

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS	CÓDIGO	FO-GS-15
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	VERSIÓN	02
		FECHA	03/04/2017
		PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): MIGUEL ÁNGEL APELLIDOS: QUINTERO TORRES

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES

PLAN DE ESTUDIOS: ARQUITECTURA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ANDRÉS ALBERTO APELLIDOS: ALVAREZ BAYONA

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): "COORDINACIÓN A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA LEAN MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS BIM EN EL PROCESO DE AJUSTES DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CARLOS SARMIENTO LORA POR PARTE DEL CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA".

Este trabajo surge como una necesidad de ejecutar de manera controlada los proyectos que se realizarán dentro del Consorcio Colombia Estudia contratista del Fondo de Financiamiento para la infraestructura pública cuenta especial del Ministerio de Educación Nacional, creando un modelo LEAN CONSTRUCTION EJECUTADO MEDIANTE METODOLOGÍAS BIM. Dentro del Consorcio Colombia Estudia se ejecutaron seis (6) proyectos de instituciones educativas en su fase dos, estos sufrieron algunos tropiezos en su proceso de ejecución ya que carecían de metodologías que las llevaran a feliz término, es por eso que a partir de esta evidencia se comienza la búsqueda de una nuevas metodologías en este caso LEAN CONSTRUCTION y BIM que nos lleve a la consolidación del diseño de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora, creando un modelo digital BIM que contenga datos de altísima calidad que logre sobre pasar todas las dificultades surgidas en los anteriores proyectos, además de tener una eficiencia y rendimiento tanto de recursos humanos como materiales.

PALABRAS CLAVES : Metodología BIM, Problemas constructivos , Construcción Escolar , Coordinación de especialidades, Software.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 144 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM:

Copia No Controlada

COORDINACIÓN A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA LEAN MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS BIM EN EL PROCESO DE AJUSTES DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CARLOS SARMIENTO LORA POR PARTE DEL
CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA

MIGUEL ÁNGEL QUINTERO TORRES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

COORDINACIÓN A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA LEAN MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS BIM EN EL PROCESO DE AJUSTES DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CARLOS SARMIENTO LORA POR PARTE DEL
CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA

MIGUEL ÁNGEL QUINTERO TORRES

Director:

ANDRÉS ALBERTO ALVAREZ BAYONA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA**

Fecha: noviembre 5 de 2021

TITULO: COORDINACIÓN A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA LEAN MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS BIM EN EL PROCESO DE AJUSTES DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CARLOS SARMIENTO LORA POR PARTE DEL CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA

Presentado por: MIGUEL ÁNGEL QUINTERO TORRES código 1501056

Modalidad: Investigación.

JURADO | LUZ KARIME CORONEL RUIZ
CARLOS JOSE MARTINEZ VELASCO
CARLOS DANIEL CAICEDO VESGA

DIRECTOR: ANDRES ALBERTO ALVAREZ BAYONA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CALIFICACIÓN	A. M. L.
MIGUEL ÁNGEL QUINTERO TORRES	4.1	APROBADO


LUZ KARIME CORONEL RUIZ


CARLOS DANIEL CAICEDO VESGA


CARLOS JOSE MARTINEZ VELASCO


YANNETTE DIAZ UMAÑA
Coordinadora Comité Curricular

Agradecimientos

A las mujeres que hicieron esto posible a mi madre sobre todo que es el pilar de nuestra familia, ejemplo de lucha y dedicación constante, aquellas otras que me hicieron volver a nacer gracias a todas por su amor incondicional, a mi abuela por enseñarme a dar de lo que falta y no de lo que sobra.

A mi padre por esa voluntad inquebrantable para vivir la vida, a mis amigos ingenieros, los diseñadores, geólogos, al físico, a los músicos, a los del circo, los comunicadores, a los maestros de obra, a los ayudantes, a los arquitectos, al del mercado que le escuche decirme un día “Que pesaba menos un lapicero que un bulto”, a mi abuelo que sabía bien que llevamos por dentro un arriero que le da perrero al alma.

A mis hermanos por llenarme de voluntad absoluta para vivir.

A mi director de tesis y todos los profesores con los que tuvimos arduas discusiones y tremendas ilusiones de vivir en un mundo donde se hable más de lo que importa a todos ellos gracias por enseñarme a desaprender.

A todos y todas con las que compartí tardes soleadas en la frontera alrededor de la piscina gracias por el inconformismo y la solidaridad.

Gracias.

Dedicatoria

A mis sobrinos Mariángel y Leonardo a ustedes por llegar y transformar nuestras vidas, miren la vida con ojos sinceros y hagan todo lo posible para que su paz sea la de los demás.

Resumen

El proyecto llevado a cabo dentro del Consorcio Colombia Estudia consiste en el diseño del modelo **LEAN CONSTRUCTION** mediante metodologías **BIM** para la ejecución y construcción de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora en el departamento del Valle del Cauca, exactamente en el municipio de Tuluá. La actividad principal a lo largo de este trabajo dirigido se define en la gestión colaborativa para el desarrollo de este modelo que involucra las distintas especialidades de diseño y áreas afines dentro de los departamentos que participan en la fase uno (1) del diseño de esta institución.

Palabras clave: Metodología BIM, Problemas constructivos, Construcción Escolar, Coordinación de especialidades, Software.

Abstract

The project carried out within the Consorcio Colombia Estudia consists of the design of the LEAN CONSTRUCTION model using BIM methodologies for the execution and construction of the Carlos Sarmiento Lora Educational Institution in the department of Valle del Cauca, exactly in the municipality of Tuluá. The main activity throughout this directed work is defined in the collaborative management for the development of this model that involves the different design specialties and related areas within the departments that participate in phase one (1) of the design of this institution.

Keywords: BIM methodology, constructive problems, school building, coordination of specialties, software.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Problema	21
1.1 Título	21
1.2 Planteamiento del Problema	21
1.3 Formulación del Problema	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo General.	23
1.4.2 Objetivos Específicos.	23
1.5 Justificación	23
1.6 Alcances y Delimitaciones	25
1.6.1 Alcances.	25
1.6.2 Delimitaciones.	25
2. Marco Referencial	27
2.1 Antecedentes	27
2.1.1 Internacional.	27
2.1.2 Nacional.	29
2.2 Marco Teórico	32
2.3 Marco Conceptual	38
2.4 Marco Contextual	40
2.5 Marco Legal	41
3. Marco Metodológico	42

3.1 Metodología de la Investigación	43
3.2 Diseño de Investigación	44
3.3 Población y Muestra	45
3.4 Técnica de Análisis de los Datos	46
4. Plan Administrativo	47
4.1 Cronograma	47
4.2 Plan de Trabajo Realizado	47
5. Desarrollo del Proyecto	49
5.1 Presupuesto General para Ajuste y Revisión	49
5.2 Ajuste de Balance de obra	50
5.3 Presupuesto de las Especialidades	58
5.4 Presupuesto Inicial	69
5.5 Presupuesto Definitivo	70
5.6 Total, Presupuesto Definitivo	72
5.7 Ajuste de Redes e Instalaciones y Modulación	74
5.8 Modelado de Concretos, Acero, Ajuste y Coordinación	89
5.9 Ajuste y Coordinación para Modulación de Cubierta	110
Conclusiones	117
Recomendaciones	119
Referencias Bibliográficas	121
Anexos	125

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Estructura metálica de cubierta principal diseñada y ejecutada mediante metodologías Bim.	28
Figura 2. Estación del metro elevado, EMB/FDN Financiera de Desarrollo Nacional.	31
Figura 3. Flujo de trabajo por las partes interesadas en el proyecto.	32
Figura 4. Procesos asistidos por computadora dentro del Consorcio Colombia Estudia.	44
Figura 5. Diagrama de flujo coordinación, ajuste y ejecución de obra.	49
Figura 6. Bloque 1 conformado por cocina y comedor.	51
Figura 7. Bloque 2 conformado por aulas generales, baños hombre y mujer, cuarto servicios generales y depósito.	51
Figura 8. Niveles de desarrollo del Building Information Modeling.	52
Figura 9. Planificación y alcances Bim.	53
Figura 10. Diseño Bim.	53
Figura 11. Construction y ajuste Bim.	54
Figura 12. Inicio, planificación, ejecución y control.	54
Figura 13. Cuantificación de tomacorrientes en el bloque 1.	56
Figura 14. Flujograma elaboración propia proceso control de cantidades, presupuesto y coordinación de diseños.	58
Figura 15. Plano red de suministro hidráulico bloque 1.	59
Figura 16. Plano redes eléctricas e iluminación bloque 2.	62
Figura 17. Plano estructural cimentación bloque 2 aulas generales.	63
Figura 18. Modelo 4d estructural de acero de refuerzo para bloque 1.	64

Figura 19. Planta arquitectónica bloque 1 comedor cocina.	66
Figura 20. Planta arquitectónica bloque 2 aulas generales.	67
Figura 21. Modelo 4D BIM diseño arquitectónico bloque 1 comedor – cocina.	67
Figura 22. Modelo 4D BIM diseño arquitectónico bloque 2 aulas generales.	68
Figura 23. Flujograma insumo 2D para generación del modelo 4D.	68
Figura 24. Flujograma del modelo 4D BIM como insumo para la ejecución de obra.	74
Figura 25. Bloque 12*19*39 utilizado para mampostería.	75
Figura 26. Detalle dovela en modulación de la mampostería bloque 1 cocina – comedor.	76
Figura 27. Parámetros para información de la etiqueta.	76
Figura 28. Detalle ubicación de dovelas en fachada principal bloque 1.	78
Figura 29. Detalle bloque 1 dovela y modulación de bloque en concreto.	78
Figura 30. Detalle modulación de bloque concreto en fachada principal bloque 1.	79
Figura 31. Detalle modulación dovelas bloque 1.	79
Figura 32. Detalle modulación dovelas bloque 2.	80
Figura 33. Detalle modulación hidrosanitaria suministros y desagües.	81
Figura 34. Planimetría 2D suministrada por el especialista.	82
Figura 35. Modelado de rediseño hidrosanitario bloque 2 baños hombre y mujer.	83
Figura 36. Detalle de diagramación rediseño hidrosanitarios y modulación.	84
Figura 37. Detalle de diagramación de modulación de carpintería metálica.	84
Figura 38. Planimetría eléctrica por parte del especialista.	87
Figura 39. Modelo 4D con información suministrada a partir del diseño eléctrico 2D.	87
Figura 40. Modelo 4D detalle tomacorrientes, tomas hdmi, voz y datos.	88
Figura 41. Plano modulación entregable para obra con ajuste y coordinación bim.	89

Figura 42. Plano diseño estructural, insumo 2D para cuantificación acero.	90
Figura 43. Software 2D de cuantificación de acero dl-net del proveedor GyJ.	91
Figura 44. Figuración a partir de dl-net para cálculo de cantidades acero.	91
Figura 45. Modelo Bim para el cálculo y modelado 4D del diseño estructural.	93
Figura 46. Modelado 4D estructural bloque 1 con información definitiva de concreto y ciclópeo.	94
Figura 47. Modelado 4D estructural bloque 2 con información definitiva de concreto y ciclópeo.	94
Figura 48. Flujograma participación transversal de los involucrados en obra de acuerdo a la mejora de procesos mediante la metodología Lean y Bim.	98
Figura 49. Modelo 4D con etiquetas de datos a cerca de volumen, nombre y dimensiones de elementos de concreto.	101
Figura 50. Modelo 4D bloque 2 con cantidades de concreto, volúmenes y dimensiones.	101
Figura 51. Planimetrías de diseño estructural como insumo para la generación de modelo de información 4D utilizando metodologías Bim.	103
Figura 52. Modelo 4D del diseño estructural de acero de refuerzo.	104
Figura 53. Modelo 4D diseño estructural, acero de refuerzo para bloque 1 comedor y cocina.	105
Figura 54. Detalle diseño estructural zapatas, columnas y vigas de cimentación.	105
Figura 55. Detalle acero de refuerzo escaleras.	106
Figura 56. Detalle acero de refuerzo nudo columna vigas aéreas.	106
Figura 57. Modelo 4D diseño estructural, acero de refuerzo para bloque 2.	107
Figura 58. Diagramación de modelo 5D diseño estructural para entrega en obra con detalles constructivos de los diferentes elementos estructurales bloque 2.	108

Figura 59. Diagramación de modelo 5D diseño estructural para entrega en obra con detalles constructivos de los diferentes elementos estructurales. Bloque 1.	108
Figura 60. Insumo 2D planimetría diseño estructura metálica de cubierta.	111
Figura 61. Planimetría detalle estructura metálica de cubierta por diseñador estructural.	112
Figura 62. Modelado 4D de cubierta a partir de insumos 2D del diseñador estructural.	113
Figura 63. Detalle de modelo 4D de cubierta con etiquetas de referencia, dimensión y propiedades específicas de ensamblaje.	113
Figura 64. Detalle de modelo 5D de cubierta correas, tubo estructural, pilar en tubo y viga.	114
Figura 65. Diagramación de planimetrías de cubierta, detalles constructivos, modelo 5D con rotulo para entrega a obra.	115

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Cronograma de ejecución del trabajo dirigido.	47
Tabla 2. Formato FFIE para análisis de precios unitarios (APU).	55
Tabla 3. Formato de memoria tipo para presentación ante el FIE.	56
Tabla 4. Formato presupuesto definitivo I.E Carlos Sarmiento Lora.	57
Tabla 5. Formato presupuesto hidrosanitario.	60
Tabla 6. Memoria hidrosanitaria con esquema.	61
Tabla 7. Formato Presupuesto General Eléctrico.	62
Tabla 8. Memoria estructural.	65
Tabla 9. Archivo Excel con cada una de las actividades e ítems, unidad y cantidad.	69
Tabla 10. Formato de memoria arquitectónica con esquema.	70
Tabla 11. Presupuesto discriminado por bloques, precio unitario y valores totales.	70
Tabla 12. Presupuesto definitivo para la I.E Carlos Sarmiento Lora.	71
Tabla 13. Formato 10 del FFIE con ítems y precios unitarios.	72
Tabla 14. Total, presupuesto definitivo más administración imprevisto y utilidad.	73
Tabla 15. Detalle red hidráulica y sanitaria.	82
Tabla 16. Detalle generación de tabla de cantidades para puertas.	85
Tabla 17. Detalle generación de tabla de cantidades para ventanería.	85
Tabla 18. Cantidades y clasificación de los distintos tomas utilizados.	88
Tabla 19. Excel de cuantificación manual de acero (2d).	90
Tabla 20. Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de cimentación en ciclópeo y zapatas, bloque 2.	99

Tabla 21. Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de losas bloque 2.	99
Tabla 22. Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de vigas de cimentación, entepiso y vigas aéreas. Bloque 2.	100
Tabla 23. Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de columnas y dovelas, bloque 2.	100
Tabla 24. Cantidades e información generada por el modelo 4D diseñado.	104
Tabla 25. Cantidades bloque 2 discriminadas para este caso por peso unitario, longitud de barra, dimensión, kilogramos totales, entre otros.	109
Tabla 26. Cantidades bloque 1 discriminadas para este caso por peso unitario, longitud de barra, dimensión, kilogramos totales, entre otros valores.	110
Tabla 27. Memoria cantidades de obra para estructura metálica de cubierta bloque 2.	111
Tabla 28. Cantidades estructura metálica.	114
Tabla 29. Cantidad teja cubierta.	114
Tabla 30. Cantidades estructura metálica pilares cubierta.	115

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Presupuesto y Memorias.	126
Anexo 2. Memoria hidráulica cantidades de obra para presupuesto presentación ante el FFIE.	126
Anexo 3. Memoria eléctrica cantidades de obra para presupuesto presentación ante el FFIE.	127
Anexo 4. Memoria arquitectónica cantidades de obra para presupuesto presentación ante el FFIE	128
Anexo 5. Memoria estructural cantidades de obra para presupuesto presentación ante el FFIE.	129
Anexo 6. Insumo 2D planimetría hidrosanitaria por parte del especialista.	130
Anexo 7. Insumo 2D planimetría eléctrica por parte del especialista.	131
Anexo 8. Insumo 2D planimetría arquitectónica por parte del especialista.	132
Anexo 9. Insumo 2D planimetría estructural por parte del especialista.	133
Anexo 10. Modelo 4D tomacorrientes eléctricos y de datos.	134
Anexo 11. Modulación dovelas y red eléctrica.	135
Anexo 12. Insumo modelo 4D Bim diseño hidrosanitario.	136
Anexo 13. Modelo 4D aparatos sanitarios.	136
Anexo 14. Modelo 4D Bim en planta modulación sanitaria.	137
Anexo 15. Modelo 4D diseño arquitectónico y estructural bloque 1.	137
Anexo 16. Modelo 4D diseño arquitectónico y estructural bloque 2.	137
Anexo 17. Modelo 4D diseño estructural bloque 1.	138
Anexo 18. Modelo 4D Diseño Estructural Bloque 2.	138

Anexo 19. Detalle estructural traslapo dovelas bloque 1.	139
Anexo 20. Detalle estructural traslapo dovela y persiana bloque.	139
Anexo 21. Alzado modulación mampostería y carpintería metálica fachada posterior bloque 1.	140
Anexo 22. Alzado modulación mampostería y carpintería metálica fachada frontal bloque 1.	140
Anexo 23. Modelo 4D diseño estructural acero de refuerzo bloque 2.	140
Anexo 24. Detalle diseño estructural de zapata acero de refuerzo bloque 1.	141
Anexo 25. Detalle diseño estructural de viga acero de refuerzo bloque 1.	141
Anexo 26. Detalle diseño estructural escalera acero de refuerzo bloque 1.	142
Anexo 27. Detalle diseño estructural nudo viga, zapata, columna acero de refuerzo bloque 1.	142
Anexo 28. Detalle estribos y acero de refuerzo bloque 1.	143
Anexo 29. Detalle estribos y acero de refuerzo nudo columnas y vigas aéreas bloque 1.	143
Anexo 30. Detalle estribos y acero de refuerzo zapata bloque 1.	144
Anexo 31. Modelo 4D arquitectónico de cubierta bloque 2.	144

Introducción

La premisa para la construcción de instituciones educativas por parte del gobierno nacional entre el 2014 y el 2018 “Colombia las más educada” es uno de los pilares del Plan Nacional de Desarrollo “Todos por un nuevo país” – Ley 1753 de 2015. Así es como se implementó el PLAN NACIONAL PARA LA JORNADA ÚNICA ESCOLAR 2015-2018, con apoyo del Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa – FFIE -. (FFIE, 2016).

A partir de estos lineamientos por parte del MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL se participa en la licitación y se crea el proyecto para la coordinación, ejecución y construcción de la institución educativa Carlos Sarmiento Lora, por parte del CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA, proyecto ubicado en el municipio de Tuluá, en el departamento del Valle del Cauca, con el cual se espera cubrir el déficit de aulas en el departamento.

Para este proyecto de la mano del ministerio de educación, el gobierno nacional y el Consorcio Colombia Estudia se establece el apoyo como auxiliar de arquitectura con una contratación a término indefinido tiempo completo en el plazo de ejecución de las obras. Para ello se define una actividad principal que es la colaboración en la gestión, coordinación y ajustes arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios, de redes eléctricas, voz y datos, R.C.I (red contra incendios), modelación y presupuesto de seis instituciones educativas que están en fase 2 o ejecución, encontrándose la I.E Carlos Sarmiento Lora en la Fase uno es decir en proceso de licencia y revisión de diseños ante la respectiva curaduría, razón por la cual se propone trabajar sobre este proyecto aún no ejecutado aplicando a este las metodologías anteriormente mencionadas.

El Consorcio Colombia Estudia se conforma para la ejecución del contrato arriba mencionado desde el mes de junio del año 2020 y se integra por EME INGENIEROS ASOCIADOS 33%, RAFAEL HUMBERTO ALVAREZ BUSTILLO 34% y BYGGA INFRAESTRUCTURA 33%.

Las actividades que se llevarán a cabo durante el desarrollo del trabajo dirigido están enmarcadas en el diseño de un modelo LEAN CONSTRUCTION por medio de metodologías BIM para el ajuste de diseños en las planimetrías de las diferentes especialidades, así como en la detección, solución, ejecución de detalles constructivos imprevistos en los diseños presentados a curaduría. También es importante resaltar la revisión de presupuestos y balances de obra, visitas a estas mismas para establecer las herramientas y procesos necesarios para proceder de manera más eficiente en el desarrollo del proyecto dentro del departamento de arquitectura.

El principal aporte del trabajo dirigido elaborado dentro del departamento de arquitectura del Consorcio Colombia Estudia, es diseñar un modelo LEAN CONSTRUCTION por medio de metodologías BIM basado en la guía de estándares, métodos y procedimientos de la norma ISO 19650. Pues según se ha evidenciado con las actividades realizadas a diario dentro del departamento existe una falta de coordinación, control y ejecución de procesos óptimos que impliquen la eficiencia máxima en el desarrollo de las tareas de ajustes de diseño para la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora que es el caso que nos compete.

1. Problema

1.1 Título

“Coordinación a través de la metodología Lean mediante el uso de herramientas Bim en el proceso de ajustes de diseño y ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora por parte del Consorcio Colombia Estudia”.

1.2 Planteamiento del Problema

Para la construcción de dicho colegio se necesita la implementación de metodologías LEAN CONSTRUCTION y BIM en su fase uno (1) y de esta forma llevar a cabo un correcto ajuste en el diseño propuesto y ejecutarlo según las normas para ambientes escolares. Lamentablemente dentro del consorcio no se establece procesos de metodologías BIM y tampoco LEAN CONSTRUCTION donde las diferentes especialidades involucradas en el mismo no realizan un control 4D que refiere a productos como cantidades de obra, detalles constructivos y documentación de construcción específica con características sobre las propiedades de los materiales utilizados, este se hace a través de formas tradicionales como tablas de Excel y diagramas así como dibujos 2D en AutoCAD donde se evidenció pérdida de tiempo, dinero, recursos humanos y materiales.

La principal deficiencia del departamento de arquitectura radica en el manejo de todas las especialidades pues sucede que algunas están diseñadas y desarrolladas en AutoCAD y algunas otras en Revit pero que a su vez por más que se quiera dibujar en este software que implementa metodologías BIM, se queda meramente en un dibujo 2D o 3D tanto no existe vinculación con

un modelo metodológico que haga más eficiente la ejecución de los procesos dentro del Consorcio Colombia Estudia.

Dicho problema se acrecienta cuando en las obras se necesita alguna modificación pues los cambios ejecutados, por ejemplo para el cálculo de una viga conlleva ajustes en las cantidades de acero, al hacer ese cambio el residente de obra tiene que dibujarlos en un plano récord, especificar detalles y despieces de viga, enviar este dibujo al departamento de arquitectura, de aquí entrar en comunicación con el especialista para subsanar dicha observación y consiguiente aprobación, una cuestión de comunicación compleja que afecta los rendimientos de obra dando cabida a muchos reprocesos y errores en el ajuste a los diseños. Presentándose más o menos los mismos casos sobre otras especialidades como diseños hidrosanitarios, eléctricos, R.C.I (Red Contra Incendios), arquitectura, voz y datos.

1.3 Formulación del Problema

De acuerdo a lo planteado por Douglas Engelbart en “El aumento del intelecto” (1968):

La posibilidad de un ser humano para hacer uso significativo de los sistemas asistidos por computadora y aumentar su capacidad para abordar una situación compleja, ganar comprensión y adaptarla a sus necesidades particulares, derivando soluciones a problemas, nos lleva a preguntar:

¿Cómo las metodologías LEAN CONSTRUCTION y BIM pueden mejorar las posibilidades reales de hacer más eficientes los procesos de ejecución, diseño y construcción de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Diseño del modelo Lean Construction mediante metodologías Bim en el proceso de ajustes de diseño y ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora por parte del consorcio Colombia Estudia.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Detectar los factores que generan pérdidas y sobrecostos en el diseño y ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora, así como coordinar las acciones para el óptimo desarrollo del modelo aplicado.
- Establecer las herramientas y procesos necesarios a ser usados para resolver interferencias y coordinar los diseños de las distintas especialidades involucradas en la ejecución de la fase uno (1) para la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora.
- Optimizar las deficiencias en los procesos ejecutados en las anteriores Instituciones Educativas, para lograr altos porcentajes de eficiencia en los tiempos, rendimientos y actividades en obra mediante las metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM en la fase uno (1) de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora.

1.5 Justificación

A partir de la licitación del contrato de obra para la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora se destinan los recursos para la ejecución del proyecto. Luego de la vinculación al Consorcio Colombia Estudia y de las actividades desarrolladas dentro del departamento de arquitectura del mismo y de ejecutar la Fase dos (2) de seis (6) Instituciones Educativas en el periodo comprendido entre febrero y Agosto del 2021, se forja la idea de diseñar un modelo

LEAN CONSTRUCTION mediante metodologías BIM utilizando el software Revit de Autodesk, ya que se evidenciaron pérdidas de dinero, procesos insuficientes por parte de los directores de obras e ingenieros y arquitectos residentes que contribuyeron a desperdicios de material, recursos humanos y tiempo en los rendimientos de los proyectos hasta hoy ejecutados. Por ello se propuso la tarea de generar y diseñar un modelo LEAN CONSTRUCTION mediante metodologías BIM aplicándolas para los ajustes de diseño y ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora que permita su desarrollo dentro de los mínimos desperdicios de tiempo, materias primas, recursos humanos y dinero.

La pertinencia de desarrollar un modelo basado en metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM en el proceso de ajuste al diseño de las diferentes especialidades se da a partir de la carencia de estos métodos para coordinar el estado en el que se presentan las planimetrías de las diferentes especialidades, la forma en que se ejecutan los presupuestos y la falta de un modelo de procesos que se aplique por parte de ingenieros y arquitectos, directores y residentes de obra en la ejecución de los proyectos.

Razón por la cual tanto en el ámbito profesional como en el personal dentro del departamento y el Consorcio en general se dará un mayor entendimiento del proyecto, pues cada uno de los involucrados debe concebir de manera más estructurada y estandarizada el desarrollo del mismo y no solo la parte donde se está involucrado.

En mi experiencia con las metodologías BIM en este caso con el software Revit se evidenciaron algunas falencias en los procesos internos entre el diseño y la ejecución de la obra, donde puedo ayudar a mitigar los errores que se presentan en la construcción, proyectar un modelo aplicando metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM el cual nos dé la ventaja para

verificar cualquier cambio real en obra en cuanto a dimensiones, propiedades de los materiales, cantidades es decir costos directos y sobre todo con la anticipación necesaria para reducir las pérdidas y desperdicios al máximo posible, razón por la cual podemos tener un porcentaje de eficiencia mucho mayor, procesos óptimos y datos de calidad en el desarrollo de la Fase dos (2) en la ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora por parte del Consorcio Colombia Estudia.

1.6 Alcances y Delimitaciones

1.6.1 Alcances.

- Las principales especialidades en las cuales se implementarán las herramientas BIM serán las arquitectónicas y estructurales.
- Detectar por medio de detalles constructivos los factores que generan perdida en el diseño y ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora.
- Coordinar las acciones necesarias para aplicar correctamente en las diferentes áreas de diseño y ejecución de la Fase uno (1) las metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM.
- Tener un presupuesto detallado por cantidades de los ítems más importantes utilizados en el desarrollo de la Fase uno (1).
- Consolidar un modelo LEAN CONSTRUCTION Y BIM que pueda homologarse para la ejecución de próximos proyectos.

1.6.2 Delimitaciones.

- No se pretende la consolidación de un modelo BIM completo mediante la implementación de esta metodología.
- No se busca resolver los aspectos de programación y cronograma de obra.

- No se pretende usar las metodologías BIM para evidenciar colisiones de las distintas redes involucradas en el proyecto.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacional. Un buen ejemplo de la metodología BIM, lo podemos encontrar en el caso del nuevo Aeropuerto de La Ciudad de México) donde se realiza de la siguiente manera como lo dice Autodesk en el 2018:

Para el nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México – NAICM, Foster 6 Partners y FR-EE tenían un solo objetivo en mente: poner a la gente primero. Con 743.000 metros cuadrados, será uno de los aeropuertos más grandes del mundo. Toda la terminal se encierra dentro de un gran espacio continuo y liviano, que abarca desde las paredes y el techo en una sola forma fluida que evoca el vuelo. Su principal foco de diseño es la experiencia del pasajero. Con un concepto al aire libre, los viajeros podrán ver las puertas y hacia dónde se dirigirán en un espacio lleno de luz natural. La terminal en sí tiene casi 1.6 kilómetros de longitud, una única carcasa continua con un innovador techo y puentes de abordaje fijos en un solo recinto. El enfoque de diseño computacional para el techo es único en el mundo por su complejidad de generar una estructura ligera de doble curvatura con largos tramos de 100 metros, el cual funge como techo, fachada y estructura al mismo tiempo. (EE, 2018)

Dentro de la industria de la construcción siempre hay una pregunta cuando tratamos de diseñar proyectos de este tipo ¿Cómo ejecutarlos y desarrollarlos en la obra? Pues estas metodologías son en parte la respuesta para poder llegar a la solución de estas ideas tan desproporcionales tenemos que dividir el problema en muchas pequeñas incógnitas que podemos abordar de manera más sencilla logrando un aumento en la solución de semejantes complejidades.

Con los ambiciosos objetivos y diseños de la terminal **BIM** se convirtió en un elemento crucial para lograrlo. El intercambio de los modelos desde las primeras etapas

hizo posible que todos los equipos tuvieran acceso a la información actualizada, lo que permitió una transición sin problemas de la etapa conceptual a una etapa más detallada del diseño y la construcción. En la etapa de diseño del interior de la terminal, **BIM** fue la clave para la coordinación y reunió varias opciones de diferentes disciplinas. La extracción de datos del modelo proporciona más control al programar todos los elementos, así como una auditoría de calidad eficiente. Los equipos de diseño resolvieron choques en el modelo, tanto choques grandes como pequeños, al mismo tiempo que identifican y eliminan duplicados y elementos faltantes. Un mayor nivel de análisis de modelos ayudó a las decisiones de diseño, incluidos los estudios de iluminación, viento y energía. (EE, 2018)

BIM nos permite aumentar el ritmo de desarrollo colectivo esta inteligencia que desarrolla dentro de los proyectos va más allá de un entendimiento de un modelo virtual, es una síntesis de soluciones que se despliegan entre las personas que se involucran dentro del proyecto pues tiene la capacidad de la interpretación y el sutil cambio de roles que beneficia desde contratistas hasta diseñadores.



Figura 1. Estructura metálica de cubierta principal diseñada y ejecutada mediante metodologías Bim.

Fuente: Foster + partners, 2018), cc by 2.0.

“No hay duda que los modelos **BIM** y el flujo de trabajo general, ayudan a la comunicación y la colaboración en este proyecto, no solo dentro de nuestro propio equipo de diseño, sino también entre todos los diversos consultores. Nos permitió navegar a través del modelo con renderizado en tiempo real, lo que nos permitió comprender mejor los problemas existentes y desarrollar soluciones colaborativas con los diversos equipos de proyectos”. – Jesús Perucho alcalde, **BIM**, Foster + Partners. (EE, 2018)

Eventualmente las oportunidades que brindaron las metodologías **BIM** para el proceso de ejecución y coordinación de este proyecto se enmarcan dentro de los márgenes de la comunicación entre las distintas especialidades involucradas dentro del proyecto, creando puentes de comunicación entre los involucrados en su ejecución, así como también una solución de diseño compartida en un modelo colaborativo que hace más eficiente la labor de inspección del mismo.

2.1.2 Nacional.

Primera Línea del Metro de Bogotá.

Igualmente, como el referente internacional, para el caso del metro de Bogotá, por su importancia, magnitud en el diseño, ejecución de las obras y su posterior puesta en funcionamiento, se hace necesario utilizar esta metodología como lo comenta Mortice en el año 2019:

Para proyectar esta línea de cercanías para Bogotá, SYSTRA ha llevado a cabo simulaciones por ordenador sobre el tiempo de circulación entre estaciones y de parada en cada una de ellas, comparando su capacidad frente a otras alternativas y valorando el coste de adquisición del terreno para los trenes subterráneos y de superficie. (MORTICE, 2019)

La ampliación del proyecto se atenderá en tres etapas: Se requiere para empezar la ejecución de un primer trayecto que consta de 24 kilómetros con 16 estaciones ubicadas sobre esta primera franja que se presupuesta finalizar en el 2027. A continuación, un avance de esta primera línea que supone los 29 kilómetros más agregando 3 estaciones completando de esta forma 19 unidades para el 2030 y finalizar con el agregado de 9 kilómetros a la línea y 16 estaciones para completar un total de 38 kilómetros y 35 estaciones para el 2050.

La capacidad de SYSTRA para generar un modelo global con **BIM** de la infraestructura que integra el entorno urbano y la red Transmilenio ha sido un factor clave para evaluar el impacto visual y ambiental de las vías elevadas y para fundamentar la toma de decisiones. La licitación de este proyecto se desarrolló bajo la metodología **BIM** que abarca todos los aspectos de la infraestructura (mediante programas de Autodesk **Revit, Civil 3D, InfraWorks, Navisworks** y **Dynamo**).

Como se comprende la empresa contratista lleva a cabo evaluaciones mediante metodologías **BIM** que contribuyen a la predicción mediante simulaciones que generan insumos acerca de cómo se puede ver afectada cada estación según el flujo de pasajeros y ubicación de la misma así como la distancia entre cada parada la cual arrojará productos importantes para el planeamiento de las futuras estaciones, así mismo el autor resalta el coste de adquisición de los predios para tomar decisiones acerca de cómo abordar y que tipo de infraestructura utilizar para la ejecución del proyecto. (MORTICE, 2019).

La metodología **BIM** básicamente hace posible crear un entorno virtual donde se estudia los distintos casos para comparar los diferentes diseños y ubicaciones de cada estación en consecuencia de ello obtener los rendimientos en tiempo y costes más adecuados al contexto de la misma forma que se llegue a minimizar el impacto del proyecto.

Estas simulaciones son cruciales a la hora de utilizar metodologías **BIM** pues nos hablan acerca de características que arroja el modelo que no percibimos cuando concebimos el diseño y

más aún si se trata de un proyecto de transporte masivo como un sistema metro. Todos los datos que se puedan incluir dentro de dichos procesos enriquecen y dan un valor de alta precisión para poder acertar en cada detalle el cual se quiere proveer como desplazamientos, tiempos y volúmenes de pasajeros.



Figura 2. Estación del metro elevado, EMB/FDN Financiera de Desarrollo Nacional.

Fuente: Zach Mortice (2019), CC BY 2.0.

Por otra parte, las metodologías **BIM** llevan intrínsecamente ligada esta vinculación de todos los actores dentro de la ejecución del proyecto mediando por estos una mayor eficiencia y colaboración a la hora de ajustar los diseños.

Los sistemas **BIM** garantizan la integración de los diseños y una eficiente colaboración entre los equipos de París y Bogotá, además de ayudar al contratista a comprender el proyecto y favorecer el control de todo el proceso. (Mortice, 2019)

2.2 Marco Teórico

Roles BIM.

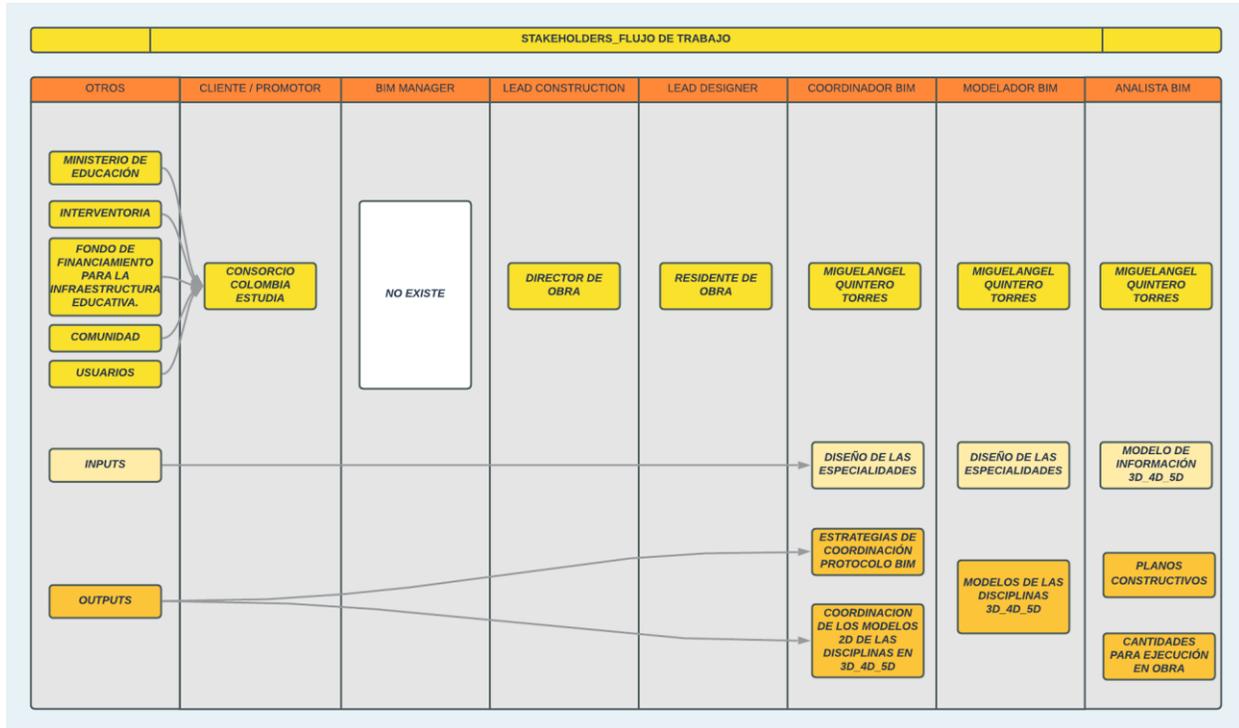


Figura 3. Flujo de trabajo por las partes interesadas en el proyecto.

Cliente/Promotor: Es la persona u organización que pone en marcha y financia un proyecto.

La razón de incluir esta figura dentro de los roles BIM se debe a que en un proyecto BIM, basado en el trabajo colaborativo, el cliente o promotor debe formar parte del *Common Data Environment* (1).

(FUNDACION LABORAL, 2017)

BIM Lead Designer (Director de la gestión del diseño): Dirige el diseño, desarrolla y aprueba la información y resultados del mismo incluyendo la documentación del proyecto. Establece las comunicaciones entre los equipos de diseño entre sí y de estos con los responsables del equipo de ejecución (construcción). (FUNDACION LABORAL, 2017)

BIM Lead Construction (director de gestión de la Construcción): dirige la ejecución del proyecto, aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución y confirma los resultados de la misma. Junto con el *BIM Lead Designer*, es el nexo de comunicación entre los equipos de diseño y los equipos de ejecución. (FUNDACION LABORAL, 2017)

Modelador BIM: Responsable del modelado siguiendo lo establecido en el BIM Execution Plan (BEP). (FUNDACION LABORAL, 2017)

Coordinador BIM: responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina con el fin de cumplir los requerimientos del BIM Manager. En un proyecto habrá tantos coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto (arquitectura, estructura, MEP, sostenibilidad, seguridad y salud, entre otros). Realiza las auditorías de calidad del modelo de su especialidad y asegura su compatibilidad con los del resto de disciplinas. (FUNDACION LABORAL, 2017)

Metodología LEAN CONSTRUCTION.

