

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN BIM PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO Y COSTO
EN LA PLANIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DEPORTIVAS
DE MEDIANA COMPLEJIDAD EN AREQUIPA, 2024**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Elaborado por

GONZALO CONDORI NINA

 [0009-0002-4842-6898](#)

Asesor

Dr. JOHN NELINHO TACZA ZEVALLOS

 [0000-0002-1763-9375](#)

LIMA – PERÚ

2025

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a mis queridos padres, Sebastián y Olga, a mi segunda madre, Dolores, que con sus esfuerzos he podido llegar hasta donde estoy, por sus enseñanzas, valores y buenos consejos, los cuales estaré eternamente agradecidos

A mis hermanos, Gloria, Marcelo y Vilma por ser los motores principales que me impulsan a seguir adelante.

A mis amistades formadas a lo largo de mi poca experiencia laboral por sus buenos deseos, consejos y encaminar en mi formación.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme salud y disciplina para el desarrollo de la presente tesis.

A mis padres y tía por todo el apoyo incondicional y comprensión que me brindaron durante todo este tiempo,

A mi asesor de tesis, Dr. John Nelinho Tacza Zevallos, por su guía en la elaboración de esta tesis.

A mi alma mater, Universidad Nacional de Ingeniería, a mis docentes de la facultad y compañeros por las formación, enseñanzas y experiencias en el transcurso de toda mi malla curricular que serán de mucha utilidad en la vida profesional

Resumen

En el Perú, la creciente brecha en infraestructura deportiva ha generado demandas ciudadanas, especialmente en el departamento de Arequipa, donde muchas comunidades carecen de instalaciones adecuadas para la práctica del deporte y la recreación. Aunque los gobiernos han impulsado programas de construcción para atender esta necesidad, numerosos proyectos presentan deficiencias como errores de diseño, sobrecostos y demoras, debido a una planificación deficiente y expedientes técnicos mal elaborados. Ante esta problemática, la presente tesis propone la aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) para optimizar el tiempo y los costos en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa. La investigación se basó en la elaboración de modelos 3D a partir de expedientes técnicos convencionales, con archivos en CAD, Excel, Word y PDF, aplicados en dos proyectos: uno en la provincia de Castilla y otro en La Unión. Los resultados demostraron mejoras en la precisión de metrados, alineación con la realidad del entorno y procedimientos constructivos más eficientes. La planificación basada en BIM permitió comparar el modelo inicial con simulaciones 4D, revelando beneficios concretos. En el proyecto 01, se redujo el tiempo en un 41,86 % y el costo total en un 4,11 %; en el proyecto 02, el tiempo se redujo en un 33,33 % y el costo en un 12,31 %. La tesis concluye que el uso de BIM mejora significativamente la calidad de la planificación y ejecución de proyectos, permitiendo identificar y corregir inconsistencias, por lo que se recomienda su implementación en todos los proyectos de infraestructura deportiva.

Palabras claves: BIM (Modelado de Información para la Construcción), Infraestructura deportiva, Optimización de recursos y Planificación de proyectos.

Abstract

In Peru, the growing gap in sports infrastructure has generated citizen demands, especially in the department of Arequipa, where many communities lack adequate facilities for sports and recreation. Although governments have promoted construction programs to address this need, numerous projects suffer from deficiencies such as design errors, cost overruns, and delays due to poor planning and poorly prepared technical files. Given this problem, this thesis proposes the application of the BIM (Building Information Modeling) methodology to optimize time and costs in the planning of medium-complexity sports infrastructure in Arequipa. The research was based on the development of 3D models from conventional technical files, with files in CAD, Excel, Word, and PDF, applied to two projects: one in the province of Castilla and another in La Unión. The results demonstrated improvements in measurement accuracy, alignment with the surrounding reality, and more efficient construction procedures. BIM-based planning allowed the initial model to be compared with 4D simulations, revealing concrete benefits. In Project 1, time was reduced by 41,86 % and total cost by 4,11 %; in Project 2, time was reduced by 33,33 % and cost by 12,31 %. The thesis concludes that the use of BIM significantly improves the quality of project planning and execution, allowing for the identification and correction of inconsistencies. Therefore, its implementation is recommended for all sports infrastructure projects.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), Sports Infrastructure, Resource Optimization, and Project Planning.

ÍNDICE

Resumen	iv
Abstract.....	v
Prólogo.....	xix
Capítulo I. Introducción	20
1. 1. Generalidades	20
1. 2. Descripción del problema de investigación	21
1. 3. Objetivos del estudio.....	23
1.3.1. Objetivo General	23
1.3.2. Objetivos Específicos.....	23
1. 4. Hipótesis.....	23
1.4.1. Hipótesis General	23
1.4.2. Hipótesis Específicas	23
1. 5. Antecedentes investigativos.....	24
1.5.1. Antecedentes Internacionales	24
1.5.2. Antecedentes Nacionales	25
Capítulo II. Marco teórico y conceptual.....	28
2. 1. Metodología BIM.....	28
2.1.1. Definición BIM.....	28
2.1.2. Modelos BIM.....	29
2.1.3. Herramientas BIM	30
2.1.4. Usos BIM	31
2. 2. Dimensiones BIM.....	32

2.2.1. BIM 4D.....	32
2.2.2. BIM 5D.....	32
2. 3. Herramientas BIM	33
2.3.1. Revit	33
2.3.2. Navisworks	33
2.3.3. Ms Project.....	34
2.3.4. Powercost	34
2.3.5. Delphin Express.....	35
2. 4. Análisis de Costo Unitario	35
2. 5. Presupuesto.....	36
2. 6. Programación de Obra.....	36
2. 7. Rendimiento.....	36
2. 8. Ciclo de vida del proyecto	37
2.8.1. Fase de planificación del proyecto	37
2.8.2. Fase de ejecución del proyecto.....	38
2.8.3. Fase de liquidación del proyecto	38
2. 9. Proyecto de inversión.....	39
2.9.1. Proyecto de inversión pública	39
2.9.2. IOARR	40
2.9.3. Gobierno local.....	40
2.9.4. Unidad ejecutora de inversiones	41
2.9.5. Unidad formuladora	41
2. 10. Optimización de costos en infraestructuras deportivas.....	42
2. 11. Optimización de tiempo en infraestructuras deportivas	43

2. 12. Optimización de calidad en infraestructuras deportivas.....	43
2. 13. Infraestructura deportiva de mediana complejidad	44
Capítulo III. Descripción del proyecto	46
3. 1. Proyecto 01.....	46
3.1.1. Descripción	46
3.1.2. Datos Generales del Proyecto	49
3.1.3. Revisión Del Expediente Técnico.....	51
3.1.4. Renders – Modelos 3D	52
3. 2. Proyecto 02.....	58
3.2.1. Descripción	58
3.2.2. Datos Generales del Proyecto	59
3.2.3. Revisión Del Expediente Técnico.....	61
3.2.4. Renders – Modelos 3D	62
Capítulo IV. Aplicación de la metodología BIM para optimizar costos	64
4. 1. Proyecto 01.....	64
4.1.1. Metodología Empleada	64
4.1.2. Consideraciones parra estimación del presupuesto	65
4.1.3. Proceso de Modelado	67
4.1.4. Presupuesto Expediente Técnico (ejecutado)	70
4.1.5. Análisis de Presupuesto.....	72
4.1.6. Presupuesto general.....	98
4. 2. Proyecto 02.....	99
4.2.1. Metodología Empleada	100
4.2.2. Consideraciones parra estimación del presupuesto	100

