toneladas, para las Coberturas se fabricaron 194.91 toneladas y para los Portantes 222.99 toneladas de acero. Haciendo una producción total de 441.21 toneladas de ACEDIM® fabricados a partir del modelo BIM de estructuras para el proyecto Torre SK.

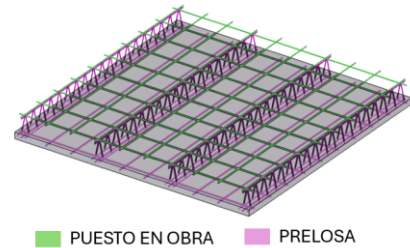
5.5.5 Metrado de ACEDIM® en 2D

Como se ha descrito anteriormente, la creación del modelo BIM de estructuras permitió obtener los datos geométricos necesarios para calcular el metrado de los elementos considerados dentro del despacho ACEDIM® del proyecto Torre SK, sin embargo, existe un tratamiento especial para despacho de las piezas de acero pertenecientes a las losas macizas los cuales se realizan sobre los planos 2D.

Según los planos estructurales del proyecto Torre SK, el diseño de los techos de los diferentes niveles está conformado por losas macizas y aligeradas con espesores de 15cm y 20cm. Para la construcción de las losas aligeradas, se han utilizado prelosas con viguetas y refuerzos perpendiculares a las viguetas, estas prelosas fueron fabricadas y suministradas la empresa Entre Pisos Lima, en adelante EPL. Por otro lado, como se observa en la Figura 67, para la construcción de las losas macizas se utilizaron prelosas suministradas por EPL y piezas ACEDIM® como complemento para los refuerzos negativos.

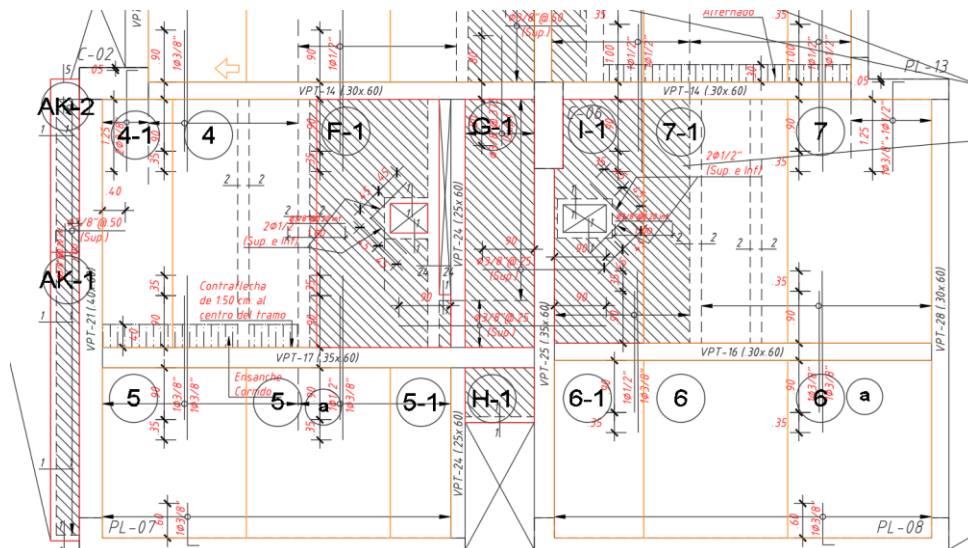
DETALLE DE PRELOSA MACIZA

- * Bastón transversal inferior o empalme al sentido transversal de la prelosa se colocará en obra encima de la prelosa según el recubrimiento indicado
- * Acero superior se colocará en obra tal cual indica el plano original



Para el diseño de las piezas de ACEDIM® de las losas macizas, se utilizaron los planos de encofrado de techo de cada nivel, en los cuales se puede identificar los paños de losa maciza y aligeradas, además, se utilizaron los planos enviados por el proveedor de prelosas a fin de verificar que no existan elementos duplicados o errores de diseño.

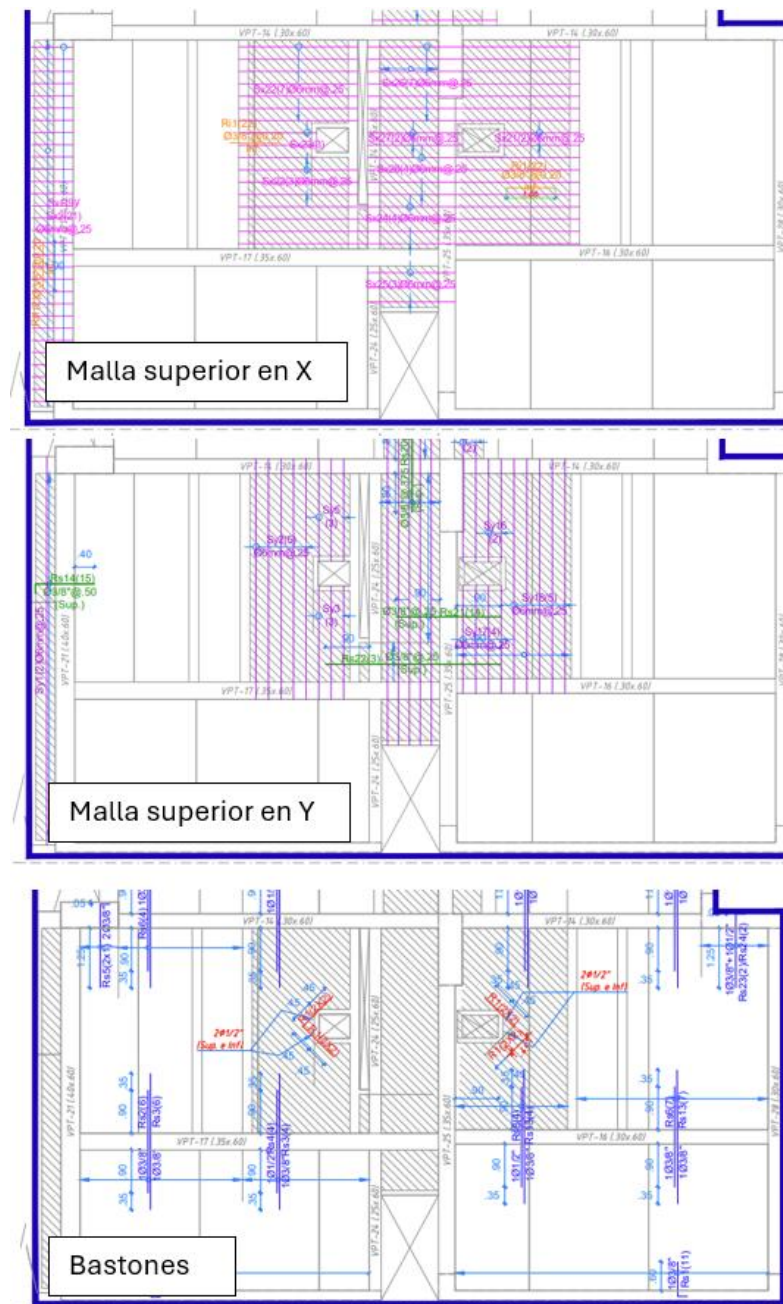
Figura 68
Dimensionamiento de prelosas.



METODOLOGÍA BIM PARA LA FABRICACIÓN DE ACERO DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES
Bach. MAMANI ZEA, Kennet Edyson

A partir del diseño de EPL, el equipo de ingeniería de detalle de AASA-TSC realiza el despiece ACEDIM® de las losas. Como se puede observar en la Figura 69, para el cálculo de las piezas ACEDIM®, se ha considerado el refuerzo de la malla superior en losas macizas y los bastones o refuerzos adicionales ubicados en toda la extensión del encofrado de techo.

Figura 69
Croquis de despiece ACEDIM® en losas.

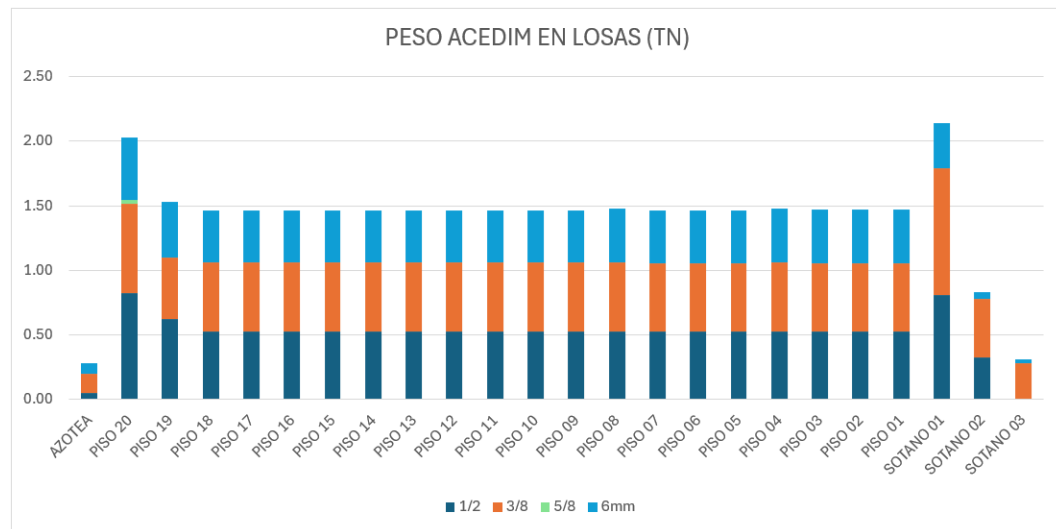


Nota: Adaptado de documento interno de AASA-TSC (no publicado).

Dentro de los alcances establecidos para la creación del modelo BIM de estructuras del proyecto Torre SK, el modelado de las losas no está incluido, sin embargo, el cálculo de las piezas ACEDIM® es calculado sobre la información en 2D por el equipo de ingeniería de detalle.

En la Figura 70, se muestra el cálculo total de peso de ACEDIM® producido para cada nivel del proyecto. En dicha figura se puede observar que se utilizaron barras de 3/8" para las mallas superiores de las losas macizas, barras de diámetro 6mm para el acero de temperatura y barras de 1/2" de diámetro para el diseño de bastones.