LEAN CONSTRUCTION creada como una metodología para generar eficiencia en la cadena de valor de la industria automotriz por Taiichi Ohno para ahorrar tiempo y dinero, hoy día viene implementándose con gran efectividad dentro de la industria de la construcción, con ella se ha creado una cultura del intercambio de información dentro de los involucrados en el desarrollo de un proyecto constructivo. De esta forma las empresas que participan en los proyectos de construcción actuales van más allá del simple desarrollo de la obra para contemplar soluciones y nuevos procesos que retroalimentan las actividades que se ejecutan dentro de ella, esta metodología crea puentes entre los distintos actores y potencian la eficacia de los planes constructivos.

Al ejecutar metodologías **BIM** en el proceso de ajuste y coordinación de los diseños propuestos se da una clara observación de los desperdicios de material evitando de esta forma utilizar recursos humanos en actividades que no aportan valor a la construcción final, es decir se desarrollan actividades objetivas que a pesar de que tomen un poco más de tiempo eventualmente se verán reflejadas en los costes de obra y el recurso humano solicitado.

Según un enfoque Lean, primero calculamos (Z) en función de las características que aportan valor para el cliente. A continuación, el equipo de proyecto calcula el coste de construir ese edificio o instalación según las especificaciones definidas por el cliente, pero esta vez, asumiendo desde el comienzo que un porcentaje de las actividades y transacciones que vamos a realizar son improductivas y no añaden valor al cliente tal y como él lo percibe.

Tal y como vemos en la figura anterior podemos abordar la mejora continua en tres fases:

1. Existe conocimiento pleno de que una parte de nuestras actividades van a ser improductivas y no van aportar valor desde la perspectiva del cliente. A partir de ahí, llevamos a cabo un control de costes **LEAN** puesto que ahora disponemos de conocimiento y herramientas de gestión para empezar a identificar, calcular y controlar el desperdicio. Mejoramos el beneficio real y disminuimos el desperdicio actual mediante la mejora de diseño y de procesos de ejecución, de manera que nos permita reducir coste de producción sin disminuir la calidad y las prestaciones de la edificación.
2. Continuamos con la mejora continua y el control de costes mejorando el diseño y los procesos. Reducimos aún más el desperdicio y alcanzamos el beneficio esperado.
3. Estabilizamos el margen de beneficio. Transformamos desperdicio y costes de producción en mejora real sobre el coste inicial previsto. Seguimos realizando ciclos de mejora continua, diseñando nuevos estándares a medida que superamos los anteriores.

Siguiendo una estrategia Lean podemos invertir la mejora obtenida en la última fase en beneficio, inversión, innovación, formación, entre otras. (Achell, 2014).

La metodología **LEAN** es la más indicada para llevar a cabo un proyecto de construcción pues esta no se define dentro de un marco estático, sino que es más dinámica, se apoya en el talento humano, así como en las cualidades de cada uno de los objetos involucrados en el proyecto, lo que es importante ya que asume una mejora constante en los procesos llevados a cabo desde los distintos departamentos de diseño y administración hasta la coordinación en las obras.

ISO 19650 Gestión de la información al utilizar BIM.

Sin duda alguna para establecer **BIM** como metodología principalmente en Inglaterra y en conciliación con otros países del mundo se logró enmarcar los procesos mediante el cual la ejecución de estas metodologías puede llevarse a cabo, desde sus conceptos y principios pasando por las fases de ejecución, construcción en el ambiente virtual, seguridad, manejo de activos, entre otros.

Esta norma está justificada en cinco (5) partes.

Parte 1: Conceptos y principios

Este documento define los conceptos y principios del manejo de información a un estado de madurez en el uso de **BIM** que está definido dentro de la norma ISO 19650. Además, provee recomendaciones para un marco de trabajo para el manejo de información, incluyendo el intercambio, captación, manejo de versiones y organización para todos los incumbentes del proyecto. Los conceptos definidos son aplicables a toda la vida útil de cualquier edificación de cualquier escala o complejidad, incluyendo la planificación estratégica, diseño inicial, ingeniería, desarrollo de diseño, documentación y construcción, operación, diaria, mantenimiento, readecuación, reparación, y fin de vida.

Parte 2: Fase de entrega de los activos

Este documento especifica los requerimientos para el manejo de información, en la forma de un proceso de administración de la misma y dentro del contexto de la fase de entrega de activos y el intercambio de información que los mismos generan; todo esto

utilizando Building Information Modeling (**BIM**). Algunos temas tratados son: Evaluación de las necesidades, invitación a licitación, respuesta a propuesta, asignación de obra, producción colaborativa de información y cierre del proyecto.

Parte 3: Fase operacional de activos

Esta parte de la norma se encuentra en etapa de revisión.

Parte 4: Intercambio de información

Se encuentra en etapa de revisión y tratará lo relativo al proceso de intercambio de información.

Parte 5: Especificación para la seguridad de Building Information Modeling, Construcción en el ambiente digital y manejo inteligente de activos.

Comité técnico de la Norma ISO 19650

El comité técnico que se encuentra desarrollando esta norma está compuesto por profesionales en regulaciones y estandarizaciones a nivel estatal e internacional. El comité está presidido por Mr Jons Sjogren, miembro de la Asociación de Constructores de Noruega, quien también fungió como tesorero de Building SMART. La secretaria del comité, Lisbeth Landfald, es ingeniero estructuralista y directora de proyectos en Standards Norway. (Estandarización, 2019).

Debido a lo expuesto anteriormente se puede apuntar a que el uso adecuado de esta normativa es una herramienta básica para la creación de un modelo de proyecto siguiendo este protocolo, es la mejor opción para la mediación de la construcción teniendo en cuenta los amplios márgenes de cantidades y actividades de obra por realizar.

NTC-4595 Planeamientos y diseño de instalaciones escolares.

Esta norma decretada en el país impone las disposiciones para el ajuste, diseño y construcción de cualquier institución educativa en el territorio nacional, además su importancia radica en establecer un estándar básico para las condiciones mínimas con las que se construye

infraestructura escolar en el país. Por otro lado, establece las particularidades que deben adaptar los diseños de las distintas especialidades de acuerdo a la región, entre otras características.

1.1 Esta norma establece los requisitos para el planeamiento y diseño físico-espacial de nuevas instalaciones escolares, orientado a mejorar la calidad del servicio educativo en armonía con las condiciones locales, regionales y nacionales.

Adicionalmente, puede ser utilizada para la evaluación y adaptación de las instalaciones escolares existentes.

1.2 Esta norma abarca aquellas instalaciones y ambientes (como el colegio, las aulas, los laboratorios, entre otros, en la concepción tradicional) que son generados por procesos educativos que se llevan a cabo de manera intencional y sistemática.

1.3 El desarrollo de la norma acoge, en el tema educativo, las disposiciones de la ley 115 de 1994 (ley General de Educación) y en materia de arquitectura y medio ambiente construido, los temas de accesibilidad, seguridad y comodidad, desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental, para generar así instalaciones con bajos costos de funcionamiento y mínimo deterioro del ambiente. (MEN, 2006)

Planeación Estratégica.

La Planeación Estratégica (PE) constituye como un enfoque de análisis de intervención organizacional empleado para fortalecer los procesos de gestión y obtención de resultados por parte de las instituciones. Está integrada por un conjunto de acciones particulares que se realizan estructuradamente. Su propósito es ubicar y precisar la tarea primordial de las instituciones, así como planear y organizar los objetivos trazados, dar cumplimiento a las tareas programadas y obtener las metas propuestas, en síntesis, la consecución de los resultados proyectados.

Desde un punto de vista exclusivamente administrativo, la PE es usualmente entendida como una técnica o herramienta más de planeación, al servicio de quienes conducen las diversas entidades organizacionales (sean estas públicas o privadas). Sin embargo, una comprensión ampliada de la planificación, fundamentada académica y empíricamente, extiende su concepción y alcance, siendo entonces concebida como uno

de los principios estructurales del conjunto de acciones de mejora de gestión para la gerencia. (PE, 2012)

Como herramienta de la gestión para planes administrativos que se despliegan alcanzando la ejecución definitiva de un proyecto, esta organización nos permite coordinar una cadena de valor de manera predeterminada donde se gerencian todos los aspectos involucrados en el proyecto para determinar de esta forma la consecución de las diferentes tareas en cualquier entidad donde se desarrollen sus procesos.

2.3 Marco Conceptual

BEP: El PEB (Plan de Ejecución BIM) o BEP (BIM Execution Plan), es un documento imprescindible que se redacta para obtener un marco de referencia en la implementación de BIM en el proyecto. No existe un método estándar de implementación en cada proyecto. (Zigurat Global Institute of Technology, 2021)

BIM: Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. (Building Smart, 2020)

Lean Construction: Optimización de las actividades que agregan valor a un proyecto constructivo mientras se reducen o eliminan las que no lo hacen. (MUÑOZ, 2019)

Coordinar: Dirigir y concertar varios elementos. (RAE, 2020)

Ajustar: Conformar o acomodar algo a otra cosa, de suerte que no haya discrepancia entre ellas. (RAE, 2020)

LOD: LOD (Level of Development) define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio. (Imasgal, 2020)

Metodología: Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal. (RAE, 2020)

Modelo: Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. (RAE, 2020)

CAD: O diseño y dibujo asistido por computadora (CAD), es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que sustituye el dibujo manual por un proceso automatizado. (Autodesk, 2019).

Fase uno (1): Pre – Construcción, plazo para la ejecución de los estudios y diseños. (MEN, 2019).

Familia: Las familias de Revit son todos los elementos de los que se compone un modelo. (Imasgal, 2020).

Tipo: Los tres tipos de familia en Revit son: familias de sistema, familias cargables y familias in situ. La mayoría de los elementos que se crean en los proyectos son familias de sistema o cargables. Las familias de cargables se pueden combinar para crear familias anidadas y compartidas. (IP21Ingeniería, 2019)

2.4 Marco Contextual

A partir de la licitación pública para la construcción de instituciones educativas en el departamento del Valle del Cauca y bajo el contrato 1380-1272-2020, se establece el Consorcio Colombia Estudia en la ciudad de Cali, para la ejecución de la Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora y otras nueve (9) instituciones, encontrándose esta Institución en la fase uno (1) de ejecución es decir en proceso de ajuste de diseño y aprobación de licencias de construcción.

El problema se origina desde la licitación hasta los ajustes a los diseños de la institución educativa, ya que como hemos explicado anteriormente no se implementan metodologías ni un modelo en los procesos de coordinación y ajuste a los diseños de parte del Consorcio Colombia Estudia, como tampoco se enmarcan procesos óptimos y eficaces que reduzcan al máximo los errores y pérdidas en los ajustes en el diseño de las diferentes especialidades ocasionado de esta forma, reprocesos por parte de la entidad contratista e interventoría así mismo retrasos y desperdicios de todo tipo en la obra.

El espacio dentro del cual se evidencia el problema de coordinación y control está ubicado dentro del departamento de arquitectura, departamento de costos y presupuestos del Consorcio Colombia Estudia pues es aquí donde se ha evidenciado la carencia de un modelo que ejecute metodologías BIM y LEAN CONSTRUCTION como alternativas para la coordinación de los proyectos que se llevan a cabo dentro de la empresa.

2.5 Marco Legal

NSR-10.

A.1.3.2 Estudios geotécnicos – Debe realizarse una exploración del subsuelo en el lugar en que se va a construir la edificación, complementada con una consideración de sus alrededores para detectar, de ser el caso, movimientos de suelo. El alcance de la exploración y el programa de ensayos de laboratorio se establecen en el título H – Estudios Geotécnicos. El ingeniero geotecnista debe elaborar un informe en el cual relacione la exploración y los resultados obtenidos en el laboratorio, se den las recomendaciones que debe seguir el ingeniero estructural en el diseño de la cimentación y obras de contención.

Esta norma regula los aspectos estructurales bajo el cual se diseñan las capacidades técnicas del proyecto en nuestro caso es muy importante recalcar el cumplimiento a cabalidad de esta norma pues se ejecutará un proyecto donde sus usuarios en un gran porcentaje son niños a los cuales se les debe garantizar plena seguridad de los espacios donde van a recibir su educación y pasar gran parte de su tiempo en los primeros años de su vida.

3. Marco Metodológico

Según el Lean Construction Institute (LC), LEAN CONSTRUCTION es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar la unidad productiva, LEAN CONSTRUCTION clasifica los residuos de construcción en siete categorías como se muestra a continuación.

Desperdicios en la construcción:

1. Defectos
2. Demoras
3. Excesos de procesado
4. Exceso de producción
5. Inventarios excesivos
6. Transporte innecesario
7. Movimiento no útil de personas

El estimado de desperdicio en obras de edificaciones, para proyectos no optimizados en Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias e instalaciones Eléctricas es del 6%, el objetivo de LEAN CONSTRUCTION es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos de obra para obtener más valor en los productos finales.

El error del pensamiento tradicional en la construcción es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos. La construcción es, en este escenario, tan solo un modelo de transformación. La principal falla en la base teórica radica en que se fundamenta en dos teorías, la de los proyectos que plantea la construcción como una teoría de transformación, y la teoría de gestión igual a planeación, donde el enfoque centra toda la atención en la planificación, poco en el control y casi nada en la ejecución.

LEAN CONSTRUCTION es una nueva forma de ver la producción, no como un modelo o unos pasos establecidos que se deban seguir sino lo que pretende es entender sus principios y aplicarlos en la creación y uso de herramientas “LEAN” para la gestión de los proyectos constructivos, en donde las herramientas son la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional. (Porras, 2014)

3.1 Metodología de la Investigación

Investigación de enfoques cualitativos en cuanto a la calidad de la construcción verificación de las especificaciones establecidas en los diseños y cuantitativo debido al control de cantidades, propiedades de los materiales y el manejo de los presupuestos en la coordinación de los diseños para su posterior ejecución.

En este diagrama observamos procesos tradicionales sobre el uso del CAD dentro del Consorcio Colombia Estudia contrastándolo con las metodologías **BIM** definidas dentro del trabajo dirigido así como los sistemas asistidos por computadora utilizados, paralelo a ellos proponemos el intercambio de información y documentación constructiva entre los diferentes involucrados en el proyecto así como la retroalimentación de los mismos creando un

entendimiento colectivo, ampliación de los conocimientos de cada uno por mayor comprensión al resolver los problemas de manera interdisciplinar y colectiva, a continuación, se ilustra en la siguiente figura:

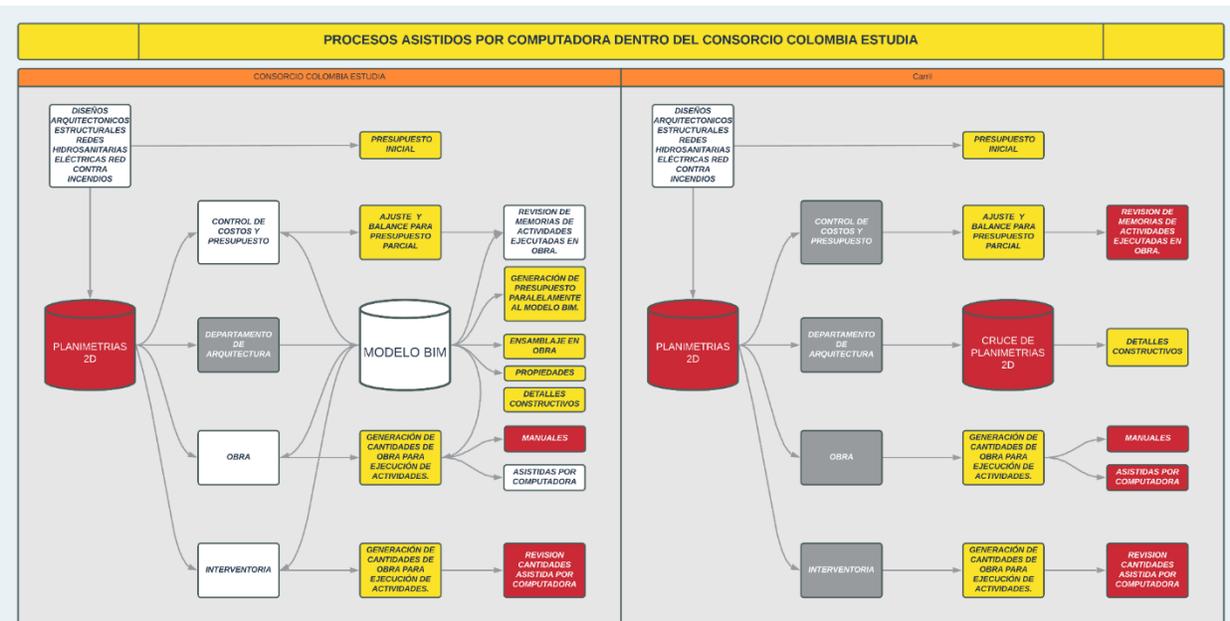


Figura 4. Procesos asistidos por computadora dentro del Consorcio Colombia Estudia.

3.2 Diseño de Investigación

El trabajo es una investigación descriptiva y cualitativa para control de cantidades de obra, coordinación para ajustes en el presupuesto y balances de obra de acuerdo a su ejecución por parte del residente del proyecto. Se propone un modelo BIM para el control de los diferentes presupuestos en cuanto se refiere a la variación de las cantidades utilizadas en la construcción de acuerdo a los ajustes de los diseños de cada especialidad haciendo estos procesos más eficientes mediante las metodologías BIM.

3.3 Población y Muestra

Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora, las actividades programadas en el presupuesto y las cantidades respectivas serán los elementos con los cuales se contará para el desarrollo, coordinación y ejecución de obra siendo estas las siguientes.

- Preliminares
- Cimentación
- Desagües e instalaciones subterráneas
- Estructura
- Mampostería
- Instalación hidráulica, sanitaria y de gas
- Instalación eléctrica, telefónica y comunicaciones
- Pañetes
- Pisos
- Cubiertas e impermeabilizaciones
- Carpintería metálica
- Enchapes
- Iluminación
- Aparatos sanitarios y accesorios
- Cielo raso y divisiones
- Pintura
- Cerraduras y vidrios
- Aseo y varios

3.4 Técnica de Análisis de los Datos

Diseños suministrados por los especialistas y comunicación constante con los mismos, para el posterior modelado y coordinación de toda la información a través de metodologías **BIM**.

4. Plan Administrativo

4.1 Cronograma

Tabla 1.

Cronograma de ejecución del trabajo dirigido.

JUNIO				JULIO			
SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
AJUSTE DE BALANCE DE OBRA DE ACUERDO A PRESUPUESTOS ENVIADOS POR CADA ESPECIALISTA.		AJUSTES ESTRUCTURALES, REVISIÓN DE CIMENTACION, VIGAS AEREAS, CUBIERTA, CONCRETOS, ENTRE OTROS.		AJUSTE REDES E INSTALACIONES, HIDROSANITARIAS, ELECTRICAS, RED CONTRA INCENDIAS, VOZ Y DATOS.			
AGOSTO				SEPTIEMBRE			
SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
MODELADO DE ACERO EN REVIT CANTIDADES, AJUSTES Y COORDINACION PARA PEDIDOS Y VERIFICACION DE ACTAS.			AJUSTE Y COORDINACION DEL MODELO BIM PARA ACEROS Y CONCRETOS.		AJUSTES, COORDINACIÓN Y DETALLES CONSTRUCTIVOS PARA MODULACIÓN Y CANTIDADES DE OBRA PARA CUBIERTAS.		

4.2 Plan de Trabajo Realizado

Se comienza por evaluar y tener un balance de los presupuestos definiendo de esta forma la primera tarea para obtener datos de calidad para este trabajo dirigido, mediando la búsqueda de procesos para el diseño y aplicación de un modelo **LEAN CONSTRUCTION** mediante metodologías **BIM**, para luego entrar en la coordinación de las diferentes especialidades contratadas por parte del consorcio como lo son: Lo estructural, arquitectónico, eléctrico, hidrosanitario, redes contra incendio, voz y datos. Se desarrollará de la siguiente forma:

- Se implementa una comunicación directa con todos los especialistas de diseño en el desarrollo de la fase uno (1) y las diferentes áreas involucradas.
- Se coordinan los planos estructurales con planimetrías arquitectónicas, para encontrar interferencias entre mampostería y estructura.
- Haciendo este cruce podemos observar como la ejecución en obra va dando lugar al siguiente paso que es la modulación a partir de las plantas arquitectónicas.

- Teniendo en cuenta toda la implantación de las redes eléctricas e hidráulicas, redes contra incendio y comunicaciones en obra, se puede dar paso a la modulación para su reubicación de acuerdo con el ajuste estructural y arquitectónico.
- La modulación consiste en el ajuste de la mampostería, en cómo la dimensión de los bloques a utilizar, en este caso bloques completos, medios transversales, medios longitudinales, terminales, pueden variar la dimensión de los muros y la ubicación del grouting en las dovelas y en consecuencia la ubicación de las salidas de las diferentes redes.
- Para esto se requiere la correcta ubicación en la planimetría de modulación de las salidas sanitarias, desagües, tomas eléctricas, de voz, datos y salidas de red contra incendios.
- Se da paso a la impresión de los planos de modulación para enviarlos a obra y luego de haber ubicado todo el sistema de redes de las diferentes especialidades, fundido la losa de contrapiso cada residente puede comenzar con la ubicación de la primera hilada de bloques ya con la ubicación exacta de todas las salidas eléctricas, de suministro, desagües entre otras.
- A partir de la modulación de la primera hilada de bloques y elaborado el modelo 4D de del proyecto en Revit, se procede a generar una serie de alzados para calcular la cantidad de bloques (ladrillos) a utilizar en cada recinto que abarca el proyecto.
- Este modelo **BIM** generado en Revit permite el cálculo de cantidades de concreto, aceros, bloques, para la verificación de material facturado en obra, rendimientos, pedidos, presupuestos y de la misma manera un mayor control y efectividad en la ejecución de cada una de las actividades.

5. Desarrollo del Proyecto

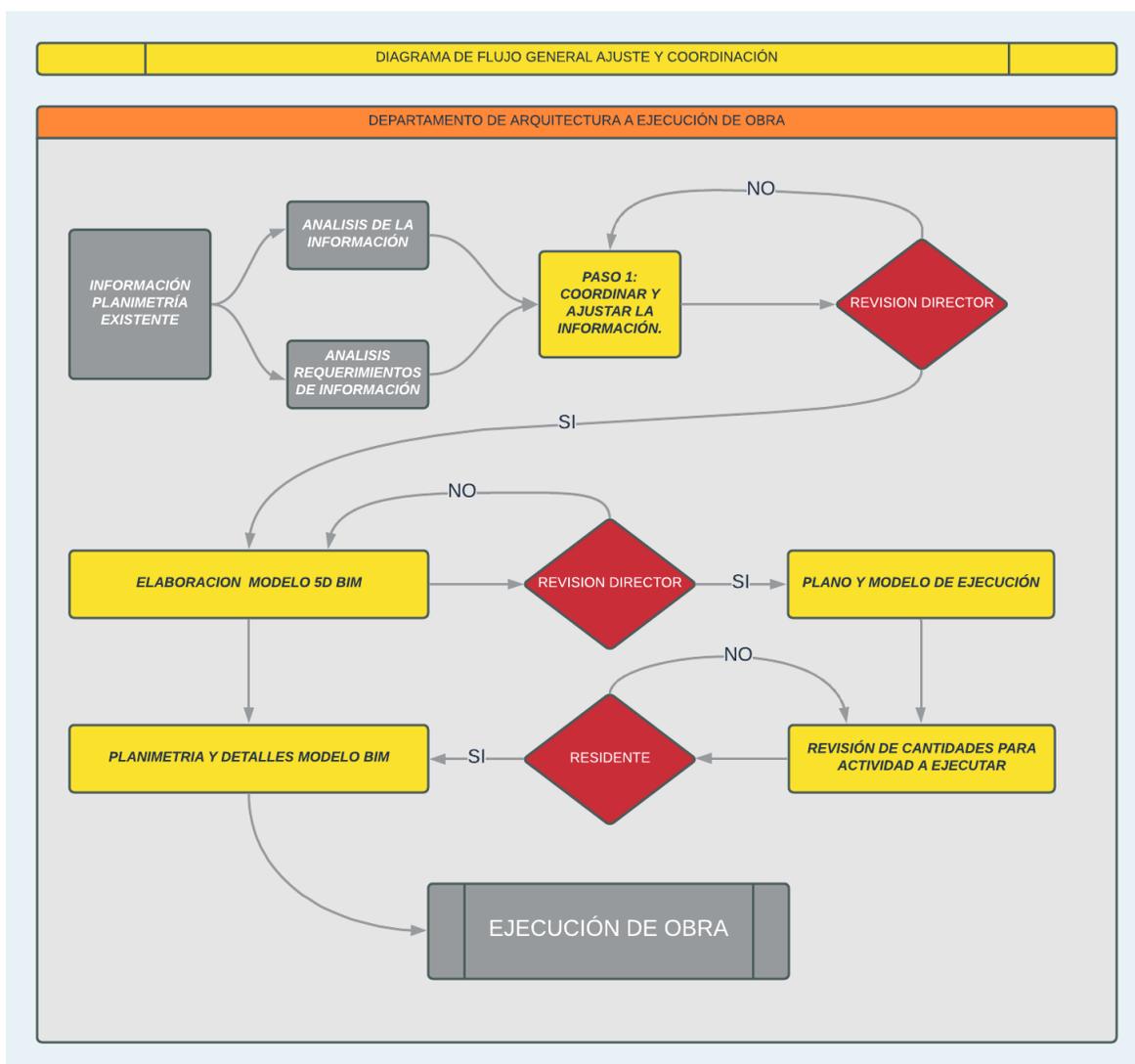


Figura 5. Diagrama de flujo coordinación, ajuste y ejecución de obra.

5.1 Presupuesto General para Ajuste y Revisión

A partir de la evaluación, análisis e identificación de cada ítem encontrado en el presupuesto se proyecta el alcance de obra y la ejecución del contrato por precio unitario. Pues el desarrollo de cada una de las actividades en este proyecto está sujeta a los precios establecidos por los **APU**

de la gobernación del Valle del Cauca y el formato 10, documento específico de análisis de precios unitarios para el proceso de ejecución de esta obra.

Para la implementación de un modelo **LEAN CONSTRUCTION** mediante metodologías **BIM** hemos observado y analizado el proceso de desarrollo del presupuesto inicial para cada una de estas especialidades, para esto se propone la extracción y creación de tablas de contenido referenciadas a cada uno de los ítems y materiales utilizados en el presupuesto.

Las principales falencias detectadas en las formas tradicionales de abordar los presupuestos dentro del consorcio se dan en la lectura 2D de planos de cualquier especialidad de la misma forma en cómo se ilustran las memorias que se deben entregar a la interventoría pues en muchos casos un esquema 2D no muestra de manera eficaz la actividad desarrollada que se describe en la misma, a diferencia de la implementación de metodologías **BIM** en Revit que nos llevan a identificar cada detalle pudiendo definir nombre, material, referencias además calcular la cantidad de cada uno de estos y evaluar sus propiedades, consiguiendo de esta forma un producto que puede ilustrar de manera más pertinente un insumo tan importante como lo es la memoria de corte de obra.

5.2 Ajuste de Balance de obra

Se establece el diseño general de la institución educativa dividida en dos bloques valorados en cada una de las distintas memorias, que en el presupuesto parcial se asumen como los dos bloques descritos a continuación.

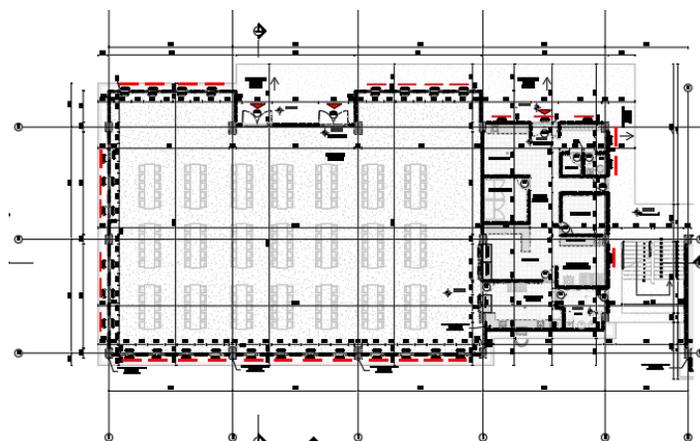


Figura 6. Bloque 1 conformado por cocina y comedor.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

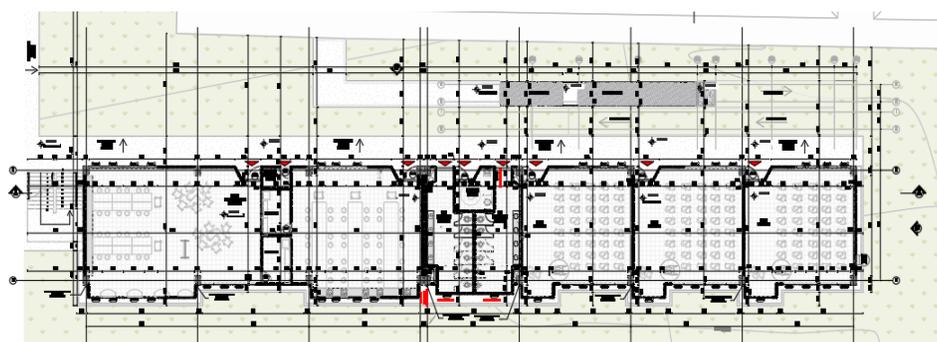


Figura 7. Bloque 2 conformado por aulas generales, baños hombre y mujer, cuarto servicios generales y depósito.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Se procede a ajustar el balance general suministrando cantidades extraídas del **MODELO 4D BIM** al presupuesto de cada una de las especialidades como lo son Hidráulico, Eléctrico, Estructural y Arquitectónico. De acuerdo a estas cantidades obtenidas mediante el desarrollo de metodologías **BIM**, se evalúan en paralelo con las presupuestadas por los contratistas en las diferentes planimetrías, habiéndose verificado de manera precisa se crean las memorias que corresponden para cada uno de los ítems del presupuesto general parcial que se enviará al Fondo de Financiamiento para la infraestructura pública FFIE para posteriores observaciones y revisiones.

Presupuesto general para ajuste y revisión.

Etapas del Building Information Modeling para la coordinación y ajustes de un proyecto utilizando metodologías **BIM**.

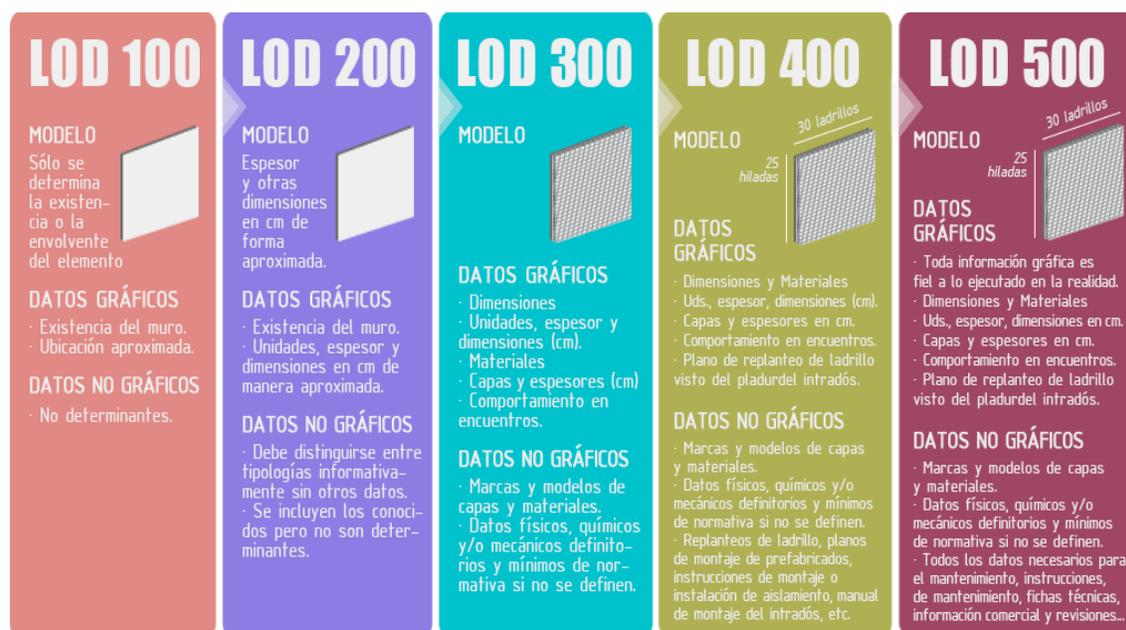


Figura 8. Niveles de desarrollo del Building Information Modeling.

Fuente: Bim forum, 2020, cc by 2.0.

Cantidades y valoración de actividades.

En el transcurso del mes de **junio** se comienza con la recepción del presupuesto parcial, este se alimenta y ajusta de acuerdo a las cantidades suministradas mediante los procesos de metodologías **BIM** y los valores corroborados por las cotizaciones actuales de nuevos APU que se tengan para este nuevo diseño, propuestos para aprobación de interventoría.

En los siguientes diagramas se ofrece una vista a grandes rasgos de las etapas que involucran un proceso de utilización de metodologías **BIM** propuestas dentro del Consorcio Colombia

Estudia para su posterior implementación con el diseño de un modelo **LEAN CONSTRUCTION**, el cual es el caso que nos compete.

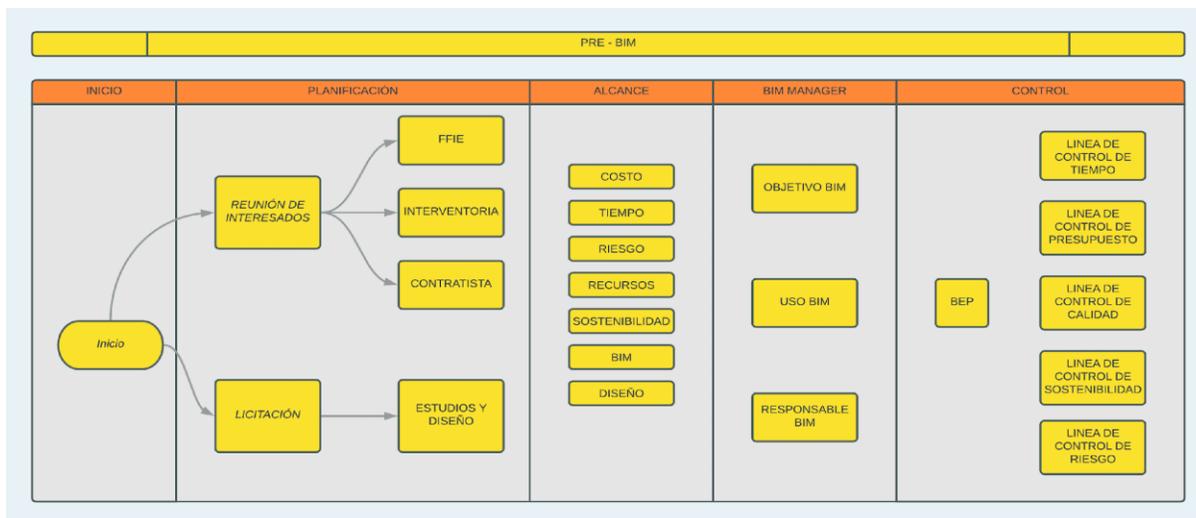


Figura 9. Planificación y alcances Bim.

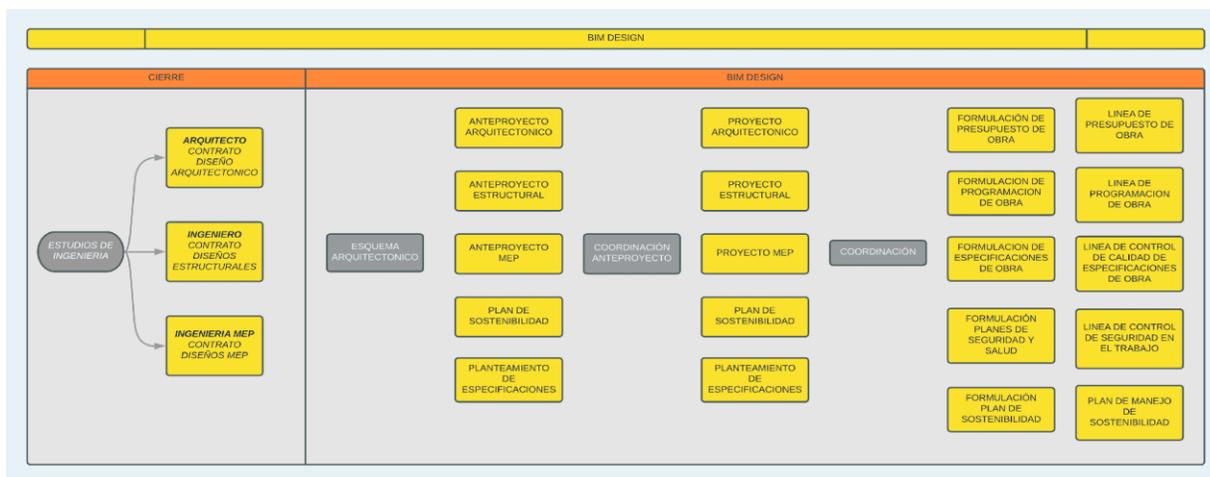


Figura 10. Diseño Bim.