4.2.3. Proceso de Modelado	103
4.2.4. Presupuesto Expediente Técnico (ejecutado)	104
4.2.5. Análisis de Presupuesto.....	106
4.2.6. Presupuesto general.....	114
Capítulo V. Implementación de la metodología BIM para optimizar tiempos	115
5. 1. Metodología Empleada	116
5. 2. Consideraciones parra estimación del plazo de ejecución de obra	116
5. 3. Proyecto 01.....	117
5.3.1. Proceso de Simulación 4D.....	117
5.3.2. Plazo de Ejecución Contractual	121
5.3.3. Plazo de Ejecución Real	121
5.3.4. Análisis de Plazo de Ejecución Proyectado (Simulado).....	122
5.3.5. Plazo de Ejecución Simulado.....	127
5.3.6. Modificación de Costo Indirecto	130
5. 4. Proyecto 02.....	138
5.4.1. Proceso de Simulación 4D.....	138
5.4.2. Plazo de Ejecución Contractual	140
5.4.3. Plazo de Ejecución Real	140
5.4.4. Análisis de Plazo de Ejecución Proyectado (Simulado).....	141
5.4.5. Plazo de Ejecución Simulado.....	145
5.4.6. Modificación de Costo Indirecto	149
Capítulo VI. Metodología BIM para mejorar la calidad de las infraestructuras deportivas	154
6. 1. Proyecto 01.....	154

6.1.1. Detección de interferencias.....	155
6. 2. Proyecto 02.....	159
6.2.1. Detección de interferencias.....	159
Capítulo VII. Análisis de resultados.....	161
7. 1. Proyecto 01.....	161
7.1.1. Gestión de los costos (5D).....	161
7.1.2. Gestión del tiempo (4D)	163
7. 2. Proyecto 02.....	165
7.2.1. Gestión de los costos (5D).....	165
7.2.2. Gestión del tiempo (4D)	167
7. 3. Control de calidad	169
Conclusiones	170
Recomendaciones	172
Referencias bibliográficas	174

Lista de tablas

Tabla 1 Presupuesto expediente inicial y modificado	48
Tabla 2 Presupuesto base	51
Tabla 3 Presupuesto actualizado.....	52
Tabla 4 Presupuesto base	61
Tabla 5 Presupuesto actualizado.....	62
Tabla 6 Resumen de presupuesto de expediente técnico por componentes.....	70
Tabla 7 Resumen del presupuesto técnico incluido las Modificaciones Presupuestales N°01 y N°02.....	71
Tabla 8 Tabla de cuantificación para la partida de solados.....	74
Tabla 9 Tabla de cuantificación de la partida de concreto en zapatas	74
Tabla 10 Tabla de cuantificación de la partida de concreto de sobrecimientos.....	75
Tabla 11 Tabla de cuantificación de la partida de concreto en sardinel	76
Tabla 12 Resumen de partida de encofrado y desencofrado en sardinel.....	76
Tabla 13 Tabla de cuantificación en concreto de columnas	76
Tabla 14 Tabla de cuantificación de concreto en vigas	77
Tabla 15 Tablas de cuantificación de la partida de vigueta metálica	77
Tabla 16 Comparación de la partida de vigueta metálicas usando modelos BIM	78
Tabla 17 Tabla de cuantificación de partida de soportes verticales.....	78
Tabla 18 Comparación de los metrados para la partida de soportes verticales	79
Tabla 19 Resumen de Metrado para tuberías PVC SEL	80
Tabla 20 Resumen de metrados de la partida de Tubería PVC SEL.....	80
Tabla 21 Resumen de partida de Revoques, Enlucidos y Moldaduras.....	80
Tabla 22 Comparación del Metrado de tarrajeo en columnas, vigas y cerco.....	81
Tabla 23 Comparación de metrados para las partidas de pintura y sobrecimiento.....	81
Tabla 24 Tabla de cuantificación del suministro e instalación de Grass sintético	81
Tabla 25 Tabla de cuantificación de cimientos corridos en SS. HH.....	82
Tabla 26 Tabla de cuantificación de la partida sobrecimientos en SS. HH.....	82

Tabla 27	Tabla de cuantificación de la partida de concreto en zapatas en SS. HH.....	82
Tabla 28	Tabla de cuantificación para concreto en columnas y vigas en SS. HH	83
Tabla 29	Tabla de cuantificación del concreto en vigas	83
Tabla 30	Metrado de perfil tubular para cobertura de teja andina en SS. HH.....	84
Tabla 31	Influencia en el presupuesto de las partidas de la especialidad: estructuras	84
Tabla 32	Metrados de la partida de redes de distribución de agua fría	84
Tabla 33	Metrados de la partida de redes de distribución de agua para desagüe.....	85
Tabla 34	Influencia en el presupuesto por las partidas de redes de agua fría	85
Tabla 35	Influencia en el presupuesto de las partidas redes para desagüe	85
Tabla 36	Metrado de tuberías PVC-SAP para luz.....	86
Tabla 37	Influencia en el presupuesto de las partidas de Tuberías de luz	86
Tabla 38	Metrado de la partida de Baldosas Acústicas.....	87
Tabla 39	Metrado de la cobertura Tipo Teja Andina	87
Tabla 40	Influencia en el presupuesto de las partidas de pintado y tarrajeo de muros interiores y baldosas.....	88
Tabla 41	Análisis de costo unitario de la partida de Cercha parabólica por m.....	89
Tabla 42	Resumen de tabla de cuantificación de vigas.....	90
Tabla 43	Cálculo de material de tubos rectangulares y cuadrado que son necesarios para la cercha o viga de cada eje	91
Tabla 44	Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=3.50m.....	91
Tabla 45	Comparación de los metrados para la partida de cerco metálico	92
Tabla 46	Cálculo de material de para paneles de Malla Olímpica 2.46x3.40m de una longitud total de 52.22m.....	93
Tabla 47	Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=3.50m.....	94
Tabla 48	Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=2.40m.....	95
Tabla 49	Tabla de cuantificación para la partida de cerco metálico con malla olímpica ..	96
Tabla 50	Cálculo de material de para paneles de Malla Olímpica de h=2.40m de una longitud total de 70.24m.....	97
Tabla 51	Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=2.40m.....	97

Tabla 52 Resumen del presupuesto empleando modelos BIM	98
Tabla 53 Resumen de presupuesto de expediente técnico por componentes.....	104
Tabla 54 Resumen del presupuesto técnico modificado	105
Tabla 55 Tabla de cuantificación para la partida de cerco malla metálica 2"x2" c/columna de 3"	106
Tabla 56 Tabla de cuantificación para la partida de colocación de malla raschell	107
Tabla 57 Tabla de cuantificación de la partida de colocación de malla raschell	108
Tabla 58 Análisis de costo unitario de la partida de Estructura Metálica por glb	109
Tabla 59 Tabla de cuantificación para las columnas de estructura metálica	110
Tabla 60 Tabla de cuantificación para las vigas de estructura metálica	111
Tabla 61 ACU Propuesto de acuerdo a los materiales extraídos de Revit	112
Tabla 62 Tabla de cuantificación de la partida de estructura metálica	113
Tabla 63 Resumen del presupuesto empleando modelos BIM	114
Tabla 64 Plazo de ejecución del proyecto de infraestructura deportiva	121
Tabla 65 Cronograma actualizado por ampliación de plazo	122
Tabla 66 Planificación de la partida más incidente en ruta crítica	123
Tabla 67 Plazo de ejecución de obra actualizado	127
Tabla 68 Desagregado de gastos generales para el plazo inicial.....	130
Tabla 69 Desagregado de gastos de supervisor para el plazo inicial	132
Tabla 70 Presupuesto actualizo por mayores gastos generales	134
Tabla 71 Desagregado de gastos generales para cronograma actualizado	134
Tabla 72 Desagregado de gastos de supervisor para cronograma actualizado	136
Tabla 73 Plazo de ejecución del proyecto de infraestructura deportiva.....	140
Tabla 74 Cronograma actualizado por ampliación de plazo	141
Tabla 75 Planificación de la partida más incidente en ruta crítica	143
Tabla 76 Plazo de ejecución de obra actualizado	145
Tabla 77 Desagregado de gastos generales para el plazo inicial.....	149
Tabla 78 Desagregado de gastos de supervisor para el plazo inicial	151