Figura 70
Distribución de peso ACEDIM® en losas.



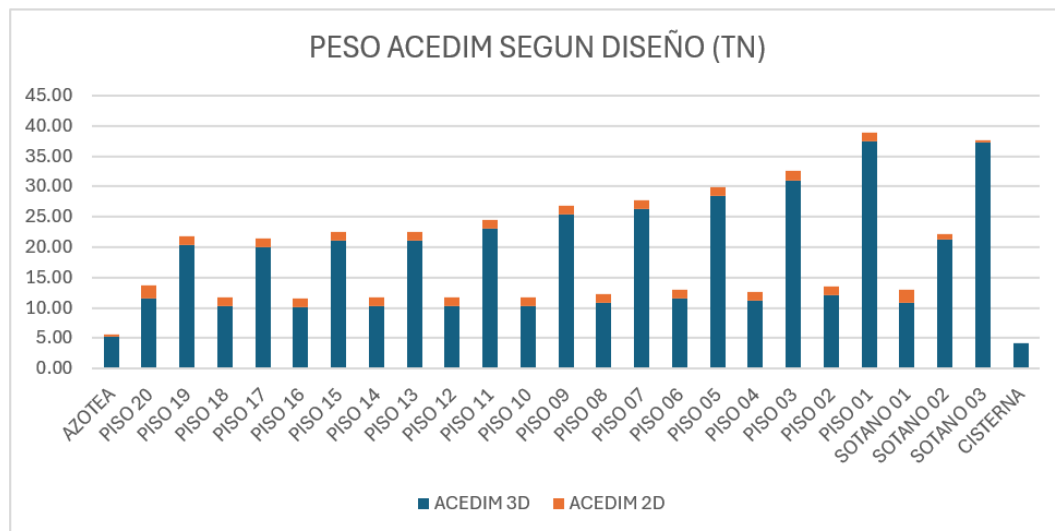
Nota: Elaboración propia.

5.5.6 Métricas adicionales

A continuación, se presenta el análisis total del ACEDIM® fabricado y entregado a obra para la construcción del proyecto Torre SK. En la Figura 71 se muestra la distribución del peso total de ACEDIM® suministrado en obra, nótese que la relación del peso ACEDIM® calculado en 2D representa, en promedio, el 8.3% del total producido para cada nivel.

Figura 71

Distribución de peso ACEDIM® según método de diseño.



Nota: Elaboración propia

En resumen, en la Tabla 5 se muestra la cantidad total de ACEDIM® producido para el proyecto Torre SK. Se puede calcular, que el peso ACEDIM® diseñado en 2D representa el 7.06% del total producido.

Tabla 5

Peso total producido de ACEDIM®.

METODO ACEDIM®	PESO
ACEDIM®	285.65 Ton
ACEDIM® PREARMADO	155.56 Ton
ACEDIM® 2D	33.55 Ton
Total	474.76 Ton

Por otro lado, la creación del modelo BIM de estructuras utilizado para la fabricación del ACEDIM® estuvo a cargo de 2 modeladores BIM los cuales se encargaron de crear el modelo según el tipo de componentes (coberturas y portantes) de cada estructura bajo la supervisión del Coordinador de Obra. En la Tabla 6 se muestran algunas características del modelo finalizado y convertido a formato IFC.

Tabla 6*Propiedades de modelo BIM de estructuras.*

CARACTERISTICA	NRO DE ELEMENTOS	CANTIDAD
Peso de ACEDIM® modelado.	41565	444.21 Ton
Volumen de concreto modelado.	6941	5127.34 m3
Peso archivo IFC.	1	81.13 Mb

Finalmente, en la Tabla 7 se detallan la cantidad planos ACEDIM® emitidos según el tipo de estructura para el proyecto Torre SK.

Tabla 7*Planos ACEDIM® producidos.*

TIPO DE ESTRUCTURA	NRO DE PLANOS
Viga Torre Grúa	01
Vigas de Cimentación	07
Zapatas	03
Placas y Columnas	427
Vigas	216
Losas	48
Total	702

Debido a la gran cantidad de planos producidos, resulta esencial el uso de herramientas que permitan automatizar el proceso de dibujo de estos planos. Como se describió en capítulos anteriores, el uso de herramientas de programación permite una producción más eficaz y minimiza los errores al trasladar la información del modelo 3D a los planos.

5.6 Resultados de la instalación de ACEDIM® en obra

A continuación, se describen los resultados obtenidos del proceso de instalación de ACEDIM® en el proyecto Torre SK. Si bien el alcance del suministro de ACEDIM® se limita a la fabricación y transporte de las piezas hasta la obra in situ,

en el presente capítulo se desarrollarán el análisis de los beneficios obtenidos durante la construcción del proyecto.

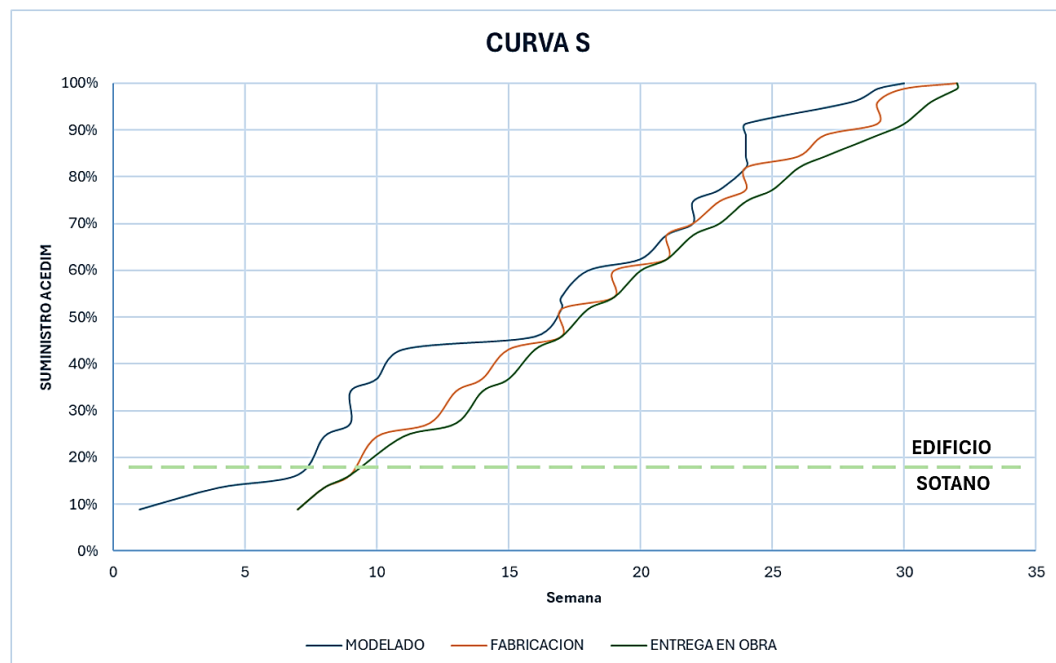
5.6.1 Análisis de la curva S

En la Figura 72 se muestra la curva S del suministro de ACEDIM® en el cual se han comparado la producción de este producto en las etapas de modelado, fabricación y suministro a obra.

Para la curva de modelado, se ha extraído del modelo BIM de estructuras, la fecha de término de diseño de un nivel completo. Por otro lado, para los datos de la curva de Fabricación, se ha tomado en cuenta las fechas en el cual se realiza fabricación de ACEDIM® en la planta de corte y doblado de AASA-TSC. Finalmente, para la curva de Entrega, se han tomado en cuenta las fechas en las que el ACEDIM® ha sido entregado al sitio de obra. Estos dos últimos datos, se encuentran registrados en el documento HCAP de la obra.

Figura 72

Curva S del modelado, fabricación y suministro de ACEDIM® en obra.



Nota: Elaboración propia.

De la curva de Modelado obtenida en la Figura 72, podemos resaltar el inicio de la creación del modelo BIM de estructuras se dio con un mes y medio de anticipación al inicio del suministro de ACEDIM® en obra, continuando con la etapa de edificio en los pisos superiores, se observa que en los primeros niveles el modelado de ACEDIM® a mantuvo una holgura de 4 semanas con respecto a la fabricación, sin embargo, esta ventaja de tiempo se redujo en los pisos posteriores. Ya en la última etapa de los pisos superiores se logra recupera la ventaja de hasta un mes de anticipación del modelado con respecto a la fabricación.

Por su parte, la curva de S de la Fabricación de ACEDIM® nos muestra una holgura en promedio de una semana con respecto a la fecha de entrega en obra. Durante la etapa de sótano, se pudo observar que la fabricación del ACEDIM® se realizó con pocos días de anticipación a la entrega (menos de una semana), sin embargo, en los primeros pisos de la etapa de edificio, la fabricación se mantiene constante respecto la fecha de entrega del producto con una semana de ventaja en promedio. Entre las semanas 17 y 25, se pueden observar pequeños saltos verticales en la curva de fabricación, esto se debe a que en su momento se buscó obtener una ventaja en la producción de ACEDIM® para el proyecto Torre SK sobre otros proyectos que también requerían del suministro de ACEDIM®.

Finalmente, al analizar la curva S de la Entrega a obra, se observa una tendencia regular del suministro de ACEDIM®. Esta curva muestra que la entrega se realizó de acuerdo con la planificación del proyecto y, de la misma manera, demuestra que no se presentaron aplazamientos o demoras durante la construcción de la obra.