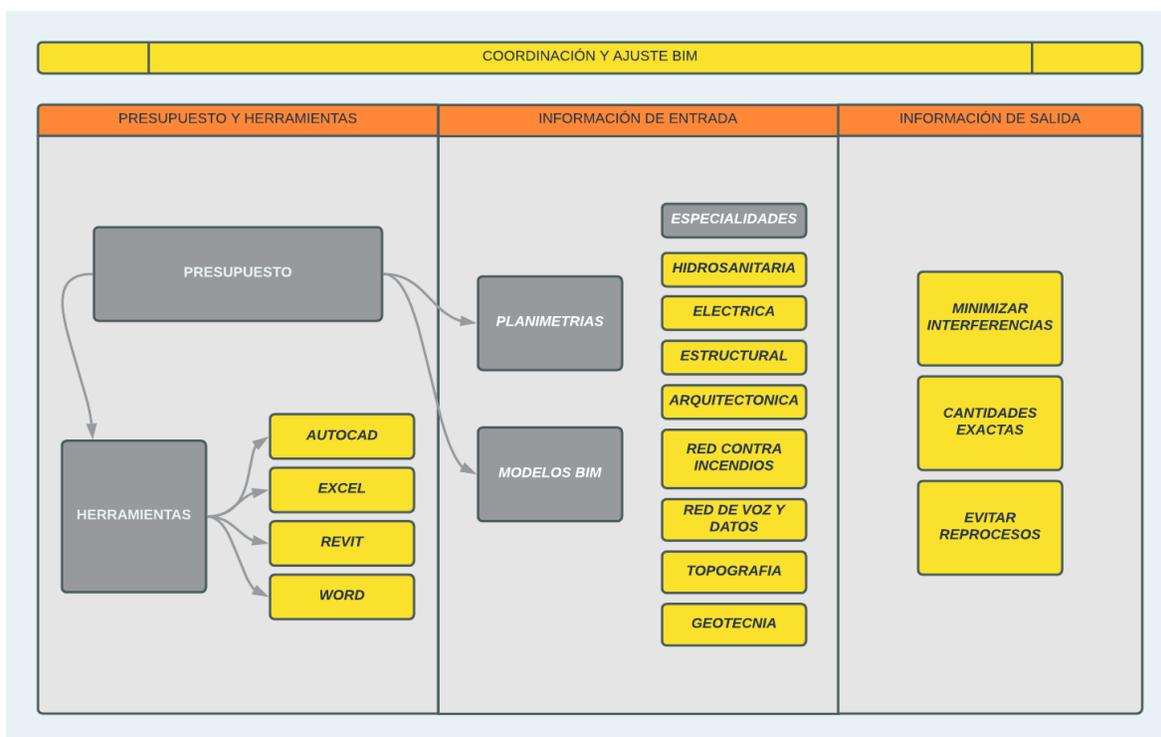


Figura 11. Construction y ajuste Bim.

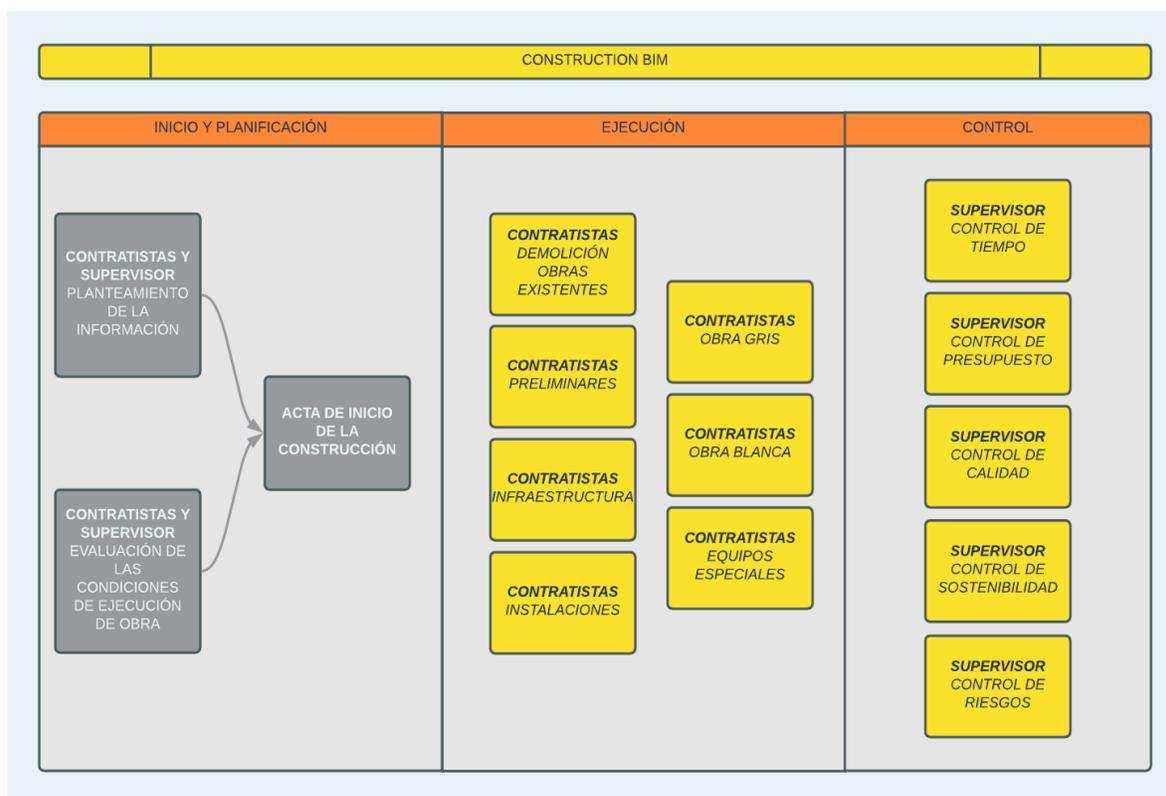


Figura 12. Inicio, planificación, ejecución y control.

Tabla 4.

Formato presupuesto definitivo I.E Carlos Sarmiento Lora.

2	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1											
2											
3											
4											
21			-47.346.924.94								
360	UN	\$ 150.000	-	8.00		8.00	-	1.200.000.00	-	1.200.000.00	
361	UN	\$ 65.000	-	8.00		8.00	-	520.000.00	-	520.000.00	
362	UN	\$ 415.000	-	1.00		1.00	-	415.000.00	-	415.000.00	
363	UN	\$ 1.083.940	-	1.00		1.00	-	1.083.940.00	-	1.083.940.00	
364	UN	\$ 149.404.500	-	1.00		1.00	-	149.404.500.00	-	149.404.500.00	
365											
366											
367											
368							880.278.804.76	1.927.855.251.58	76.457.939.00	2.884.591.995.34	
369											
370			30%				264.083.641.43	578.356.575.47	22.937.381.70	865.377.598.60	
371											
372							1.144.362.446.19	2.506.211.827.06	99.395.320.70	3.749.969.593.94	
373											
374											
375											
376											
377										3.702.622.669.00	
378										8 MESES	
379										47.346.924.94	
380											

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

Imagen con inversión total, presupuesto parcial para la ejecución de la I.E Carlos Sarmiento Lora, según el presupuesto coordinado mediante la utilización del modelo **LEAN CONSTRUCTION** mediante metodologías **BIM** lo que nos permitió tener márgenes mínimos de inventarios precisando de manera más eficiente las cantidades de obra.

5.3 Presupuesto de las Especialidades

1) Presupuesto hidrosanitario.

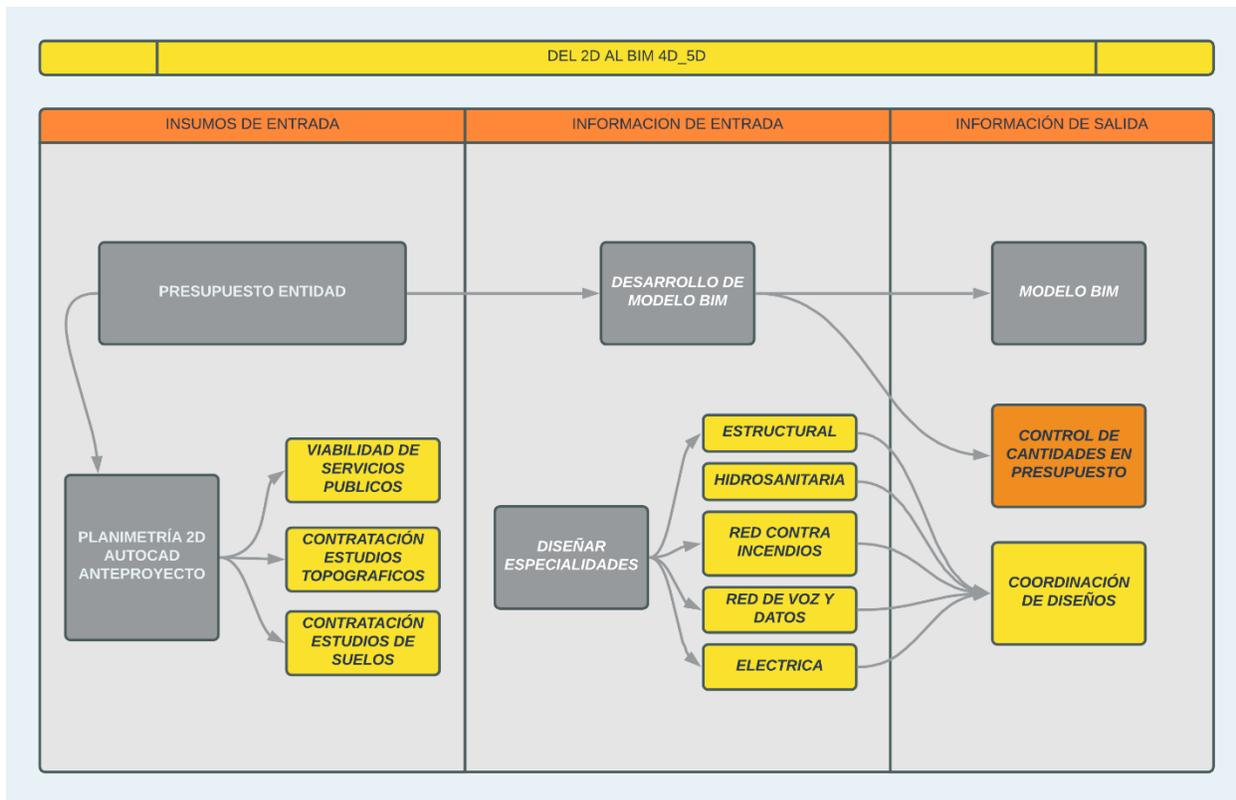


Figura 14. Flujograma elaboración propia proceso control de cantidades, presupuesto y coordinación de diseños.

El presupuesto hidrosanitario está dividido por módulos que se verifican dentro de las planimetrías hidráulicas para establecer a qué Bloques corresponden en el diseño general.

Tabla 5.
Formato presupuesto hidrosanitario.

A	B	C	D	E	F	G
	PUNTO A.F. ORINAL	UN	3.00	\$ 53.533.00	\$ 160.599.00	
	PUNTO A.F. LAVAPLATOS	UN	-	\$ 53.533.00	\$ -	
	PUNTO A.F. POCETA	UN	-	\$ 53.533.00	\$ -	
	SALIDA SANITARIA LAVAMANOS	UN	21.00	\$ 61.115.00	\$ 1.283.415.00	
	SALIDA SANITARIA SANITARIO	UN	18.00	\$ 67.408.00	\$ 1.213.344.00	
	SALIDA SANITARIA ORINAL	UN	3.00	\$ 61.115.00	\$ 183.345.00	
	SALIDA SANITARIA LAVAVAMOS LABORATORIOS	UN	-	\$ 61.115.00	\$ -	
	SALIDA SANITARIA POCETA	UN	-	\$ 61.115.00	\$ -	
	SALIDA SANITARIA SIFON DE 2"	UN	-	\$ 49.753.00	\$ -	
	MONTAJE LAVAMANOS	UN	21.00	\$ 64.434.00	\$ 1.353.114.00	
	MONTAJE SANITARIO	UN	18.00	\$ 81.629.00	\$ 1.469.322.00	
	MONTAJE ORINAL	UN	3.00	\$ 64.434.00	\$ 193.302.00	
	MONTAJE LAVAPLATOS	UN	-	\$ 64.434.00	\$ -	
	MONTAJE POCETA	UN	-	\$ 42.100.00	\$ -	
	TUBERIA PVC-P RDE-9 1/2"	ML	83.00	\$ 7.131.00	\$ 591.873.00	
	ACCESORIO PVC-P 1/2"	UN	100.00	\$ 1.598.00	\$ 159.800.00	
	TUBERIA PVC-P RDE-11 3/4"	ML	15.00	\$ 8.685.00	\$ 130.275.00	
	ACCESORIO PVC-P 3/4"	UN	17.00	\$ 2.363.00	\$ 40.171.00	
	TUBERIA PVC-P RDE-13.5 1"	ML	-	\$ 12.320.00	\$ -	
	ACCESORIO PVC-P 1"	UN	-	\$ 6.241.00	\$ -	
	TUBERIA PVC-P 1-1/4"	ML	51.00	\$ 13.431.00	\$ 684.981.00	
	H&S E INCENDIO					

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

Memorias hidrosanitarias.

Se propuso la verificación por medio de las metodologías **BIM**, suministrando las cantidades definitivas de ítems extraídos del modelo, para alimentar el presupuesto con datos confiables y de calidad, así como esquemas que traduzcan de manera eficaz las actividades a desarrollar en cada memoria.

Tabla 6.
Memoria hidrosanitaria con esquema.

INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO											
CONTRATISTA DE OBRA:	CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA			N° CONTRATO DE OBRA	1380-1272-2020	DE	2020	pag.	1	de	1
OBJETO:	ELABORACION DE LOS DISEÑOS Y ESTUDIOS TÉCNICOS DE LICENCIAS DE CONSTRUCCION EN CUALQUIERA DE SUS MODALIDADES Y/O LICENCIAS DE URBANISMO JUNTO CON LOS PERMISOS Y APROBACIONES NECESARIAS DE OBRAS EN LA INSTITUCION EDUCATIVA LE LIBARDO MADRID VALDEPERRAMA - PABLO NERUDA EN LA CIUDAD DE CALI, VALLE DEL CAUCA REQUERIDOS POR EL FONDO DE FINANCIAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA (EN ADELANTE FFIE), EN DESARROLLO DEL PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA (PINE).										
NOMBRE DE LA IE:	LE LIBARDO MADRID VALDEPERRAMA -SEDE PABLO NERUDA										
CAPÍTULO	3	DESAGÜES E INSTALACIONES SUBTERRANEAS									
ITEM No.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN				ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN	CORTE No.	FECHA			
3.2.7	M	TUBERIA PVC SANITARIA DE 4" (incluye atraque en concreto)					N/A	0 0 0 0 2 0 2 0			
ÁREA O LUGAR ESPECIFICO	DIMENSIONES				MEDIDA TOTAL	PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA					
	LARGO	ANCHO	ALTO	CANT.							
BLOQUE 1					29.00						
BLOQUE 2				39.00							
BLOQUE 3				17.00							
BLOQUE 4				20.00							

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

2) Presupuesto Eléctrico.

De acuerdo a la organización de los bloques se crean cada uno de las memorias a partir del presupuesto eléctrico enviado por el especialista y bajo las observaciones a que haya lugar en cada una de las planimetrías pues algunas veces el presupuesto recibido no contiene el total de ítems y cantidades presupuestadas en el diseño o, al contrario, esto queda en evidencia cuando estamos suministrando datos 2D al modelo **4D BIM**.

Planos Eléctricos.

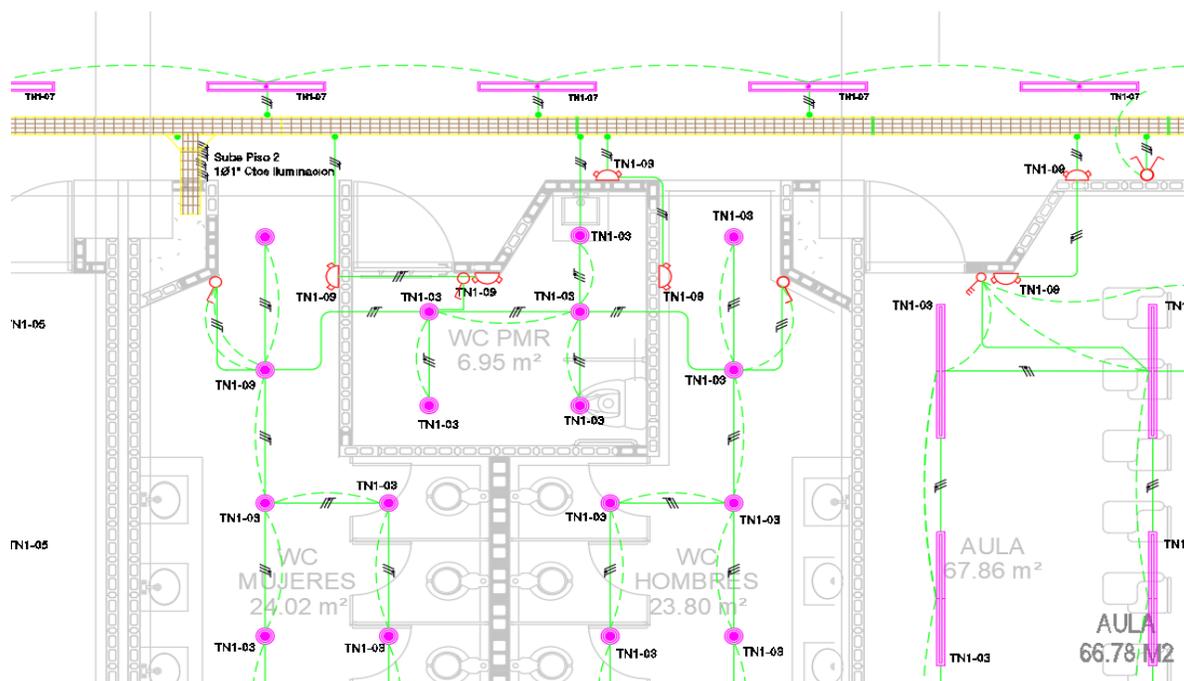


Figura 16. Plano redes eléctricas e iluminación bloque 2.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

De esta forma se ajustan las cantidades de los diseños tanto en el presupuesto recibido como en el modelo virtual que estamos elaborando, para así crear cada una de las memorias que posteriormente alimentará el presupuesto parcial.

Tabla 7.

Formato Presupuesto General Eléctrico.

COLEGIO IE CARLOS SARMIENTO LORA						BLOQUE 1 (AULAS)		VALOR TOTAL
ITEM	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	PISO 1	PISO2	
8	INSTALACIÓN ELÉCTRICA, TELEFÓNICA Y COMUNICACIONES							
8.1	SALIDAS PARA ALUMBRADO Y TOMAS							
8.1.1	SALIDA + INTERRUPTOR SENCILLO LUMINEX O EQUIVALENTE - PVC	UN	18.0	\$ 89.802.00	\$ 1.616.436.00	6.0	3.0	\$ 808.218.00
8.1.2	SALIDA + INTERRUPTOR DOBLE LUMINEX O EQUIVALENTE - PVC	UN	2.0	\$ 102.374.00	\$ 204.748.00	1.0	0.0	\$ 102.374.00
8.1.3	SALIDA + INTERRUPTOR TRIPLE LUMINEX O EQUIVALENTE- PVC	UN	10.0	\$ 115.654.00	\$ 1.156.540.00	4.0	6.0	\$ 1.156.540.00
8.1.4	SALIDA + BOTON TIMBRE - PVC	UN	1.0	\$ 80.918.00	\$ 80.918.00	1.0	0.0	\$ 80.918.00
8.1.5	SALIDA + CAMPANA TIMBRE - PVC	UN	1.0	\$ 89.988.00	\$ 89.988.00	1.0	0.0	\$ 89.988.00
8.1.6	SALIDA PARA LAMPARA FLUORESCENTE - PVC	UN	0.0	\$ 93.514.00	\$ -			\$ -
8.1.7	SALIDA PARA LAMPARA INCANDESCENTE (INCLUYE ROSETA) - PVC	UN	0.0	\$ 91.788.00	\$ -			\$ -
8.1.8	SALIDA + TOMACORRIENTE DOBLE MONOFASICA - PVC	UN	0.0	\$ 93.528.00	\$ -			\$ -
8.1.9	SALIDA + TOMACORRIENTE DOBLE (GFCI) PARA BAÑOS, LABORATORIOS Y COCINAS - INCLUYE PROTECCION PARA EXTERIORES	UN	10.0	\$ 99.783.00	\$ 997.830.00	3.0	0.0	\$ 299.349.00
8.1.10	SALIDA SONIDO EN 3/4 L=3M	UN	0.0	\$ 45.509.00	\$ -			\$ -
8.1.11	SALIDA SONIDO EN 3/4 L=6M	UN	0.0	\$ 52.327.00	\$ -			\$ -

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

3) Presupuesto Estructural.

Para el presupuesto estructural y la elaboración de las memorias se toma como base de suministro de cantidades las planimetrías enviadas por los especialistas además del modelo 4D generado bajo la metodología **BIM** donde se extraen datos de cantidades y observaciones pertinentes de manera anticipada para cada uno de los ítems que componen este capítulo.

Plano Estructural.

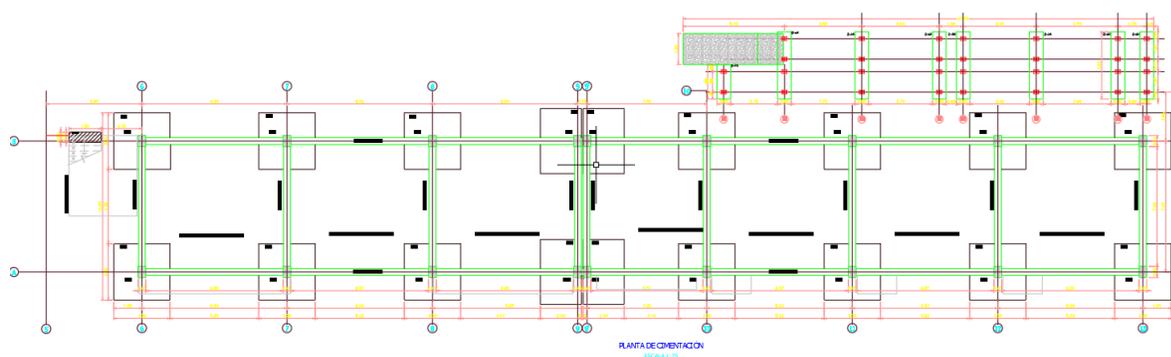


Figura 17. Plano estructural cimentación bloque 2 aulas generales.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Modelo BIM REVIT.

El modelo **4D BIM** tiene la capacidad de brindar información acerca de las cantidades, propiedades de los materiales, dimensiones, ensamblaje de estos entre otras características que se emplean en el desarrollo del proyecto. Para el objetivo de este trabajo es un insumo de verificación, cuantificación de alta calidad y fiabilidad donde se propone a partir de este generar tablas de cantidades que apoyen cada uno de los ítems involucrados en el presupuesto estructural, como vigas, columnas, pisos, losas de contrapiso y entrepiso entre otros.

Además de cumplir con un proceso de verificación pues a medida que se van suministrando datos de las herramientas 2D el modelo 4D evidencia errores en el proceso del diseño estructural que son comunicadas al especialista para una subsanación anticipada de dichas observaciones.

A partir de estas tablas generadas y observaciones realizadas producto de los enfoques de la utilización de metodologías **BIM** en Revit podemos reevaluar los procesos que en otro momento febrero, marzo, abril, mayo solo se corroboraban con planos 2D de AutoCAD, dicho de otra forma en el modelo **4D BIM** encontramos referencia de ítems que podemos relacionar directamente con el presupuesto, cantidades de obra, vistas 3D para un mejor entendimiento general del proyecto y detalles de refuerzos estructural que son importantes a la hora de comprender el desarrollo del diseño estructural, además de la clasificación personal que podemos hacer para una mayor comprensión de cada uno de los capítulos de los que constan los diferentes presupuestos de las distintas especialidades.

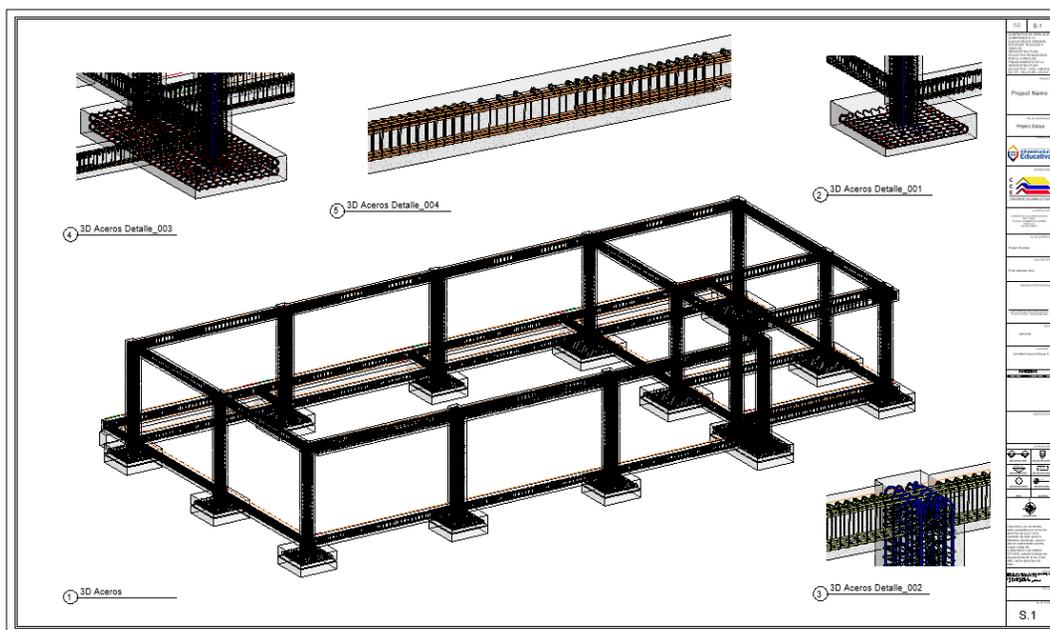


Figura 18. Modelo 4D estructural de acero de refuerzo para bloque 1.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Memorias Estructurales.

Para el suministro de cantidades para las memorias estructurales se toma como referencia las planimetrías de esta especialidad y se calculan cada uno de los ítems, por ejemplo, concretos, aceros, pisos, juntas de dilatación entre otros, de esa forma se realizaba el trabajo tradicionalmente. Para la I.E Carlos Sarmiento Lora habiéndose creado el modelo 4D mediante el uso de las metodologías BIM lo que hacemos es ajustar estas memorias de acuerdo a los productos generados por el modelo virtual, de manera que conseguimos un producto en este caso la memoria con una alta precisión en las cantidades de material descritas así mismo los detalles que se adecuan a la ejecución de esta actividad.

Tabla 8.
Memoria estructural.

CAPÍTULO		UNIDAD		DESCRIPCIÓN		ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN		CORTE No.		FECHA					
NP CCE 2.2.6		M3		CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN 4000 PSI		GENERAL		N/A		0 0 0 0 2 0					
ÁREA O LUGAR ESPECÍFICO		DIMENSIONES				MEDIDA TOTAL		PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA							
		LARGO	ANCHO	ALTO	CANT.										
BLOQUE 1		34.03	0.35	0.50	2.00	11.91									
BLOQUE 1		25.7	0.35	0.50	3	13.49									
BLOQUE 1		7.85	0.35	0.50	3.00	4.12									
BLOQUE 1		27.39	0.35	0.50	1.00	4.79									
B1CIMENTACIÓN-MURO		6.59	0.40	0.50	2.00	2.64									
B1CIMENTACIÓN-MURO		3.26	0.40	0.50	7.00	4.56									
B1CIMENTACIÓN-MURO		2.02	0.40	0.50	1.00	0.40									
B1CIMENTACIÓN-MURO		4.53	0.40	0.50	2.00	1.81									
B1CIMENTACIÓN-MURO		1.69	0.40	0.50	1.00	0.34									
B1CIMENTACIÓN-MURO		2.22	0.40	0.50	1.00	0.44									
B1CIMENTACIÓN-MURO		25.68	0.40	0.50	1.00	5.14									
		TOTAL BLOQUE 1				49.7									
BLOQUE 2		63.39	0.40	0.50	2.00	25.36									
		10.50	0.40	0.50	9.00	18.90									
		7.25	0.40	0.50	4.00	5.80									
		4.50	0.40	0.50	7.00	6.30									
		TOTAL BLOQUE 2				56.36									

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

4) Presupuesto Arquitectónico.

Se toma el estimado de cantidades enviado por el ingeniero encargado del presupuesto general y a partir de este se modifica según los ajustes a los diseños arquitectónicos realizados en el modelo **BIM** donde se utiliza el modelado 4D para el cálculo de estas, generando así procesos óptimos y eficaces en cuanto a tiempos, rendimientos evitando reprocesos dentro del departamento de arquitectura pues se pueden ajustar detalles que se evidencian al modelar por ejemplo la carpintería metálica o la modulación de los bloques para la mampostería, que en consecuencia repercuten de manera directa en las cantidades a utilizar en obra que alimentan el presupuesto.

Planos Arquitectónicos.

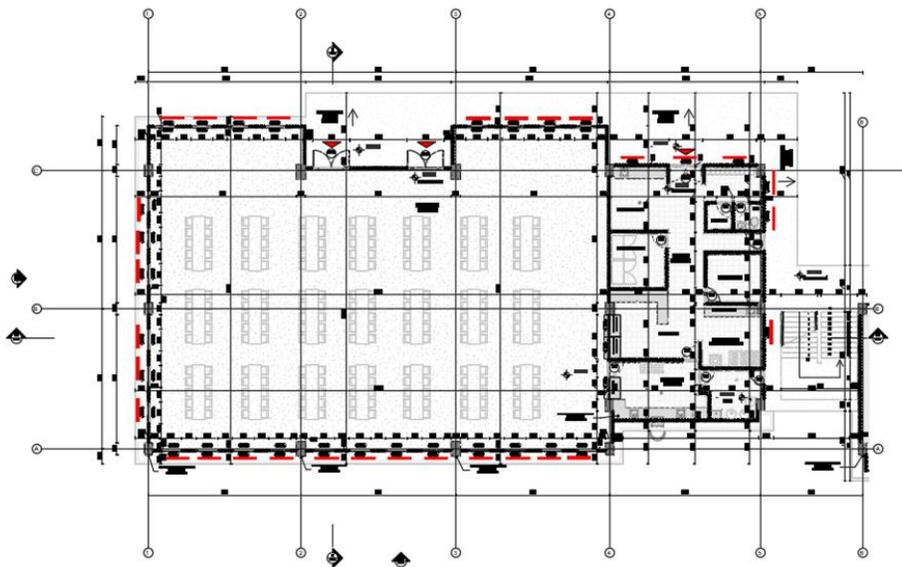


Figura 19. Planta arquitectónica bloque 1 comedor cocina.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

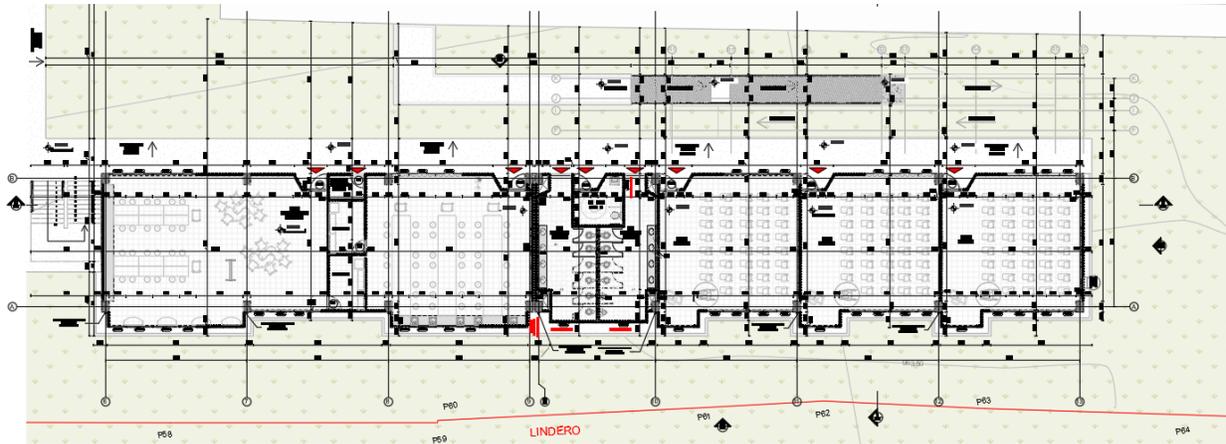


Figura 20. Planta arquitectónica bloque 2 aulas generales.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Modelo 4D BIM Generado en Revit.

A partir del modelo **BIM** como en las anteriores especialidades también se realizó la misma propuesta, la generación de tablas de cantidades a partir de las cuales se pudiese hacer una lectura para la verificación más allá de las planimetrías 2D de AutoCAD, entrando en procesos intuitivos pues es un hecho que la metodología **BIM** se vale de elementos de información valiosos que hace más eficiente la generación de productos con los cuales ajustar el presupuesto y los diseños.

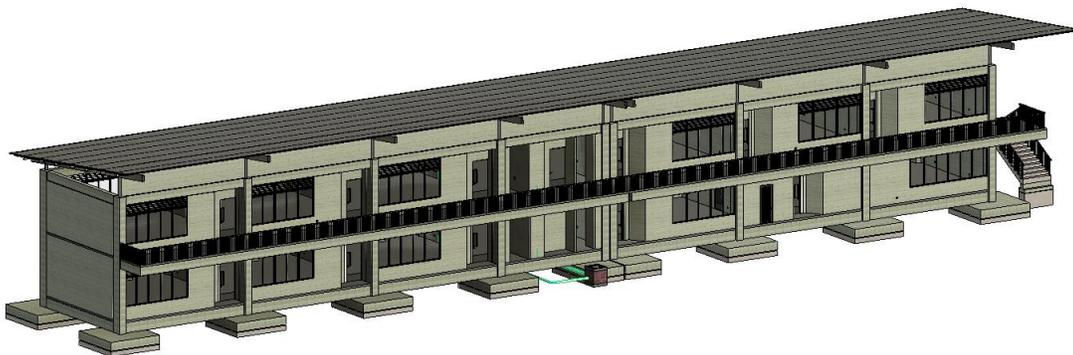


Figura 21. Modelo 4D BIM diseño arquitectónico bloque 1 comedor – cocina.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

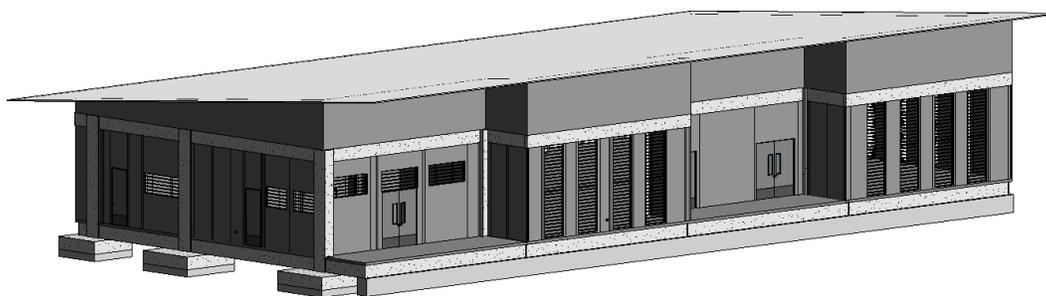


Figura 22. Modelo 4D BIM diseño arquitectónico bloque 2 aulas generales.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

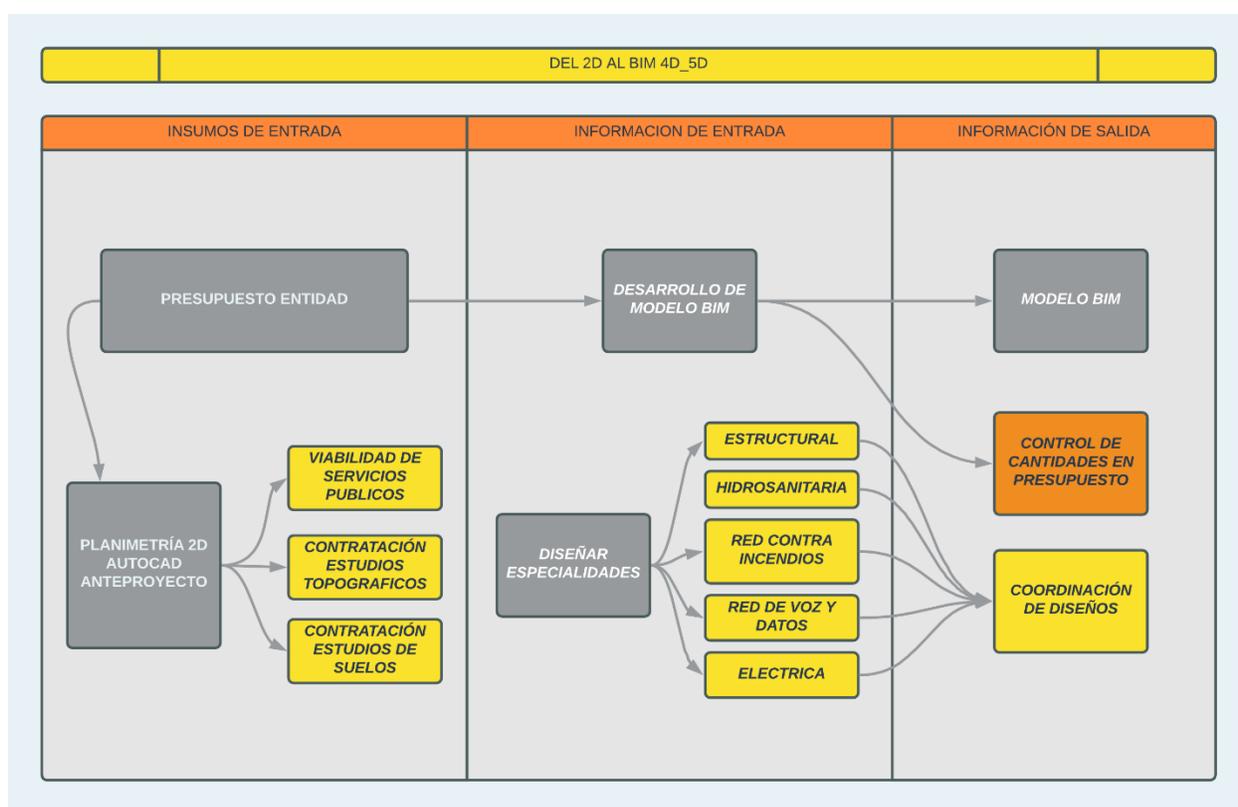


Figura 23. Flujograma insumo 2D para generación del modelo 4D.

5.4 Presupuesto Inicial

Tabla 9.

Archivo Excel con cada una de las actividades e ítems, unidad y cantidad.

A	B	C	D	E	F	G
3	DESAGÜES E INSTALACIONES SUBTERRANEAS					
4	ESTRUCTURA					
5	MAMPOSTERIA					
5.1	MAMPOSTERÍA EN BLOQUE DE CONCRETO					
5.1.1	MURO EN BLOQUE CONCRETO - E = 12 cm	M2	618.29	525.00		
5.1.2	MURO EN BLOQUE CONCRETO - E = 19 cm	M2	0.00	36.27		
5.4	ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES					
5.4.8	JUNTA DILATACION ICOPOR 2 CM. H = 0.50	M	117.60	220.10		
5.6	VARIOS - MAMPOSTERÍA					
CCE NP-5.6.7	VIGA BLOQUE EN SUPERIOR DE MUROS DE BLOQUE	M	47.08	0.00		
6	PREFABRICADOS EN CONCRETO Y OTROS					
6.1	ELEMENTOS PREFABRICADOS EN CONCRETO					
6.1.6	DINTEL CONCRETO 0,30 M X 0,10 M	M	13.68	16.04		
6.1.8	DINTEL CONCRETO 0,30M X 0,50 M	M	11.20	10.80		
6.2	ELEMENTOS CONCRETO FUNDIDOS SITIO					
6.2.5	MESONES EN CONCRETO DE 60 cm	M	0.00	30.45		
7	INSTALACIÓN HIDRÁULICA SANITARIA Y DE GAS					

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

Memorias Arquitectónicas.