Tabla 79 Desagregado de gastos generales para cronograma actualizado	151
Tabla 80 Desagregado de gastos de supervisor para cronograma actualizado	153
Tabla 81 Presupuesto expediente técnico con modificaciones	161
Tabla 82 Presupuesto mediante la implementación de Herramientas BIM.....	161
Tabla 83 Comparativa de plazo de ejecución real y plazo de ejecución simulado.....	163
Tabla 84 Presupuesto expediente técnico con modificaciones	165
Tabla 85 Presupuesto mediante la implementación de Herramientas BIM.....	166
Tabla 86 Comparativa de plazo de ejecución real y plazo de ejecución simulado.....	167

Lista de figuras

Figura 1 Vista 3D General del Proyecto	52
Figura 2 Vista 3D General de la Losa deportiva con Cobertura Metálica.....	53
Figura 3 Vista 3D General del drenaje pluvial de Cobertura Metálica (II.SS.).....	53
Figura 4 Vista 3D General del drenaje pluvial de Cobertura Metálica (II.SS.).....	53
Figura 5 Vista 3D General de las luminarias en Losa Deportiva (II.EE.).....	54
Figura 6 Vista 3D General de la Especialidad de Estructuras en SS.HH.....	54
Figura 7 Vista 3D General de la Especialidad de Estructuras en SS.HH.....	55
Figura 8 Vista 3D General de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias en SS.HH. ...	55
Figura 9 Vista 3D General de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas en SS.HH.....	56
Figura 10 Vista 3D General de la Especialidad de Arquitectura en SS.HH.....	57
Figura 11 Vista 3D General de la Especialidad de Arquitectura en SS.HH.....	57
Figura 12 Vista 3D General del Proyecto	62
Figura 13 Vista 3D General de la Losa deportiva con Malla Raschell	63
Figura 14 Vista 3D General Interior de la Losa deportiva	63
Figura 15 Modelamiento BIM en Revit	65
Figura 16 Automatización del modelo federado con Dynamo	66
Figura 17 Creación del presupuesto de obra del proyecto	66
Figura 18 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica	68
Figura 19 Vista 3D del Componente 02: Servicios Higiénicos	69
Figura 20 Visualizamos la herramienta de SheetLink, del complemento de DiRootsOne, para la exportación de Revit a Excel.....	72
Figura 21 Topografía del área de intervención del proyecto.....	73
Figura 22 ACU de la partida de cercha Metálica del PowerCost	88
Figura 23 Sección de cercha o viga metálica en Revit en elevación.	90
Figura 24 Se observa el modelo las distintas mallas metálicas de H=3.50m y H=2.40m	92
Figura 25 Modelamiento BIM en Revit	100
Figura 26 Creación del presupuesto de obra del proyecto	101

Figura 27 Modulo BIM 5D – BP en Delphin Express, importación IFC del modelo RVT	101
Figura 28 Modulo BIM 5D – BP en Delphin Express	102
Figura 29 Análisis por componente y partida de acuerdo a elemento de modelo RVT..	102
Figura 30 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Estructura Metálica y Malla Raschell.....	103
Figura 31 Exportación de tablas de planificación con complemento de DiRootsOne - SheetLink.....	106
Figura 32 ACU de Estructura Metálica en forma global del Expediente Técnico	108
Figura 33 Vista 3D de la estructura metálica en 6 ejes, con ello se puede realizar el ACU con mayor exactitud de los materiales, sin alterar los rendimientos de mano de obras y maquinaria.....	109
Figura 34 ACU de Estructura Metálica realizando el análisis por materiales, mano de obra y equipos en Delphin Express.....	111
Figura 35 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica	119
Figura 36 Vista 3D del Componente 02: Servicios Higiénicos	120
Figura 37 Modelo federado de la infraestructura deportiva	120
Figura 38 Programación de obra en Ms Project de plazo de ejecución simulado, primera parte	125
Figura 39 Programación de obra en Ms Project de plazo de ejecución simulado, segunda parte	125
Figura 40 Programación en Ms Project - Navisworks.....	128
Figura 41 Simulación componente de cimentación en SSHH y cerco perimétrico.....	128
Figura 42 Simulación componente servicios higiénicos – cerco perimétrico	129
Figura 43 Simulación 4D izaje de cercha metálica.....	129
Figura 44 Simulación – finalización del proyecto.....	130
Figura 45 Vista 3D de la Losa Deportiva con Estructura Metálica y Malla Raschell	139
Figura 46 Programación de obra en Ms Project de plazo de Ejecución Simulado.....	144
Figura 47 Asignación de conjunto para la Programación en TimeLiner-Navisworks	145
Figura 48 Programación en Ms Project - Navisworks.....	146
Figura 49 Simulación componente de excavaciones y cerco perimétrico.....	146

Figura 50 Simulación componente de losa de concreto, columnas metálicas	147
Figura 51 Simulación 4D izaje de vigas metálica, malla raschell y pintura	147
Figura 52 Simulación – finalización del proyecto.....	149
Figura 53 Uso de Clash detective en infraestructura deportiva	155
Figura 54 Interferencia tubería con falso piso detectada en el proyecto.....	155
Figura 55 Instalaciones sanitarias en SSHH antes del vaciado del falso piso	156
Figura 56 Interferencia entre las viguetas y la cobertura de teja andina en el proyecto.	157
Figura 57 Colocación de teja andina en SS.HH.	157
Figura 58 Interferencia tubería con vigas de concreto detectada en el proyecto	158
Figura 59 Uso de Clash detective en infraestructura deportiva.....	160
Figura 60 Incompatibilidad en la viga metálica y colocación de malla raschell	160

Lista de símbolos y siglas

BIM - Building Information Modeling

ISO - International Organization for Standardization

UEI - Unidad Ejecutora de Inversiones

UF – Unidad Formuladora

CUI - Código Único de Inversión

PIP - Proyecto de Inversión Pública

IOARR - Índice de Obras de Acondicionamiento y Rehabilitación de Redes

CAD – Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)

CBR - California Bearing Ratio (Índice de capacidad de soporte del suelo)

QTO - Quantity Takeoff (Extracción de cantidades en modelos BIM)

TR4 - Tipo de cobertura metálica (Calaminón TR4)

Prólogo

A lo largo de los años, la falta de infraestructura deportiva adecuada ha sido una preocupación constante en el Perú, afectando la calidad de vida de la población y limitando el acceso a espacios óptimos para la práctica deportiva. Esta problemática, presente en diversas regiones del país, se manifiesta con especial énfasis en el departamento de Arequipa, donde muchas comunidades carecen de instalaciones apropiadas y cercanas. En respuesta a esta necesidad, distintos gobiernos han promovido la construcción de infraestructuras deportivas; sin embargo, estos proyectos suelen enfrentar deficiencias en su planificación y ejecución, lo que conlleva sobrecostos, ampliaciones de plazos y problemas de calidad que afectan su funcionalidad a largo plazo.

En este contexto, surge la motivación para desarrollar esta investigación, cuyo propósito es evaluar la aplicación de la metodología BIM en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad. A través de un enfoque innovador basado en modelos tridimensionales, se busca optimizar costos y tiempos en la ejecución de estos proyectos, brindando una herramienta efectiva para la toma de decisiones en el sector de la construcción.

El desarrollo de esta tesis no solo responde a una inquietud profesional, sino también a la necesidad de contribuir con soluciones que permitan mejorar la eficiencia en la gestión de la infraestructura pública. La implementación de tecnologías como BIM representa un avance significativo en la planificación de obras, facilitando un control más preciso sobre los recursos y reduciendo las incertidumbres que pueden afectar el proceso constructivo.

Este trabajo busca demostrar la viabilidad de la metodología BIM en la infraestructura deportiva, ofreciendo un marco de referencia para futuras investigaciones y promoviendo el uso de herramientas digitales en el sector. Se espera que los resultados sirvan de guía para optimizar proyectos y mejorar la gestión de recursos en beneficio de la comunidad.