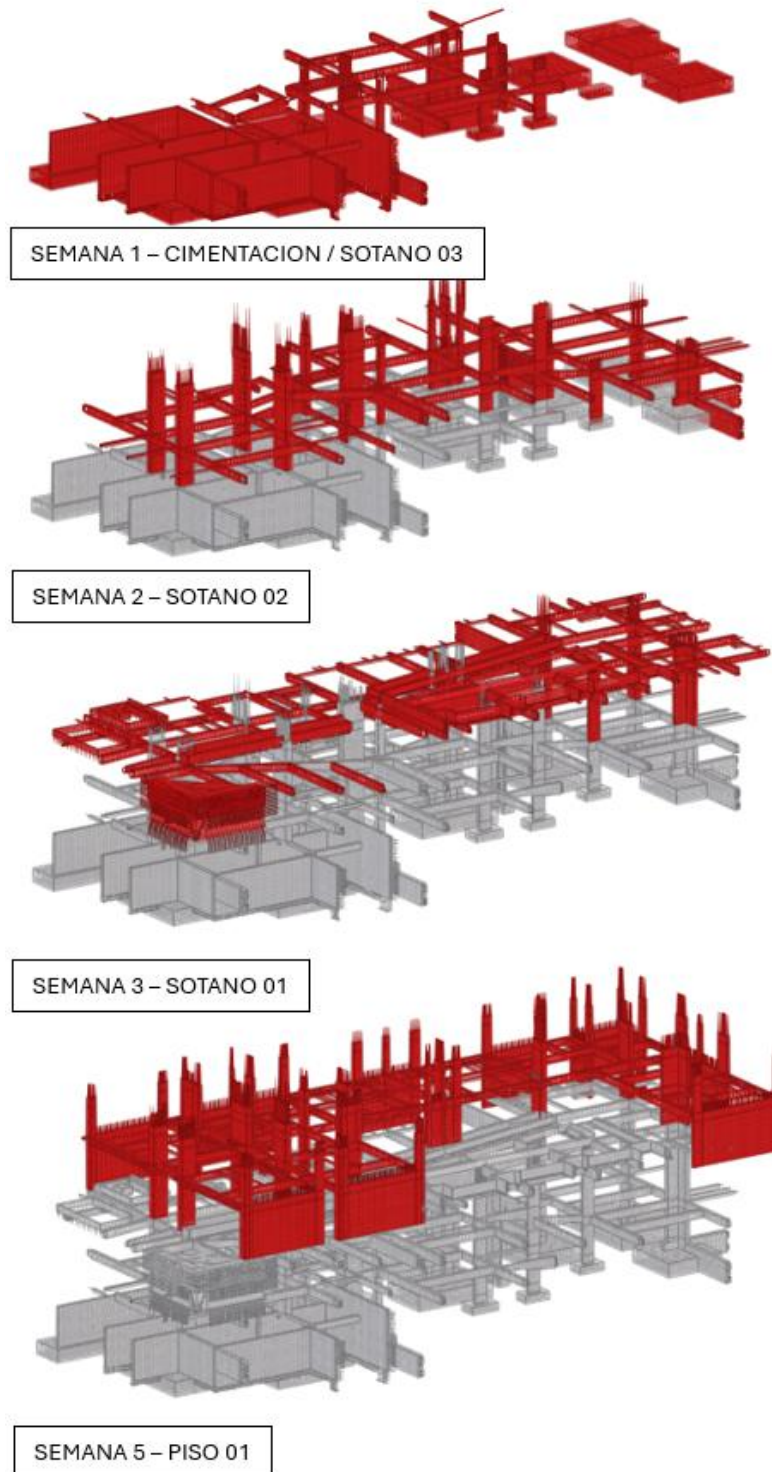
5.6.2 Representación 4D de la secuencia constructiva

A continuación, se presenta una breve descripción del proceso constructivo del proyecto Torre SK mediante la representación del modelo BIM de estructuras según la programación del suministro de ACEDIM®. De la Figura 73 podemos observar que para la primera semana se tomaron en cuenta las estructuras ubicadas en las cimentaciones, la cisterna y el techo de sótano 03. En la semana posterior se realizó el suministro de los elementos del nivel de sótano 02 y además

se hizo la instalación de las primeras placas y columnas de ACEDIM® prearmado en obra que se extienden hasta el nivel de sótano 01.

Figura 73

Secuencia de suministro ACEDIM® en sótanos.

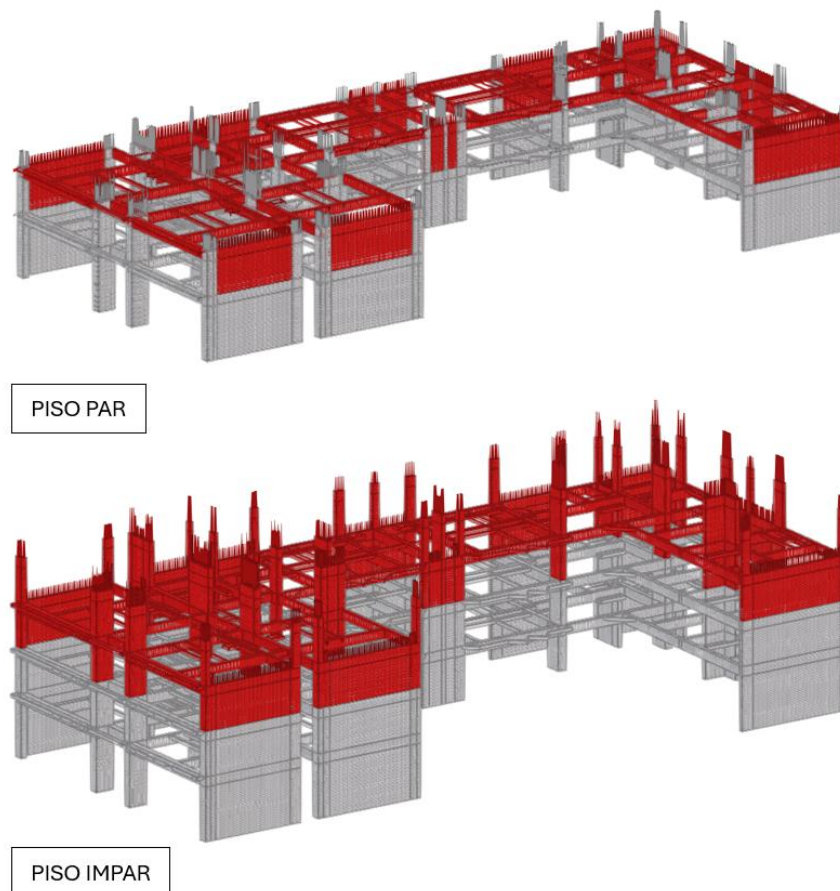


Nota: Elaboración propia

En la tercera semana, se realizó el suministro de los elementos del techo de sótano 01, además, se procedió con el armado de los refuerzos de la estructura de la viga grúa; y finalmente en las siguientes dos semanas, se entregó a obra a el ACEDIM® correspondiente al nivel de piso 01. Nótese que, en este último despacho, también se diseñaron placas y columnas de ACEDIM® prearmadas que se extienden hasta el nivel superior.

Figura 74

Secuencia de suministro ACEDIM® en pisos típicos.

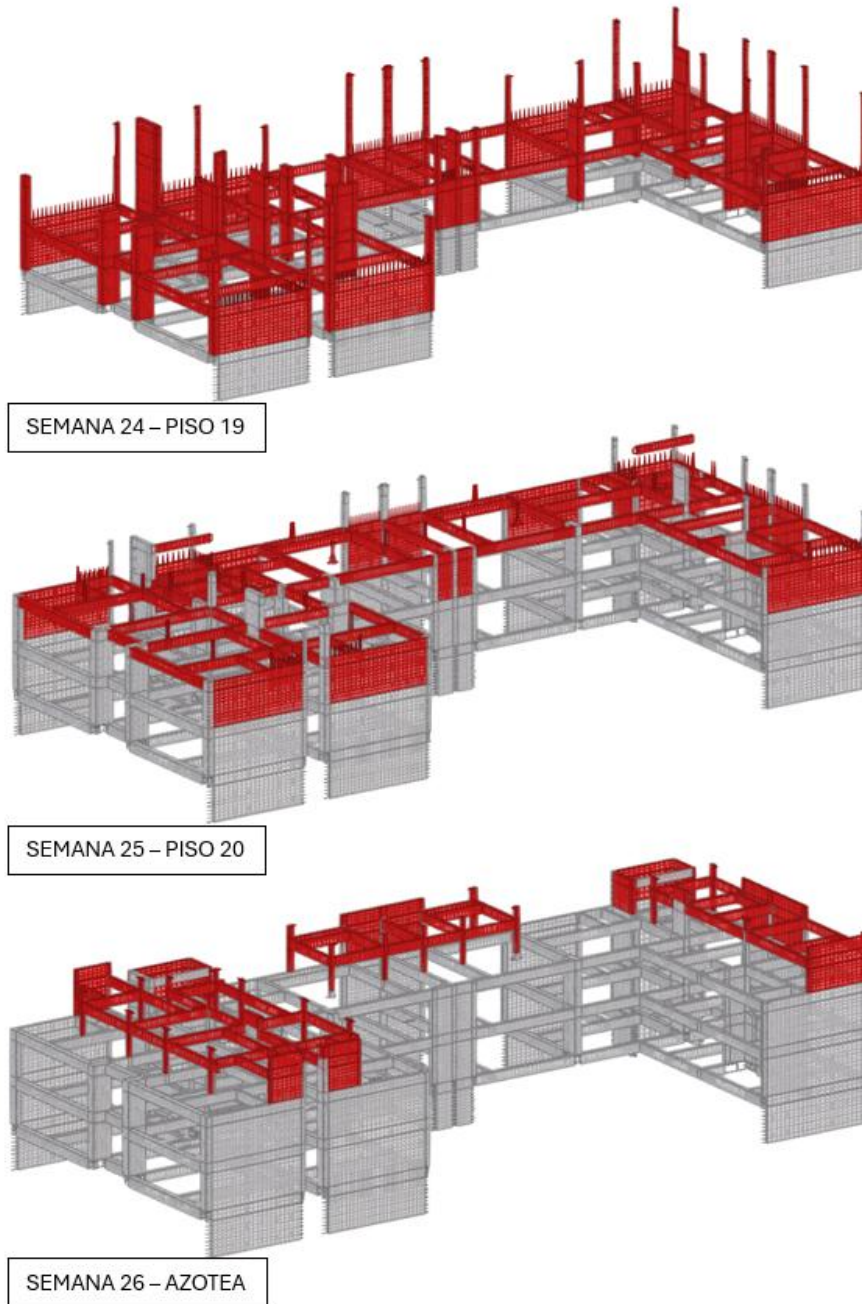


Nota: Elaboración propia.