A partir del presupuesto inicial arquitectónico, las planimetrías de AutoCAD y el modelo **LEAN CONSTRUCTION Y BIM** desarrollado y ajustado en Revit se comienzan a generar y cuantificar cada uno de los ítems memoria por memoria, algunos ítems que no existen son creados como NP (no previstos), a partir de ellos se verifican las cantidades reales del presupuesto inicial dentro de los diseños propuestos en las planimetrías y las generadas en el modelo.

Tabla 10.
Formato de memoria arquitectónica con esquema.

CAPÍTULO		S		MAPOSTERIA		ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN		CORTE No.		FECHA	
ITEM No.		UNIDAD		DESCRIPCIÓN		ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN		CORTE No.		FECHA	
CCE NP-5.6.7		M		VIGA BLOQUE EN SUPERIOR DE MUROS DE BLOQUE				N/A		0 0 0 0 2 0 2	
ÁREA O LUGAR ESPECÍFICO		DIMENSIONES				MEDIDA TOTAL		PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA			
		LARGO	ANCHO	ALTO	CANT.						
1_CD-1						47.08					
1_COC-1						0.00					
1_AUP-1						0.00					
1_LAB-1						0.00					
1_SEG-1						0.00					
1_WC-1						0.00					
1_AU-1						0.00					
1_AU-2						0.00					
1_AU-3						0.00					
1_ESC-1						0.00					
1_RAM-1						0.00					
1_CIR-1						0.00					
TOTAL PISO 1						0.00					
2_AU-1						0.00					
2_AU-2						0.00					
2_AU-3						0.00					
2_WC-1						0.00					

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

5.5 Presupuesto Definitivo

Con el suministro de todas las anteriores memorias de cantidades dentro del presupuesto parcial y general en cada uno de sus capítulos habiendo verificado y hecho los ajustes de cada uno de los ítems según los diseños desde localización y replanteo hasta redes contra incendios, se obtiene un valor total de presupuesto que es enviado ante el FFIE Fondo de Financiamiento para la Infraestructura Educativa para su aprobación y respectivas observaciones.

Tabla 11.
Presupuesto discriminado por bloques, precio unitario y valores totales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	PRECIO UNITARIO	-805.111.851.88			TOTAL	VALOR BLOQUE 1	VALOR BLOQUE 2	VALOR EXTERNO	VALOR
				BLOQUE 1 COMEDOR	BLOQUE 2 AULAS	EXTERIO					
1	OBRAS PRELIMINARES						31.814.955.48	43.802.813.69	3.522.722.00		79.140.491.16
1.1	OBRAS PRELIMINARES						8.948.150.90	8.982.886.34			18.330.837.24
1.1.1	LIBREZA, DESCAPOTE, RETIRO SOBR. - MANUAL H = 0,20 mts	M2	\$ 9.564,00	739,70	825,22		1.564,92	7.074.490,80			14.966.894,28
1.1.3	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	M2	\$ 2.533,00	739,70	825,22		1.564,92	2.090.282,26			3.963.942,36
1.2	INSTALACION SERVICIOS PROVISIONALES								3.522.722,00		3.522.722,00
1.2.1	INSTALACION PROVISIONAL DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	UN	\$ 1.271.961,00			1,00			1.271.961,00		1.271.961,00
1.2.2	INSTALACION PROVISIONAL DE REDES DE ENERGIA ELECTRICA	UN	\$ 1.688.082,00			1,00			1.688.082,00		1.688.082,00
1.2.3	INSTALACION PROVISIONAL DE RED TELEFONICA	UN	\$ 562.679,00			1,00			562.679,00		562.679,00
1.3	DEMOLICIONES - DESMONTES - RETIROS						22.868.804,56	33.820.127,35			56.688.931,92
1.3.3	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO (INC. RETIRO DE SOBR.)	M3	\$ 232.955,00	98,16	145,18		243,34	22.868.804,56			56.688.931,92
2	CONCRECIÓN						252.376.298,50	438.720.468,98			691.096.767,48
2.1	EXCAVACIONES, RELLENOS Y REEMPLAZOS						133.427.695,97	210.488.242,70			343.915.938,67
2.1.6	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN (incluye cargue y retiro)	M3	\$ 44.322,00	208,50	602,36		810,86	9.240.924,25			35.938.883,73
2.1.12	RELLENO EN SUB-BASE GRANULAR 8-400 (Suministro, Extendido, Humedecimiento y	M3	\$ 95.794,00	320,37	349,13		669,49	30.689.066,46			64.133.239,39
2.2	CONCRETOS PARA CIMENTACION						133.427.695,97	210.488.242,70			343.915.938,67
2.2.4	CONCRETO CICLOPEO - 60% CONC. 3000 PSI	M3	\$ 421.738,00	14,46	40,76		55,22	6.099.489,15			23.287.785,72
2.2.5	CONCRETO DE LIMPIEZA 1500 PSI	M3	\$ 468.798,00	5,11	7,43		12,54	2.397.481,96			5.019.508,05
NP CCE 2.2.6	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION 4000 PSI	M3	\$ 765.680,00	49,65	56,36		106,01	39.017.150,52			81.167.822,60
NP CCE 2.2.7	CONCRETO PARA ZAPATAS 4000 PSI	M3	\$ 743.470,00	32,70	103,91		136,61	34.311.469,00			101.567.815,80
NP CCE 2.2.11	PLACA CONTRAPISO DE 12 cm - CONCRETO 4000 PSI. INCLUIVE CORTE Y DILATACION	M2	\$ 94.939,00	659,39	731,11		1.390,50	62.602.064,94			132.012.976,09
2.3	ACERO DE REFUERZO PARA CIMENTACION - ESTRUCTURA - MAPOSTERIA Y OTROS						78.818.642,52	160.090.063,37			247.908.705,89

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

Tabla 12.
Presupuesto definitivo para la I.E Carlos Sarmiento Lora.

27.2	CUARTO DE BOMBAS RED CONTRA INCENDIOS							173.748.774.00		173.748.774.00	
7.9.46	TUBERIA DE COBRE TIPO L DE 1/2"	M	\$ 17.428	-	12.00	12.00	-	209.136.00	-	209.136.00	
7.9.55	ACCESORIOS DE COBRE DE 1/2"	UN	\$ 6.933	-	8.00	8.00	-	55.464.00	-	55.464.00	
7.12.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA ACERO AL CARBON C/C SCH 10 2" RANURADA	M	\$ 42.210	-	12.00	12.00	-	506.520.00	-	506.520.00	
7.12.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA ACERO AL CARBON C/C SCH 10 4" RANURADA	M	\$ 81.312	-	36.00	36.00	-	2.927.232.00	-	2.927.232.00	
7.12.12	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS TUBERIA ACERO NEGRO 2"	UN	\$ 27.156	-	9.00	9.00	-	244.404.00	-	244.404.00	
7.12.15	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS TUBERIA ACERO NEGRO 4"	UN	\$ 68.399	-	32.00	32.00	-	2.188.768.00	-	2.188.768.00	
NP CCE 27.2.1	VALVULA CHEQUE 4"	UN	\$ 1.575.418	-	1.00	1.00	-	1.575.418.00	-	1.575.418.00	
NP CCE 27.2.2	BOLA DE COBRE D=1"-2"	UN	\$ 150.000	-	3.00	3.00	-	450.000.00	-	450.000.00	
NP CCE 27.2.3	TUBERIA ACERO SCH 40 ASTM A 53 DE 3/4"	M	\$ 97.208	-	12.00	12.00	-	1.164.000.00	-	1.164.000.00	
NP CCE 27.2.4	ACCESORIOS 3/4"	UN	\$ 5.456	-	6.00	6.00	-	32.736.00	-	32.736.00	
NP CCE 27.2.5	VALVULA OSY 4"	UN	\$ 2.039.620	-	3.00	3.00	-	6.118.860.00	-	6.118.860.00	
NP CCE 27.2.6	VALVULA ALVIO 1"	UN	\$ 1.100.000	-	1.00	1.00	-	1.100.000.00	-	1.100.000.00	
NP CCE 27.2.7	JUNTA ACERO INOXIDABLE 4"	UN	\$ 612.556	-	2.00	2.00	-	1.225.112.00	-	1.225.112.00	
NP CCE 27.2.8	VALVULA OS & Y UL/PM DE 2-1/2"	UN	\$ 1.760.153	-	1.00	1.00	-	1.760.153.00	-	1.760.153.00	
NP CCE 27.2.9	CHEQUE RANURADO UL/PM DE 2-1/2"	UN	\$ 777.956	-	1.00	1.00	-	777.956.00	-	777.956.00	
NP CCE 27.2.10	SENSOR DE FLUJO 6"	UN	\$ 789.575	-	1.00	1.00	-	789.575.00	-	789.575.00	
NP CCE 27.2.11	SOPORTES 6"	UN	\$ 150.000	-	8.00	8.00	-	1.200.000.00	-	1.200.000.00	
NP CCE 27.2.12	SOPORTES 2"	UN	\$ 65.000	-	8.00	8.00	-	520.000.00	-	520.000.00	
NP CCE 27.2.13	LAMINA ANTIVORTICE	UN	\$ 415.000	-	1.00	1.00	-	415.000.00	-	415.000.00	
NP CCE 27.2.14	MEDIDOR 1"	UN	\$ 1.083.940	-	1.00	1.00	-	1.083.940.00	-	1.083.940.00	
NP CCE 27.2.15	EQUIPO CONTRA INCENDIO DIESEL UL/PM	UN	\$ 149.404.500	-	1.00	1.00	-	149.404.500.00	-	149.404.500.00	
	VALOR COSTO DIRECTO OBRA							1.080.963.266.78	2.386.989.964.14	76.457.939.00	3.544.411.169.91
	A. I. U.			30%				324.288.980.03	716.096.889.24	22.937.381.70	1.063.323.350.97
	VALOR TOTAL OBRA							1.405.252.246.81	3.103.086.853.38	99.395.320.70	4.607.734.520.88

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

Formato 10 para presupuesto.

El formato 10 es una lista clasificada por número de ítems, nombre, unidad y valor del objeto a utilizar la cual es suministrada por el Fondo de financiamiento para la infraestructura educativa FFIE, para establecer los valores de referencia del total de los diseños de cada una de las Instituciones Educativas. Los valores que no se encuentren en dicha lista son asumidos como NP (no previstos) y se deben cotizar por cuenta propia dentro del consorcio y presentar ante el FFIE para su posterior aprobación.

Tabla 13.

Formato 10 del FFIE con ítems y precios unitarios.

A	B	C	D	E
7.5.4	TUBERIA CPVC DE 3/4"	M	\$ 14.442.00	
7.6	PUNTOS HIDRAULICOS			
7.6.1	PUNTO SUMINISTRO GALVANIZADO (INC. ACCESORIOS)	UN	\$ 91.819.00	
7.6.2	PUNTO HIDRÁULICO AGUA CALIENTE	UN	\$ 40.714.00	
7.6.3	PUNTO AGUA FRIA PVC (INC. ACCESORIOS)	UN	\$ 56.288.00	
7.6.4	REPARACIONES HIDRÁULICAS PVC DE 1/2" - 3/4" Y 1"	UN	\$ 18.383.00	
7.6.5	REUBICACIÓN PUNTO HIDRÁULICO AGUA CALIENTE	UN	\$ 36.870.00	
7.6.6	REUBICACIÓN PUNTO HIDRÁULICO AGUA FRIA	UN	\$ 37.420.00	
7.7	SALIDAS SANITARIAS			
7.7.1	PUNTO DESAGUE PVC Ø 2"	UN	\$ 67.963.00	
7.7.2	PUNTO DESAGUE PVC Ø 3" - Ø 4"	UN	\$ 93.717.00	
7.7.3	REPARACIONES SANITARIAS EN 2"	UN	\$ 35.885.00	
7.7.4	REPARACIONES TUBERIA PVC SANITARIA DE 3"	UN	\$ 40.759.00	
7.7.5	REPARACIONES TUBERIA PVC SANITARIA DE 4"	UN	\$ 47.990.00	
7.7.6	REUBICACIÓN SALIDA SANITARIA	UN	\$ 55.017.00	
7.8	BAJANTES - VENTILACIONES - REVENTILACIONES A.N.			
7.8.1	BAJANTE A.N. PVC Ø 3" (INC. ACCESORIOS)	M	\$ 26.927.00	
7.8.2	BAJANTE A.N. PVC Ø 4" (INC. ACCESORIOS)	M	\$ 33.888.00	

Fuente: Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021.

De acuerdo a las memorias elaboradas según el listado de formato 10, cada una de estas contiene una descripción esquemática del objeto a utilizar unidad de medida y total de las cantidades requeridas, estas memorias son cruciales a la hora de presentar el presupuesto definitivo pues deben ir vinculadas con cada uno de los ítems contenidos dentro del balance general.

5.6 Total, Presupuesto Definitivo

Esta es la cifra total del presupuesto definitivo luego de haber verificado de manera detallada cada uno de los diseños, se envió los primeros días del mes de julio para aprobación y observaciones de parte del FFIE, se espera respuesta para la corrección de memorias y actas. Este presupuesto se logró enviar ante el FFIE con cantidades de obra precisas ya que son producto de la utilización de la metodología **BIM** y la creación de un **MODELO 4D** que

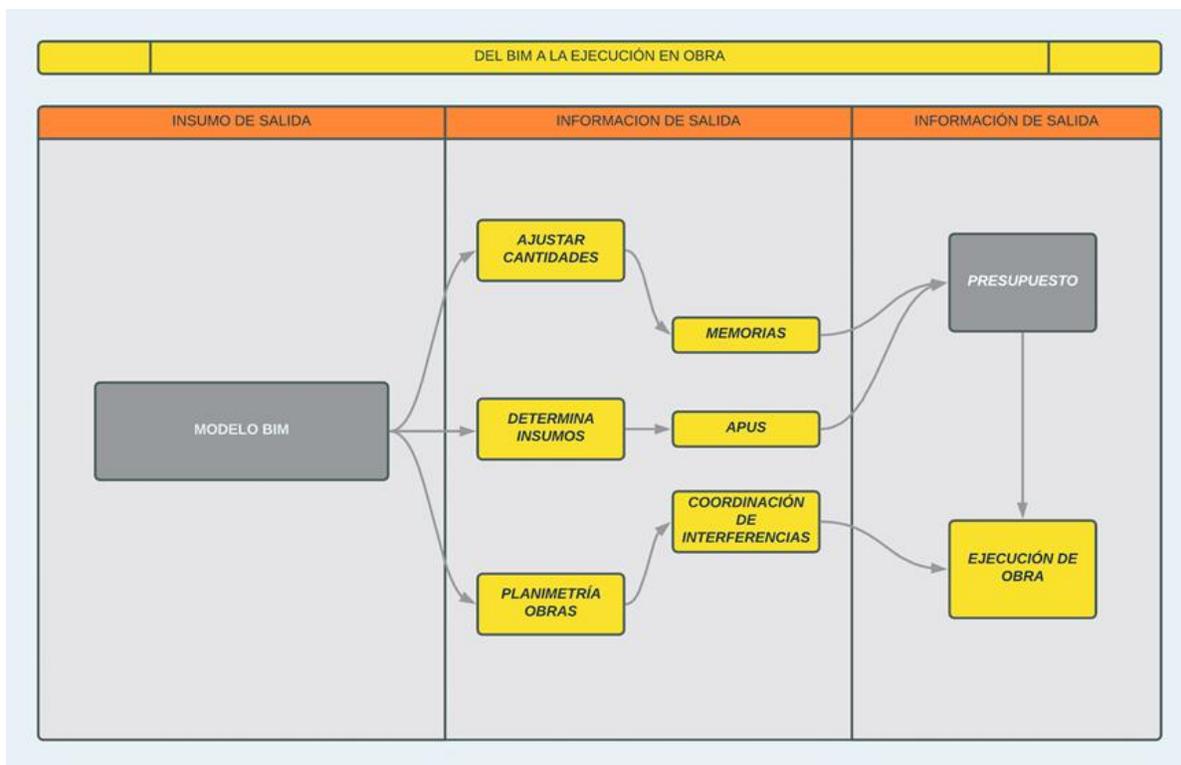


Figura 24. Flujograma del modelo 4D BIM como insumo para la ejecución de obra.

5.7 Ajuste de Redes e Instalaciones y Modulación

Modulación de mampostería y red hidrosanitaria.

Para el ajuste de redes e instalaciones se utiliza de manera eficaz las metodologías **LEAN CONSTRUCTION** y **BIM**, creando un modelo 4D con cualidades específicas de ensamblaje, cantidades y propiedades el cual nos ayuda avanzar con mayor precisión tanto en la coordinación entre oficina y obra como entre coordinador y residente ejecutor. Pues el modelo **4D BIM** crea un vínculo de mayor confianza entre Residente, director de obra y Coordinador **BIM**, así como una nueva manera de gestionar los ajustes y su visualización precisa previa a su ejecución.

Para el ajuste de las redes y su posterior instalación se comienza por la modulación del bloque o ladrillo que se utilizara para la mampostería, esto con el fin de dimensionar cada uno de los muros en proporción, en este caso con el Bloque Tipo 12*19*39.

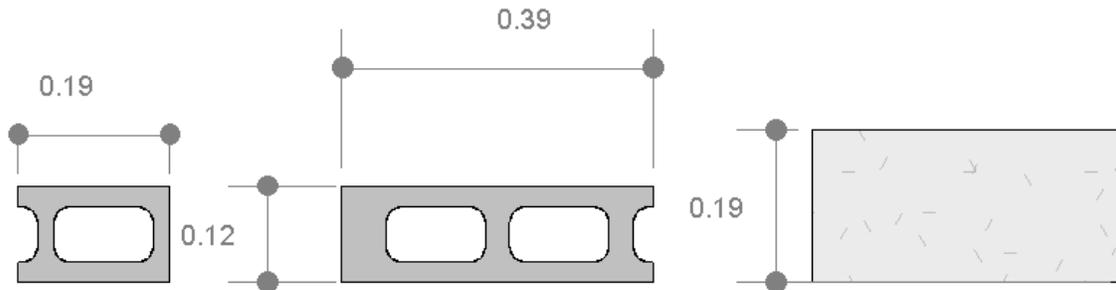


Figura 25. Bloque 12*19*39 utilizado para mampostería.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

El **Revit** en este caso a diferencia del **AutoCAD**, nos ofrece la oportunidad de agilizar el trabajo mediante la creación de un “Componente Dinámico” el cual nos aporta una manera más intuitiva de conseguir el ajuste y la coordinación de la mampostería para el proyecto.

Paralelo a la modulación de los bloques de concreto de 12*19*39 cms tenemos dentro de estos la Dovela conformada por el grouting (Concreto) y el acero de refuerzo en este caso varilla de ½”.

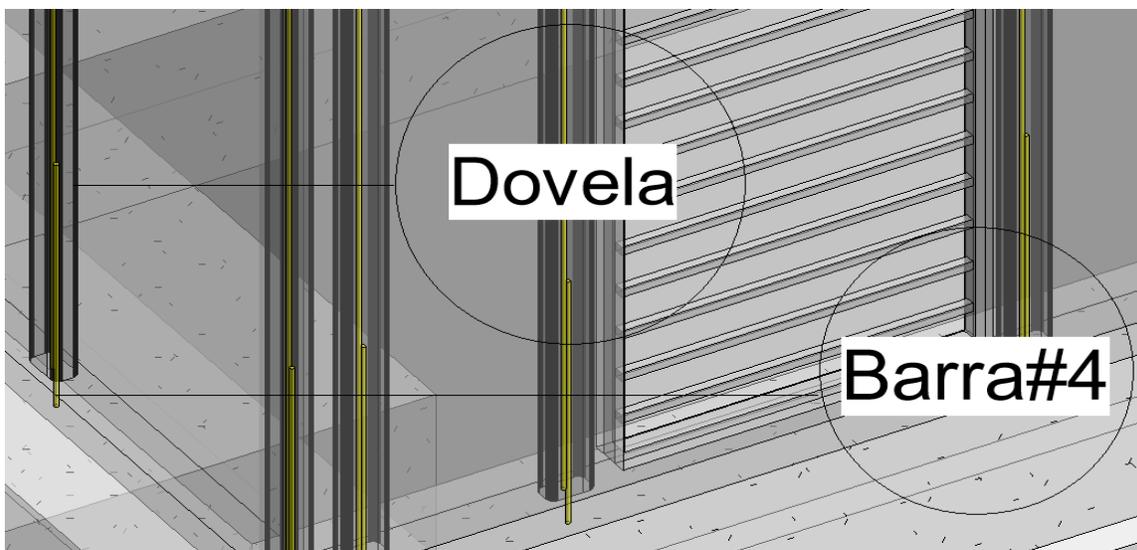


Figura 26. Detalle dovela en modulación de la mampostería bloque 1 cocina – comedor.
Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Cómo se logra apreciar en la imagen tenemos algunos detalles que solo si y sólo si se pueden conseguir con la utilización de metodologías **BIM**. Se tiene una etiqueta o Key Note la cual podemos clasificar de muchas maneras, por fabricante, familia, categoría, marca de tipo entre otras informaciones que podemos asignarlas para luego obtener una tabla de especificaciones o de cantidades ya sea el caso que se requiera. A continuación, se ilustra lo anterior.

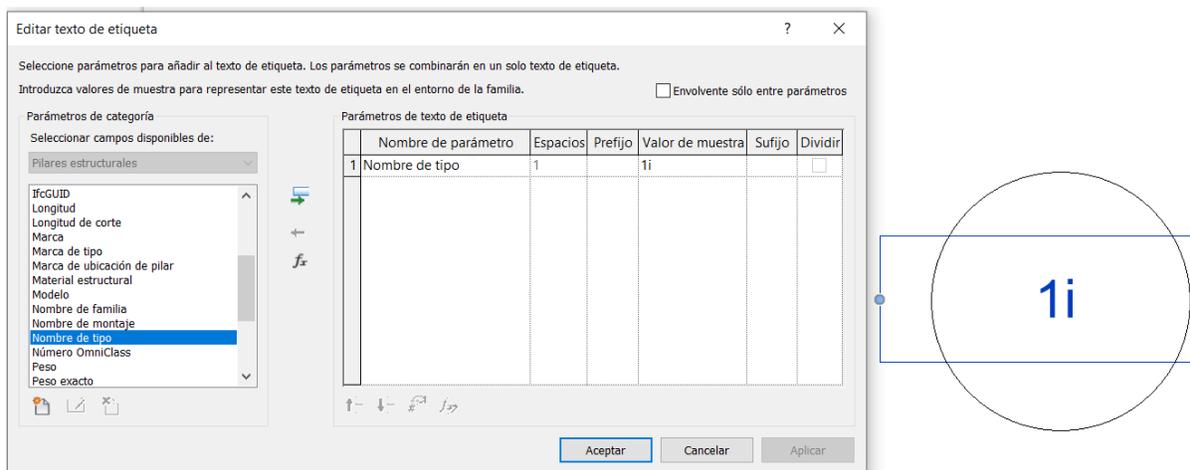


Figura 27. Parámetros para información de la etiqueta.
Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Otro detalle importante aparte de las etiquetas que nos da la oportunidad de utilizar **REVIT** es la creación de nuevas familias, para el proyecto Institución Educativa Carlos Sarmiento Lora se propone la utilización de la **DOVELA** como insumo importante a la hora de generar una mayor precisión en el ajuste de la mampostería como de su presupuesto y rendimientos en su ejecución, pues al determinar los metros cúbicos de grouting, los traslapes que éstas llevan podemos calcular con precisión el tiempo de ejecución de dicha actividad.

Se debe aclarar que en los anteriores proyectos como la I.E Santa Fe y I.E Fernando Aragón no se implementan estas herramientas teniendo de esta forma muchos reprocesos y pérdidas de tiempo y dinero en la ejecución de obra.

Modulación de bloque en concreto más dovelas.

Ajustando el diseño estructural a la modulación de la mampostería según los planos arquitectónicos logramos ubicar la cantidad de bloques necesarios para las primeras hiladas de cada uno de los muros y la ubicación de las dovelas que puede variar entre 0.80 y 1.20 mts según la NSR-10 y sus excepciones según diseño estructural.

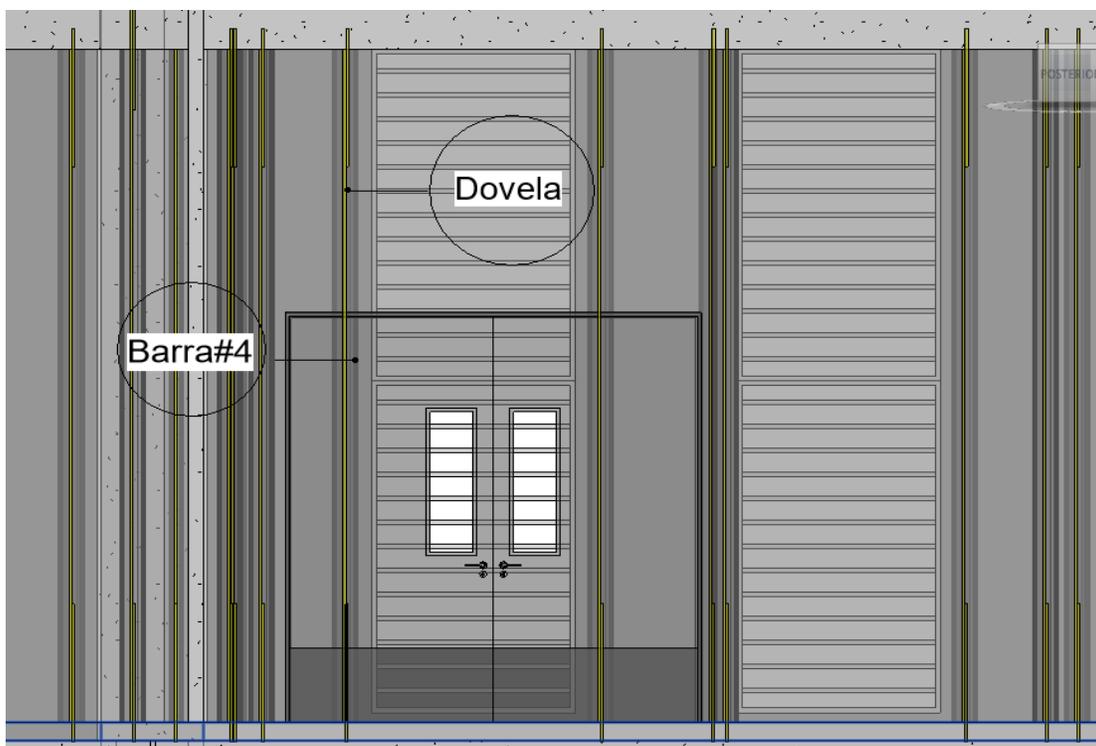


Figura 28. Detalle ubicación de dovelas en fachada principal bloque 1.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

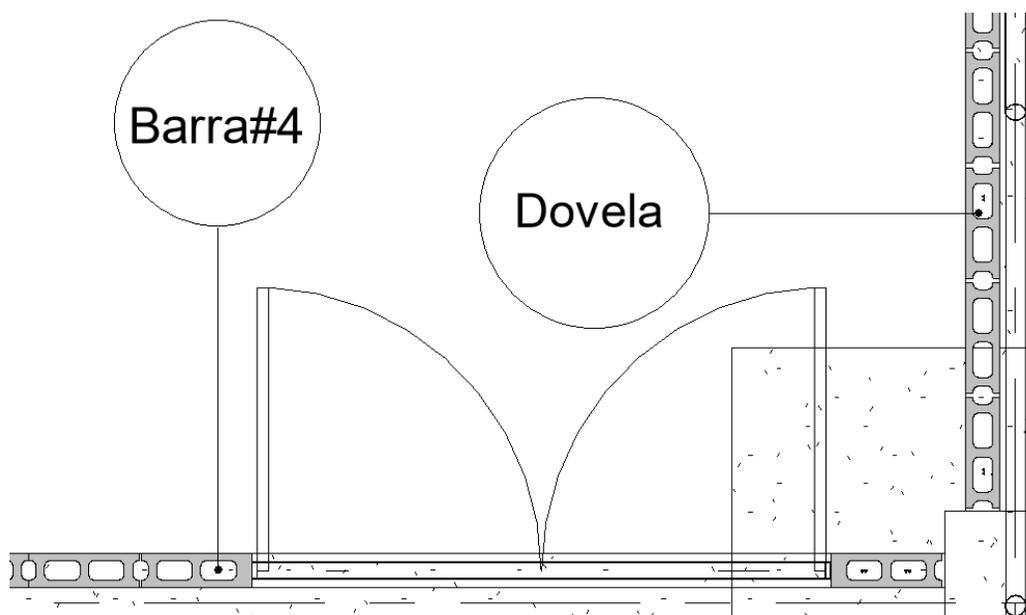


Figura 29. Detalle bloque 1 dovela y modulación de bloque en concreto.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

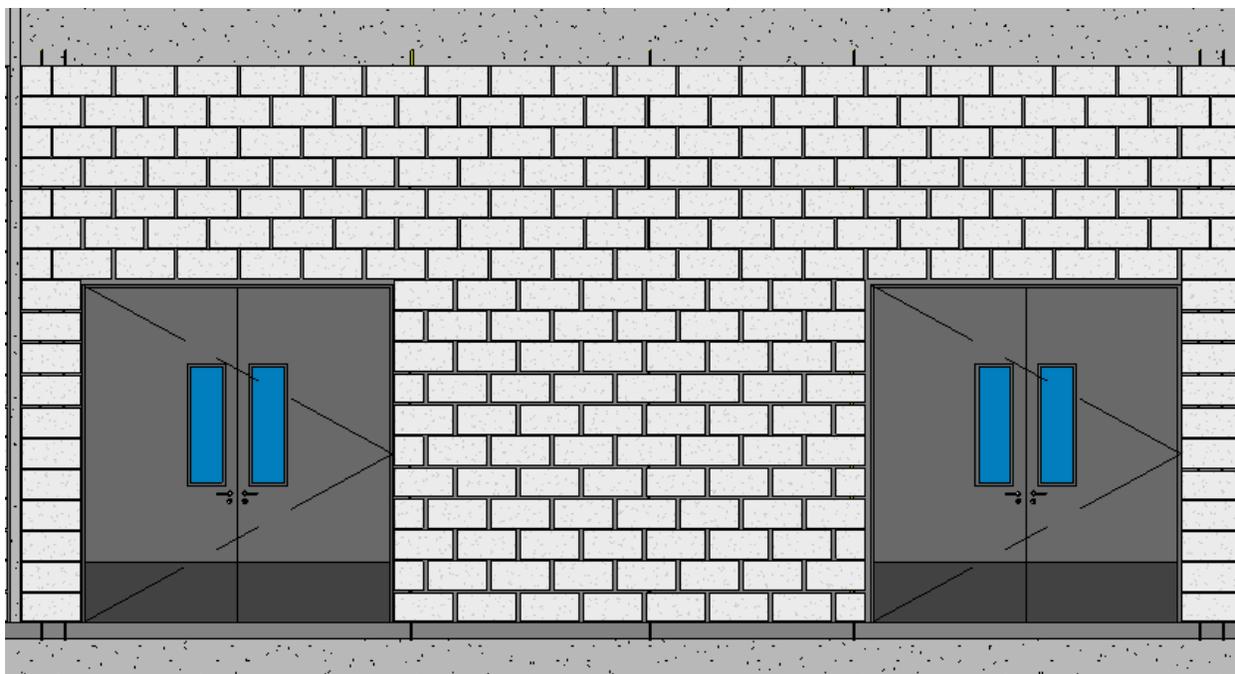


Figura 30. Detalle modulación de bloque concreto en fachada principal bloque 1.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Continuando con el desarrollo del proyecto tenemos la modulación de los dos bloques que conforman la I.E Carlos Sarmiento Lora.

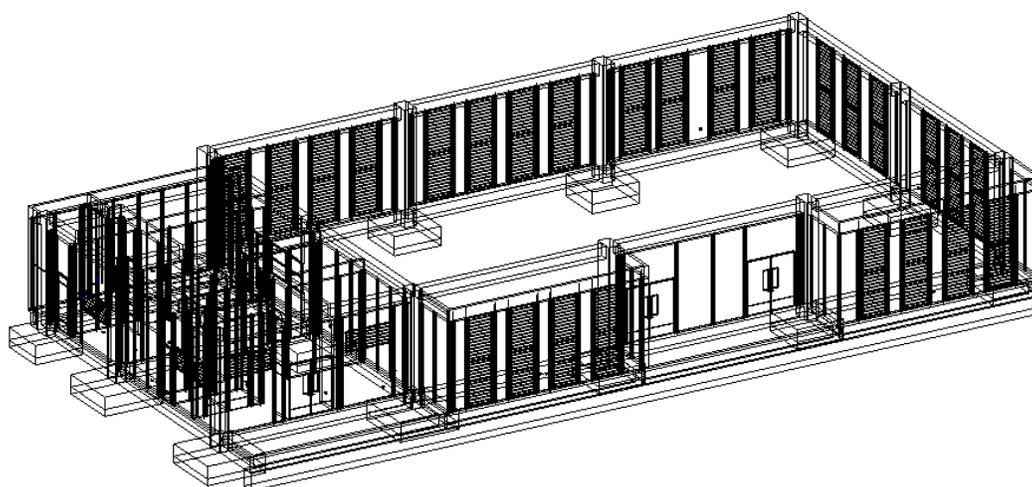


Figura 31. Detalle modulación dovelas bloque 1.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

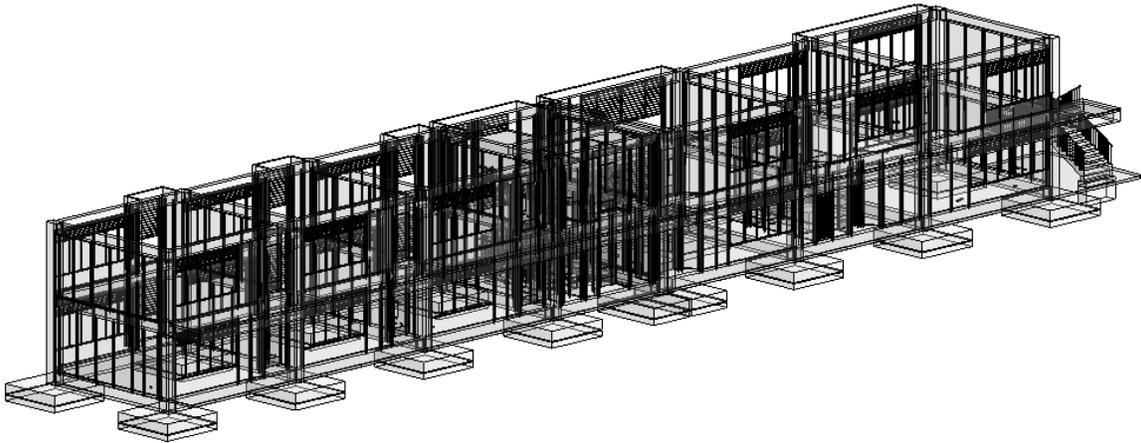


Figura 32. Detalle modulación dovelas bloque 2.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

A partir de dicha modulación se comienza a coordinar las distintas especialidades con el fin de ajustar las diferentes redes a la mampostería que se acaba de definir. Para ello es importante hacer una lectura de los insumos 2D que son las planimetrías entregadas por cada uno de los especialistas en este caso los planos hidrosanitarios y eléctricos.

De esta manera comenzamos por asignar notas clave para los suministros hidrosanitarios y los respectivos desagües según lo determine el especialista en los planos 2D en este caso además de utilizar el recurso de planimetría estaremos generando un modelo 4D que a pesar de que sigue estando en dos dimensiones ya viene cargado de información acerca de los accesorios utilizados en la red Hidrosanitaria, una manera clara de generar procesos óptimos que solo es aportada por la implementación de metodologías **BIM**.

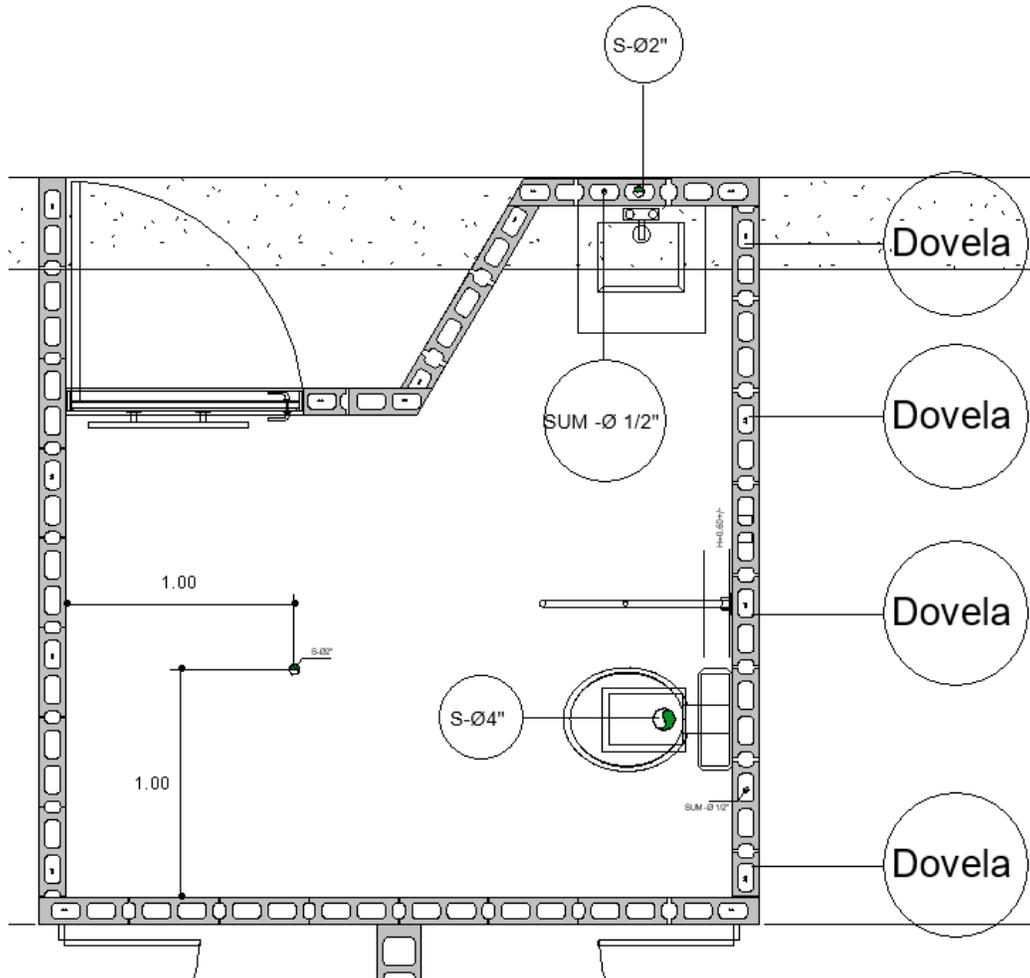


Figura 33. Detalle modulación hidrosanitaria suministros y desagües.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Por medio de la utilización de metodologías **BIM** y **LEAN CONSTRUCTION** se logró:

- Coordinar
- Controlar
- Actuar
- Ejecutar

Todo ello para una mayor precisión en los procesos internos de ajustes y diseños en oficina como los de ejecución de obra. Es de esta manera como las metodologías **BIM** nos llevan a una

mayor comprensión gracias a cada uno de los insumos que podemos generar con toda la información 2D que nos han entregado y hemos reunido en la creación de un modelo de información que haga más efectivo el proceso de ejecución de esta institución educativa.