Capítulo I. Introducción

1. 1. Generalidades

La administración de proyectos para infraestructuras deportivas de nivel medio en Arequipa, Perú, plantea desafíos singulares que demandan soluciones innovadoras y eficaces. En este contexto, la adopción de modelos BIM (Modelado de Información de Construcción) ha ido ganando terreno como una herramienta cada vez más valorada para optimizar la gestión de proyectos de ingeniería civil. Durante la construcción de complejos residenciales multifamiliares, es evidente que surgen diversas incompatibilidades y desafíos inherentes a la construcción de viviendas a gran escala. Estos problemas tienen su origen desde las etapas iniciales del proyecto, debido a una falta de desarrollo y planificación en el diseño (Guevara y Quinto, 2021).

La utilización de modelos BIM posibilita que los equipos de proyecto visualicen y analicen los datos del proyecto en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas y la colaboración entre los diversos participantes involucrados. Además, la aplicación de modelos BIM puede contribuir a disminuir los costos y los plazos de construcción, mejorar la calidad de las edificaciones y reducir los riesgos asociados con la construcción de infraestructuras deportivas de nivel medio. Durante el proceso de diseño y construcción de un proyecto arquitectónico, surgen numerosas instancias de retrabajo desde las etapas iniciales, lo que impacta de manera desfavorable en los costos y el cronograma de entrega (Naranjo, 2021).

Con este trasfondo, el presente estudio tiene como propósito examinar la implementación de modelos BIM en la gestión de proyectos de infraestructuras deportivas de nivel medio en Arequipa, Perú, durante el año 2024. A través del análisis de casos prácticos y la revisión de la literatura pertinente, se espera brindar recomendaciones prácticas y eficaces para la implementación de modelos BIM en proyectos de infraestructuras deportivas en Arequipa y en otras regiones con características similares.

1. 2. Descripción del problema de investigación

A nivel internacional, la implementación de Modelos BIM en proyectos de infraestructuras deportivas enfrenta la problemática de una adopción desigual y la falta de estándares internacionales consensuados. La ausencia de una estandarización de procesos y la interoperabilidad entre diferentes partes interesadas complica la optimización global de costos y calidad, afectando la coherencia de la información y la comunicación a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta situación crea desafíos para aprovechar plenamente los beneficios del BIM en la planificación, diseño, construcción y operación de instalaciones deportivas a nivel mundial (Sánchez et al., 2019). La capacitación insuficiente del Personal, la falta de capacitación adecuada del personal involucrado en proyectos deportivos limita la comprensión y aplicación efectiva de los Modelos BIM. Esto puede resultar en una subutilización de la tecnología y, por ende, en la incapacidad de aprovechar completamente los beneficios de la optimización de costos y calidad (López, 2022).

Las limitaciones en la Gestión del Ciclo de Vida del Proyecto, la gestión eficiente del ciclo de vida de la infraestructura deportiva es crucial, pero la limitada implementación de BIM dificulta la gestión integral de la información, afectando calidad y eficiencia a largo plazo. Abordar estos problemas internacionalmente requerirá esfuerzos coordinados entre gobiernos, entidades deportivas, profesionales de la construcción y desarrolladores de software. Los desafíos incluyen entrega de documentos técnicos, falta de información detallada y errores debido a metodologías CAD desactualizadas (Sánchez et al., 2019). La implementación de Modelos BIM en infraestructuras deportivas en Perú enfrenta desafíos que impactan en la optimización de costos y tiempo. A nivel nacional, los principales retos incluyen la baja conciencia y conocimiento sobre BIM, especialmente en este sector; la resistencia al cambio y apego a métodos tradicionales; la falta de programas de capacitación especializados; y la ausencia de estándares y normativas claras que generan inconsistencias en los procesos de implementación. Estos problemas limitan los beneficios que BIM podría aportar en términos de reducción de costos y mejora de la calidad en

proyectos de construcción de infraestructura deportiva (Pari, 2021).

La falta de directrices unificadas dificulta la estandarización y optimización de costos y calidad en la infraestructura tecnológica. La insuficiente inversión en tecnología necesaria para BIM puede ser una barrera significativa. La carencia de herramientas adecuadas limita la eficiencia en la gestión del proyecto. La ausencia de incentivos financieros desmotiva la adopción de BIM en proyectos deportivos. Para abordar estos desafíos en Perú, se necesita una estrategia integral que incluya capacitación, concientización y colaboración entre entidades gubernamentales, profesionales de la construcción, instituciones educativas y la industria privada, promoviendo buenas prácticas y creando incentivos para la adopción de Modelos BIM (Arancibia, 2023). La implementación de Modelos BIM para infraestructuras deportivas en Arequipa enfrenta desafíos debido a la baja adopción actual. La falta de conciencia sobre los beneficios de BIM para la gestión de costos, tiempo y calidad contribuye a esta situación. Superar la resistencia al cambio en la industria de la construcción es crucial para el éxito de la implementación. Identificar y abordar estos desafíos permitirá aprovechar al máximo la eficiencia de los proyectos deportivos, optimizando costos y tiempos, y mejorando la calidad (Deza, 2020).

Las infraestructuras deportivas presentan desafíos únicos en diseño, construcción y operación, requiriendo un enfoque especializado con la integración eficaz de BIM. La capacitación de profesionales y la concientización son cruciales para el éxito. Evaluar las regulaciones locales es necesario para garantizar la conformidad legal. La tesis en Arequipa debe identificar casos de éxito de implementación de BIM en proyectos deportivos. Superar estos desafíos contribuirá al avance de los Modelos BIM en infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, construyendo una sólida base para su implementación (Reyes, 2020).

1. 3. Objetivos del estudio

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la implementación de la metodología BIM para optimizar el tiempo y costo en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, 2024.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la eficiencia en la gestión del tiempo al implementar la planificación con metodología BIM en infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa.
- Evaluar la optimización en la gestión del costo al implementar la planificación con metodología BIM en infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa.
- Evaluar el impacto de la implementación de BIM en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, analizando la eficacia en la reducción de tiempos y costos, así como la mejora en la calidad de los proyectos.

1. 4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Se logra optimizar el tiempo y costo aplicando la metodología BIM en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, 2024.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- La aplicación de la Metodología BIM logra optimizar el tiempo en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, 2024.
- La implementación de la Metodología BIM logra optimizar el costo en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, 2024.
- La implementación de la Metodología BIM mejora la calidad en la planificación de

infraestructuras deportivas de mediana complejidad en Arequipa, 2024.

1. 5. Antecedentes investigativos

1.5.1. Antecedentes Internacionales

Se revisó estudios publicados sobre implementación y beneficios de la metodología BIM en proyectos de construcción a nivel mundial. En la investigación de Nieto (2023), cuyo objetivo es analizar la implementación de BIM en la fase de preconstrucción de proyectos mediante casos de estudio que revelan sus beneficios y desafíos. Los contratistas utilizan BIM para coordinación multidisciplinar, visualización del diseño y evaluación de la constructabilidad, con actividades clave como planificación 4D y 5D, logística del sitio e ingeniería de valor. Los principales beneficios incluyen reducción de costos y tiempos, mejora de la calidad del diseño, optimización de la eficiencia energética y disminución de esfuerzos de los equipos. Los desafíos incluyen falta de conocimiento, limitaciones tecnológicas y requisitos insuficientes del modelo BIM.

En la investigación de Díaz et al. (2021), cuyo objetivo general fue analizar la aplicación del diseño generativo en la ingeniería estructural, recopilando experiencias y evaluando su factibilidad. Se seleccionaron casos de estudio sobre optimización de elementos, generación de diseños eficientes y reducción de costos. Los datos recopilados, analizados con técnicas cualitativas y cuantitativas, demostraron la viabilidad y eficacia del diseño generativo, destacando la optimización de elementos estructurales y la aceptación de los profesionales sobre su empleo en proyectos de ingeniería civil. En el estudio de Pérez et al. (2019), cuyo objetivo fue implementar Lean Construction y Building Information Modeling en la gestión de la construcción de viviendas populares en Torreón, México, con el objetivo de evaluar beneficios económicos y de tiempo. Mediante herramientas como cartas balance, análisis BIM 4D y diagramas de Gantt, se logró aumentar la productividad y eficiencia del proceso constructivo, obteniendo soluciones claras para mejorar la planificación y ejecución del proyecto.