El uso de placas y columnas prearmadas en obra, permitió realizar una planificación del suministro de tal forma que se entregue el ACEDIM® correspondiente a cada nivel en el lapso de una semana según la programación de la obra. En la Figura 74 se ilustran los elementos considerados dentro del despacho ACEDIM® de cada nivel típico. Este proceso se repitió en la construcción de los niveles de piso 01 hasta el piso 20.

Figura 75

Secuencia de suministro ACEDIM® en últimos pisos.



Nota: Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 75, se muestra la secuencia de suministro para los últimos pisos. Se puede apreciar que en la semana 24 se enviaron a obra los últimos envíos de placas y columnas prearmadas, posteriormente, en la semana 25 se realizó el suministro de las estructuras de piso 20 para finalizar con el despacho ACEDIM® en el nivel de azotea haciendo un total de 26 semanas.

5.6.3 Comparación del rendimiento del uso ACEDIM® con el método tradicional.

Para poder realizar una comparación entre el método constructivo utilizando ACEDIM® y el método constructivo tradicional (sin utilizar piezas ACEDIM®) se ha tomado como variable de comparación el rendimiento expresado en Kilogramos de acero instalados en obra por cada hora hombre (Kg/HH). Para ello se han utilizado los datos proporcionados por la empresa constructora y por el equipo de instalado de AASA-TSC.

En la Tabla 8 se muestran los pesos de acero producidos para cada elemento estructural que componen las etapas de sótano y edificio del proyecto Torre SK. De acuerdo con la información entregada por el equipo de la parte constructora, los rendimientos utilizados para el método tradicional se calcularon en base a 2 cuadrillas de obreros compuestos por 1 capataz, 6 oficiales armadores y doblado, 2 peones y 1 operador de grúa. De manera similar, los rendimientos utilizados para el método ACEIDIM se calcularon en base a 2 cuadrillas compuestas por 1 capataz, 3 oficiales armadores, 2 peones y un 1 operador de grúa; estos datos fueron proporcionados por el equipo de instalado de AASA-TSC.

Tabla 8

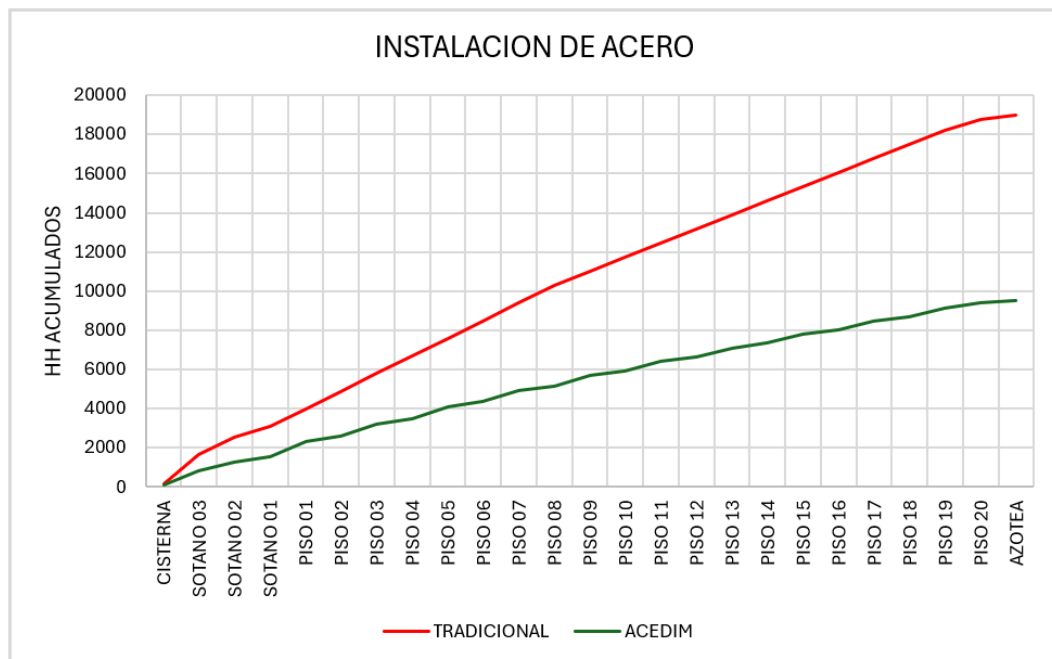
Rendimientos de HH en el armado de acero.

Etapas	Estructura	Peso (Tn)	TRADICIONAL		ACEDIM®	
			Rend. (Kg/HH)	Horas (HH)	Rend. (Kg/HH)	Horas (HH)
EDIFICIO	COLUMNA	58.02	30	1933.9	150	386.8
	PLACA	137.79	30	4592.9	200	688.9
	VIGA	171.79	25	6871.6	30	5726.3
	LOSAS	30.27	20	1513.3	25	1210.7
SOTANOS	COLUMNA	17.55	30	584.9	150	117.0
	MUROS	4.00	30	133.3	35	114.3
	PLACA	9.64	30	321.2	200	48.2
	VIGA	18.67	25	746.9	30	622.4
	VIGA GRUA	4.45	25	178.1	30	148.4
	VIGACIM	2.70	25	108.0	30	90.0
	ZAPATA	16.61	30	553.7	50	332.2
	LOSAS	3.28	20	164.2	25	131.4
Total		474.8		17702.0		9616.6

Para los valores mostrados en la Tabla 8, se ha realizado un ajuste en el cálculo de los rendimientos teniendo en cuenta la etapa constructiva, la accesibilidad y densidad de acero y tipo de tecnología utilizada (grúa, planos BIM, etc.). También se ha calculado el peso de acero utilizado en cada tipo de estructura, con el cual se obtuvieron las Horas Hombre finales empleadas para la instalación del acero en obra. Se puede observar que las horas hombre totales empleadas usando piezas ACEDIM® representan un ahorro final del 45% de las horas hombre empleadas bajo el método tradicional de construcción.

Figura 76

Comparación de las HH empleadas usando ACEDIM® y el método tradicional.



Nota: Elaboración propia.

Este mismo resultado, se obtiene al momento de realizar el cálculo de horas hombre para el armado de acero en cada nivel del proyecto Torre SK. Como se muestra en la Figura 76, el ahorro en horas hombre presenta una tendencia constante en las etapas de sótano y edificio. Este resultado demuestra la ventaja del uso de ACEDIM®, debido a que representa un mayor rendimiento promedio de 50 Kg/HH en comparación a los 25Kg/HH del método tradicional.

Conclusiones

El presente trabajo presentó de manera detallada el flujo de trabajo para la creación de un modelo BIM de estructuras a partir del cual se realiza la fabricación de piezas ACEDIM® y se obtiene la documentación necesaria para su fabricación e instalación en obra. De lo anterior se puede concluir que:

- La implementación de la metodología BIM en la fabricación de ACEDIM® para su uso en estructuras de concreto armado de un edificio multifamiliar, permitió integrar de manera eficiente las fases de modelado, documentación y suministro del producto. Mediante el análisis de la información y a través de las plataformas colaborativas como Steel Track y Trimble Connes, se pudo identificar los requerimientos estructurales, optimizar la constructibilidad del proyecto y elaborar una planificación eficiente para el suministro de ACEDIM®.
- El enfoque colaborativo de VDC permitió una relación más efectiva y técnica entre el cliente y el proveedor, dado que se pudo resolver consultas de ingeniería de manera oportuna durante el proceso de la creación del modelo BIM de estructuras.
- La definición de los alcances para la producción de ACEDIM® del proyecto permitió establecer cuáles serán los elementos estructurales que debían ser incluidos en el modelo BIM de estructuras. Lo que, a su vez, permitió optimizar la coordinación entre los equipos de modelado, el coordinador de obra y el cliente. La separación del modelado de los elementos estructurales por su aplicación (cimentaciones, portante y coberturas) optimizó la estrategia de fabricación y despacho por parte del equipo de ingeniería de detalle.
- El uso de plantillas estandarizadas, modelos base y Atributos Definidos por el Usuario (ADU's) demostró ser una estrategia efectiva para automatizar los procesos para la creación del modelo BIM de estructuras. La automatización y estandarización permitió minimizar errores y mejoró la eficiencia de producción, mientras que la integración de los Atributos Definidos por el Usuario facilitó la correcta clasificación y seguimiento de los elementos de acero y concreto del

modelo BIM de estructuras, además, permitió realizar un control de calidad del producto antes de la fabricación.

- Los resultados del proyecto muestran una clara superioridad del uso de ACEDIM sobre el método tradicional de habilitado e instalación de acero, con un incremento del rendimiento en la instalación de 25Kh/HH a 50Kg/HH en promedio. Esta mejora permitió un ahorro técnico-económico para el proyecto y además aseguró el cumplimiento de los plazos de fabricación y entrega del producto, tal como se observó en la curva S generada a partir de los datos de fechas de término de modelado, fabricación y entrega a obra.
- La generación automática de los croquis de despiece y las planillas de fabricación generadas a partir del modelo BIM de estructuras permitieron acelerar significativamente la documentación para la fabricación e instalación de las piezas ACEDIM. Esta automatización garantizó la consistencia entre la información del modelo BIM y los documentos entregados a obra.

Recomendaciones

Del presente trabajo realizado se desprenden las siguientes recomendaciones:

- **Capacitación Continua:** Es necesario que más empresas de construcción capaciten a su personal en el uso de softwares de modelado 3D y que apliquen la metodología BIM y VDC dentro de sus procesos de planificación de la construcción de sus proyectos.
- **Estandarización de procesos:** Se recomienda estandarizar la creación y gestión de los Atributos Definidos por el Usuario (ADU) con el fin de asegurar la coherencia y precisión en la información. Y que esta a su vez, pueda ser fácilmente interpretada por terceras personas interesadas en el proyecto. Esta gestión puede realizarse mediante la implementación de Planes de Ejecución BIM que recomienda la Guía Nacional BIM del Ministerio de Economía y Finanzas.
- **Automatización y Control de Calidad:** Promover el desarrollo de aplicaciones que permitan transformar la información de los planos 2D al modelo 3D sin la necesidad de formatear los datos de entrada. Por otro lado, se debe mejorar e implementar un sistema de control de calidad automatizado que permita detectar errores en las etapas tempranas del modelado.
- **Ampliar el alcance del uso de ACEDIM:** Promover el uso del producto en nuevos componentes estructurales tales como, escaleras, elementos prefabricados (previgas y prelosas), aprovechando el potencial de los modelos BIM para generar soluciones constructivas más eficientes y sostenibles.