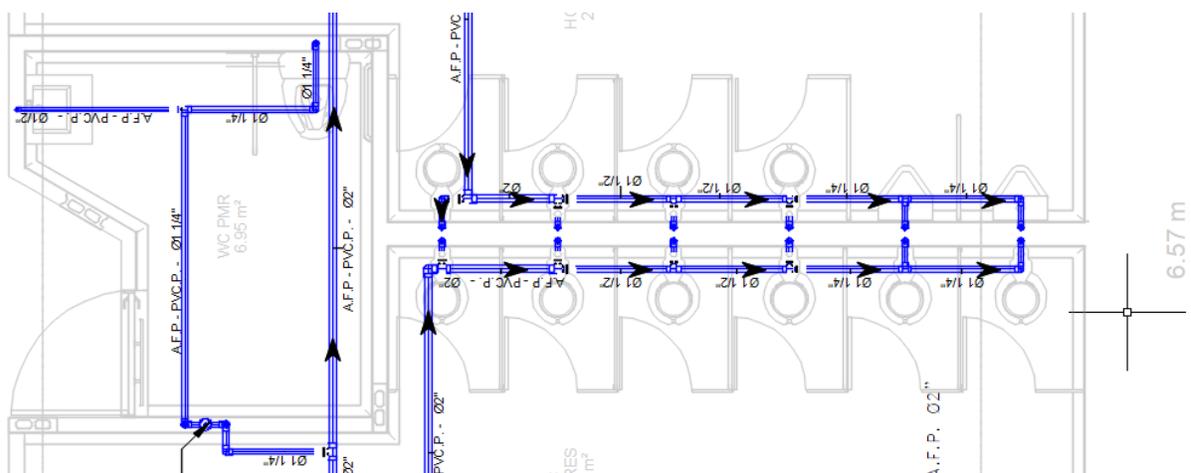


Figura 34. Planimetría 2d suministrada por el especialista.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Tabla 15.

Detalle red hidráulica y sanitaria.

<TUBERÍA RED HIDRAULUCA_SANITARIA-PISO 1-BLOQUE 2>		
A	B	C
DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	LONGITUD
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada	2"	26.50 m
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada: 46		26.50 m
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada	3"	7.40 m
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada: 8		7.40 m
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada	4"	1.37 m
Tipos de tubería: SAN-PI-Tubería PVC Sanitaria Unión soldada: 4		1.37 m
Grand total		35.26 m

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Para el capítulo de modulación de redes, mampostería y carpintería metálica hemos de decir que la principal característica que resulta evidente en la utilización de las metodologías **BIM** y **LEAN** es la vinculación y la gestión multidisciplinar en la que nos involucra el modelo de

información que se ha creado, ya que el suministro de información para este es directamente proporcional al entendimiento de los involucrados en la ejecución de obra.

Notablemente para la ejecución del proyecto I.E Carlos Sarmiento Lora se incurre en una menor cantidad de imprecisiones pues estas ya se han puesto sobre la mesa al cruzar la información mostrada anteriormente y han sido solucionadas de antemano. Observaciones de interferencias sobre los diseños 2D que nos llevan a una mayor comprensión de dicha especialidad generando un rediseño dentro del **MODELO 4D**.

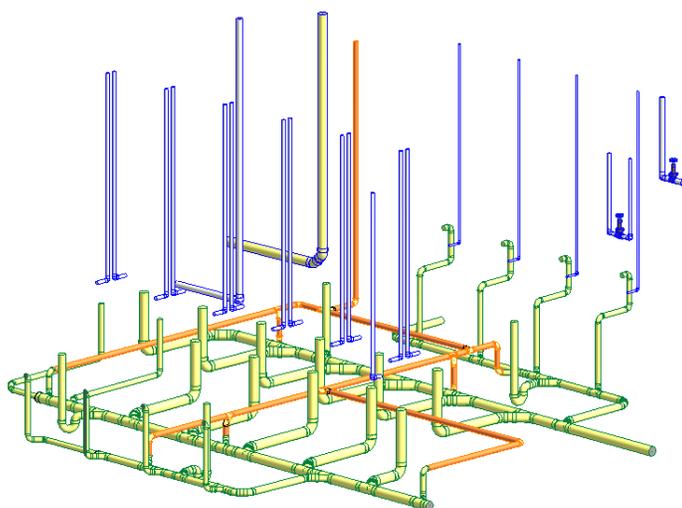


Figura 35. Modelado de rediseño hidrosanitario bloque 2 baños hombre y mujer.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

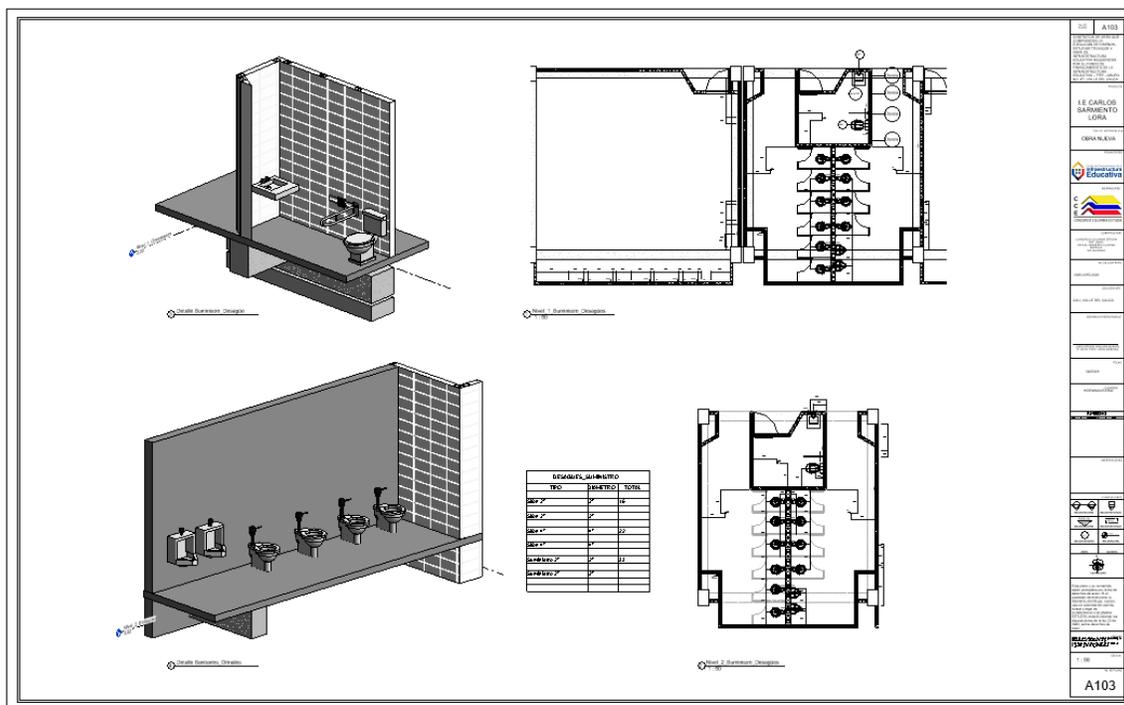


Figura 36. Detalle de diagramación rediseño hidrosanitarios y modulación.
 Fuente: Revit Autodesk, 2021.

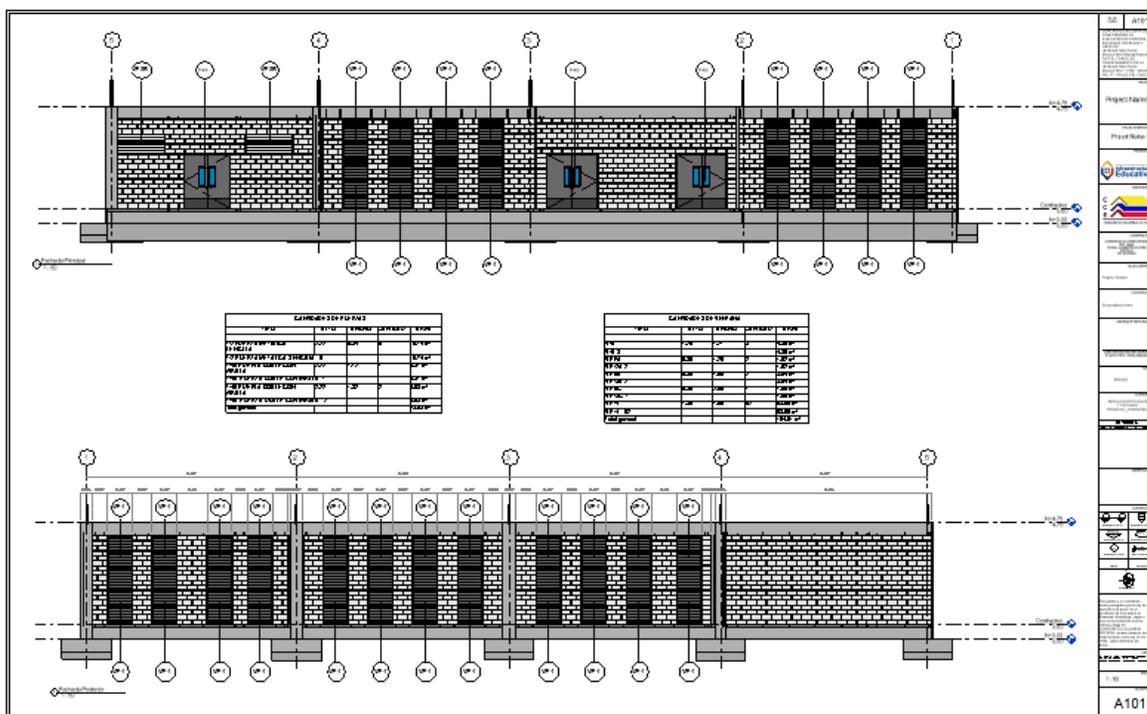


Figura 37. Detalle de diagramación de modulación de carpintería metálica.
 Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Detalle de productos suministrados a partir del modelado 4D del diseño arquitectónico específicamente carpintería metálica, tablas de cantidades que nos permiten suministrar información de presupuestos (cantidades) como dimensiones y ensambles del diseño.

Tabla 16.

Detalle generación de tabla de cantidades para puertas.

<CANTIDADES DE PUERTAS>				
A	B	C	D	E
TIPO	ALTO	ANCHO	CANTIDAD	AREA
P-2 PUERTA METALICA SENCILLA	2.22	0.84	9	16.74 m ²
P-2 PUERTA METALICA SENCILLA : 9				16.74 m ²
P-4A PUERTA DOBLE CON MIRILLA	2.22	1.72	1	3.81 m ²
P-4A PUERTA DOBLE CON MIRILLA: 1				3.81 m ²
P-4B PUERTA DOBLE CON MIRILLA	2.22	1.82	2	8.08 m ²
P-4B PUERTA DOBLE CON MIRILLA : 2				8.08 m ²
Total general				28.63 m ²

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 17.

Detalle generación de tabla de cantidades para ventanería.

<CANTIDADES DE VENTANA>				
A	B	C	D	E
TIPO	ALTO	ANCHO	CANTIDAD	AREA
V-5	1.20	1.21	3	4.35 m ²
V-5: 3				4.35 m ²
VP-2A	0.80	1.20	2	1.92 m ²
VP-2A: 2				1.92 m ²
VP-3B	0.80	1.90	2	3.04 m ²
VP-3B: 2				3.04 m ²
VP-3C	0.80	2.00	1	1.60 m ²
VP-3C: 1				1.60 m ²
VP-4	1.80	1.00	52	93.60 m ²
VP-4 : 52				93.60 m ²
Total general				104.51 m ²

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Ajuste de redes eléctricas, voz y datos.

Sobre la modulación que se ha realizado para la mampostería del proyecto y el rediseño de la red hidrosanitaria ubicamos de manera precisa también la red eléctrica, red de voz y datos.

Aplicamos los mismos conceptos teniendo como insumo básico la planimetría 2D suministrada por el especialista.

Creamos las respectivas etiquetas, asignamos colores para los filtros predeterminados para cada uno de los aparatos eléctricos o toma corrientes siendo:

- Azul para tomacorriente sencillo.
- Naranja para tomacorriente regulado.
- Magenta para HDMI.
- Amarillo para voz y datos.

Básicamente ejecutamos el mismo proceso hecho para la red hidrosanitaria con excepción que para el caso de esta especialidad no se generará un modelo con propiedades para visualización y detalle de la red eléctrica, pero de todas formas generamos un modelo 4D con información importante para la ejecución en obra de toda la red eléctrica de voz y datos como ubicación y relación de estos elementos con respecto a la modulación de mampostería y ubicación de dovelas.

Comenzamos por ubicar tomacorrientes de acuerdo a los diseños eléctricos 2D, debemos hacer salvedad que como coordinador **BIM** una de las labores importantes es la de suministrar al modelo información con precisión de datos en cuanto a características de material, ubicación, tipo, relación entre estos y los otros elementos estructurales e hidrosanitarios.

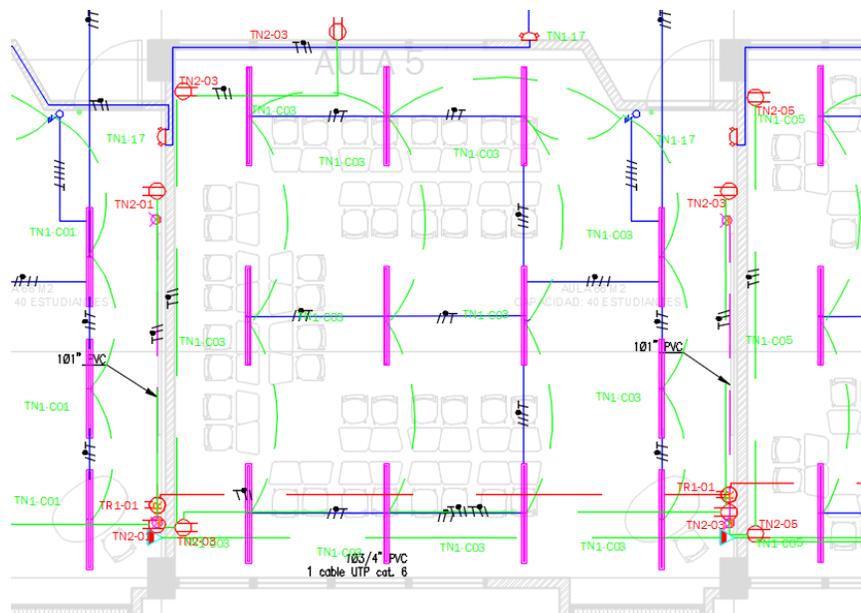


Figura 38. Planimetría eléctrica por parte del especialista.
Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

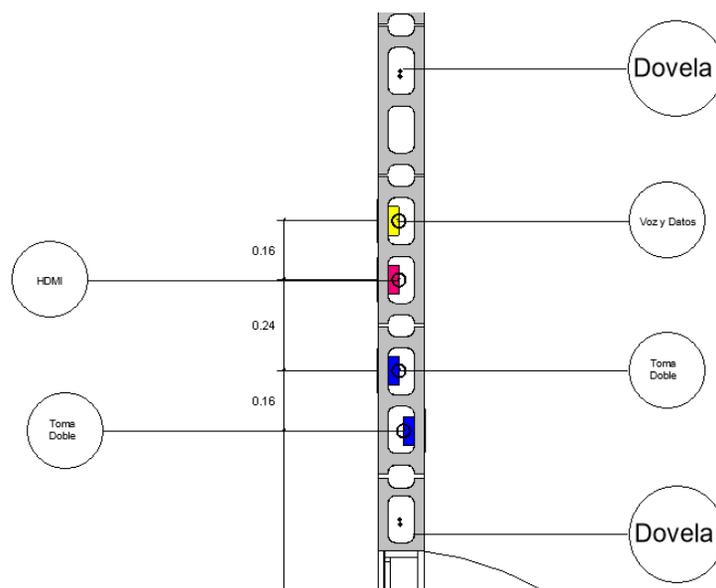


Figura 39. Modelo 4D con información suministrada a partir del diseño eléctrico 2D.
Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Es de gran importancia destacar el hecho de la interfaz intuitiva que genera el uso de metodologías **BIM** utilizadas para la generación de un modelo de información, pues lleva al coordinador a involucrarse en el proceso de diseño de cada especialidad con la que se está

trabajando así mismo con la forma de cómo se ejecutará el modelo digital en la obra sin ella iniciarse.

Es decir, hay una concepción espacial tanto del modelo 3D como del modelo de información 4D pues el coordinador **BIM** al ser modelador y analista crea un modelo mental del proyecto, así como digital en la computadora lo que hace que la gestión entre sus colegas dentro del proyecto confluya en muchos aspectos dando soluciones inesperadas a problemas evidentes en el **MODELO 4D**.

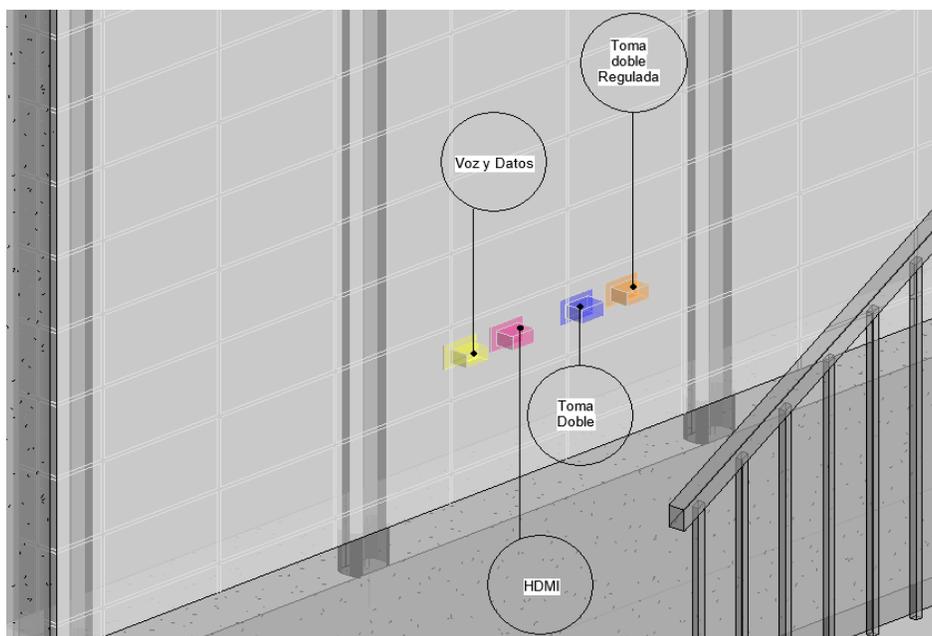


Figura 40. Modelo 4d detalle tomacorrientes, tomas hdmi, voz y datos.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 18.

Cantidades y clasificación de los distintos tomas utilizados.

TOMAS DE DATOS		
Tipo	Comentarios de tipo	Recuento
Toma HDMI	HDMI	22
Toma HDMI: 22		22
Toma Voz y Datos	Voz y Datos	13
Toma Voz y Datos: 13		13
Total general		35

TOMAS ELECTRICOS		
Tipo	Comentarios de tipo	Recuento
Toma corriente doble sencillo	Toma Doble	59
Toma corriente doble sencillo: 59		59
Toma Regulada Doble	Toma doble Regulada	11
Toma Regulada Doble: 11		11
Total general		70

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Como observamos en las imágenes anteriores la modulación preliminar del bloque de concreto para la mampostería y la ubicación de las dovelas nos permiten de manera sencilla hacer el ajuste y la coordinación de las redes eléctricas, de voz y datos, además de establecer las cantidades de aparatos que vamos a utilizar pero que en este capítulo nuestra competencia principal es la de coordinar y ajustar por medio de la metodología **BIM** en este caso utilizando **REVIT** como software principal y **LEAN CONSTRUCTION** como sistema de gestión cuyo objetivo es aprovechar al máximo el valor, reducir las pérdidas y reprocesos.

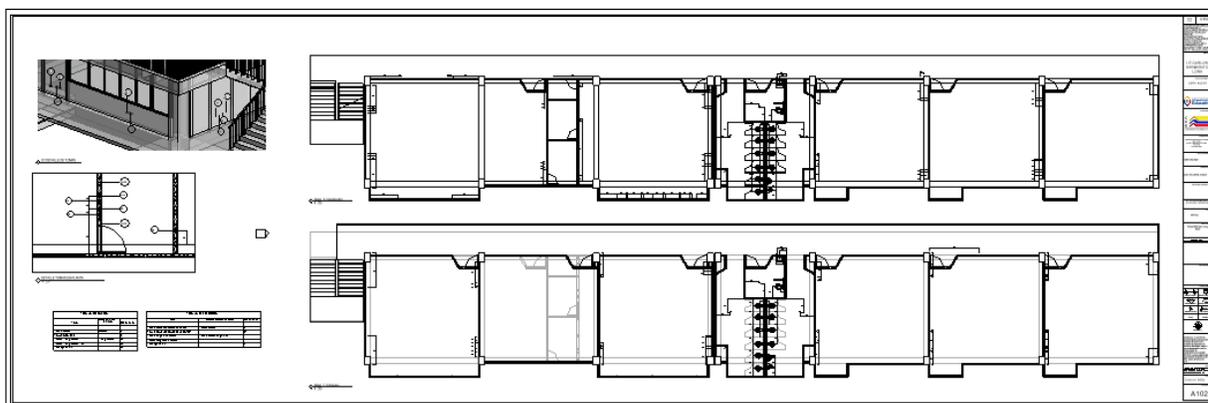


Figura 41. Plano modulación entregable para obra con ajuste y coordinación Bim.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

5.8 Modelado de Concretos, Acero, Ajuste y Coordinación

Modelado de Concreto.

En los proyectos de obra civil los principales indicadores de gastos están dados por la estructura de la construcción, básicamente la inversión está destinada en un alto porcentaje a concreto y aceros. Cabe destacar que este trabajo dirigido nació de la incertidumbre que los presupuestos estructurales generaron dentro del consorcio para las primeras obras ejecutadas.

Debido a la contingencia el acero corrugado en barras de 4mm (grafíl y malla electrosoldada) así como el #3 para estribos o flejes, #4, #5, #6, #7, #8 para refuerzos de zapatas, vigas de cimentación, vigas aéreas y demás, cobraron relevancia en la ejecución de los proyectos a lo largo del año 2021 pues tuvo un alza del 104%, esto llevó a poner especial interés en los presupuestos y diseños estructurales. (Analitik, 2021)

Entonces analizamos los procesos de cuantificación del acero que se llevaban a cabo normalmente dentro del consorcio a partir de tablas Excel y un programa gráfico en 2D suministrado por GyJ proveedor de acero para el Consorcio Colombia Estudia además del insumo primario que son los diseños estructurales por parte del especialista.

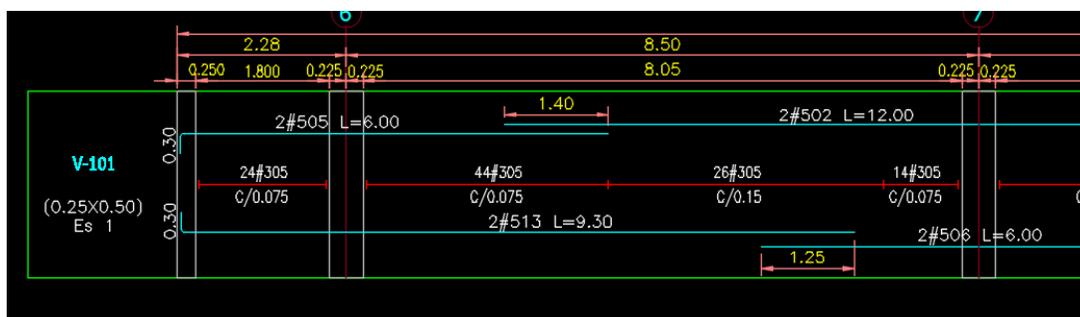


Figura 42. Plano diseño estructural, insumo 2d para cuantificación acero.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Tabla 19.

Excel de cuantificación manual de acero (2d).

CAPÍTULO	2	CIMENTACION				
ITEM No.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN			ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN	CORTE No.
2.3.2	KG	ACERO DE REFUERZO DE 60000 PSI			GENERAL	N/A
TIPO DE ELEMENTO	PESO KG /M	VARILLAS	LARGO M	CANT. ELEM	MEDIDA TOTAL	PLANO O REGISTRO GRÁFICO O ESQUEMA
BLOQUE 1						
VIGA DE CIMENTACIÓN EJE A (1-9)						
	2.235	1	4.20	1	9.39	
	2.235	4	8.50	1	75.99	
	2.235	2	8.00	1	35.76	
	2.235	1	3.85	1	8.60	
	2.235	12	9.00	1	241.38	
	2.235	2	3.80	1	16.99	
	2.235	4	4.80	1	42.91	
	3.973	5	7.50	1	148.99	
	0.994	2	6.40	1	12.72	
	1.552	3	6.50	1	30.26	
	0.580	141	1.26	1	99.49	
	0.600	20	4.00	1	24.00	

Fuente: Ministerio de educación nacional de Colombia, 2021.

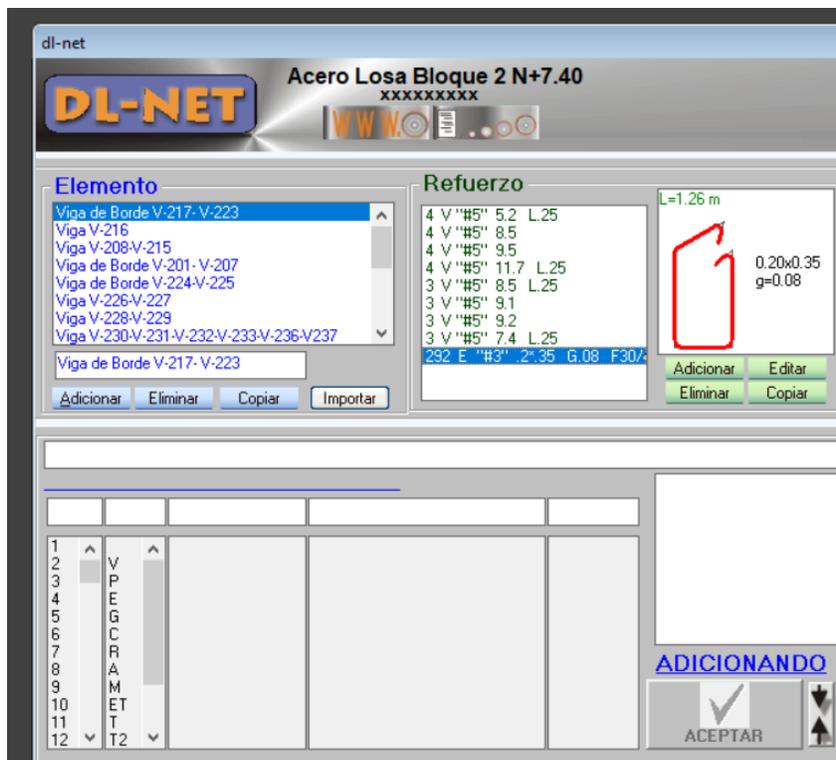


Figura 43. Software 2d de cuantificación de acero dl-net del proveedor GyJ.
 Fuente: Diseño de soluciones E.U, 2010.

Viga de Borde V-217- V-223 (Es 1) Peso/Elemento= 589.33Kg

DIAGRAMA	CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	PESO	NOTAS
	4	#5	5.45	34.0	
	4	#5	8.50	53.0	
	4	#5	9.50	59.3	
	4	#5	11.95	74.6	
	3	#5	8.75	40.9	
	3	#5	9.10	42.6	
	3	#5	9.20	43.1	
	3	#5	7.65	35.8	
	292	#3	1.26	206.0	

Figura 44. Figuración a partir de dl-net para cálculo de cantidades acero.
 Fuente: Diseño de soluciones E.U, 2010.

De esta forma se hizo evidente como era familiar para el ámbito de la construcción la utilización de sistemas tradicionales 2D como son planimetrías y tablas de cálculo formuladas a partir de Excel, así como la generación de esquemas por parte de software básicos 2D como DL-NET entre otros programas similares para el cálculo de las cantidades que no generaban propiedades de ensamblaje y detalle de acero de refuerzo, que para nuestro trabajo constituyen una herramienta eficaz para la optimización y el control de los procesos de ejecución de obra.

De esta forma se da por entendido que una de las mayores precisiones a las que puede contribuir la metodología **BIM** dentro del Consorcio es a crear un modelo 4D de acero de refuerzo estructural.

Con **Revit** como herramienta principal se lleva a plantear un trabajo que delimita hasta dónde podemos ir con el manejo de esta herramienta para la consecución de un recurso más fiable, de mayor comprensión, de mejora de la productividad, anticipo de errores y contratiempos en paralelo con una metodología que nos ayude en una mejora constante de los procesos de coordinación y ajuste de diseño principalmente estructurales.

Centrar los esfuerzos en el cliente y crear valor mediante procesos óptimos con un manejo de datos de calidad nos lleva a concluir que **BIM** es la metodología más próxima que tenemos para cuantificar el acero además que hemos propiciado su utilización con la verificación de las cantidades de acero de los anteriores proyectos, es por esto que creamos un **MODELO 4D** desde cero con un riguroso trabajo apegado a la NORMA NSR-10.

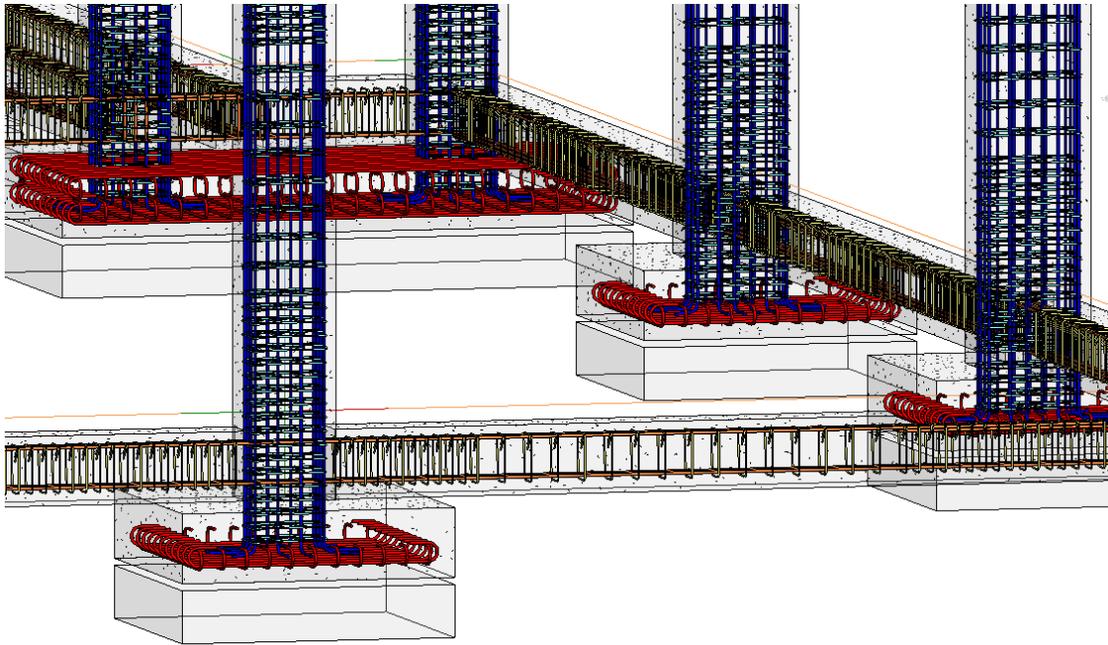


Figura 45. Modelo Bim para el cálculo y modelado 4D del diseño estructural.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

A partir del insumo 2D del diseño estructural definido por el especialista, se comienza a elaborar un **MODELO 4D** el cual contara con cierta información que a futuro crea un flujo de valor y de mejora constante pues se espera mediante estos procesos evitar todos aquellos inconvenientes que se tuvieron en los anteriores proyectos donde el 2D en ningún momento logró evidenciar los errores en el diseño estructural que la metodología **BIM** pone en evidencia y en la mesa para el debate entre los profesionales de manera transversal y participativa.

Para esto se comienza con el modelado de la estructura definiendo el modelo estructural.

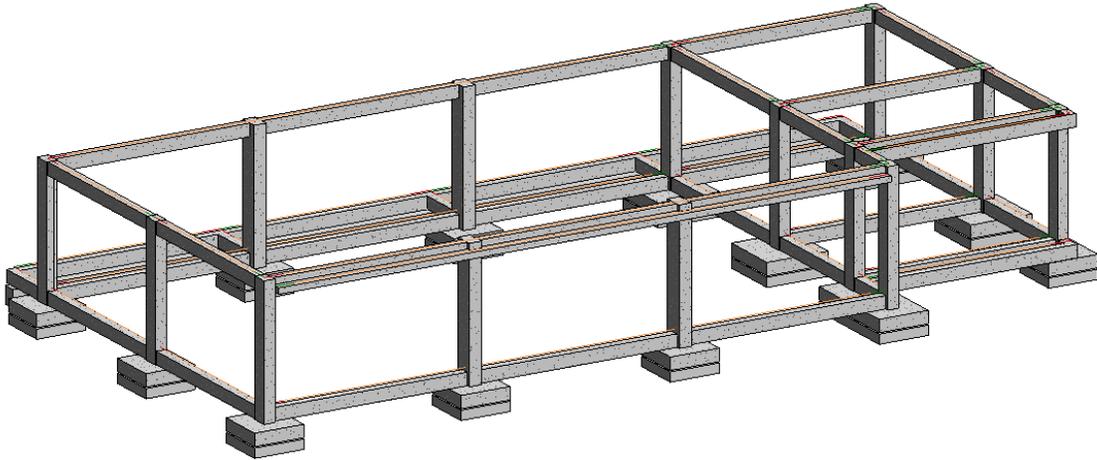


Figura 46. Modelado 4D estructural bloque 1 con información definitiva de concreto y ciclópeo.
Fuente: Revit Autodesk, 2021

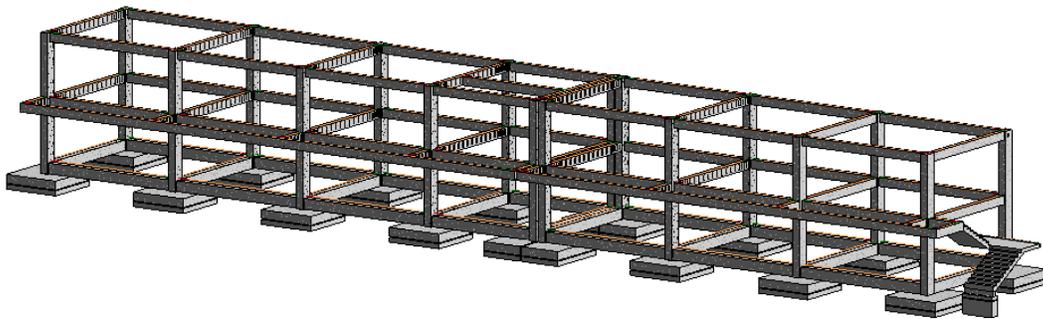


Figura 47. Modelado 4D estructural bloque 2 con información definitiva de concreto y ciclópeo.
Fuente: Revit Autodesk, 2021

Tenemos un modelo de información 4D elaborado a partir de los insumos encontrados en la planimetría entregada por el diseñador estructural que de acuerdo a la revisión que se hace en el proceso de creación del mismo nos da la oportunidad única de hacer observaciones estructurales que serán una retroalimentación al momento de hacer las respectivas correcciones junto al diseñador estructural de manera anticipada como no se puede evidenciar en los anteriores proyectos.

Observaciones Estructurales.

Zapatas de Bloque 1 (comedor) y Bloque 2 (aulas):

- 1) Recubrimiento lateral tomado como 5cm y no de 7,5 cm como en demás caras.
- 2) Las Zapatas de la rampa del Bloque 2 llevan doble parrilla, pero el espesor de la zapata es insuficiente (0,40m). El recubrimiento superior e inferior está dado en 5 cm.
- 3) Columnas Bloque 1:
- 4) Los ganchos inferiores van hacia el interior de la columna y no hacia el exterior.
- 5) Columnas Bloque 2:
- 6) Se presenta un error en el detalle de columnas, la dimensión está sobredimensionada en 16 cm.
- 7) Vigas de Cimentación Bloque 1:
- 8) VC-06 presenta columna adicional, ajuste de distribución de estribos.
- 9) VC-C2 y VC-C3 sin detalle en planos.
- 10) VC-07, los 11 primeros estribos superan el espacio para colocación, y no se tienen en cuenta en el recuento de estribos de la viga.
- 11) Sin detalle de vigas de cimentación de muros internos para Bloque 1 y Bloque 2.
- 12) Vigas aéreas Bloque 1:
- 13) V-106 solo tiene dos tramos, pero aparecen tres.
- 14) V-106, los 11 primeros estribos superan el espacio para colocación, y no se tienen en cuenta en el recuento de estribos de la viga.
- 15) V-105, ajuste de distribución de estribos por columna adicional.
- 16) Error en longitud de estribo en detalle de V-108.
- 17) Vigas de entrepiso y aéreas Bloque 2:

- 18) Se presenta una variación en longitud del tramo ente ejes 9' y 10 para la planta de cimentación y los dos niveles superiores.
- 19) Primer tramo de V-104, V-105 y V-106 cambia por (1). Cambiar traslapo o longitud de barra.
- 20) Primer tramo de V-203 y V-204, y V-214 cambia por (1). Cambiar traslapo o longitud de barra.
- 21) V-105 y V-106 cantidad de estribos no concuerda con recuento del detalle.
- 22) Apoyos en detalle de V-101, V-104 y V-214 deben ser de viga, pero se toman en cuenta las columnas.
- 23) Mantener traslapo o longitud de barra en V-104.
- 24) Inconsistencia en separación de estribos de primer y segundo tramo de V-104, aparece de 15cm y la longitud de zona no alcanza, se ajusta la separación.
- 25) Las vigas aéreas del Bloque 2 tienen una dimensión que no corresponde con la del plano.
- 26) Inconsistencia en separación de estribos de primer y segundo tramo de V-203 y V-204, aparece de 15cm y la longitud de zona no alcanza, se ajusta la separación.
- 27) Escalera Bloque 2:
- 28) Refuerzo longitudinal invade recubrimientos por ganchos de 180° tanto en zapata como en descanso de escalera.
- 29) La escalera se tiene que desplazar por la posición de viga de llegada.
- 30) Sin información sobre refuerzo longitudinal de viga de escalera.
- 31) Dovelas Bloque 1:
- 32) Sin información de posición de dovelas para el proyecto.