Galvis (2022), en su estudio analizó la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura en Colombia, evaluando los beneficios de adoptar modelos BIM para mejorar productividad, eficiencia, calidad y confianza de los financiadores. Se estudiaron casos de proyectos públicos que utilizaron BIM, midiendo producción, costos, tiempos y calidad. Los resultados mostraron mejoras significativas en productividad, eficiencia y calidad, con reducción de conflictos, mejoras en diseño y precisión en estimaciones de costos. López (2022), en su investigación cuyo objetivo fue optimizar el diseño de mampostería estructural en el proyecto Ponte Verdi-Cota, corrigiendo la interacción entre elementos estructurales y redes, y evitando interferencias durante la construcción. Se utilizó software BIM para modelar en 3D, detectar interferencias y generar secuencias constructivas, lo que permitió un desarrollo colaborativo, controlando cambios y avances. Los resultados muestran que el uso de herramientas BIM optimizó el diseño, detectó y corrigió interferencias, y generó secuencias constructivas óptimas, resultando en ahorros de tiempo, prevención de reprocesos y cumplimiento del presupuesto.

1.5.2. Antecedentes Nacionales

Como antecedentes nacionales se tiene la investigación de Guevara y Quinto (2021), cuyo objetivo fue determinar la influencia de la filosofía BIM en el plazo y costo del núcleo estructural de la etapa 2 del proyecto de construcción Condominio Nuevo Nogales. Utilizando software como Revit y Navisworks, se analizó cómo la implementación de BIM afectó el proyecto, evaluando su impacto en plazos de ejecución y costos. La metodología comparó los datos de campo, validando la eficiencia y rentabilidad de BIM. Los resultados mostraron mejoras significativas en la gestión del proyecto, optimización de costos y reducción de errores gracias a BIM, concluyendo que su implementación aumentó la productividad y mejoró los resultados en la construcción. El objetivo de la investigación de Reyes (2020), fue identificar cómo aplicar la metodología BIM en la fase de construcción. El estudio incluyó casos sobre tecnología en proyectos, aplicación de BIM en gestión de construcción y beneficios del modelado 4D-5D. Se recopiló información de 15 artículos de

bases de datos como Redalyc, Scielo y Dialnet, entre 2010-2019, analizando la implementación de BIM en proyectos de varios países. Los principales resultados evidenciaron la eficacia de BIM para optimizar la construcción, mejorar la gestión de proyectos y reducir errores, resaltando la importancia de su aplicación temprana para mejorar la eficiencia, reducir costes y garantizar el éxito del proyecto.

En su estudio de Farfán y Chavil (2016), cuyo objetivo fue analizar la implementación de la metodología BIM en empresas constructoras peruanas, evaluando sus impactos cualitativos y cuantitativos, así como el retorno de inversión. Se seleccionaron casos de estudio de empresas que usaban activamente BIM, examinando sus procesos, beneficios y desafíos. Los datos se obtuvieron mediante encuestas, auditorías de proyectos y evaluaciones de impactos, utilizando un enfoque mixto. Los resultados destacaron los impactos positivos de BIM en la eficiencia, coordinación, reducción de errores y costos, y mejora de la calidad de la información en los proyectos. Pari (2021), en su estudio se centró en la aplicación de la metodología BIM para optimizar costos, tiempo y calidad en la construcción de puentes de concreto armado, tomando como caso de estudio el Puente Cahuiña. Se analizaron los procesos de implementación, resultados obtenidos y beneficios logrados, utilizando software especializado como Autodesk Revit. Los resultados mostraron que BIM es eficaz en la optimización de costos, reducción de tiempos de construcción y mejora de la calidad, destacando la importancia de promover el uso de herramientas tecnológicas en la gestión de proyectos de construcción para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector.

En la investigación de Arancibia (2023), cuyo objetivo fue aplicar herramientas tecnológicas BIM para optimizar la gestión de costos en la edificación multifamiliar Señoritas en Punta Hermosa, Perú en 2023. El análisis incluyó la optimización de procesos de planificación, seguimiento de costos, estimación de recursos y control de presupuesto mediante el uso de Autodesk Revit, Navisworks y programas de gestión de costos. Los resultados mostraron mayor precisión en estimación de costos, mejor planificación de

recursos y optimización del control presupuestario, concluyendo que la aplicación de herramientas BIM mejora significativamente la eficiencia y efectividad en los procesos de construcción.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2. 1. Metodología BIM

Barbieri (2020) en su apartado hace mención que la metodología BIM, constituye un enfoque colaborativo integral para la planificación, diseño, construcción y gestión de edificaciones e infraestructuras. BIM se sustenta en la generación y utilización de modelos tridimensionales inteligentes que incorporan información detallada acerca de cada componente de un proyecto de construcción. En contraposición al uso exclusivo de representaciones gráficas en dos dimensiones (planos), BIM posibilita la creación de modelos digitales que incluyen datos geométricos, así como información temporal, de costos, de materiales, de sostenibilidad y otros aspectos pertinentes. Estos modelos pueden ser compartidos y colaborados por distintos equipos y disciplinas a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto, desde la etapa de diseño hasta la operación y mantenimiento. La metodología BIM facilita una comunicación más eficaz y una toma de decisiones más fundamentada al proporcionar una perspectiva global y actualizada del proyecto. Esto contribuye a evitar errores, optimiza la eficiencia en la construcción y permite una gestión más eficiente de los recursos. BIM ha evolucionado para convertirse en una práctica estándar en el sector construcción, siendo adoptada globalmente con el objetivo de mejorar la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad en el desarrollo de proyectos.

2.1.1. Definición BIM

BIM es una metodología que emplea una representación digital compartida de un activo construido, abarcando no solo el diseño arquitectónico, sino también los aspectos estructurales, mecánicos y eléctricos. Su propósito es mejorar la eficiencia en el diseño, la construcción y la operación de proyectos, promoviendo la colaboración entre los equipos de trabajo y minimizando errores. Esta herramienta proporciona una base confiable para la toma de decisiones, facilitando la planificación y ejecución. Además, integra tanto información gráfica, como modelos 3D de tuberías y estructuras, como datos no gráficos,

incluyendo presupuestos, cronogramas y análisis de costos, lo que permite una gestión integral del proyecto durante todo su ciclo de vida.

El modelo de información se elabora de manera concurrente con el progreso de la inversión a lo largo de su Ciclo de Inversión, desde la Programación Multianual de Inversiones hasta su operación. Este modelo es colaborativo, siendo creado y compartido por todos los equipos, lo que optimiza la comunicación y el intercambio de información, independientemente de la magnitud o complejidad de la inversión. Es importante destacar que utilizar BIM no se limita a crear un modelo en 3D; también implica organizar toda la información de la inversión y realizar ajustes organizacionales que fortalezcan la formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los activos generados a partir de la inversión (Ministro de Economía y Finanzas, 2023).

2.1.2. Modelos BIM

En un modelo BIM, se integran datos como dimensiones, materiales, costos, plazos de construcción, secuencias de construcción, y otros detalles relevantes. Esta información se almacena de manera estructurada y se puede compartir entre los diferentes participantes en un proyecto, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la coordinación entre equipos.

De acuerdo con Hiberus (2019) los modelos BIM constituyen representaciones digitales tridimensionales e inteligentes de edificaciones o infraestructuras. Estos modelos albergan información detallada que abarca aspectos que van desde la geometría hasta datos específicos relativos al tiempo, costos, materiales, sostenibilidad y otros parámetros pertinentes del proyecto. En contraste con la dependencia exclusiva de representaciones gráficas bidimensionales, como los planos tradicionales, los modelos BIM integran datos multidisciplinarios en un entorno digital colaborativo. Estos modelos son aplicables a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la concepción y diseño hasta la construcción, operación y eventual demolición. Los modelos BIM posibilitan una gestión

más eficiente y colaborativa, al proporcionar una visión completa y actualizada de la información del proyecto. Esto facilita la toma de decisiones informada y contribuye a evitar errores durante las diversas fases del proyecto. La interoperabilidad de los modelos BIM facilita la colaboración entre distintos equipos y disciplinas, mejorando la eficiencia y calidad en la industria de la construcción.