Referencias bibliográficas

- Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2021). Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and Lean Project Delivery System (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 39(102252), 102252.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102252>
- Autodesk Inc. (s.f.). AutoCAD [Software].
<https://www.autodesk.com/products/autocad/>
- Bicharra, A., Kunz, J., Ekstrom, & M., Kiviniemi A. (2003) Building a Project Ontology with Extreme Collaboration and Virtual Design and Construction. *CIFE Technical Report TR152*. Stanford University.
<https://stacks.stanford.edu/file/druid:jr207fd2953/TR152.pdf>
- Borkowski, A. S. (2023). A Literature Review of BIM Definitions: Narrow and broad views. *Technologies*, 11(6), 176.
<https://doi.org/10.3390/technologies11060176>
- Castro, J. (2022). *Beneficios de la industria 4.0 en la estrategia nacional BIM 2020-2026 en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Militar de nueva Granada]. Repositorio Institucional.
<http://hdl.handle.net/10654/44655>
- Cieri, J. L. (2022, agosto 22). Qué es la Construcción 4.0 y por qué permite evitar errores en la edificación de viviendas. Infobae.
<https://www.infobae.com/economia/2022/08/22/que-es-la-construccion-40-y-por-que-permite-evitar-errores-en-la-edificacion-de-viviendas/>
- Constructivo (2021). *¿Cuáles son los beneficios de implementar la metodología BIM en obras públicas?* Constructivo.
<https://constructivo.com/noticia/cuales-son-los-beneficios-de-implementar-la-metodologia-bim-en-obras-publicas-1617889971>
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (s.f.-a). ACEDIM®, *Manual de proceso*. [PDF].
[https://acerosarequipa.com/themes/custom/boots_theme/files/MANUAL ACEDIM SOLUCIONES INTEGRALES.pdf](https://acerosarequipa.com/themes/custom/boots_theme/files/MANUAL_ACEDIM_SOLUCIONES_INTEGRALES.pdf)
- Corporación Aceros Arequipa SA (s.f.-b). *¿Qué es el acero dimensionado y por qué es la mejor solución industrializar la obra?* Construyendo Seguro.
<https://www.construyendoseguro.com/que-es-el-acero-dimensionado-y-por-que-es-la-mejor-solucion-en-industrializar-la-obra/>

- Del Savio, A., Vidal, J., Bazán, A., Richmoller, L., & Fischer, M. (2022). Virtual Design and Construction (VDC) Framework: A current review, update and discussion. *Applied Sciences*, 12(23), 1278.
<https://doi.org/10.3390/app122312178>
- Farfán, E. & Chavil, J. (2016) *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC.
<http://hdl.handle.net/10757/621662>
- Fischer, M., Ashcraft, H., Reed, D., & Khanzode, A. (2017). *Integrating Project Delivery*. Wiley.
<https://www.wiley.com/en-us/Integrating+Project+Delivery+-p-9781118415382>
- Fischer, M. (2020). *Documentos del 2do Programa de Certificación en VDC*. Center for Integrated Facility Engineering CIFE - Universidad de Lima.
<https://cife.stanford.edu/>
- Forst & Sullivan, & IBM. (s.f.). *Industry 4.0, the fourth revolution: Challenges, benefits, adoption and how to begin* [White paper].
<https://www.ibm.com/downloads/documents/us-en/107a02e94a48f5a2>
- Gonzales, J. (2022). *Implementación y prearmado de aceros dimensionados aplicando Tekla Structures para el edificio Switch de 20 pisos y 4 sótanos*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.
<https://hdl.handle.net/11537/31502>
- Jroma Soluciones de Ingeniería SAC (2023). *La industria 4.0 en el Perú*. Jroma.
<https://jroma.com.pe/industria-40/>
- Mamani, E. (2022). *Propuesta de implementación de la metodología BIM para la optimización de recursos y minimizar las diferencias de diseño en ingeniería de detalle para la industrialización de armaduras en proyectos de construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC.
<http://hdl.handle.net/10757/661251>
- Meza, E. (2023). *Diseño y construcción virtual (VDC) para la preconstrucción de elementos estructurales de concreto armado en una obra portuaria* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Cybertesis UNI. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/27713>

- Ministerio de Economía y Finanzas (2020). *Lineamientos para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas* [PDF].
https://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/anexo_RD007_2020EF.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas (2021a). *Instructivo de la matriz para la definición de nivel de información necesaria* [PDF].
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/instructivo_matriz_RD0005_2021EF6301.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021b). *Nota técnica de introducción BIM: Adopción en la inversión pública* [PDF]. Plan BIM Perú.
https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/nota_tecnica_bim.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM* [PDF].
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD003_2023EF6301.pdf
- Orihuela, P., Pacheco, P., & Quiroz, F. (2019). Integración hacia adelante y hacia atrás en la provisión del acero en obra. *Construcción Integral: Boletín Técnico de Aceros Arequipa*, 21, 12-16.
<https://acerosarequipa.com//boletines/construccion-integral/boletintecnico21.pdf>
- Rodriguez, T., & Ventura, M. (2019). Proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos de viviendas en la provincia de Santo Domingo (República Dominicana) para el año 2019. *Ciencia, Ingeniería y Aplicaciones*, 2(2), 7-28.
<https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp7-28>
- Rojas, A. R., San Martín, E. C., Peña, H. E., Jara, J., & Flores, J. V. (2023). *Aplicación de tecnologías 4.0 a proyectos de edificación*. [Tesis de bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/23938>
- Soto, C. (2022). *Sistema constructivo prefabricado (off site), análisis técnico para desarrollar su uso en la construcción de edificaciones en Colombia. Estudio de caso: un proyecto diseñado y construido en la ciudad de Bogotá*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio UNAL.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82159>
- Trimble Inc. (s.f.-a). *Tekla Structures* [Software].
<https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

Trimble Inc. (s.f.-b). *Trimble Connect* [Software].

<https://connect.trimble.com/>

Valle, E. (2015). *Modelamiento virtual de la construcción del casco estructural del CIIFIC-UNI mediante el programa Tekla* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Cybertesis UNI.

<http://hdl.handle.net/20.500.14076/3508>

Zigurat Global Institute of Technology. (2020). *La Construcción 4.0 y su esqueleto tecnológico*. Zigurat Global Institute of Technology.

<https://www.e-zigurat.com/blog/es/construccion-4-0-esqueleto-tecnologico/>

Anexos

Anexo 1: Manual ACEDIM®, ACEROS AREQUIPA.....	1
Anexo 2: Registro fotográfico del instalado de ACEDIM® en obra	10

Anexo 1: Manual ACEDIM®, ACEROS AREQUIPA





PRESENTACIÓN

Aceros Arequipa ofrece el servicio Integral **ACEDIM®**, que cuenta con soluciones constructivas para incrementar la productividad en la obra, optimizar recursos y mejorar la calidad del proyecto.

Esta solución integral consta de 3 servicios:

 BIM Construcción virtual para la gestión del proyecto.	 Prearmado Corta, doblado y armado de estructuras de acero.	 Instalado Equipo especializado para la instalación y montaje del acero en obra.
--	--	---

ACEDIM® Solución Integral cuenta con el soporte de TSC Innovation, empresa de Ingeniería de Aceros Arequipa, que se encarga de la industrialización de la construcción empleando tecnología BIM (Building Information Modeling), procesos LEAN CONSTRUCTION y bajo la Metodología VDC (Virtual Design Construction) logrando un flujo de atención que nos permite ser un proveedor confiable. El equipo de ingeniería altamente capacitado y con la experiencia en el sector ofrece el mejor servicio ayudando a nuestros clientes a lograr sus objetivos en proyectos de construcción para todo tipo y tamaño de obras.

Para brindarle mejor calidad en el servicio **ACEDIM®**, y contribuyendo a la productividad y seguridad, hemos elaborado este Manual de Uso, que guiará su experiencia en la utilización del servicio.

Este material contiene las etapas del servicio, los pasos a seguir, sugerencias e información importante que contribuirán en la eficiencia de su trabajo y la de su equipo.

Cualquier consulta escribanos a:
ahorroacedim@acerosarequipa.com



5

Envío a fabricación y armado:

Dependiendo del servicio que solicita el cliente, se presentan 2 posibilidades:



(1) ACEDIM

Si el cliente solicitó el servicio de fabricación, el coordinador de obra según cronograma de entregas remitidos y confirmación previa, carga de manera automática el despiece generado por los modelos digitales para la fabricación digital en planta, utilizando la conectividad de las herramientas de modelamiento y de fabricación industrial.



(2) PREARMADO

Si el cliente solicitó el servicio de **Prearmado**, se le envía los modelos virtuales y el proceso de armado en planta a través de la nube. Además de un proceso de control constante.

En ambos casos se envía al cliente el HCAP detallando los despachos con las estructuras y despieces que incluye. En el caso que no haya solicitado el servicio de prearmado, se le enviará los planos de detalle / sketch / modelo para el armado en obra. Esta información es compartida en la plataforma en línea (TRIMBLE CONNECT).

6

ACEDIM®

PREGUNTAS

¿Qué información debe proporcionar el cliente?

Planos y/o modelos BIM de arquitectura y estructuras, cronograma de entrega, sectorización y planos de especialidades.

¿Qué son los RFIS?

Son consultas para información, generadas durante el ciclo del proyecto que permiten corregir a tiempo y reducir la variabilidad de la proyección de construcción vs lo construido. Esto está disponible a través de nuestra plataforma (Trimble connect) a la que brindamos acceso a nuestros clientes y todo su equipo.

¿Qué es el HCAP?

Es un reporte (Hoja de Control de Avance de Proyecto) que permite visualizar el estado del proyecto desde la ingeniería hasta el suministro e instalación, así mismo es una herramienta colaborativa que planifica la ingeniería en función al cronograma del proyecto. Se encuentran disponibles en archivos online en la nube.