33) Variaciones en algunas áreas de planos estructurales y arquitectónicos tanto en planta como en fachada (área de almacenaje y demás).

34) Falta información de acero del alero.

35) Dovelas Bloque 2:

36) La dimensión de las Vigas de entrepiso cambia en planos de Fachada y Cortes del Bloque 2.

Como podemos ver quedan en evidencia un gran número de inconsistencias al elaborar el **MODELO 4D** pues el hecho de tener que hacer un modelo 3D y suministrar información relevante al dibujo sobre aceros y figurado es un tema no contemplado en la mayoría de los procesos constructivos actualmente ejecutados mediante el CAD.

Es aquí donde el modelo **LEAN CONSTRUCTION** comienza a tomar relevancia pues identifica la cadena de valor y los nuevos pasos a seguir para mejorar los procesos de comunicación directa del coordinador y modelador **BIM** con el especialista, en este caso el diseñador estructural, lo cual genera en el arquitecto encargado una retroalimentación de información que para él no era competente en el momento de la coordinación pero que hoy día con la visualización de todos estos datos en un modelo **BIM** provoca dentro de la planificación y la gestión un flujo de valor de alta calidad dentro de la empresa.

Así el arquitecto coordinador **BIM** crea un grupo omnipresente dentro del departamento pues ahora existen preguntas que crean un vínculo entre todos los involucrados.

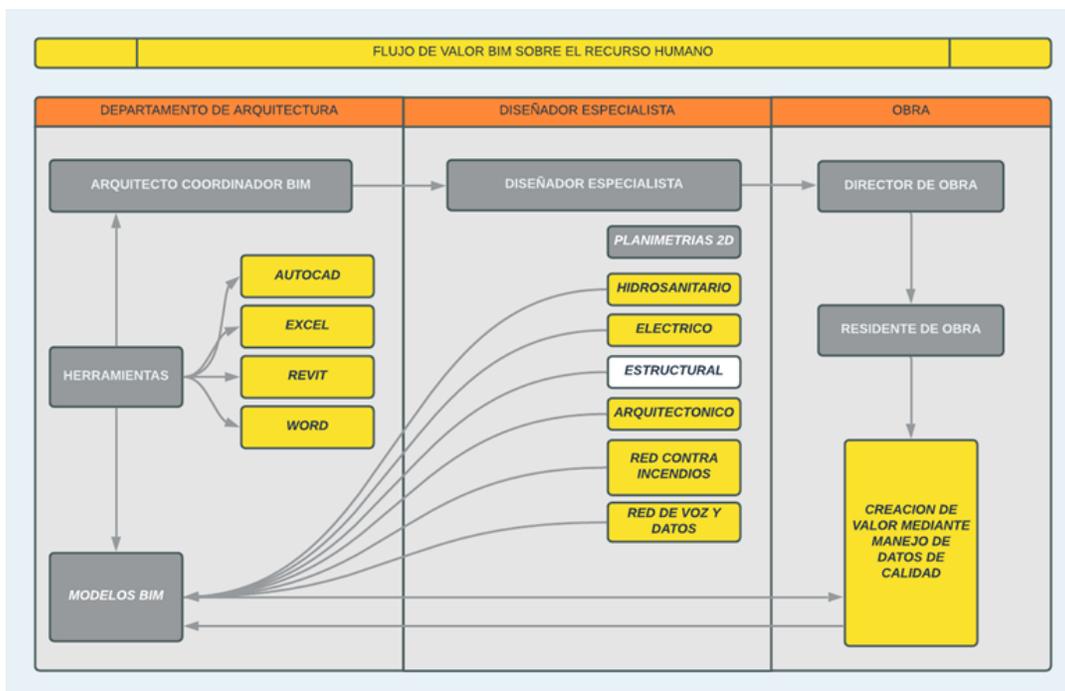


Figura 48. Flujograma participación transversal de los involucrados en obra de acuerdo a la mejora de procesos mediante la metodología Lean y Bim.

Entonces tenemos el modelo estructural elaborado el cual nos arroja cantidades precisas de concretos para cada uno de los elementos estructurales, y es el insumo principal para comenzar con el modelado del acero de refuerzo. El siguiente paso es generar estas tablas de cantidades de concretos que sirven para alimentar el presupuesto parcial y elaborar las actas de cobro según los cortes de obra.

Tabla 20.

Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de cimentación en ciclópeo y zapatas, bloque 2.

<CONCRETO ZAPATAS_CICLOPEO>		
A	B	C
Tipo	Marca de tipo	Volumen
1.90*0.60*0.20 mts	ZAPATA ESCALERA	0.23 m ³
1.90*0.60*0.20 mts: 1		0.23 m ³
1.90*0.60*0.90 mts	CICLOPEO ESCALERA	1.03 m ³
1.90*0.60*0.90 mts: 1		1.03 m ³
1.90*2.00*0.90 mts	PEDESTAL ESCALERAS	0.11 m ³
1.90*2.00*0.90 mts: 1		0.11 m ³
2.40*3.80*0.28 mts	CICLOPEO	10.21 m ³
2.40*3.80*0.28 mts: 4		10.21 m ³
2.40*3.80*0.50 mts	ZAPATA	18.24 m ³
2.40*3.80*0.50 mts: 4		18.24 m ³
3.30*3.30*0.50 mts	ZAPATA	76.23 m ³
3.30*3.30*0.50 mts: 14		76.23 m ³
3.30*3.30*2.80 mts	CICLOPEO	42.69 m ³
3.30*3.30*2.80 mts: 14		42.69 m ³
Total general		148.73 m ³

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 21.

Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de losas bloque 2.

<LOSA CONTRAPISO_ENTREPISO>		
A	B	C
Tipo	Marca de tipo	Volumen
LOSA 0.12 mts CONTRAPISO	LOSA CONTRAPISO	76.15 m ³
LOSA 0.12 mts ENTREPISO	LOSA ENTREPISO	77.18 m ³
Total general		153.33 m ³

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 22.

Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de vigas de cimentación, entrepiso y vigas aéreas. Bloque 2.

<CONCRETRO VIGAS>		
A	B	C
Tipo	Marca de tipo	Volumen
Viga Aérea 0.25*0.50 mts	VIGAS ENTREPISO	7.73 m ³
Viga Aérea 0.25*0.50 mts: 3		7.73 m ³
Viga Aérea 0.30*0.50 mts	VIGAS AEREAS	26.93 m ³
Viga Aérea 0.30*0.50 mts: 24		26.93 m ³
Viga Aérea 0.35*0.50 mts	VIGAS ENTREPISO	33.65 m ³
Viga Aérea 0.35*0.50 mts: 33		33.65 m ³
Viga de Cimentación 0.40*0.60 mts	VIGAS DE CIMENTACIÓN	41.48 m ³
Viga de Cimentación 0.40*0.60 mts: 23		41.48 m ³
Total general		109.78 m ³

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 23.

Cantidades de concreto en metros cúbicos para concretos de columnas y dovelas, bloque 2.

<CONCRETO GROUTING_COLUMNS>			
A	B	C	D
TIPO	CANTIDAD	VOLUMEN UNITARIO	VOLUMEN TOTAL
Columna 0.45*0.60 mts	18	1.840 m ³	33.12 m ³
Columna 0.45*0.60 mts: 18			33.12 m ³
Dovela	194	0.027 m ³	5.24 m ³
Dovela: 194			5.24 m ³
Dovelas_0.12*0.07*3.10 mts	191	0.026 m ³	4.91 m ³
Dovelas_0.12*0.07*3.10 mts: 189			4.91 m ³
Total general			43.27 m ³

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

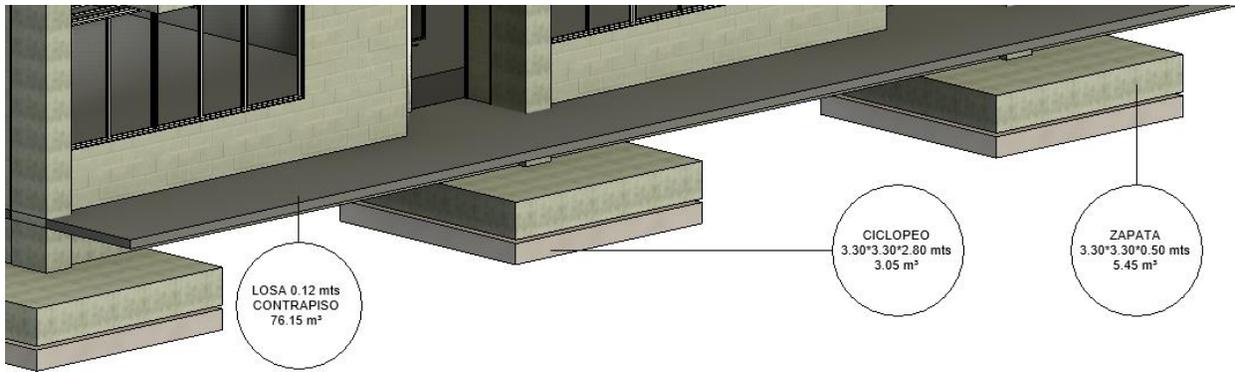


Figura 49. Modelo 4D con etiquetas de datos a cerca de volumen, nombre y dimensiones de elementos de concreto.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

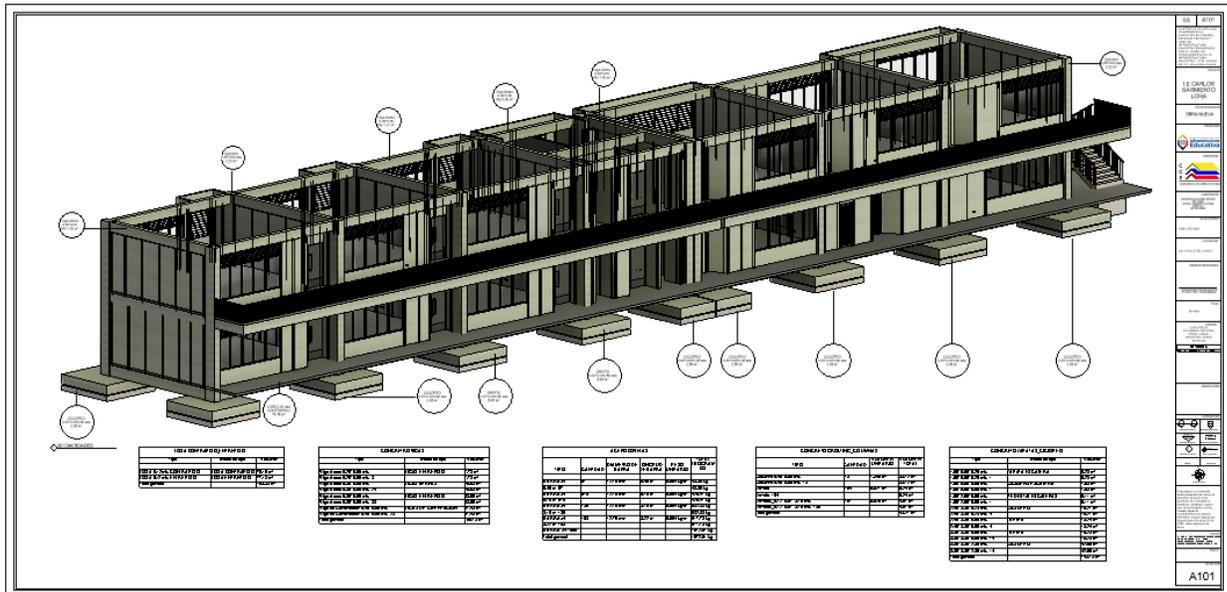


Figura 50. Modelo 4D bloque 2 con cantidades de concreto, volúmenes y dimensiones.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Cabe destacar que los desperdicios de concreto en las obras ejecutadas con anterioridad a la I.E Carlos Sarmiento Lora, fueron evidentes pues no se tenía ningún control específico a cerca de como ejecutar esta actividad con el rigor que se requiere ni mucho menos datos específicos de dimensiones y cantidades, no quiero decir esto que por utilizar herramientas 2D no se ejecutaría de manera eficaz se quiere es hacer hincapié en que las metodologías **BIM Y LEAN** contribuyen

de manera eficaz al desarrollo de estas actividades, pues se pueden suponer imprevistos de forma como la manera en que se van a fundir determinados elementos si las cantidades para el vaciado son estas o que si se necesitara bombeo para aquellos otros elementos o se realizara de forma manual en otros casos.

La creación de un modelo de información no solo resulta eficaz por su manejo digital sino porque presupone eventualmente ante nuestros ojos modos de afrontar la realidad de la obra de maneras que los modelos CAD no pueden.

Modelado de Acero.

Diseñado el **MODELO 4D** estructural en lo referido a concretos, sus dimensiones y volúmenes, procedemos entonces a elaborar el modelo de acero de refuerzo, modelo que solo se puede iniciar si tenemos el diseño estructural pues el acero de refuerzo va embebido dentro de cada elemento que conforma la estructura del proyecto.

Para ello comenzamos con la lectura del insumo principal que es la planimetría 2D entregada por el diseñador especialista estructural.

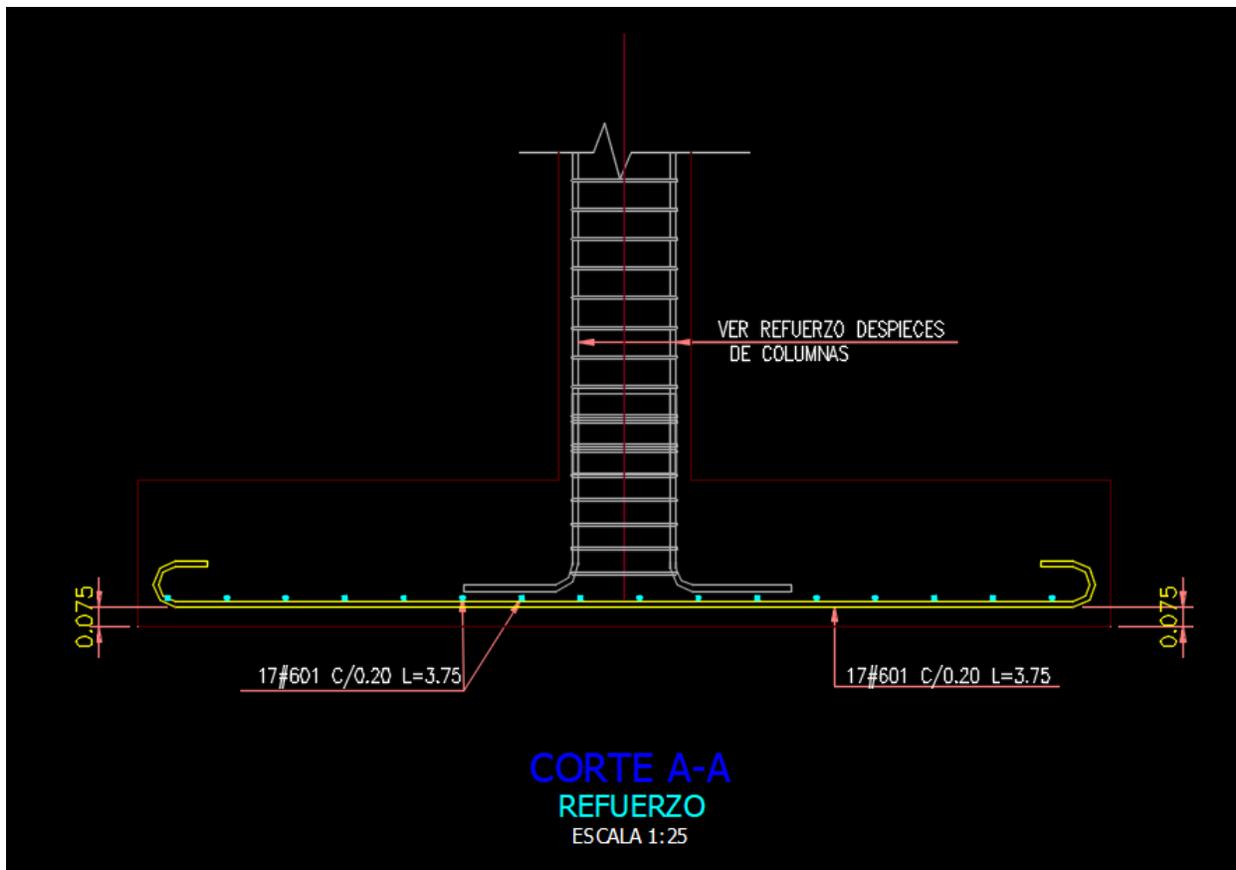


Figura 51. Planimetrías de diseño estructural como insumo para la generación de modelo de información 4D utilizando metodologías Bim.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

De un simple insumo 2D la utilización de metodologías **BIM** nos lleva a conseguir un modelo de datos 4D cargado de información relevante sobre el diseño, cantidades, dimensiones, específicas, propiedades, esquemas de ensamblaje, peso unitario, kilogramos totales, así como detalles constructivos generados a través de este.

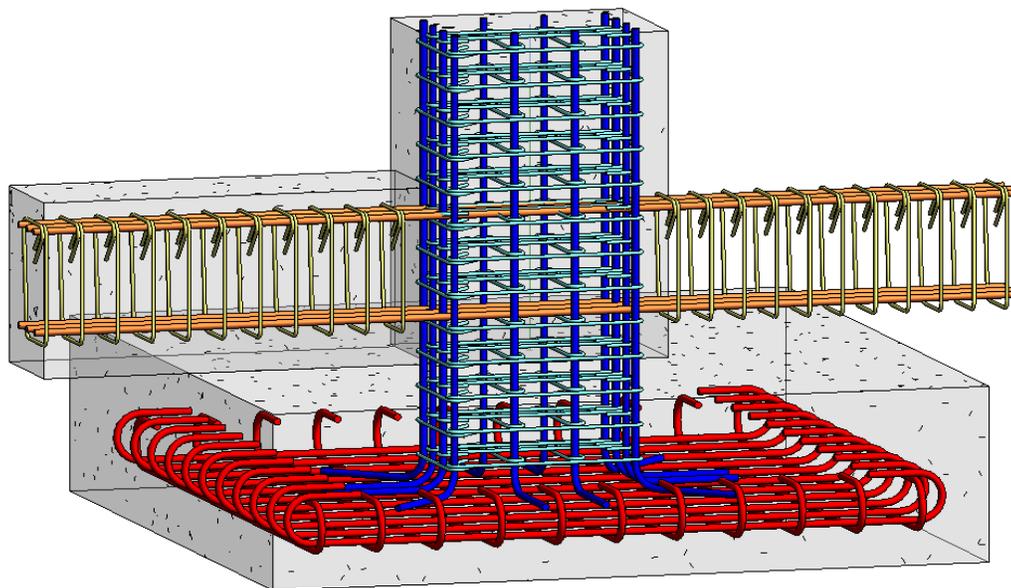


Figura 52. Modelo 4D del diseño estructural de acero de refuerzo.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 24.

Cantidades e información generada por el modelo 4D diseñado.

<ACERO ZAPATAS BLOQUE 1>							
A	B	C	D	E	F	G	H
TIPO	UBICACION	CANTIDAD	DIAMETRO	LONGITUD	PESO UNITARIO	KILOGRAMOS	NOMBRE
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES A-5 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES A-5 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES A-1 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES A-1 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES A-2 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES A-2 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES A-3 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES A-3 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES B-1 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES B-1 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES C-1 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES C-1 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES C-2 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES C-2 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-01	Z-01 BLOQUE 1 EJES C-3 2.00x2.00x0.50m	22	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	117.87 kg	ZAPATA
Z-01 BLOQUE 1 EJES C-3 2.00x2.00x0.50m		22				117.87 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-02	Z-02 BLOQUE 1 EJES B-4 2.50x2.50x0.50m	26	19.10	2.90 m	2.24 kg/m	166.36 kg	ZAPATA
Z-02 BLOQUE 1 EJES B-4 2.50x2.50x0.50m		26				166.36 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-02	Z-02 BLOQUE 1 EJES B-5 2.50x2.50x0.50m	26	19.10	2.90 m	2.24 kg/m	166.36 kg	ZAPATA
Z-02 BLOQUE 1 EJES B-5 2.50x2.50x0.50m		26				166.36 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-02	Z-02 BLOQUE 1 EJES C-4 2.50x2.50x0.50m	26	19.10	2.90 m	2.24 kg/m	166.36 kg	ZAPATA
Z-02 BLOQUE 1 EJES C-4 2.50x2.50x0.50m		26				166.36 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-02	Z-02 BLOQUE 1 EJES C-5 2.50x2.50x0.50m	26	19.10	2.90 m	2.24 kg/m	166.36 kg	ZAPATA
Z-02 BLOQUE 1 EJES C-5 2.50x2.50x0.50m		26				166.36 kg	
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 01 Z-03	Z-03 BLOQUE 1 2.00x4.20x0.50m	44	19.10	2.40 m	2.24 kg/m	236.74 kg	ZAPATA
Barra de armadura: Longitudinal 3/4", Tipo 02 Z-03	Z-03 BLOQUE 1 2.00x4.20x0.50m	22	19.10	4.60 m	2.24 kg/m	226.05 kg	ZAPATA
Z-03 BLOQUE 1 2.00x4.20x0.50m: 66		66				461.79 kg	
Grand total		346				2078.20 kg	

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Es muy importante para el objetivo de este trabajo dirigido dejar en evidencia que la utilización de metodologías **BIM Y LEAN** crean procesos de nuevas gestiones en el diseño donde tanto residentes y directores de obra, así como diseñadores miran al coordinador **BIM**

como un puente y enlace a la hora de mejorar las perspectivas tanto contractuales como parciales en la ejecución de obra. Pues se puede acudir al modelo de acero de refuerzo en cualquier momento que se le solicite ya sea para la verificación de cantidades, de propiedades de ensamblaje, de redimensionamiento de los mismos entre otras.

A continuación, podemos observar el **MODELO 4D** del diseño de acero de refuerzo estructural para la I.E Carlos Sarmiento Lora el cual terminado es un producto de alto valor importantísimo en cuanto genera tiempos de ejecución, avances de obra, cortes, cantidades y observación preliminar de errores.

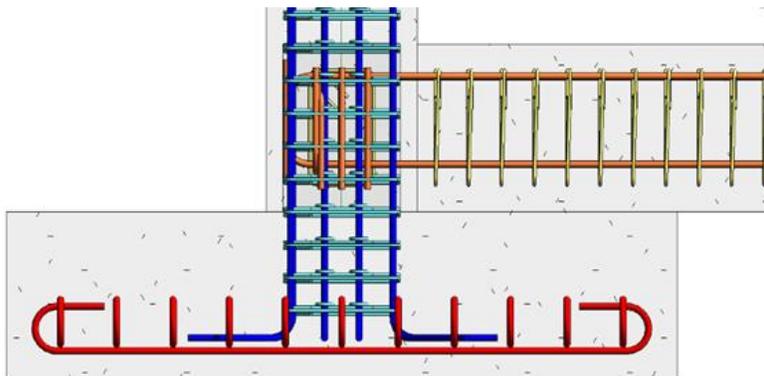


Figura 53. Modelo 4D diseño estructural, acero de refuerzo para bloque 1 comedor y cocina.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

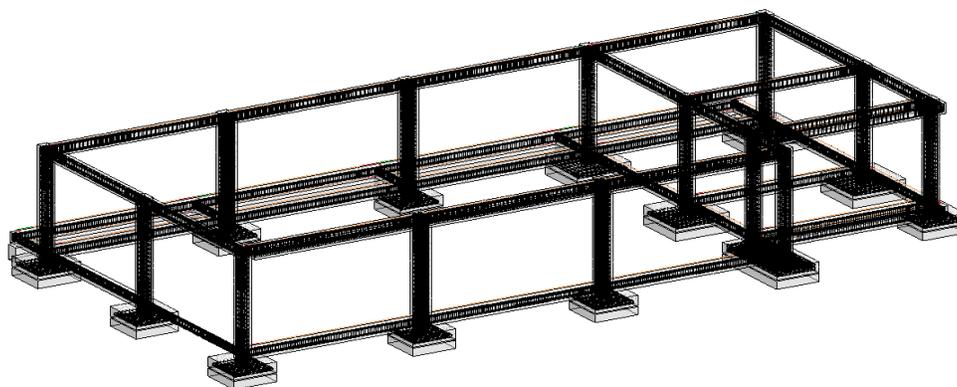


Figura 54. Detalle diseño estructural zapatas, columnas y vigas de cimentación.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

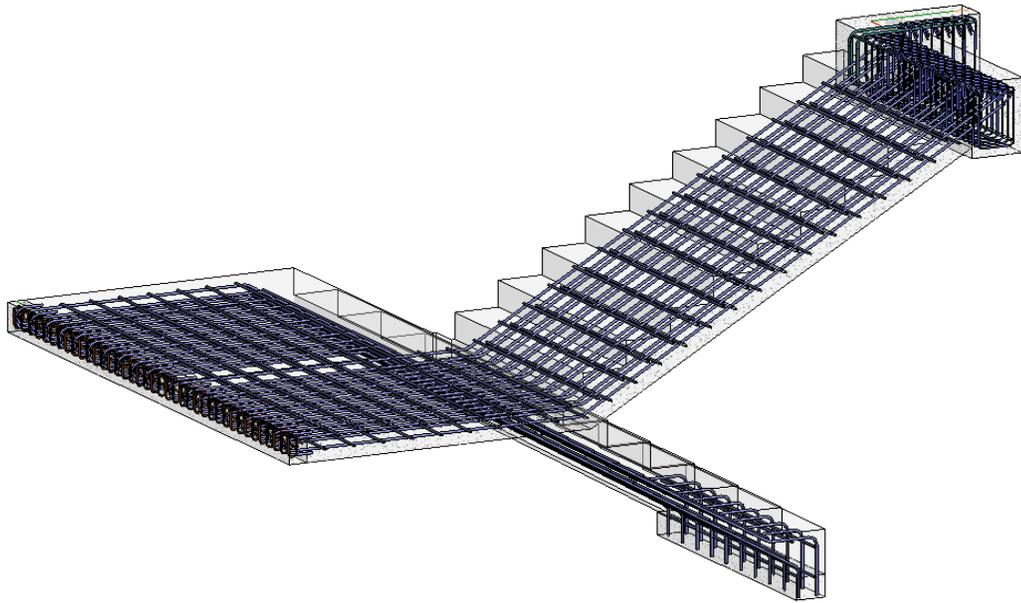


Figura 55. Detalle acero de refuerzo escaleras.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

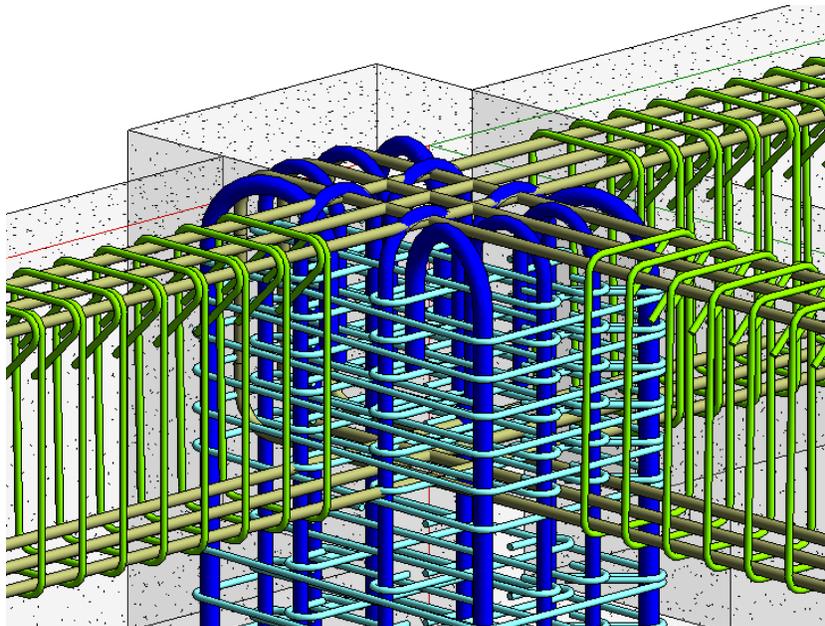


Figura 56. Detalle acero de refuerzo nudo columna vigas aéreas.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

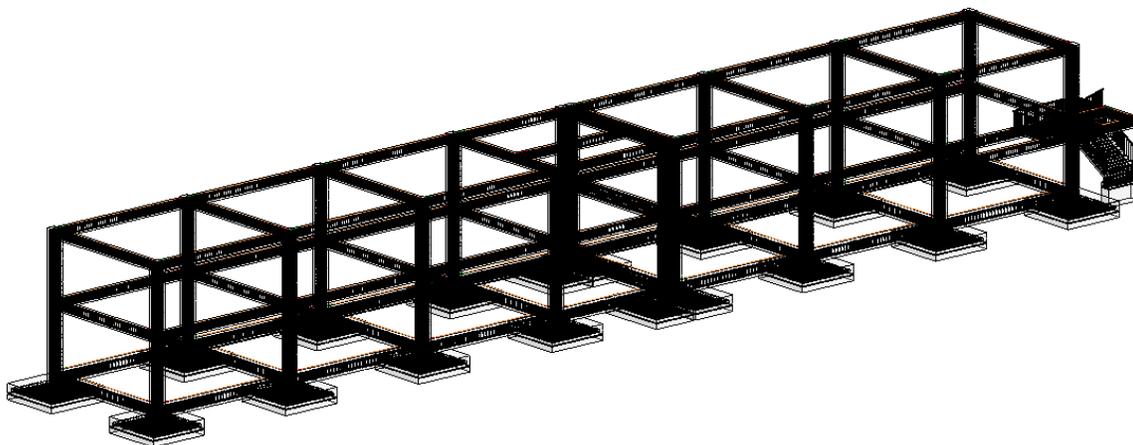


Figura 57. Modelo 4D diseño estructural, acero de refuerzo para bloque 2.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Sobre la coordinación del diseño estructural se pudo hacer observaciones que cobran relevancia en todos los ámbitos de los procesos constructivos, desde la concepción de los diseños hasta la ejecución en obra, pues gracias al **MODELO 4D** se puede establecer un diálogo directo entre los diferentes involucrados en el desarrollo de la obra.

Por último, se muestran las distintas diagramaciones que podemos conseguir a través del **MODELO 4D** pues este tiene aparte de la información dada por el insumo 2D estructural nuevos datos que permiten generar detalles constructivos a partir de las exigencias de obra, control de presupuestos y demás actividades que se demanden en la ejecución del proyecto.

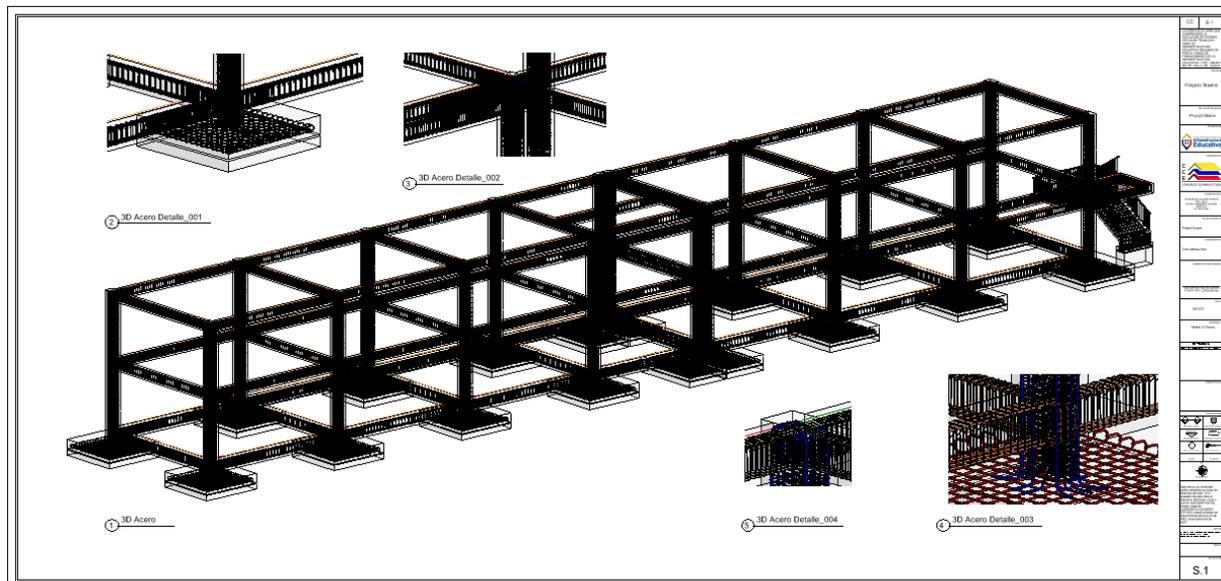


Figura 58. Diagramación de modelo 5D diseño estructural para entrega en obra con detalles constructivos de los diferentes elementos estructurales bloque 2.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

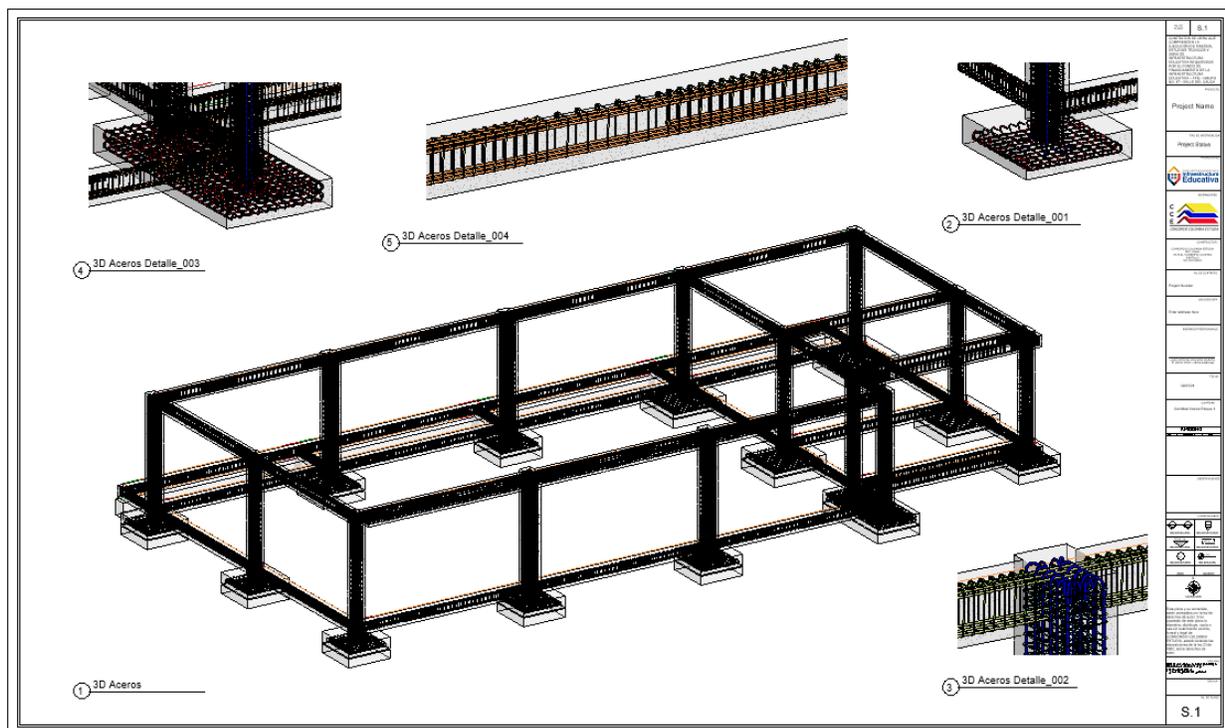


Figura 59. Diagramación de modelo 5D diseño estructural para entrega en obra con detalles constructivos de los diferentes elementos estructurales. Bloque 1

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 25.

Cantidades bloque 2 discriminadas para este caso por peso unitario, longitud de barra, dimensión, kilogramos totales, entre otros.

The table consists of approximately 15 columns and 100+ rows of data. It is divided into several distinct sections, each with a header. The headers include terms like 'CANTIDAD', 'UNIDAD', 'DESCRIPCIÓN', 'PESO UNITARIO', 'LONGITUD DE BARRA', 'DIMENSIÓN', and 'KILOGRAMOS TOTALES'. The data rows contain numerical values corresponding to these categories. The table is highly detailed and appears to be a technical specification or inventory list.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 26.
Cantidades bloque 1 discriminadas para este caso por peso unitario, longitud de barra, dimensión, kilogramos totales, entre otros valores.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

5.9 Ajuste y Coordinación para Modulación de Cubierta

Para la I.E Carlos Sarmiento Lora se tiene como punto de partida el diseño estructural elaborado por el especialista, un insumo 2D con planimetrías con detalles de cubierta a cerca de la estructura metálica que se va ejecutar en obra. Para ello en el departamento de arquitectura se coordinan los ajustes de los detalles constructivos y se evalúa su pertinencia en la ejecución de obra de acuerdo a las observaciones evidenciadas en la elaboración del **MODELO 4D**.

A partir de ello comenzamos a elaborar según detalles constructivos el **MODELO 4D** de la cubierta, para ello es muy importante considerar y ajustar el modelo con los respectivos elementos descritos por el diseñador en las planimetrías.



Figura 61. Planimetría detalle estructura metálica de cubierta por diseñador estructural.

Fuente: Diseño suministrado por especialista, 2020.

Como se observa en las anteriores imágenes se tiene un insumo que a grandes rasgos nos permite iniciar con la construcción de un MODELO 4D para el desarrollo de esta última etapa del proyecto. Tenemos cantidades de estructura metálica, peso aproximado, referencia del material a utilizar, todos estos insumos que aportan tanto al presupuesto presentado ante el FFIE para el desarrollo del proyecto como para la ejecución del mismo en obra.

El asunto que compete este trabajo es poder traducir toda esta información de manera definitiva e intuitiva a todos los interesados ya sea FFIE, INTERVENTORÍA, CONTRATISTAS, DIRECTORES DE OBRA, RESIDENTES Y MAESTROS ENCARGADOS.

Para ello elaboramos un primer modelo que aporta a esta comprensión creando este diálogo de forma transversal entre todos los involucrados en el diseño y ejecución de esta fase de la obra.