2.1.3. Herramientas BIM

Echeverri (2021) detalla que el modelo BIM ofrece la oportunidad de gestionar diferentes aspectos de un proyecto, aprovechando las ventajas de diversas aplicaciones. Herramientas como Revit, Archicad y Allplan, junto con plugins especializados, son ampliamente utilizadas. Sin embargo, las herramientas más efectivas son aquellas que permiten una alta interoperabilidad y una integración fluida de datos en los procesos de arquitectura, construcción e ingeniería. La clave es lograr un flujo eficiente de información entre los diversos participantes del proyecto, minimizando el riesgo de pérdida de datos y reduciendo reprocesos al máximo.

Las herramientas BIM (Building Information Modeling) son aplicaciones y software diseñados para facilitar la implementación y gestión de procesos de modelado de información en construcción. Su objetivo es mejorar la colaboración, eficiencia y precisión en todas las fases de un proyecto.

- **Software de Modelado BIM**

Autodesk Revit: Para diseño, planificación y gestión de proyectos.

- **Herramientas de Colaboración**

Navisworks: Facilita la coordinación y revisión de modelos 3D.

- **Herramientas de Cuantificación y Presupuestación**

Tablas de cuantificación: Ayuda en la cuantificación de materiales desde el modelo BIM, desde el mismo Revit

Estas herramientas mejoran la eficiencia, reducen errores y optimizan la gestión de proyectos a lo largo de su ciclo de vida. La elección de herramientas BIM depende de las necesidades específicas del proyecto y las preferencias del equipo de proyecto.

2.1.4. Usos BIM

El Building Information Modeling (BIM) es una metodología de gestión y modelado digital en la construcción que permite integrar y optimizar procesos desde la etapa de diseño hasta la fase de ejecución. Dentro de sus aplicaciones, encontramos los siguientes usos fundamentales en ingeniería civil:

1. **Diseño de Especialidades:** BIM facilita la coordinación y el diseño de especialidades estructurales, eléctricas, mecánicas e hidráulicas en un modelo digital unificado, permitiendo identificar conflictos de diseño desde la fase inicial.

2. **Modelo 3D BIM:** Con BIM, se genera un modelo tridimensional del proyecto que incluye todos los detalles constructivos y especificaciones, permitiendo una visión clara y detallada de cada elemento y su interrelación.

3. **Estimación de Cantidades y Costos:** BIM permite extraer tablas y cálculos de cantidades con alta precisión, además de estimaciones de costos en función de los materiales, el tiempo de ejecución y otros factores, agilizando la presupuestación.

4. **Tablas de Planificación:** El sistema BIM facilita la creación de tablas de planificación detalladas que permiten organizar y controlar el cronograma, los recursos, y los costos en todas las fases de ejecución del proyecto.

5. **Visualización 3D:** Mediante el modelo tridimensional, BIM ofrece la posibilidad de visualizar y simular el proyecto antes de su construcción, permitiendo una mejor toma de decisiones y comunicación con el equipo y las partes interesadas.

6. **Detección de Interferencias:** BIM cuenta con herramientas que identifican conflictos o interferencias entre las diferentes disciplinas y especialidades, lo cual minimiza errores y retrabajos en el sitio de construcción.

7. Planificación de la Fase de Ejecución: Permite crear un cronograma detallado que se ajusta al avance real de la obra, con etapas y subetapas de ejecución, y así optimizar el uso de recursos y tiempos en cada fase del proyecto.

En conjunto, BIM se convierte en una herramienta integral que mejora la precisión, la eficiencia y la coordinación entre todas las especialidades involucradas en un proyecto de ingeniería civil.

2. 2. Dimensiones BIM

2.2.1. BIM 4D

BIM 4D es una evolución del Modelado de Información de Construcción (BIM) que añade la dimensión del tiempo al modelo tridimensional. Esto implica que, además de representar la geometría y los datos de un proyecto de construcción, BIM 4D permite la planificación y gestión visual del cronograma de la obra. Cada componente del modelo se vincula a un programa de construcción, lo que facilita la simulación del proceso constructivo a lo largo del tiempo. Esta capacidad ayuda a los equipos a visualizar el avance del proyecto en diferentes fases, identificando conflictos potenciales y optimizando la secuencia de actividades. Además, BIM 4D mejora la comunicación entre los involucrados en el proyecto, proporcionando una representación clara de las tareas y sus plazos, lo que contribuye a una mejor coordinación y a la reducción de retrasos y costos. En resumen, al integrar el tiempo en el modelado de información, BIM 4D potencia la planificación y ejecución en proyectos de ingeniería civil (Martínez et al., 2019)

2.2.2. BIM 5D

BIM 5D es una evolución del Building Information Modeling (BIM) que incorpora las dimensiones de tiempo y costo en el modelo digital de un proyecto de construcción. A diferencia del BIM tradicional, que se enfoca en la representación gráfica y gestión de información en tres dimensiones, el BIM 5D agrega elementos clave como la integración de datos financieros para estimar costos y monitorear el presupuesto durante todo el ciclo

de vida del proyecto. También incluye la programación de actividades y la secuenciación de tareas, facilitando así la planificación y gestión del tiempo de construcción. Además, permite simular diferentes escenarios para analizar cómo las decisiones impactan en costos y tiempos, y ofrece visualizaciones gráficas que muestran el efecto de cambios en el diseño o la programación en el presupuesto y cronograma. En resumen, BIM 5D es una herramienta valiosa para ingenieros civiles y gestores de proyectos, mejorando la toma de decisiones y la eficiencia en la gestión de recursos (Reyes Villarreal, 2020).

2. 3. Herramientas BIM

2.3.1. Revit

Revit es un software de modelado BIM de información de construcción creado por Autodesk, que se utiliza ampliamente en los ámbitos de la ingeniería civil y la arquitectura. Este programa permite a los profesionales desarrollar modelos tridimensionales de edificios y estructuras, lo que optimiza la planificación, diseño, construcción y gestión de proyectos de manera más eficaz. Entre sus características más notables se incluye la capacidad de modelado 3D, que proporciona visualizaciones detalladas y precisas, mejorando la comprensión del proyecto. Además, Revit promueve la colaboración en tiempo real entre equipos multidisciplinarios, facilitando actualizaciones instantáneas y disminuyendo el riesgo de errores. Su compatibilidad con otras herramientas de software y su enfoque en la sostenibilidad convierten a Revit en una solución integral para la industria de la construcción. (Sánchez Bonilla et al., 2019).

2.3.2. Navisworks

Este programa permite la integración de modelos tridimensionales de diversas disciplinas, lo que facilita la revisión y coordinación de proyectos complejos. Entre sus características más relevantes se encuentran herramientas avanzadas para la visualización de modelos en 3D, la detección de interferencias entre sistemas, la simulación del proceso constructivo, y la promoción de la colaboración entre equipos,

permitiendo que varios usuarios trabajen simultáneamente en un mismo modelo. Además, Navisworks se puede integrar con otros softwares de diseño y gestión, lo que mejora la eficiencia del flujo de trabajo. En resumen, es una herramienta fundamental que optimiza la visualización, la coordinación y la colaboración en el desarrollo de proyectos de construcción (Martínez et al., 2019).