¿Qué son las sesiones ICE?

Sesiones de trabajo colaborativo para lograr acuerdos de manera efectiva e integrada en diseño y construcción, apoyado con herramientas Lean como LAST PLANNER SYSTEM.

7

B PROGRAMACIÓN DE ENTREGA

ACEROS AREQUIPA cuenta con el área de **Planificación ACEDIM** que brinda un soporte exclusivo de logística para el control y seguimiento de ACEDIM y Prearmados de acuerdo a coordinaciones entre nuestra área de Ingeniería y el cliente, tanto en Lima como en provincia, atendiendo según el tipo de entrega solicitada: directo a obra, transbordo o recojo por parte del cliente.



ANALISTA DE PLANIFICACIÓN (AA):

- Se encarga de:
 - Consolidar la planificación de producción solicitada por el área de Ingeniería y coordinarla con el cliente, considerando ubicación de obra, zona de descarga en obra, el peso por unidad, orden de carga, turnos de reparto, etc, de todos los clientes en Lima y provincia.
- Gestiona la fabricación en planta (ACEDIM y Prearmado) y la programación de las entregas con el área de Transporte dentro de los plazos establecidos según la necesidad de nuestros clientes.



RESPONSABLE DE LA OBRA (CLI):

El responsable de la obra podrá hacerle el seguimiento logístico de las entregas mediante el HCAP que tiene información en línea.



CLIENTE

STEEL TRACK es una plataforma que integra todo el cadena de procesos **INGENIERÍA + COMERCIAL + PLANIFICACIÓN + PLANTA + SUMINISTRO + CLIENTE + INSTALACIÓN** asociados a los productos **ACEDIM + PREARMADO + INSTALADO**, con el objetivo de asegurar la confiabilidad de la entrega de los productos suministrados.

Teniendo en cuenta los procesos **LAST PLANNER**, se realizan validaciones con el cliente mediante alertas de correos electrónicos, haciendo posible que el cliente pueda confirmar mediante un click y aceptar el GO de producción de lo planificado en las Sesiones ICE.

Adicionalmente, 4 días antes se envían alertas informando del estado de producción del material y 1 día previo a la llegada, el cliente recibirá un correo confirmando la programación final de entrega de material.

8

ACEDIM®

ASISTENTE DE ENTREGAS PROVINCIA (AA):

- Se encarga de:
 - Asegurar la salida de las unidades cargadas en planta.



ACEROS AREQUIPA

- Realizar el seguimiento de las unidades con ACEDIM o Prearmado, informando al cliente el estado de los despachos programados para todos los obras de provincia, desde que se genera la unidad, brindando al cliente un soporte logístico con intención de informar el estado de la entrega a corto plazo.
- Gestionar cualquier requerimiento de documentación adicional que solicite el cliente (documentos de unidades y cuadro con detalle de entrega hasta nivel de despacho y la descripción).

ASISTENTE DE ENTREGAS LIMA (AA):

- Se encarga de:
 - Realizar el seguimiento a unidades que salen directo desde planta hacia la obra en Lima y programar el transbordo.



ACEROS AREQUIPA

- Realizar el seguimiento de las unidades con ACEDIM o Prearmado, informando el estado de su pedido desde un día antes de la entrega hasta la hora estimada de llegada a obra, el mismo día de reparto, brindando al cliente un soporte logístico con intención de informar el estado de la entrega a corto plazo.
- Gestionar cualquier requerimiento de documentación adicional que solicite el cliente (documentos de unidades y cuadro con detalle de entrega hasta nivel de despacho y la descripción).

RECOMENDACIONES:

Para una atención óptima se recomienda:

- Mantener actualizados los cronogramas de entregas y hacerlos llegar oportunamente al coordinador de ingeniería de detalle (AA).
- Al inicio de la acción, el responsable de la obra (CLI) debe indicar la zona donde recibirá la unidad de transporte para la descarga del material, así como el detalle de los permisos para el ingreso de obra.
- Considerar los tiempos de LEAD TIME para entregas en Lima y provincia de acuerdo a las coordinaciones de Ingeniería, los tiempos se adecúan de acuerdo a lo coordinado con Ingeniería y el cliente.

9

RECOMENDACIONES PARA LA CONFIRMACIÓN DE LA ENTREGA DE ACEDIM®

Existen dos modalidades de entrega para los despachos de ACEDIM, los mismos que se definen al inicio de la obra.

1 CONFIRMACIÓN DE ENTREGA DE ACEDIM® EN OBRA:

El Asistente de Entregas contactará al Responsable de la Obra, 2 días antes de la fecha programada para acordar la fecha y rango horario de entrega de los despachos.

Al inicio de la atención, el responsable de la obra deberá indicar la zona donde recibirá la unidad de transporte para la descarga del material, así como el detalle de los permisos para el ingreso a la obra.



10

ACEDIM®



ACEROS AREQUIPA
ASISTENTE DE ENTREGAS

ACEROS AREQUIPA

CLIENTE
RESPONSABLE DE LA OBRA



CLIENTE

11

2 RECOJO DE ACEDIM® EN NUESTROS ALMACENES:

Para esta modalidad de entrega, el Asistente de Entregas confirma al Responsable de la Obra, el lugar de recojo para la entrega de ACEDIM®, indicando los requisitos necesarios para el recojo y además solicitará la siguiente información que deberá llevarse también el día del recojo del material:



Confirmación de fecha



Datos del transporte (placa, tipo de unidad)



Datos del conductor (nombre, SCTR)

De acuerdo a la información registrada del cliente, en nuestro sistema se indicará cuál de nuestras sedes corresponderá para el recojo:



12

ACEDIM®

Requisitos para el recojo:

Para el recojo de ACEDIM® en nuestros almacenes es indispensable coordinar con anticipación y llevar toda la documentación que ha sido solicitada por el Asistente de Entregas.

- **Tener la documentación vigente** del camión y del chofer. Esta información debe entregarse con anticipación al Asistente de Entregas. El transportista debe dar su guía de remisión y la del cliente, de acuerdo a ley. Ambas serán llenadas en nuestra sede.
- **Usar camiones que tengan plataforma** de dimensiones superiores a las medidas del producto (por ejemplo, semitráiler de 12 metros de plataforma). Si usa vehículos de operación especial (por ejemplo, cama baja) debe tener en regla los permisos necesarios para su circulación.



13

RECOMENDACIONES PARA LA CONFIRMACIÓN DE LA ENTREGA DE PREARMADOS

Para el diseño y suministro de Prearmados será necesario:



El responsable de la obra (CLI) informa al Coordinador de Ingeniería de Detalle (AA) sobre los requisitos y consideraciones necesarias para la entrega del prearmado tales como:

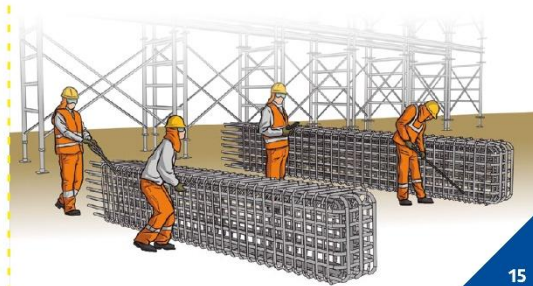
14

ACEDIM®

- El área disponible para almacenamiento del Prearmado.



- La capacidad en kilogramos para el izaje de los equipos disponibles en la obra.



15

C FABRICACIÓN

En nuestra **Planta de Acero Dimensionado**, nuestros procesos están debidamente automatizados e integrados desde la ingeniería hasta la fabricación.



En la fase de Ingeniería se generan los despieces desde un modelo virtual (BIM), el cual está conectado a la planilla de despiece y a nuestro sistema de producción integrado Armaplus.

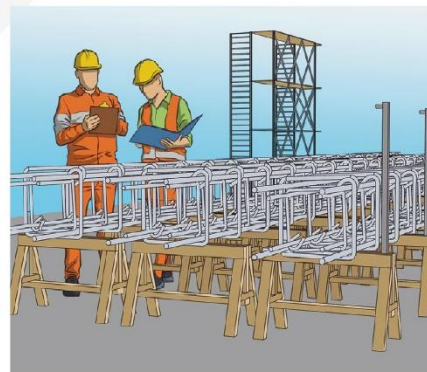


Este último permite **integrar todas las máquinas** de la planta para una producción optimizada y automatizada.

16

ACEDIM®

Dicha producción está **correctamente identificada**, lo cual permite que llegue a la obra para una correcta colocación en función a la ingeniería desarrollada, **cumpliendo con los estándares de calidad** claramente establecidos dentro de nuestros procesos.



17

D SISTEMA PREARMADO

Aceros Arequipa continuando con su esfuerzo de la industrialización en la construcción, implementó la **planta de Prearmados** donde realiza el armado de las estructuras a instalar en obra.

Los elementos **PREARMADOS** pueden ser:



Pilotes



Columnas y vigas



Dowels



Pedestales



Malla electrosoldada, entre otros

Todo integrado a nuestros procesos que van desde la ingeniería hasta la fabricación y entrega.

18

ACEDIM®



El armado de las estructuras se realiza en función a los planos y modelos alcanzados por el área de Ingeniería (TSC), trabajando en conjunto con un equipo especializado en planta con amplia experiencia en el armado de estructuras para colocarlo en obra.



Los modelos de los elementos Prearmados desarrollados por TSC son **previamente coordinados con el cliente**, para asegurarnos el procedimiento constructivo en obra y el procedimiento de izaje y transporte desde la planta de Acero Dimensionado a la obra.



El control de Calidad y Procedimientos de Armado está soportado por nuestras **plataformas virtuales** que permiten validar su armado y posterior montaje.

19

E RECEPCIÓN Y DESCARGA EN OBRA

Para una correcta descarga del **ACEDIM®**, según se dé el servicio ofrecido, se recomienda lo siguiente:



1

ACEROS AREQUIPA

PERSONAL DE TRANSPORTE (CHOFER)

Nuestro personal de transporte es responsable de realizar la entrega de **ACEDIM®** a obra.

Ellos brindarán el Almacenero de la obra la documentación con la que deberá verificar a qué estructuras pertenece el despacho, las piezas fabricadas y la cantidad entregada.