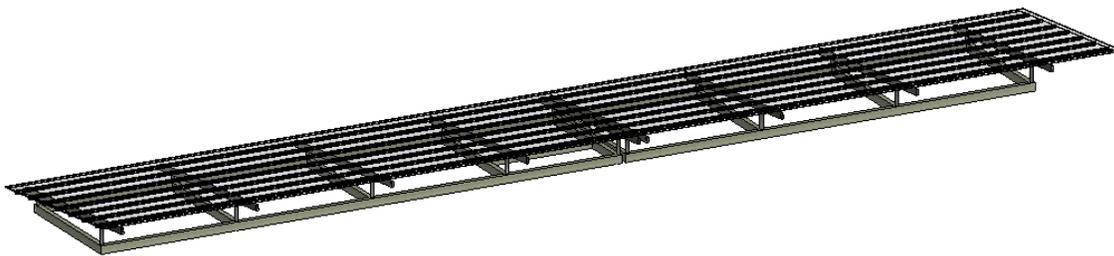


Figura 62. Modelado 4D de cubierta a partir de insumos 2D del diseñador estructural.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

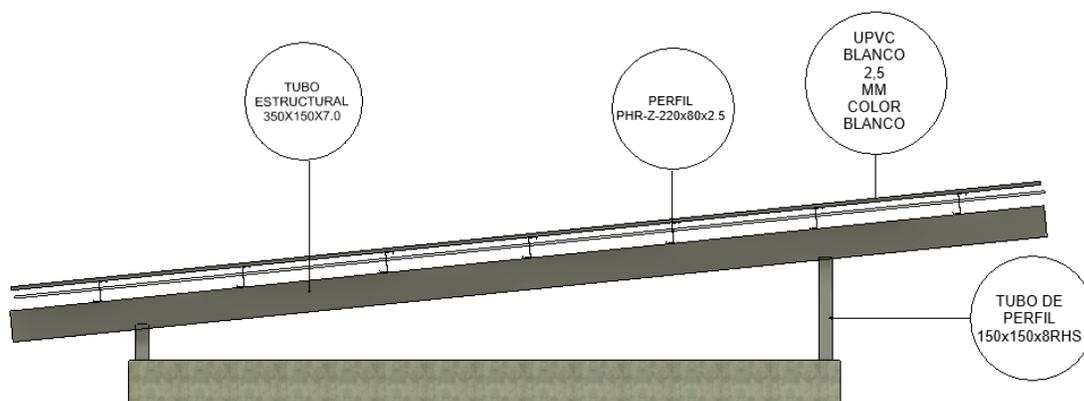


Figura 63. Detalle de modelo 4D de cubierta con etiquetas de referencia, dimensión y propiedades específicas de ensamblaje.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

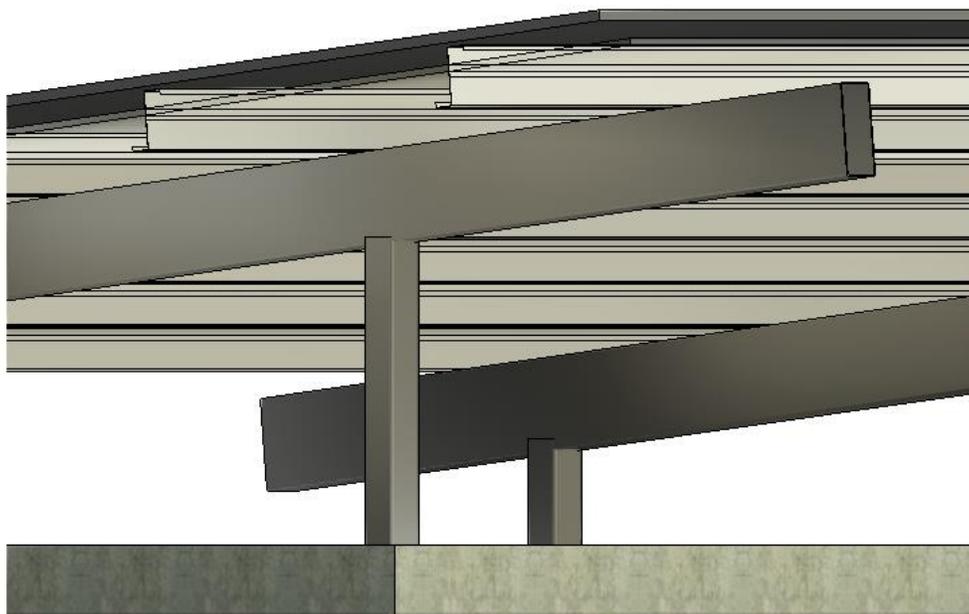


Figura 64. Detalle de modelo 5D de cubierta correas, tubo estructural, pilar en tubo y viga.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 28.

Cantidades estructura metálica.

<ACERO ESTRUCTURA METALICA CORREAS>						
A	B	C	D	E	F	G
TIPO	CANTIDAD	NOMBRE	LONGITUD UND.	LONGITUD TOTAL	PESO UNITARIO	KILOGRAMOS
PERFIL PHR-Z-220x80x2.5	7	CORREAS	63.90	447.29	7.97 kg/m	3564.90 kg
PERFIL PHR-Z-220x80x2.5: 7				447.29		3564.90 kg
Total general				447.29		3564.90 kg

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 29.

Cantidad teja cubierta.

<AREA DE CUBIERTA>		
A	B	C
Tipo	Marca	Área
CUBIERTA TERMOACUSTICA UPVC BLANCO	UPVC BLANCO 2,5 MM COLOR BLANCO	743.41 m ²
CUBIERTA TERMOACUSTICA UPVC BLANCO: 1		743.41 m ²
Total general		743.41 m ²

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Tabla 30.

Cantidades estructura metálica pilares cubierta.

<ESTRUCTURA METALICA PILARES CUBIERTA>						
A	B	C	D	E	F	G
TIPO	CANTIDAD	NOMBRE	ALTURA	LONGITUD TOTAL	PESO UNITARIO	KILOGRAMOS
TUBO DE PERFIL 150x150x8RHS	9	PILAR EN TUBO 0.40 mts	0.40	3.60	35.26 kg/m	126.94 kg
TUBO DE PERFIL 150x150x8RHS	9	PILAR EN TUBO 1.15 mts	1.15	10.35	35.26 kg/m	364.94 kg
TUBO DE PERFIL 150x150x8RHS: 18				13.95		491.88 kg
Total general				13.95		491.88 kg

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Cabe destacar que por requerimientos del Consorcio Colombia Estudia las tablas se han discriminado para generar insumos de salida en Kilogramos y metros lineales pues es la información que compete al manejo de presupuestos y ejecución en obra.

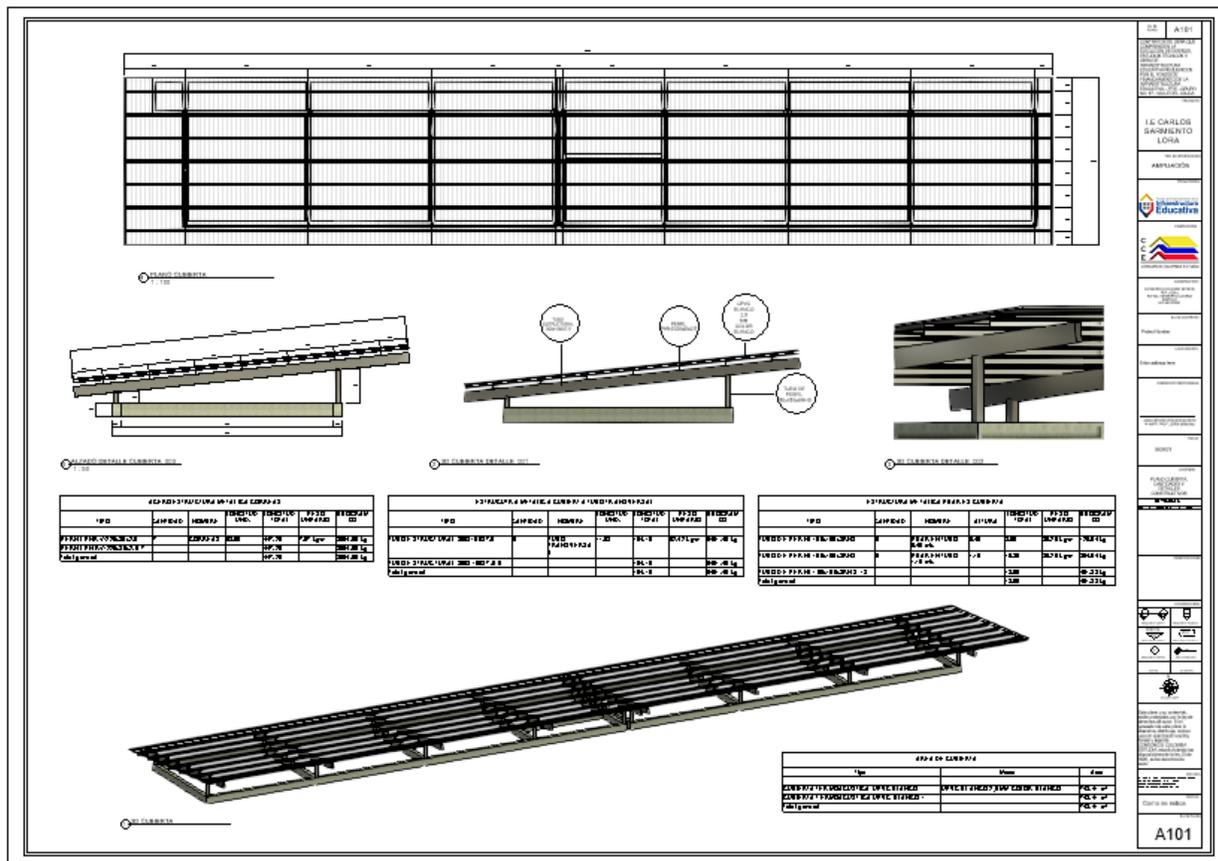


Figura 65. Diagramación de planimetrías de cubierta, detalles constructivos, modelo 5D con rotulo para entrega a obra.

Fuente: Revit Autodesk, 2021.

Con la coordinación y el ajuste para la modulación de cubierta finaliza este trabajo dirigido dando por sentado la creación de nuevos vínculos entre los interesados en la ejecución del proyecto, pues se puede hablar de nuevos procesos basados en las metodologías **BIM Y LEAN CONSTRUCTION**, nuevas formas de interacción entre el departamento de arquitectura, departamento de costos y presupuestos, interventoría, junta de socios, así como los encargados de ejecución en obra.

Conclusiones

Que diseñar un modelo mediado por metodologías tan eficientes como LEAN CONSTRUCTION Y BIM significa establecer nuevos paradigmas no solo en el diseño de una obra y su ejecución sino en los procesos de pensamientos de los profesionales involucrados.

La detección de los factores que generan perdidas y sobrecostos mediante la aplicación de este modelo logro reducir estos porcentajes en el diseño arquitectónico, diseño estructural y acero de refuerzo principalmente, pues fue crucial para tener cantidades definidas de ítems que anteriormente generaron desbalances económicos altísimos dentro de los proyectos.

El establecer herramientas y nuevas metodologías genera dentro de la industria de la construcción un cambio de paradigma que pocos están dispuesto asumir pero que con lo demostrado en este trabajo dirigido es barrera que al ser superada genera grandes índices de confianza y procesos más sólidos entre los diferentes actores del diseño y la construcción.

Las metodologías BIM manejadas mediante Revit gracias a su interfaz y manejo de información tienen un mayor alcance para la comprensión y optimización de procesos de obra, así como para detectar fallas de manera anticipada que se ven reflejadas en costes y tiempos de ejecución.

Tener un punto de comparación fue muy importante para el desarrollo del trabajo ya que evidenciamos en primera instancia la ejecución tradicional de una cantidad de proyectos que fracasaron en el intento del manejo de procesos óptimos y eficientes logrando de esta forma diseñar para este proyecto un modelo que se ajustara a estas fallas y buscara altos porcentajes de viabilidad y eficacia.

Aunque en este trabajo dirigido no evaluamos las fases del proyecto en tiempo y cronograma de obra se puede concluir que el diseño de este modelo afecta directamente los rendimientos en los ajustes de diseño y las comunicaciones entre los diferentes especialistas involucrados pues la creación de datos de calidad se manifestó en un máximo rendimiento en cada una de las actividades realizadas.

El proponer directamente proyectos como estos en el ámbito de la industria de la construcción desde la academia deja en entredicho un vacío que corresponde y es responsabilidad de las Instituciones de Educación Superior comenzar a evaluar y sustentar procesos como este dentro del programa de Arquitectura para un mayor despliegue de propuestas parecidas por parte de estudiantes, esta es una importante conclusión de acuerdo con el Ing. Carmelo Espinoza integrante de la junta de socios del Consorcio Colombia Estudia.

Participar dentro de proyectos macros como fueron este tipo de licitaciones como estudiante destaca el potencial que tiene la academia para que nosotros justifiquemos y demos soluciones a problemas evidentes que casi siempre se destacan por no tener atención por su simpleza y una supuesta falta de complejidad, pero que al ser abordados consiguen afectar de manera rotunda el contexto donde se desarrollan.

Recomendaciones

Para próximos proyectos se deja el precedente de la utilización de las metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM aquí implementadas para la generación de cortes de obra y eficiencia en los procesos por parte de los residentes y directores de obra.

La utilización de sistemas de control y presupuesto enlazados o relacionados totalmente con el modelo LEAN CONSTRUCTION mediante metodologías BIM implementados por el cliente, contratista, subcontratistas e interventoría.

Aunque no se utilizó la metodología BIM para revisión de colisiones de los distintos elementos del proyecto debido a que el Consorcio Colombia Estudia no estuvo interesado en ello. Se sugiere para futuras obras.

Estas metodologías también pueden servir para realizar una programación de obra 5D generando fases para la ejecución de la misma.

Para la gestión de las metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM se debe generar un documento para el manejo de protocolos, así como un manejo de la información por un BIM manager.

Desarrollar un BEP para que la organización explote de mejor manera el uso de la metodología BIM.

Generar canales de comunicación entre los distintos departamentos involucrados en el desarrollo de la obra para lograr una coordinación entre ellos mediante las metodologías LEAN CONSTRUCTION Y BIM.

Desde la academia implementar procesos que den un punto de partida a estas metodologías para que los estudiantes asuman la capacidad de proposición de estas nuevas tendencias en la industria de la construcción.

Referencias Bibliográficas

Autodesk. (2019). ¿Qué es el software CAD? latinoamerica.autodesk.com. Recuperado de:

<https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-software#:~:text=CAD%2C%20o%20dise%C3%B1o%20y%20dibujo,manual%20por%20un%20proceso%20automatizado/>

Building Smart. (2020). ¿Qué es BIM? www.buildingsmart.es. Recuperado de:

<https://www.buildingsmart.es/bim/>

Engelbart, D. C. (1962). Aumentar El Intelecto Humano: Un marco conceptual. Instituto de Investigación de Stanford Menlo Park, California 94025 * EE. UU.

https://www.invisiblerevolution.net/engelbart/full_62_paper_augm_hum_int.html

Franco, J. T. (2020). ¿Qué es BIM y por qué parece ser fundamental en el diseño arquitectónico actual? ArchDaily Colombia. Recuperado de: <https://www.archdaily.co/co/887546/que-es-bim-y-por-que-es-fundamental-en-el-diseno-arquitectonico-actual>

Fundación Laboral. (2017). Perfiles y roles BIM. [Blog] Recuperado de:

<http://blog.entornobim.org/perfiles-roles-bim/>

Imasgal. (2020). Nivel de desarrollo (LOD) en BIM. Recuperado de: <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>

IP21 Ingeniería. (2019). ¿Qué son las familias en Revit y qué tipos de familia existen?

Recuperado de: <https://ip21ingenieria.com/que-son-las-familias-en-revit-y-que-tipos-de-familia-existen/>

Irastorza, M. (2018). Foster + Partners y FR-EE Despegan con BIM. Aeropuerto Internacional de Ciudad de México. Autodesk LATAM. Recuperado de:

<https://blogs.autodesk.com/latam/2018/04/05/foster-partners-y-fr-ee-despegan-con-bim/>

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2000). NTC 495 Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares. Recuperado de:

<https://www.mineduccion.gov.co:443/portal/>

Ministerio de Educación Nacional. (2016). Plan nacional de infraestructura para la Jornada Única Escolar 2015 -2018. Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa - FFIE

Recuperado de: https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-356180_recurso_11.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2020). Procedimiento para la revisión de las hojas de vida de los profesionales previstos en términos de condiciones contractuales. Circular N°1.

Recuperado de: <https://ffie.com.co/wp-content/uploads/2020/05/INTRODUCCION-TE%CC%81CNICA-001.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (1997). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR – 10. Recuperado de:

<https://www.asosismica.org.co/producto/reglamento-colombiano-de-construccion-sismo-resistente-nsr-10/>

Mortice, Z. (2019). El nuevo metro de Bogotá eleva las exigencias de planificación del transporte urbano. Recuperado de: <https://redshift.autodesk.es/planificacion-transporte-urbano/>

Muñoz, P. (2019). Qué es Lean Construction o Construcción sin Pérdidas. Recuperado de:

<https://evalore.es/que-es-lean-construction>

Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación laboral de la

construcción. Recuperado de: [http://www.juanfelipepons.com/wp-](http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf)

[content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf](http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf)

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean

Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. Avances

Investigación En Ingeniería, 11(1), 32–53. Recuperado de: [https://doi.org/10.18041/1794-](https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298)

[4953/avances.1.298](https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298)

Publicaciones Legales - Alianza. (2021). Contratos Instituciones educativas. Recuperado de:

<https://www.alianza.com.co/publicaciones-legales?curFolderId=100605>

RAE. (2020). Concepto de Coordinar. Recuperado de: <https://dle.rae.es/coordinar>

Reyes Rodríguez, A. M., Cordero, P. y Candelario Garrido, A. (2016). BIM. Diseño y gestión de

la construcción. Ed. Anaya Multimedia, 384p.

UNE. (2018). Organización y digitalización de la información en obras de edificación e

ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la

información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y

principios. (ISO 19650-1:2018). Recuperado de: [https://www.une.org/encuentra-tu-](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137)

[norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137)

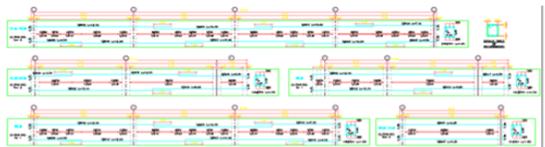
Zigurat Global Institute Of Technology. (2021). Claves del Plan de Ejecución BIM. [Blog]

Recuperado de: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/claves-plan-de-ejecucion-bim-peg-bim-execution-plan-bep/>

Anexos

Anexo 4. Memoria arquitectónica cantidades de obra para presupuesto presentación ante el FFIE.

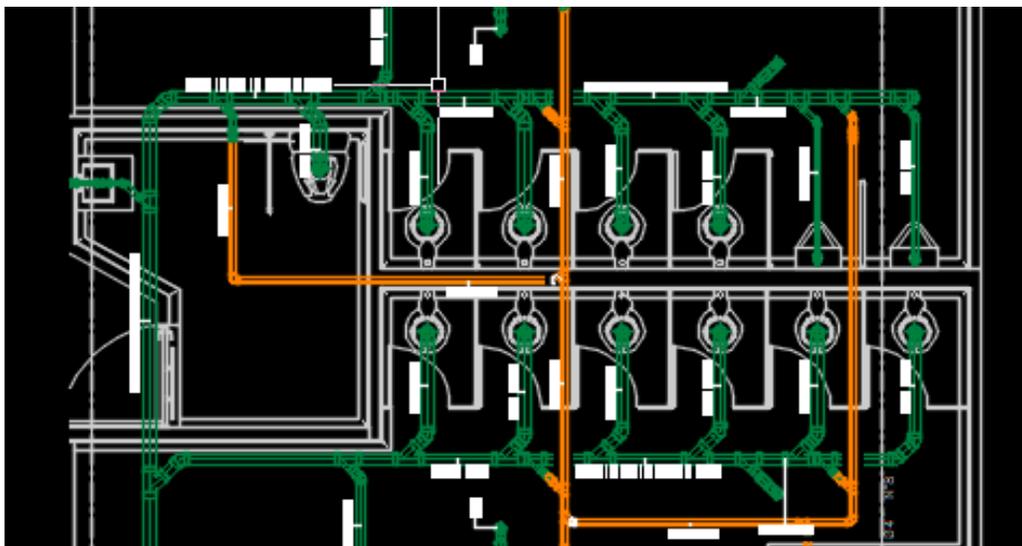
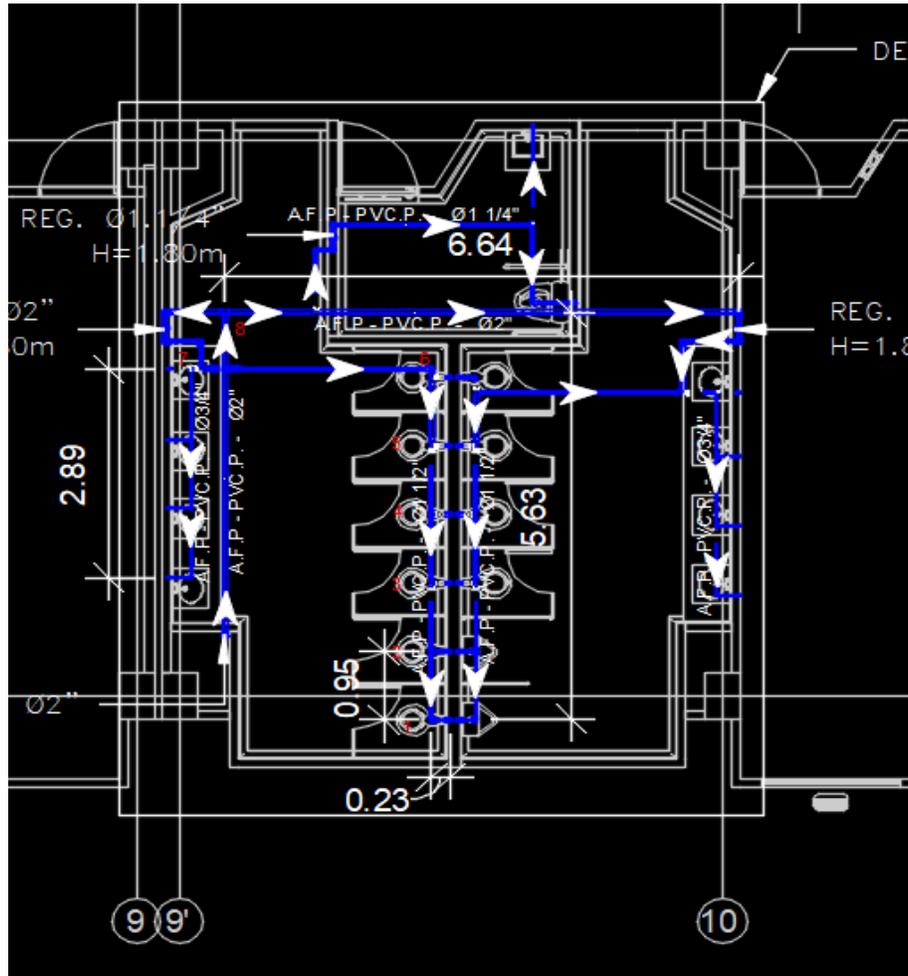
		MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA					
INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO							
CONTRATISTA DE OBRA:		CONSORCIO COLOMBIA ESTUDIA		N° CONTRATO DE OBRA	1380-1272-2020	DE	2020
				pag.	1	de	1
OBJETO:		ELABORACION DE LOS DISEÑOS Y ESTUDIOS TÉCNICOS DE LICENCIAS DE CONSTRUCCION EN CUALQUIERA DE SUS MODALIDADES Y/O LICENCIAS DE URBANISMO JUNTO CON LOS PERMISOS Y APROBACIONES NECESARIAS DE OBRAS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA I E CARLOS SARMIENTO LORA - SEDE PRINCIPAL, EN EL MUNICIPIO DE TULLÁ, VALLE DEL CAUCA REQUERIDOS POR EL FONDO DE FINANCIAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA (EN ADELANTE FFIE), EN DESARROLLO DEL PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA (PINE).					
NOMBRE DE LA IE.		I.E. INSTITUTO TÉCNICO CARLOS SARMIENTO LORA					
CAPÍTULO	2		CIMENTACION				
ITEM No.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN			ZONA O ÁREA DE UBICACIÓN	CORTE No.	FECHA
2.3.2	KG	ACERO DE REFUERZO DE 60000 PSI			GENERAL	N/A	01/01/2020
TIPO DE ELEMENTO	PESO KG /M	VARILLAS	LARGO M	CANT. ELEM	MEDIDA TOTAL		
BLOQUE 1							
ZAPATAS	2.235	13	2.95	4	342.843		
	2.235	13	2.92	4	339.9624		
	2.235	44	2.45	1	240.933		
	2.235	22	4.85	1	228.6405		
	2.235	22	2.45	8	963.732		
VIGAS	2.24	3.00	12.00	3.00	260.69		
	2.24	3.00	10.00	3.00	217.24		
	2.24	3.00	10.00	3.00	217.24		
	2.24	3.00	7.10	3.00	154.24		
	2.24	3.00	4.50	3.00	97.76		
	2.24	3.00	12.00	3.00	260.69		
	2.24	3.00	10.00	3.00	217.24		
	2.24	3.00	10.00	3.00	217.24		
	2.24	3.00	4.50	3.00	97.76		
	0.56	266.00	1.50	3.00	723.95		
	2.24	3.00	3.70	2.00	53.93		
	2.24	3.00	12.00	2.00	173.79		
	2.24	3.00	6.00	2.00	87.09		
	2.24	3.00	12.00	2.00	173.79		
	2.24	3.00	8.20	2.00	118.76		
	0.56	144.00	1.50	2.00	261.27		

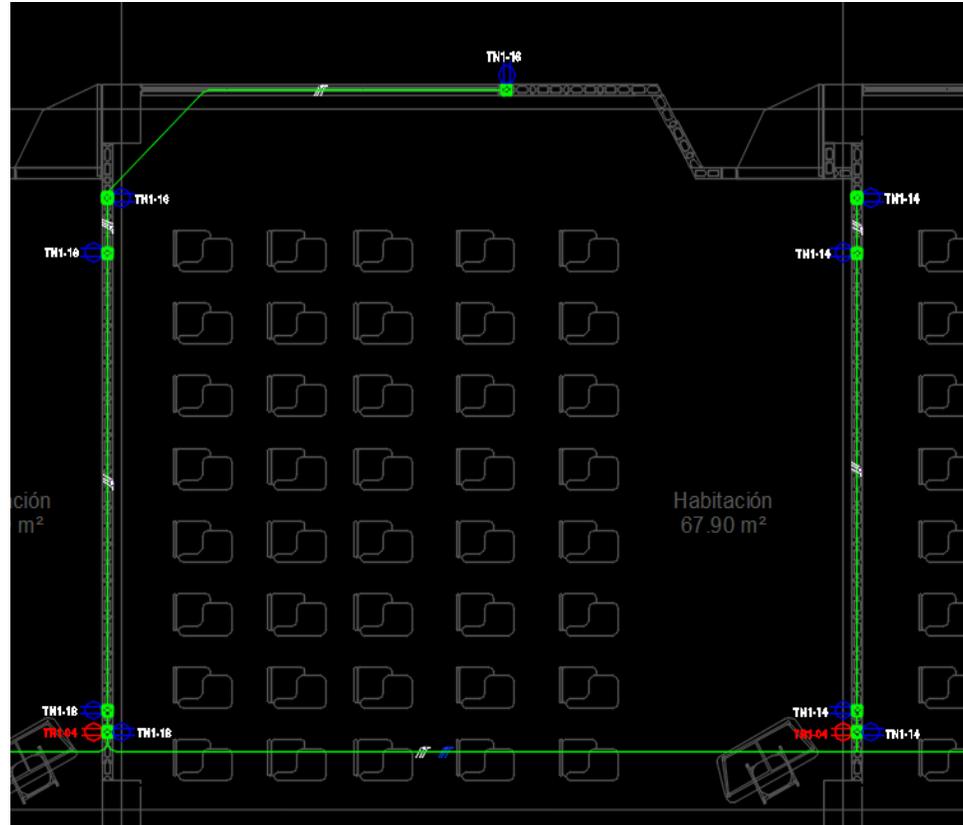
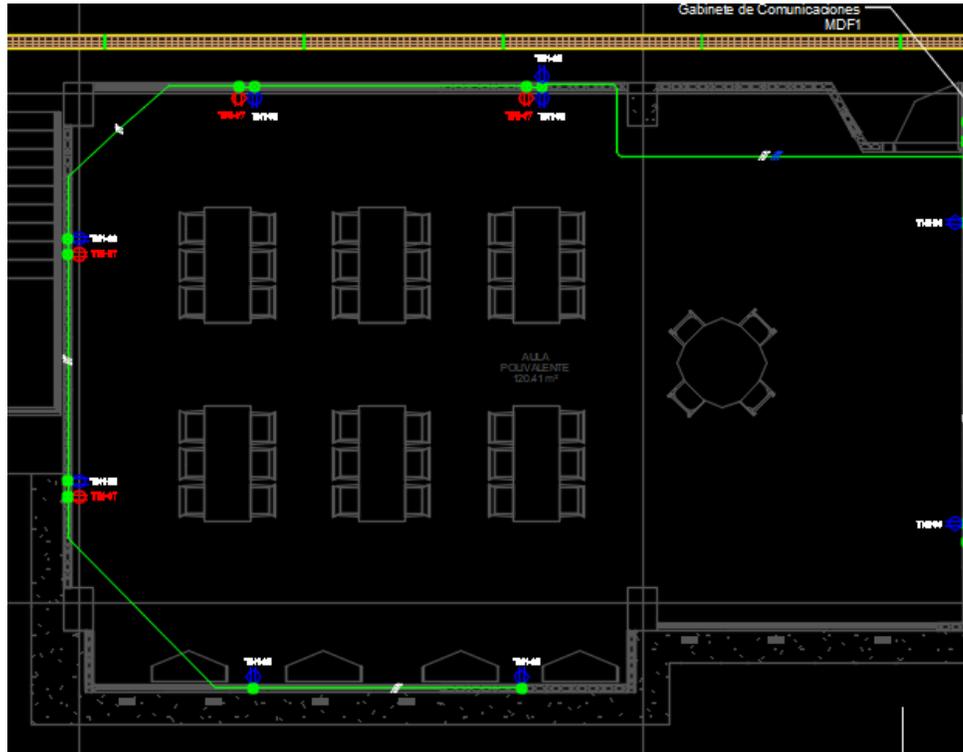


VALORES Y DISTRIBUCIÓN DE PLACAS	TRU 1 C-1	SUN 16
	SEPRET	SECON
12.20		

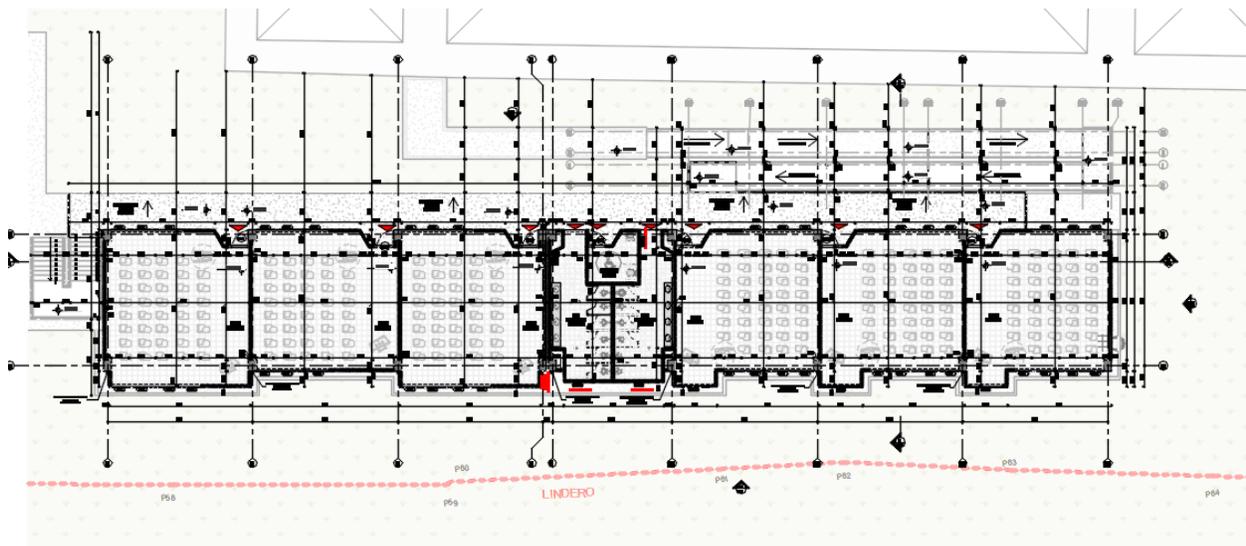
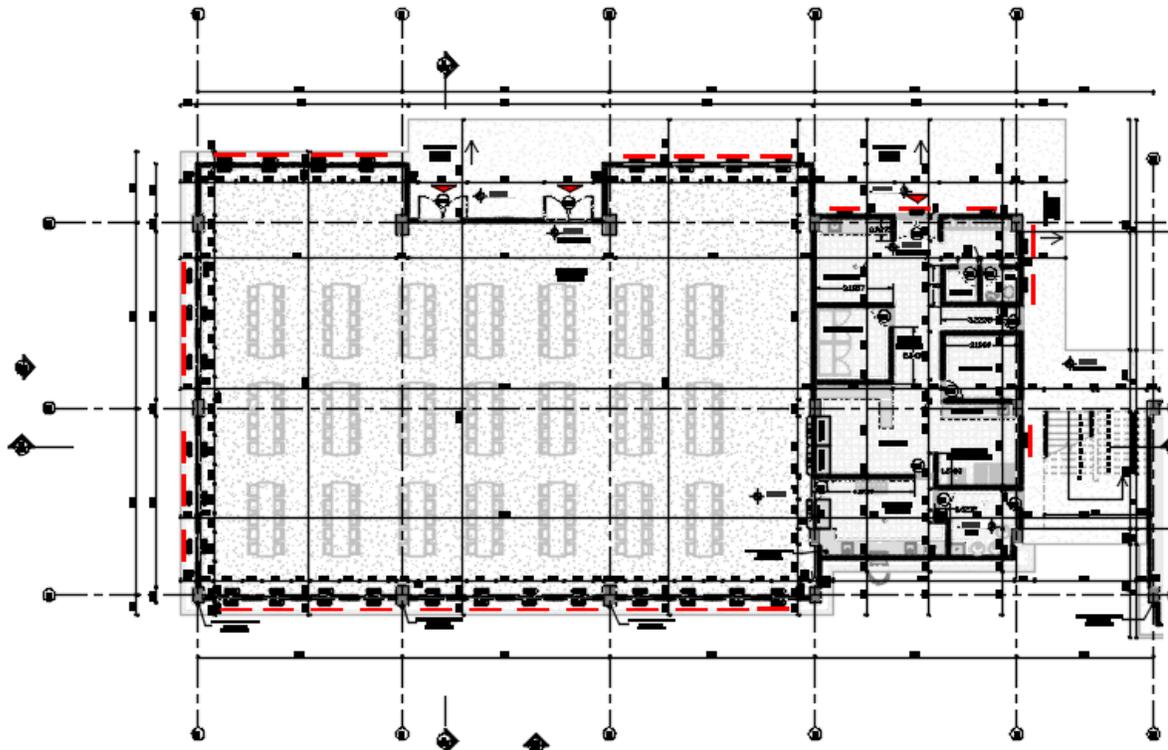
(Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2021).

Anexo 6. Insumo 2D planimetría hidrosanitaria por parte del especialista.

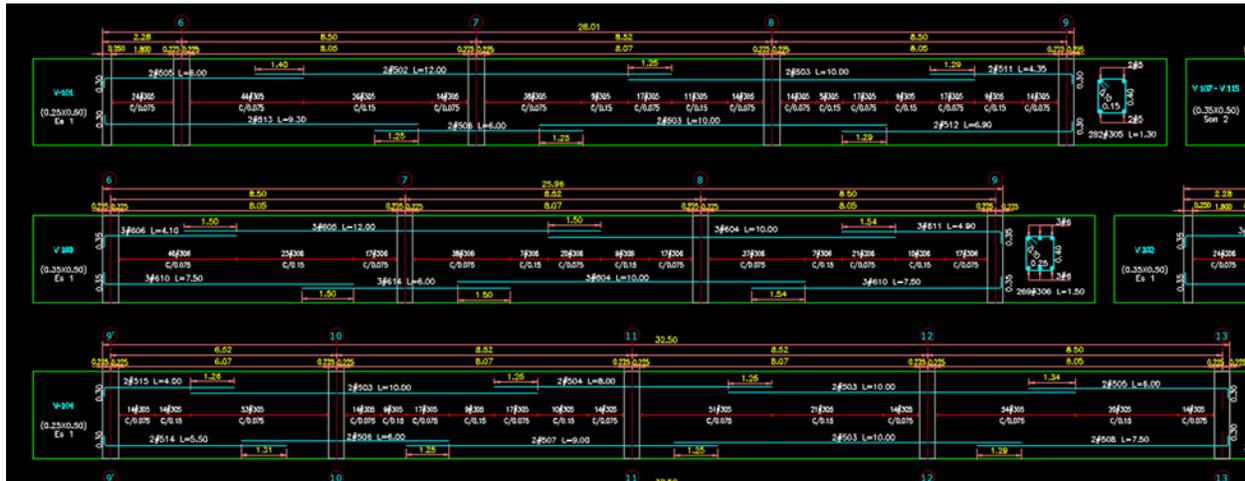


Anexo 7. Insumo 2D planimetría eléctrica por parte del especialista.

Anexo 8. Insumo 2D planimetría arquitectónica por parte del especialista.