2.3.3. Ms Project

MS Project es una herramienta de gestión de proyectos creada por Microsoft, muy utilizada en ingeniería civil y otras áreas. Su objetivo principal es facilitar la planificación, ejecución y supervisión de proyectos de manera eficaz. Entre sus características destacan la capacidad de establecer cronogramas, asignar tareas y definir relaciones de dependencia. También permite gestionar recursos humanos y materiales, optimizando su utilización. Además, ayuda a estimar y controlar los costos del proyecto, lo que permite realizar ajustes en tiempo real. Por último, proporciona herramientas para generar informes que permiten monitorear el progreso del proyecto, identificar retrasos y tomar decisiones informadas. En el ámbito de la ingeniería civil, MS Project se aplica en la gestión de proyectos de construcción, planificación de obras y control de tiempos y costos, así como en la coordinación entre distintos equipos de trabajo. En resumen, es una herramienta fundamental para los profesionales que gestionan proyectos, ya que ofrece un marco estructurado que mejora la eficiencia y efectividad en su ejecución (Vasquez-Lopez, 2019).

2.3.4. Powercost

Powercost es un software enfocado en la ingeniería civil, creado para facilitar la gestión y control de costos en proyectos de construcción. Este programa permite a los ingenieros y gerentes de proyectos realizar estimaciones de costos precisas, optimizar el uso de recursos y mejorar la planificación financiera de las obras. Sus características principales incluyen la elaboración de presupuestos detallados que consideran materiales y mano de obra, la realización de análisis comparativos y simulaciones para evaluar el

impacto de decisiones en el presupuesto, el apoyo en la planificación y seguimiento de las fases del proyecto, y la generación de informes personalizables según las necesidades del cliente. La implementación de Powercost es esencial para aumentar la eficiencia económica de los proyectos de construcción, reduciendo riesgos financieros y potenciando la rentabilidad (Cortez Valle, 2023).

2.3.5. Delphin Express

Delphin Express es un software diseñado para simular y analizar el transporte y la distribución de agua, así como para evaluar sistemas de drenaje y gestión de aguas pluviales. Su uso es común en la ingeniería civil y ambiental, ya que permite a los ingenieros modelar y anticipar el comportamiento de estos sistemas en diferentes escenarios. Entre sus principales funciones se destacan el modelado hidráulico, que facilita la creación de redes detalladas; la simulación de eventos climáticos para evaluar inundaciones; la optimización del uso de recursos hídricos; y una interfaz intuitiva que simplifica el análisis, incluso para aquellos sin formación técnica avanzada. En definitiva, Delphin Express es una herramienta esencial para los ingenieros civiles que buscan mejorar la gestión del agua y contribuir a un desarrollo urbano más sostenible (Cortez Valle, 2023).

2. 4. Análisis de Costo Unitario

Se define como el gasto relacionado con la realización de una unidad de medida de un recurso o actividad específica dentro de un proyecto. Este costo puede abarcar materiales, mano de obra, equipos y otros gastos indirectos. Se determina al dividir el costo total de un recurso entre la cantidad de unidades utilizadas. Este parámetro es crucial para la planificación y control de costos en proyectos de construcción, ya que facilita la estimación del presupuesto total y la evaluación de la eficiencia en el uso de recursos. Además, el costo unitario es útil para comparar diferentes proyectos y para tomar decisiones sobre la viabilidad económica de las obras (Guevara & Quinto, 2021).

2. 5. Presupuesto

El presupuesto es un documento clave que detalla los costos proyectados para un proyecto de construcción. Incluye todos los gastos asociados con su ejecución, como los costos de materiales, salarios y beneficios del personal, alquiler o compra de maquinaria, y gastos indirectos como seguros y permisos. Este documento se crea a partir de un análisis exhaustivo de los planos y especificaciones del proyecto, siendo esencial para la planificación financiera y la gestión adecuada de recursos. Además, actúa como una herramienta de control que permite comparar los costos reales con los estimados, facilitando ajustes cuando sea necesario. Un presupuesto bien diseñado es vital para asegurar la viabilidad económica del proyecto y prevenir sobrecostos y retrasos (Guevara & Quinto, 2021).

2. 6. Programación de Obra

La programación consiste en planificar, estructurar y gestionar los recursos y actividades de un proyecto de construcción. Este proceso incluye la elaboración de cronogramas, la asignación de tareas y la sincronización de los equipos de trabajo para garantizar que la ejecución del proyecto se lleve a cabo de manera eficiente y dentro del tiempo estipulado. Además, puede incluir el uso de software especializado para modelar y simular proyectos, optimizando recursos y anticipando posibles retrasos. Es esencial para la gestión de proyectos, permitiendo a los ingenieros prever necesidades, adaptar planes y mejorar la comunicación entre los involucrados. También puede integrar algoritmos y técnicas informáticas para abordar problemas complejos relacionados con el diseño y la construcción, como el análisis estructural y la gestión de materiales (Caballero Barboza, 2020).

2. 7. Rendimiento

El concepto de rendimiento se refiere a la efectividad en el uso de recursos, ya sean materiales, humanos o financieros, durante la ejecución de un proyecto. Este término es

fundamental para medir la productividad y la eficiencia de los procesos constructivos. El rendimiento se puede evaluar de varias maneras, como el rendimiento de materiales, que compara la cantidad de material utilizado con la necesaria para una tarea; el rendimiento laboral, que mide el trabajo realizado por un trabajador en un tiempo determinado; el rendimiento económico, que analiza la relación entre costos y beneficios; y el rendimiento de maquinaria, que evalúa la eficacia operativa de los equipos. Optimizar estos aspectos es crucial para mejorar el rendimiento en un proyecto, lo que puede resultar en menores costos, un uso más eficiente de los recursos y una ejecución más rápida (Martínez et al., 2019).

2. 8. Ciclo de vida del proyecto

El ciclo de vida de un proyecto comprende las diferentes etapas que se desarrollan desde su inicio hasta su finalización, siendo un concepto crucial para la gestión efectiva de recursos, tiempo y costos. Este ciclo se divide en cinco fases: en la primera, se define la idea del proyecto y se realizan estudios de viabilidad; en la segunda, se elabora un plan detallado que incluye cronogramas y presupuestos; la tercera fase implica la ejecución del plan mediante la construcción y supervisión de recursos; en la cuarta, se lleva a cabo un monitoreo constante del desempeño del proyecto, haciendo ajustes según sea necesario; y finalmente, en la fase de cierre, se completan las actividades, se evalúa el desempeño y se documentan las lecciones aprendidas. Cada una de estas fases es interdependiente y requiere una gestión cuidadosa para asegurar el éxito global del proyecto (Mamani, 2021)

2.8.1. Fase de planificación del proyecto

La fase de planificación de un proyecto establece los cimientos para su éxito al articular objetivos específicos, identificar los recursos requeridos, crear cronogramas y calcular costos. Esta etapa abarca la definición del alcance del proyecto, donde se detallan los entregables y requisitos; el diseño de un cronograma que organiza las actividades y sus secuencias; la estimación de los costos vinculados a cada actividad, incluyendo

materiales y mano de obra; la identificación de posibles riesgos y la formulación de estrategias para mitigarlos; la planificación de los recursos humanos y materiales necesarios; y la implementación de un plan de comunicación que asegure que todos los interesados estén informados y alineados con los objetivos del proyecto. Una planificación efectiva maximiza el uso de recursos y minimiza retrasos y sobrecostos, garantizando que el proyecto se ejecute dentro del tiempo y presupuesto establecidos.

2.8.2. Fase de ejecución del proyecto

La fase de ejecución del proyecto es una etapa fundamental donde se lleva a cabo la construcción de las obras planificadas. Esta fase abarca diversas actividades esenciales, como la preparación del terreno, que incluye su limpieza y nivelación; la construcción misma, que se realiza conforme a los planos y normas de calidad; y la gestión de recursos, que optimiza el uso de materiales y mano de obra para cumplir con los plazos. Además, se implementan controles de calidad para asegurar que los trabajos se ajusten a los estándares requeridos, y se establece una comunicación fluida entre todos los participantes del proyecto. La supervisión constante del avance permite realizar ajustes necesarios, garantizando así el éxito del proyecto, ya que cualquier error puede tener consecuencias significativas en el resultado final.