Recuerda

Ordena los despachos según el orden de instalación.

Los despachos que se usen primero, deben quedar al alcance de los fierros.

PREARMADO

- Identificar los elementos en función al avance del proyecto y descargar en la obra cerca a la Guía para posterior izaje.
- Identificar los sectores y el orden de instalación para hacer más productivo el proceso de izaje y colocación.
- Colocar los elementos de seguridad necesarios según protocolo establecido del proyecto al momento de la descarga.

INSTALADO

- En caso lo solicite el cliente, Aceros Arequipa cuenta con un equipo especializado para la instalación del acero.

Este equipo cuenta con amplia experiencia en la instalación del acero dimensionado y Prearmado, permitiendo un trabajo coordinado con los responsables del proyecto para la ejecución de un correcto izaje y suministro de material según las recomendaciones mencionadas.

20

ACEDIM®

2

ALMACENERO DE LA OBRA

El Almacenero de obra se encargará de:

- Indicar la zona de berqueo del camión para la descarga.
- Señalar el espacio para colocar el acero.
- Coordinar la ejecución de la descarga.
- Verificar las cantidades entregadas y firmar los guías.

Recuerda: Ordena los despachos según el orden de instalación. Los despachos que se usen primero, deben quedar al alcance de los fierros.



Es recomendable que el **Maestro Fierro** participe de las actividades de descarga para almacenar correctamente el material y luego poder ubicarlo en el momento de la instalación.

3

El Almacenero de obra valida que el despacho recepcionado está conforme, con la ayuda de los documentos que el personal de transporte le entregará:

- Listado de Barras correspondiente al despacho de **ACEDIM®** a entregar.
- Factura/guía, del material a entregar.



21

RECOMENDACIONES PARA LA RECEPCIÓN Y DESCARGA EN OBRA

Para un correcto control del ACEDIM® recibido, se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

1. Desglosar la parte inferior de todas las etiquetas que vienen en cada paquete.
2. Ordenar los desglosables por número de despacho, si se entregan varios.
3. Verificar el Número de ítem utilizando el listado de barras (hoja de despacho) de cada despacho y los desglosables retirados de cada etiqueta. Para esto, debe marcar en el listado de barras hasta completar la verificación de todos los paquetes que componen cada despacho.

ACEDIM

ACEDIM: ACERO DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS

CÓDIGO DE PIEZA: R04 203

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

Los planos de ACEDIM® no son necesarios para la recepción.

22

ACEDIM®

4. Firmar el listado de barras y la guía de remisión correspondiente, y devolver la copia al personal de transporte.

En caso sobre o faltar material, anote la observación en el cuadro de listado de barras y en la guía de remisión.

Presente estos documentos a personal del transporte.

ACEDIM

ACEDIM: ACERO DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS

CÓDIGO DE PIEZA: R04 203

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

Para revisar los pesos y cantidades puede verificar la Planilla Resumen.

ACEDIM

ACEDIM: ACERO DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS

CÓDIGO DE PIEZA: R04 203

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

FORMA: BLOQUE RECTANGULAR

PERFILES: 41

SECCIONES: 296

REF: V015V4B

DIÁMETRO: 1"

PAQUETE: 2

ESTR: 1 de 1

COBRE: ABC INMOBILIARIA S.A.C

DESPACHO: 0108

ITEM: 43c

CLIENTE: LOS CEDROS CATANIA

PROYECTO: RESIDENCIAL LOS CEDROS CATANIA

UBICACIÓN: RUMIYAC

FECHA: 01/08

CONSTRUCIÓN: 01/08

ESTR: 1 de 1

ÍTEM: 43c

23

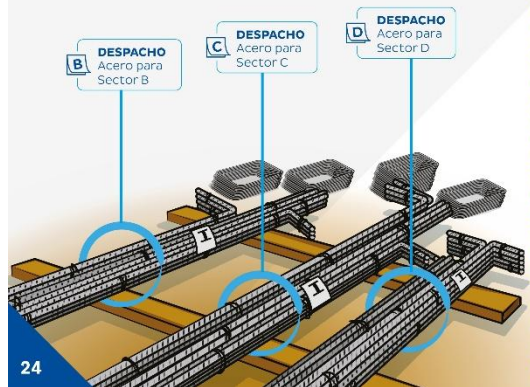
ACOMODO EN ALMACÉN

Para el almacenaje en obra, según se de el servicio ofrecido se recomienda lo siguiente:

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENERO Y EL MAESTRO FIERRE PARA UN MEJOR ALMACENAMIENTO DEL ACEDIM®

Se recomienda ordenar el ACEDIM® por "despachos", ya que estos, han sido previamente agrupados por tipo de elemento, sector y nivel. Por ello, es importante conocer a que elementos corresponde cada despacho.

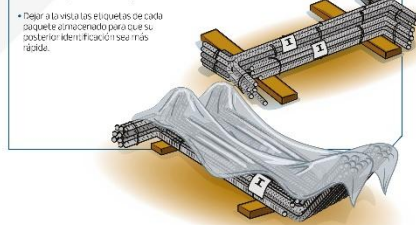
Esto le permitirá hacer un almacenamiento eficiente. Así mismo, se deben almacenar los paquetes en el orden que serán usados en la construcción. Los estibos también debe ser almacenados por despacho.



24

ACEDIM®

- Se recomienda utilizar locos de madera para apoyar el producto, evitar el deterioro y permitir un traslado más rápido utilizando la grúa y las eslingas.
- Cubrir el producto con mantas plásticas para protegerlo de la lluvia, así se evitara que sea afectado por la oxidación.
- Dejar a la vista las etiquetas de cada paquete almacenado para que su posterior identificación sea más rápida.

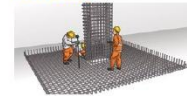


PREARMADO:



Adicional a las pautas indicadas para el ACEDIM debemos considerar el orden de instalación para el almacenaje de elementos prearmados, así como la vectorización y el radio de la línea guía para posicionarla.

INSTALADO:



Contamos con un equipo especializado en la instalación del Acero con amplia experiencia en Acero Dimensionado para que en conjunto con el Almacenamiento del Proyecto, se efectúe un correcto almacenaje de material según las pautas indicadas líneas arriba.

25

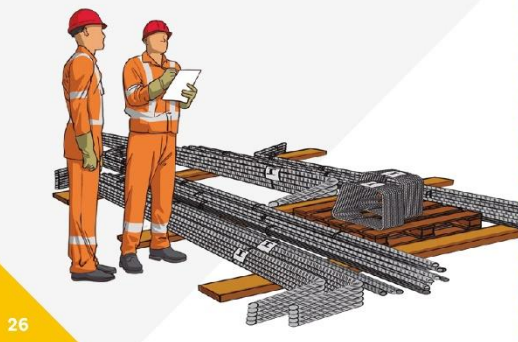
G ARMADO E INSTALACIÓN EN OBRA

Para el armado y colocación, según se dé el servicio ofrecido se recomienda lo siguiente:

RECOMENDACIONES PARA EL MAESTRO FIERRERO PARA EL USO DEL ACEDIM®

Para un correcto control del ACEDIM® recibido, se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

1. Identificar en los listados de barras los elementos y sectores que se han entregado en cada despacho de ACEDIM®.
2. Como el ACEDIM® se almacena por despacho, la identificación de los paquetes debe ser simple.
3. Identificar en el almacén los paquetes de ACEDIM® según las estructuras que se necesitan instalar. Para esto debe conocer el número de despacho y utilizar el listado de barras, planos de detalle y las etiquetas.



26

ACEDIM®

4. Asegúrese que los paquetes seleccionados tengan todas las piezas para la instalación de las estructuras. Si hay una falta en la forma o dimensiones de la pieza, informe al responsable de la obra inmediatamente.

Se recomienda tener un stock de seguridad de varillas en 9m (mínimo) para dar solución rápida en obra cuando alguna pieza tenga algún error o la obra haya sufrido algún cambio posterior a la fabricación del ACEDIM®.

5. Transferir el ACEDIM® identificado al punto de instalación. No olvide dejar a la vista las etiquetas de las piezas para su fácil reconocimiento.

Después de realizar estos pasos, la siguiente actividad de armado y colocación se ejecutará sin mayores problemas e inconvenientes. Esto permitirá colocar más piezas en menos tiempo.



27

MÉTODOS PARA LA INSTALACIÓN DE ACEDIM®

1 Instalación de ACEDIM®

- Permitirá tener mayor productividad en la instalación, ya que las barras vienen dimensionadas y dobladas, evitando la merma y facilitando su instalación.
- Para la instalación se debe contar con un espacio para almacenar el ACEDIM®.
- Se debe de usar el modelo de Ingeniería y los planos de ACEDIM® para realizar la instalación. Recuerda que los planos de las estructuras pueden cambiar posterior a la fabricación del ACEDIM®.

Identifica los paquetes de las piezas usando las etiquetas.
No identifiques los códigos moviendo la pieza con tu grúa.



28

ACEDIM®

2 Montaje de Prearmados

- Para generar la mayor cantidad de elementos a prearmar, se debe revisar estos detalles con el coordinador de Ingeniería de Detalle, para que los planos de detalle sean preparados considerando este criterio.
- Las estructuras son prearmadas en la planta Plisco siguiendo los estándares de calidad y especificaciones técnicas del Proyecto.
- Los prearmados son entregados en obra, debidamente etiquetados para su respectiva identificación y montaje in situ.
- El uso del prearmado, es una solución que permite aumentar la productividad y reducir la cantidad de personal en obra.

Revisar que todo el equipo tenga sus herramientas de trabajo, tortoles, alambres y sus implementos de seguridad (CAP).



29

PREARMADO

- Al momento de la descarga **tener en cuenta las pautas descritas.**
- Identificar los elementos** en función a avance del proyecto según se haya realizado una correcta descarga y almacenamiento.
- Tener claro los elementos de conectividad** para que la colocación sea efectiva (ver si hay conectores o son de traslapo).
- Colocar los elementos de seguridad necesarios según **protocolo establecido** del proyecto al momento del izaje.
- Establecer los elementos de seguridad a los elementos colocados.