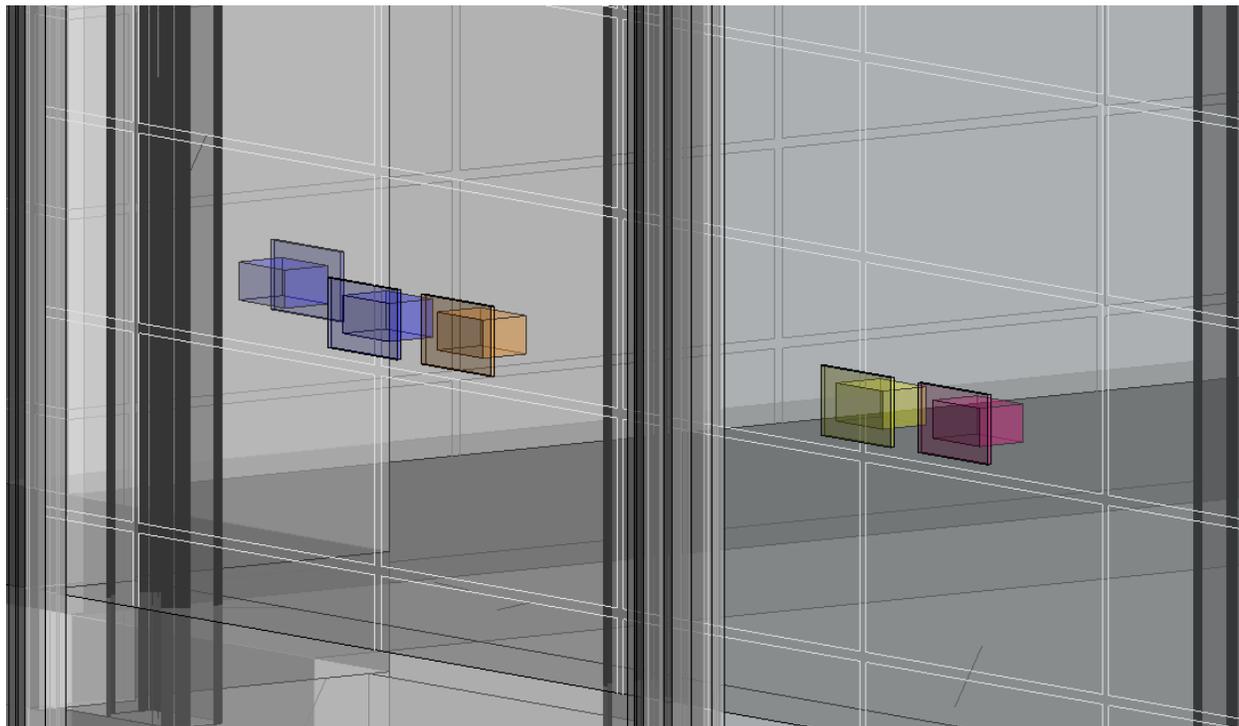


Anexo 9. Insumo 2D planimetría estructural por parte del especialista.

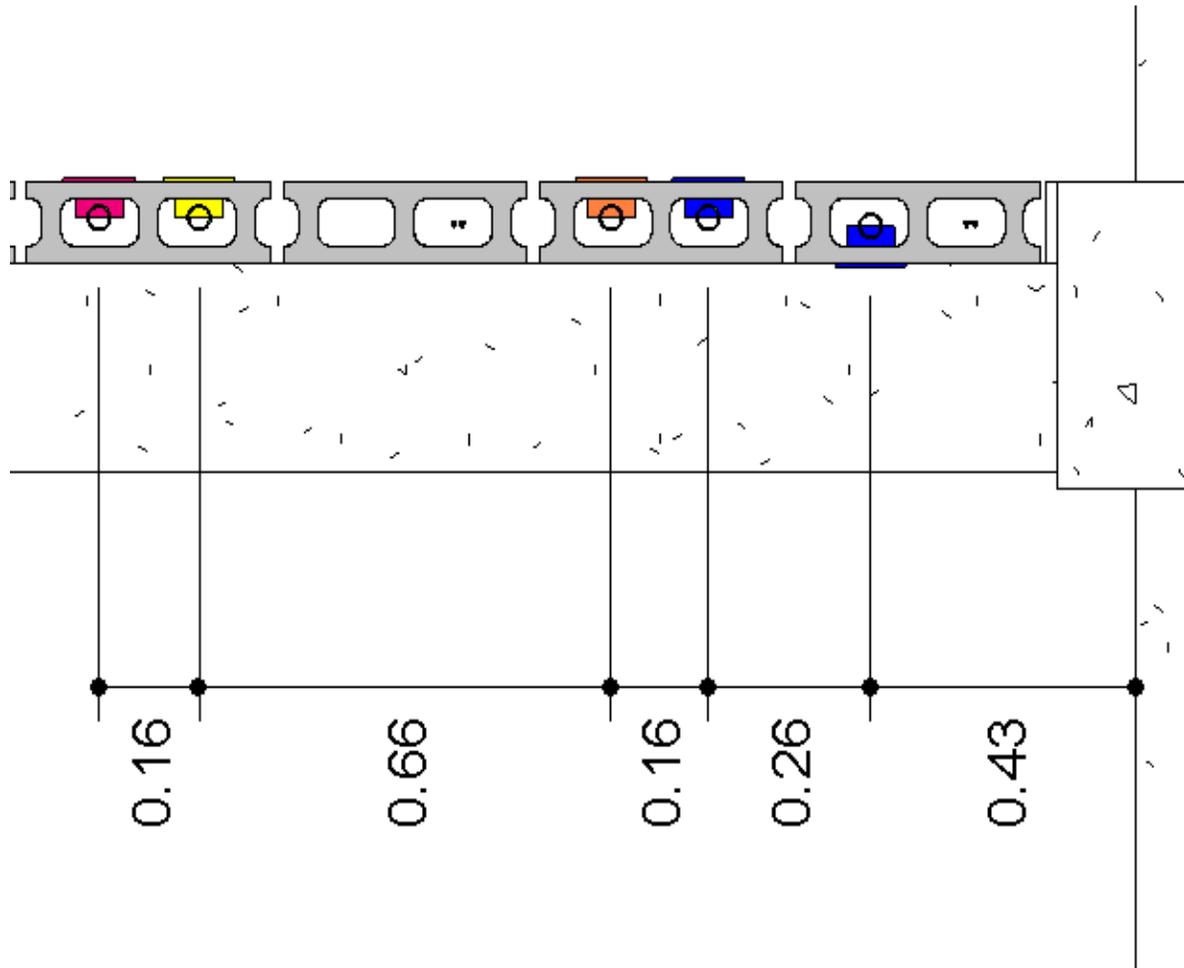


CUADRO DE CANTIDADES

N°	Ø	FIGURA	LONG.(m)	CANT	L.TOTAL	PESO (kg)
301	3/8"		2.00	1746	3492	1955.52
302	3/8"		0.75	3492	2619	1466.64
303	3/8"		0.55	3492	1920.6	1075.54
304	3/8"		1.80	1039	1870.2	1047.31
305	3/8"		1.30	652	847.6	474.66
306	3/8"		1.50	2092	3138	1757.28
307	3/8"		1.40	1811	2535.4	1419.82
501	5/8"		3.80	6	22.8	35.39
502	5/8"		12.00	8	96	148.99
503	5/8"		10.00	49	490	760.48
504	5/8"		8.00	8	64	99.33
505	5/8"		6.00	10	60	93.12
506	5/8"		6.00	10	60	93.12

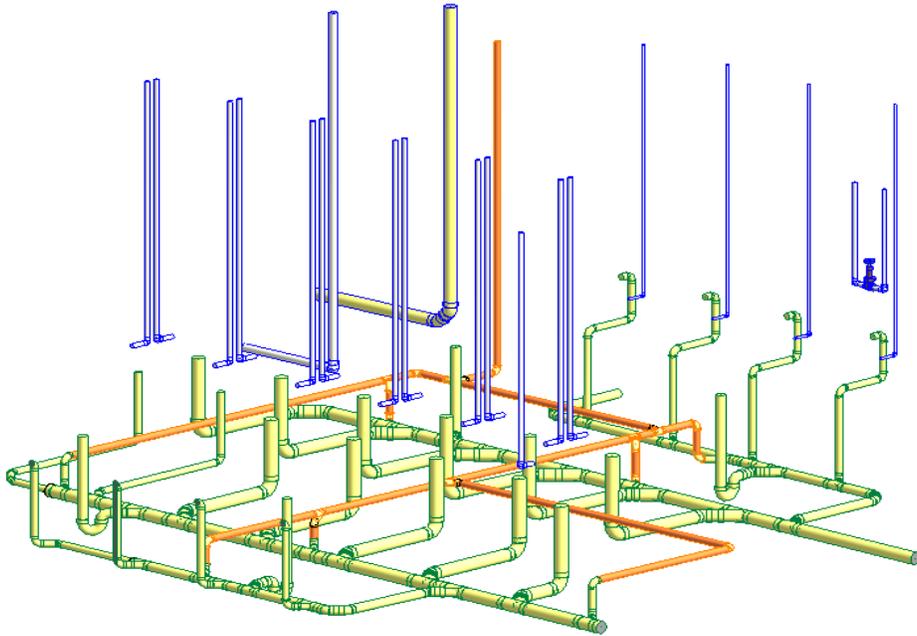
Anexo 10. Modelo 4D tomacorrientes eléctricos y de datos.

(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 11. Modulación dovelas y red eléctrica.

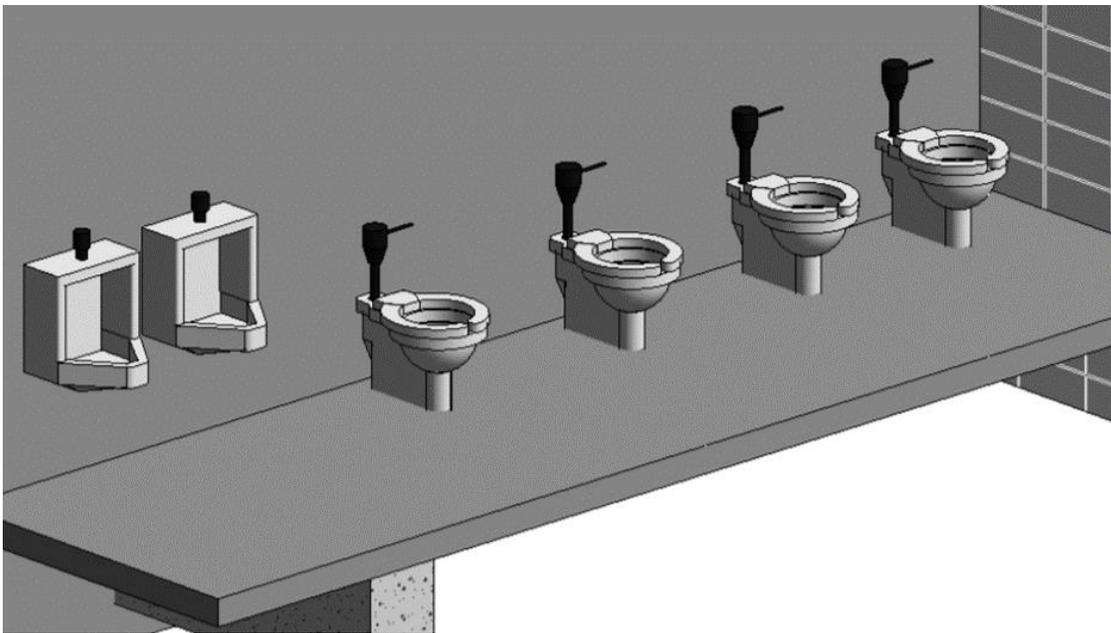
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 12. Insumo modelo 4D Bim diseño hidrosanitario.

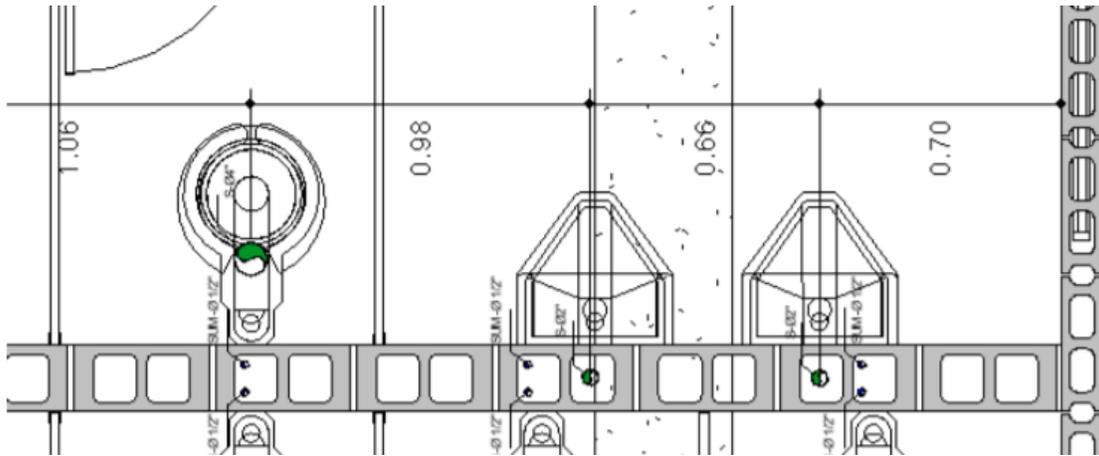


(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 13. Modelo 4d aparatos sanitarios.

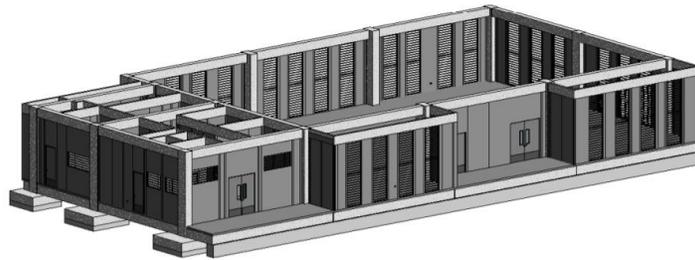


Anexo 14. Modelo 4D Bim en planta modulación sanitaria.



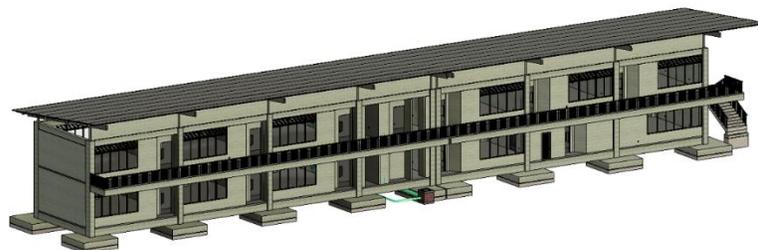
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 15. Modelo 4D diseño arquitectónico y estructural bloque 1.



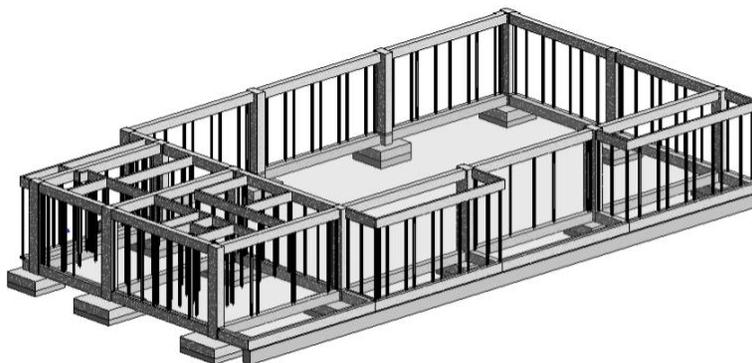
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 16. Modelo 4D diseño arquitectónico y estructural bloque 2.



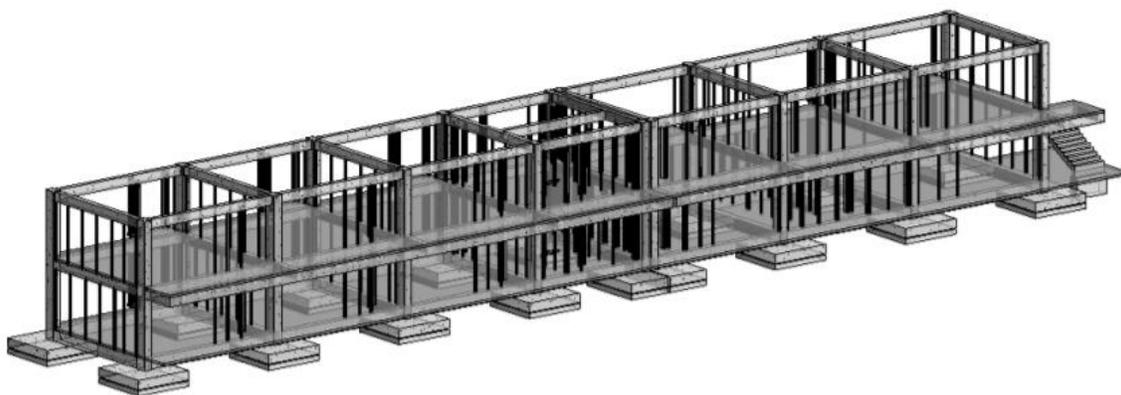
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 17. Modelo 4D diseño estructural bloque 1.



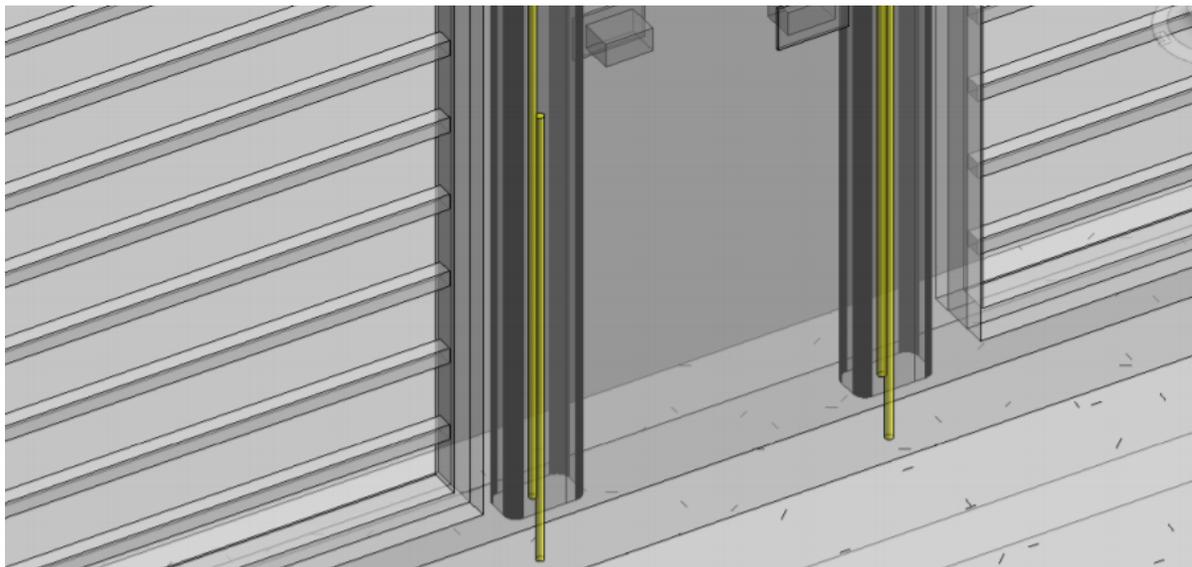
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 18. Modelo 4D Diseño Estructural Bloque 2.



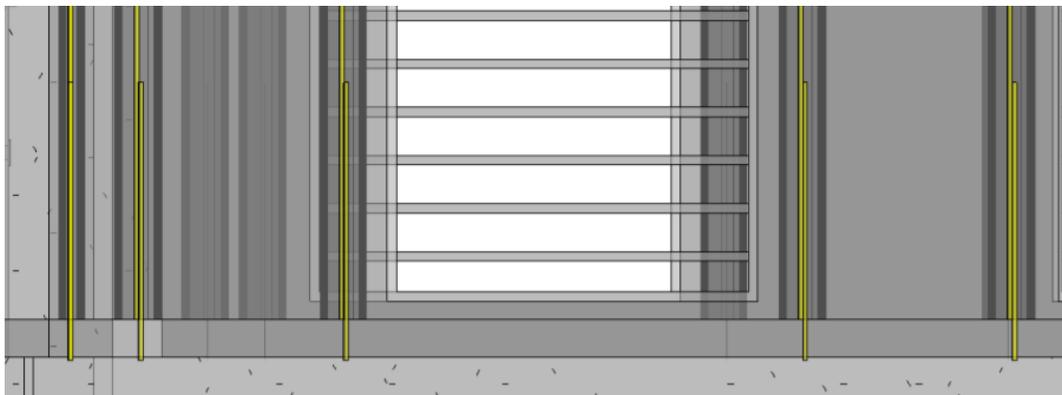
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 19. Detalle estructural traslapo dovelas bloque 1.



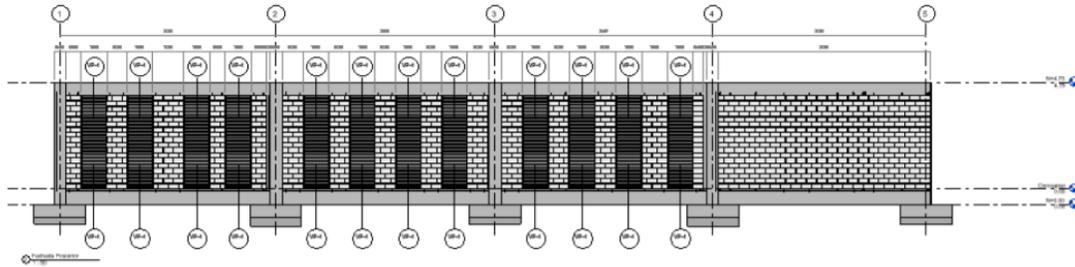
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 20. Detalle estructural traslapo dovela y persiana bloque.



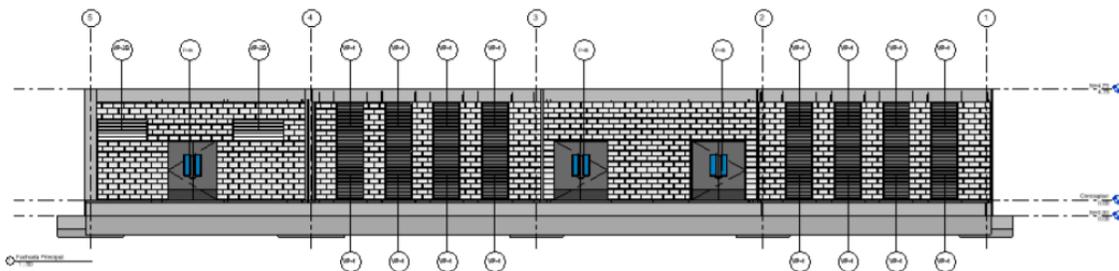
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 21. Alzado modulación mampostería y carpintería metálica fachada posterior bloque 1.



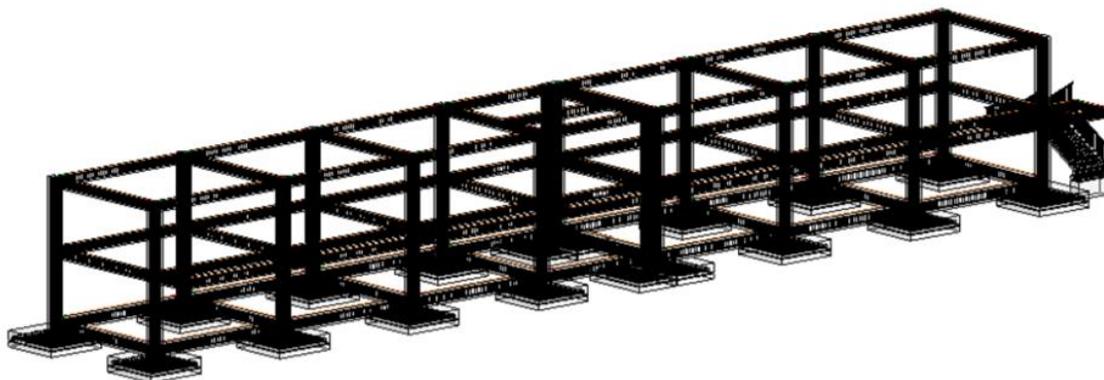
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 22. Alzado modulación mampostería y carpintería metálica fachada frontal bloque 1.



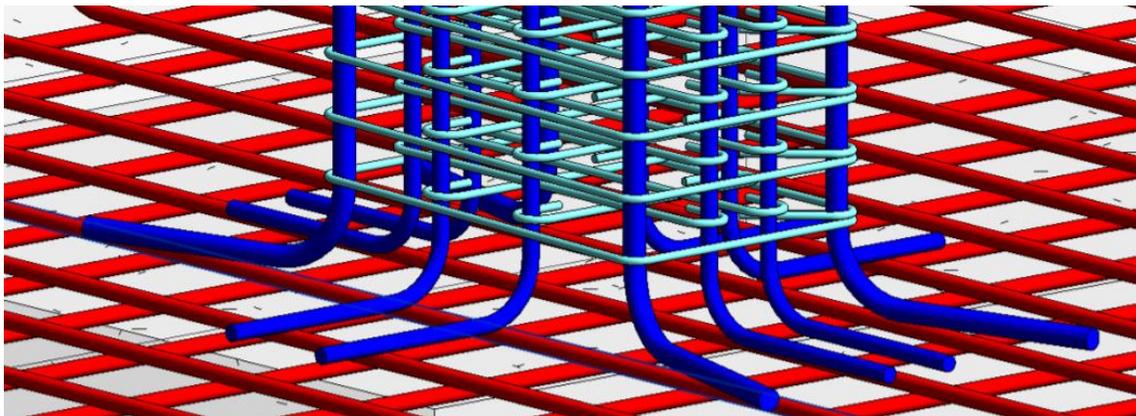
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 23. Modelo 4D diseño estructural acero de refuerzo bloque 2.



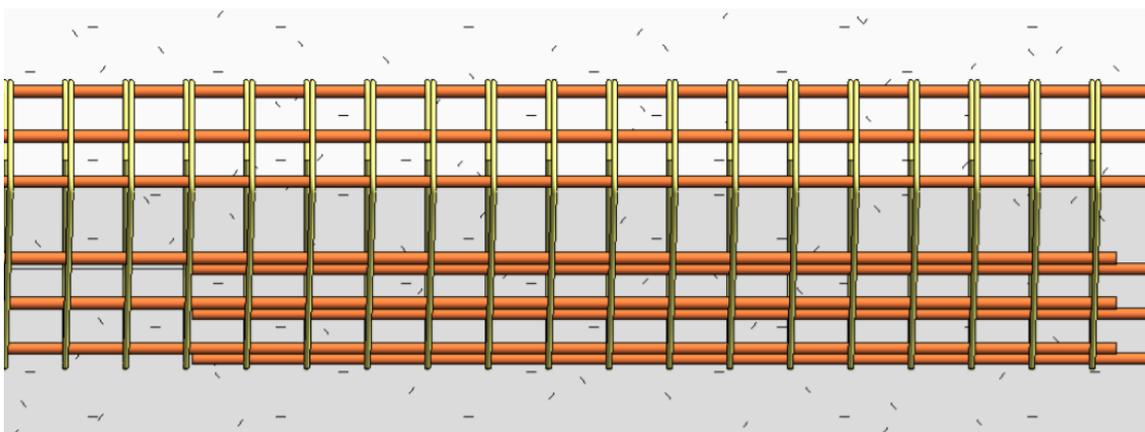
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 24. Detalle diseño estructural de zapata acero de refuerzo bloque 1.



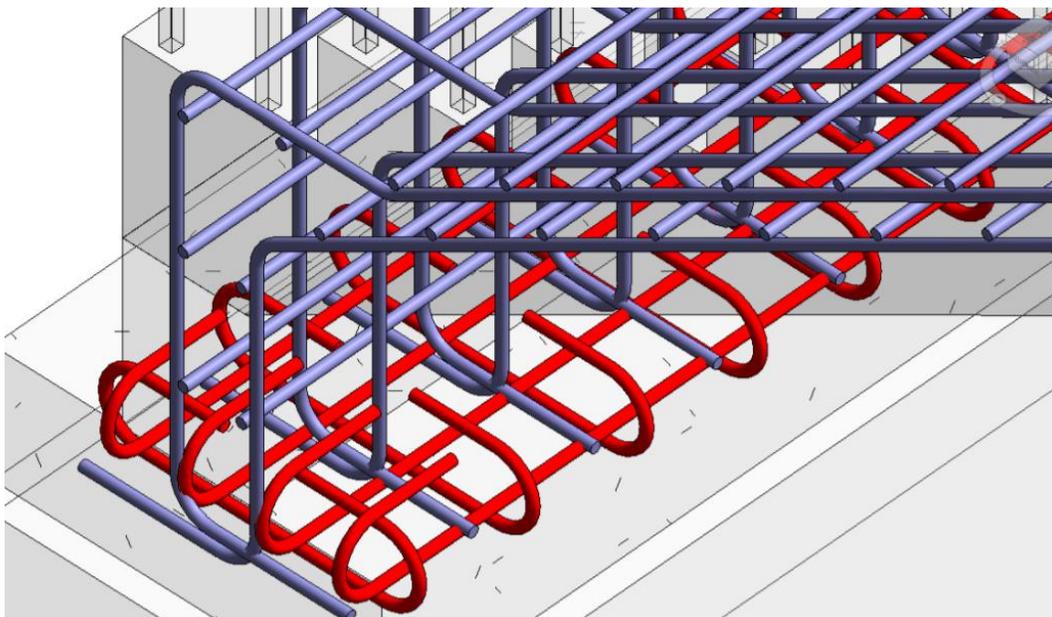
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 25. Detalle diseño estructural de viga acero de refuerzo bloque 1.



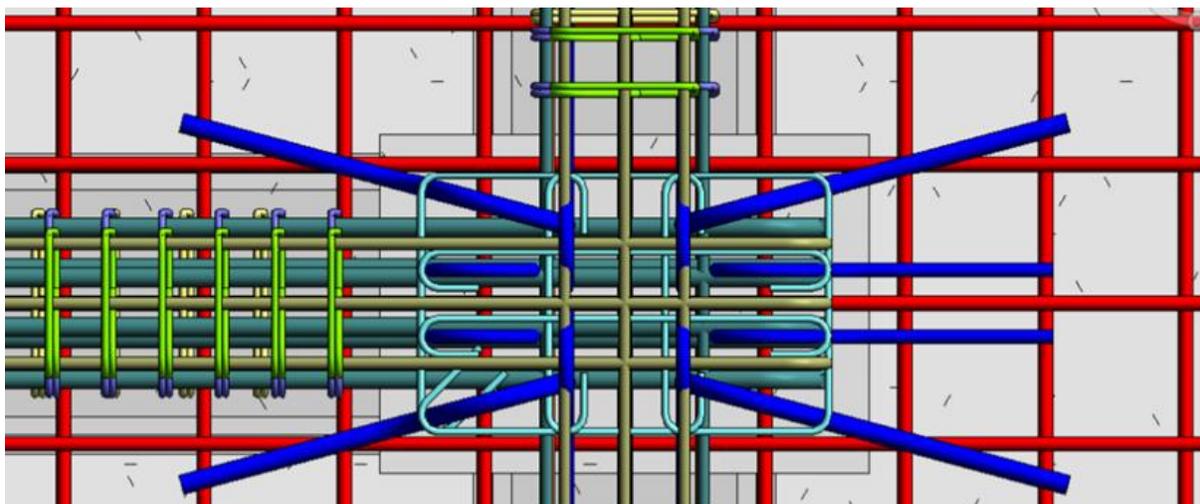
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 26. Detalle diseño estructural escalera acero de refuerzo bloque 1.



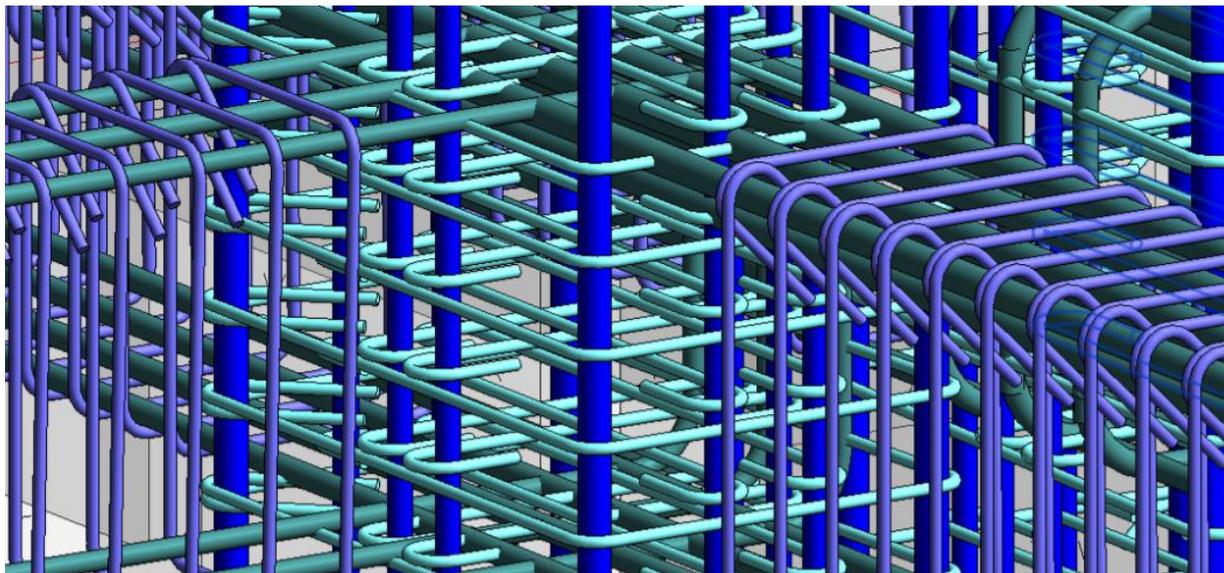
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 27. Detalle diseño estructural nudo viga, zapata, columna acero de refuerzo bloque 1.



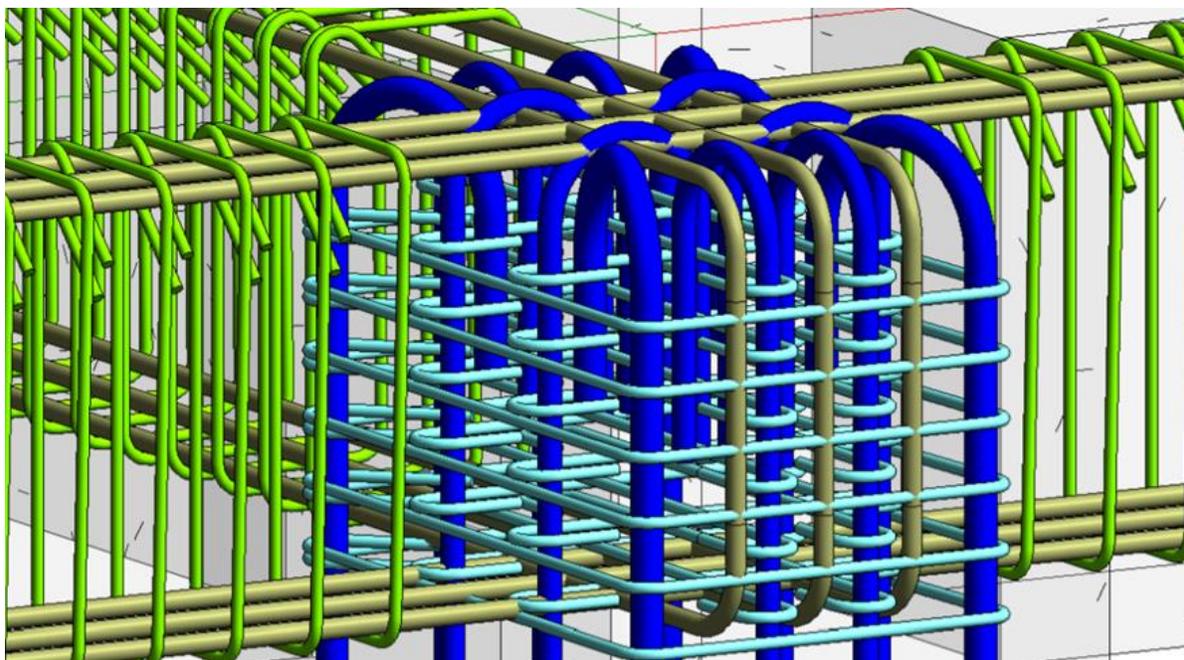
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 28. Detalle estribos y acero de refuerzo bloque 1.



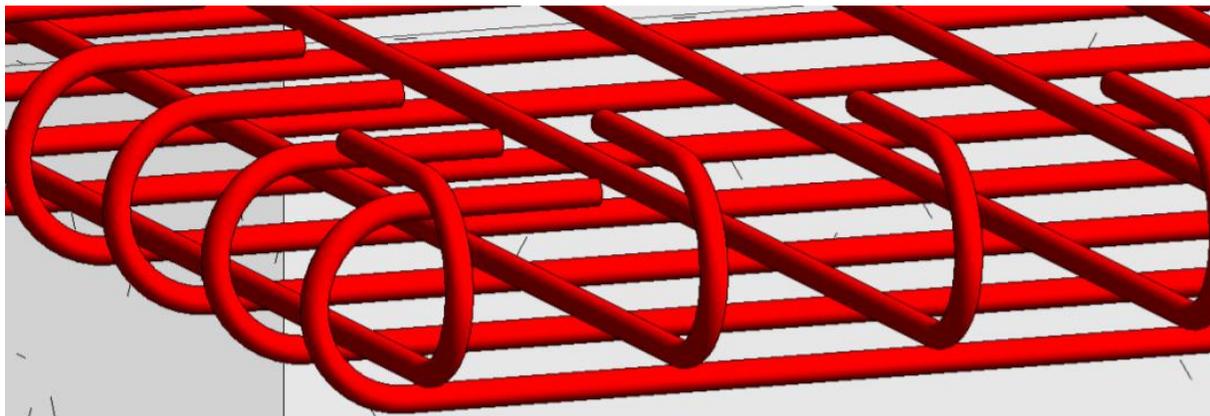
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 29. Detalle estribos y acero de refuerzo nudo columnas y vigas aéreas bloque 1.



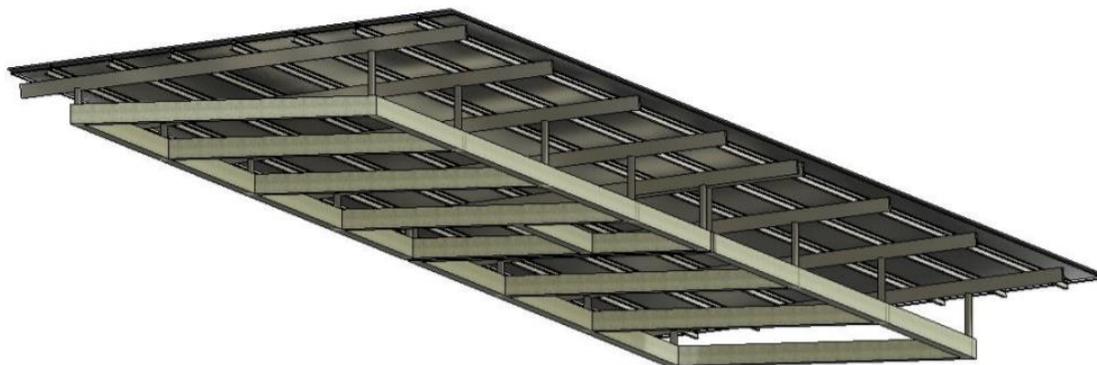
(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 30. Detalle estribos y acero de refuerzo zapata bloque 1.



(Revit Autodesk, 2020).

Anexo 31. Modelo 4D arquitectónico de cubierta bloque 2.



(Revit Autodesk, 2020).