30

ACEDIM®

INSTALADO

- Contamos con un equipo especializado** en la instalación del acero con amplia experiencia en Acero Dimensionado.
- El equipo de instalado trabaja de forma integrada con el personal de ingeniería y planificación a fin de **cumplir los cronogramas del proyecto.**
- Los avances son controlados** mediante nuestra plataforma en línea (TRIMBLE CONNECT). Este control es factible tanto en oficina como en campo.
- El estado del proyecto y reportes **están integrados** en nuestros modelos desde la ingeniería hasta a instalación en campo.
- Brindamos de esta manera una **asesoría especializada con el soporte de expertos** para ejecutar estas actividades.

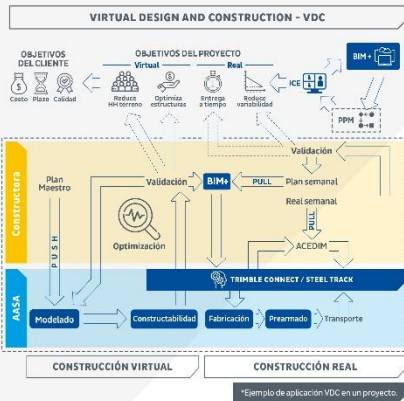


31

H GESTIÓN DEL PROYECTO CON VDC

Nuestro equipo de Ingeniería **gestiona el proyecto** en cualquiera de los servicios ofrecidos empleando la metodología VDC (Virtual Design Construction). Contamos con profesionales certificados en VDC, siendo los primeros en Latinoamérica certificados por la universidad Stanford.

Desde la Ingeniería hasta la instalación **se trabaja por objetivos del cliente y del proyecto a cumplir**, mediante una constante colaboración entre el cliente y los involucrados; además del uso de modelos BIM y una gestión de producción del proyecto basadas en métricas.



32

ACEDIM®

Mediante el uso de las Herramientas en línea como el **TRIMBLE CONNECT** y junto con nuestro sistema de construcción **STEELTRACK**, aseguramos que la información llegue al cliente en tiempo real, de esta manera se da la trazabilidad desde la Ingeniería hasta la instalación en campo y su respectiva valoración por el personal.



1

Seguimiento de la ingeniería en todos sus toques según sea el requerimiento del cliente, estableciendo un plan de ejecución BIM, Consultas y Planteamientos.



2

Seguimiento de Producción y Suministro, en conjunto con el equipo de Planificación los estados de los elementos se pueden monitorear en línea, estableciendo un cronograma de suministro en línea, el cual está asociado al HCAP (en línea) a los modelos compartidos con el cliente.



3

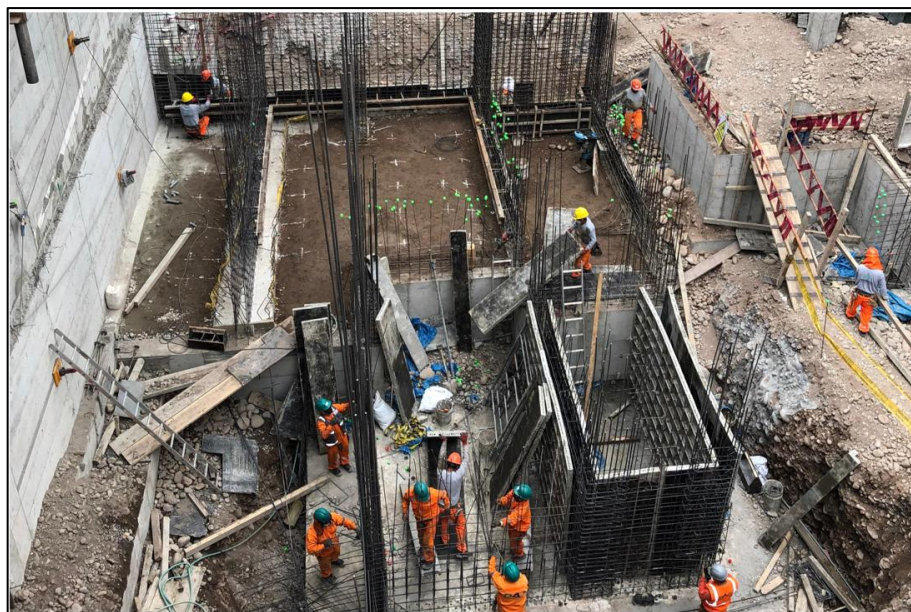
Seguimiento de avance de instalación y Valorización, en conjunto con el equipo de instalación los avances monitoreados en campo mediante el TRIMBLE CONNECT y herramientas de control, en línea para el control de personal, están integrados con los modelos y HCAP (en línea) compartido con el cliente.

33

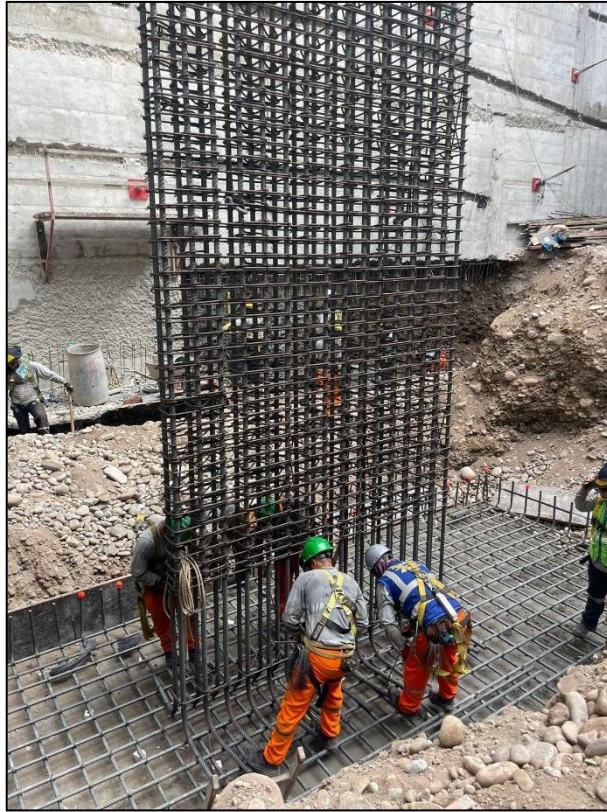
Anexo 2: Registro fotográfico del instalado de ACEDIM® en obra.



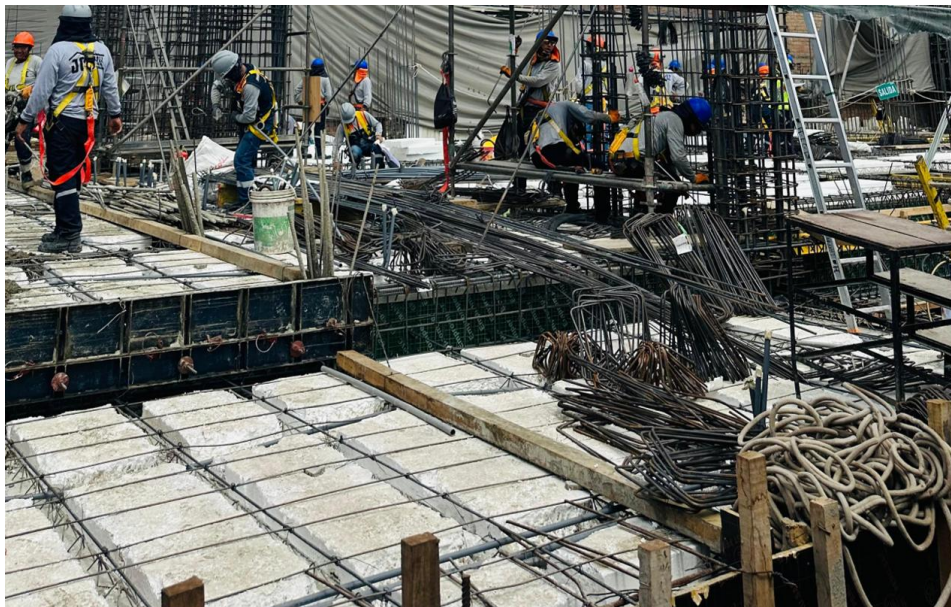
Fotografía 01. Armado de zapatas asiladas



Fotografía 02. Armado de refuerzos de cisterna



Fotografía 03. Armado de zapatas y placa de ACEDIM® prearmado.



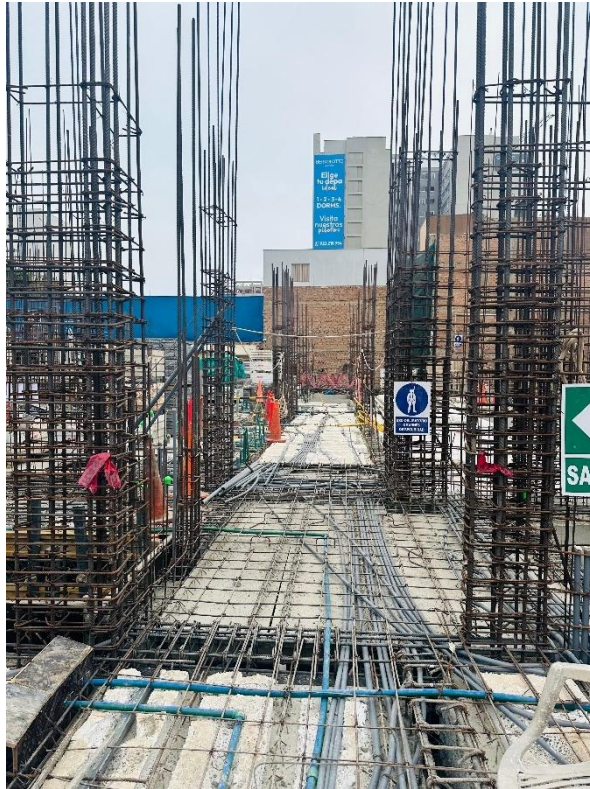
Fotografía 04. Acopio de piezas ACEDIM®.



Fotografía 05. Armado elementos verticales en pisos superiores.



Fotografía 06. Colocación de placas ACEDIM® prearmado.



Fotografía 07. Colocación de ACEDIM® en losas prefabricadas.



Fotografía 08. Colocación de losas prefabricadas.