2.8.3. Fase de liquidación del proyecto

La fase de liquidación del proyecto es una etapa crucial que se realiza al finalizar un proyecto de construcción, donde se llevan a cabo diversas actividades para cerrar de manera ordenada todas las operaciones. Esta fase incluye la revisión de contratos para asegurar el cumplimiento de obligaciones, el cierre financiero que abarca la liquidación de cuentas y pagos a proveedores, y la compilación de la documentación final, como planos y certificados. Además, se evalúan los resultados del proyecto en función de los objetivos iniciales y se realiza la entrega formal al cliente, garantizando que se cumplan todos los requisitos. Finalmente, se documentan las lecciones aprendidas para mejorar futuros

proyectos, asegurando así la satisfacción del cliente y minimizando riesgos.

2. 9. Proyecto de inversión

Un Proyecto de Inversión Pública (PIP) es una acción gubernamental orientada a crear infraestructura o servicios que beneficien a la sociedad. Estos proyectos abarcan áreas como educación, salud, transporte y medio ambiente, entre otras. Su principal objetivo es mejorar la calidad de vida de la población, generando un impacto positivo en el desarrollo social y económico. Se financian a través de recursos del estado, fondos internacionales o asociaciones público-privadas. Además, requieren estudios de viabilidad para evaluar costos, beneficios y riesgos, asegurando su sostenibilidad a largo plazo. La correcta ejecución de estos proyectos se supervisa bajo normativas establecidas, y a menudo se busca la participación de la comunidad en su planificación y desarrollo, promoviendo así la transparencia y la rendición de cuentas. Los PIP son esenciales para atender necesidades inmediatas y fomentar un crecimiento equitativo y sostenible en las comunidades (Ministro de Economía y Finanzas, 2023).

2.9.1. Proyecto de inversión pública

Un Proyecto de Inversión Pública (PIP) es una acción gubernamental orientada a crear infraestructura o servicios que beneficien a la sociedad. Estos proyectos abarcan áreas como educación, salud, transporte y medio ambiente, entre otras. Su principal objetivo es mejorar la calidad de vida de la población, generando un impacto positivo en el desarrollo social y económico. Se financian a través de recursos del estado, fondos internacionales o asociaciones público-privadas. Además, requieren estudios de viabilidad para evaluar costos, beneficios y riesgos, asegurando su sostenibilidad a largo plazo. La correcta ejecución de estos proyectos se supervisa bajo normativas establecidas, y a menudo se busca la participación de la comunidad en su planificación y desarrollo, promoviendo así la transparencia y la rendición de cuentas. Los PIP son esenciales para atender necesidades inmediatas y fomentar un crecimiento equitativo y sostenible en las

comunidades (Ojeda, 2021).

2.9.2. IOARR

IOARR significa "Índice de Obras de Acondicionamiento y Rehabilitación de Redes". Esta herramienta se utiliza para evaluar y gestionar el estado de las infraestructuras existentes, particularmente en redes de servicios públicos como agua, saneamiento y electricidad. Su objetivo es ofrecer un marco para la planificación y ejecución de proyectos de rehabilitación, garantizando que estas infraestructuras se mantengan en condiciones óptimas. El índice se fundamenta en la evaluación del estado actual de las obras, identificando necesidades de mantenimiento y mejoras. Además, ayuda a establecer prioridades de inversión y ejecución, optimizando recursos y maximizando el impacto de las intervenciones. Promueve prácticas sostenibles que prolongan la vida útil de las infraestructuras y minimizan el impacto ambiental, facilitando también la planificación a largo plazo al considerar aspectos técnicos, económicos y sociales. En resumen, el IOARR es esencial para mantener en buen estado las infraestructuras urbanas y rurales, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las comunidades.

2.9.3. Gobierno local

El Gobierno local se refiere a la gestión de un área geográfica específica, como un municipio o ciudad, que tiene la autoridad para tomar decisiones y manejar asuntos públicos en su ámbito. En el ámbito de la ingeniería civil, este gobierno es fundamental para la planificación, regulación y ejecución de proyectos de infraestructura. Se encarga de la planificación del uso del suelo, asegurando una adecuada distribución de áreas residenciales, comerciales e industriales. Además, establece normativas de construcción para garantizar la seguridad y sostenibilidad de las edificaciones. También gestiona fondos públicos y busca financiamiento para proyectos como carreteras y puentes, así como del mantenimiento de las infraestructuras existentes. Fomenta la participación ciudadana en

las decisiones sobre infraestructura, promoviendo la transparencia, y apoya prácticas de desarrollo sostenible que consideran el impacto ambiental. Así, el gobierno local es esencial para el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura que respalda la vida cotidiana y el crecimiento de las comunidades.

2.9.4. Unidad ejecutora de inversiones

La Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) es un organismo responsable de la planificación, ejecución y supervisión de proyectos de inversión pública en el sector de la ingeniería civil. Su objetivo principal es garantizar que estos proyectos se lleven a cabo de manera eficiente y conforme a los estándares técnicos y normativos establecidos. Entre sus funciones destacan la elaboración de planes de inversión que respondan a las necesidades locales, la supervisión del progreso de los proyectos para asegurar el cumplimiento de cronogramas y presupuestos, y la evaluación de la calidad y sostenibilidad de las inversiones. La UEI es esencial para el desarrollo de infraestructuras que mejoran la calidad de vida, impulsan el crecimiento económico y promueven el desarrollo sostenible en las comunidades. En resumen, juega un papel clave en la gestión de proyectos de infraestructura en beneficio de la sociedad.

2.9.5. Unidad formuladora

La Unidad Formuladora (UF) es fundamental en la gestión de proyectos, especialmente en la planificación y ejecución de obras públicas. Su función principal es la formulación, diseño y evaluación de proyectos, asegurando el cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos y sociales. Entre sus responsabilidades se incluye la elaboración de documentos técnicos que guían el proyecto desde su inicio hasta su finalización, así como la realización de análisis exhaustivos que consideran el impacto ambiental y la viabilidad financiera. Esta unidad también coordina con profesionales de diversas disciplinas para garantizar la integración de todos los elementos del proyecto y asegura el cumplimiento de normativas locales y estándares internacionales. Además,

gestiona eficientemente los recursos financieros y materiales, optimizando costos y tiempos sin comprometer la calidad. En términos de desarrollo sostenible, la Unidad Formuladora es crucial, ya que integra prácticas que minimizan el impacto ambiental y fomentan el bienestar social, involucrando a las comunidades en el proceso y aplicando innovaciones tecnológicas que mejoran la eficiencia.

2. 10. Optimización de costos en infraestructuras deportivas

La optimización de costos en infraestructuras deportivas con BIM implica aprovechar las capacidades de modelado e información detallada para planificar y ejecutar proyectos de manera más eficiente, garantizando una gestión económica y efectiva de los recursos involucrados.

Según Barbieri (2020) al implementar BIM en infraestructuras deportivas, se busca reducir costos mediante una gestión más precisa de recursos y una toma de decisiones informada. La metodología facilita la identificación y corrección temprana de posibles problemas, evitando costosos ajustes durante la construcción. Además, la capacidad de colaboración entre equipos y disciplinas mejora la eficiencia en todas las etapas del proyecto.

Lasso (2020) se refiere a la optimización de costos en infraestructuras deportivas como a la aplicación de estrategias y metodologías para reducir gastos y mejorar la eficiencia en el desarrollo de proyectos relacionados con instalaciones deportivas. Este proceso implica la búsqueda de maneras de minimizar los costos asociados con el diseño, construcción, operación y mantenimiento de estas infraestructuras. Algunas de las prácticas comunes para la optimización de costos en infraestructuras deportivas incluyen: Planificación Efectiva, realizar una planificación detallada y exhaustiva desde las etapas iniciales del proyecto puede ayudar a identificar y abordar posibles problemas que podrían generar costos adicionales más adelante.

2. 11. Optimización de tiempo en infraestructuras deportivas

De acuerdo a Lasso (2020) la implementación de BIM en infraestructuras deportivas busca optimizar el tiempo en el proceso de diseño, construcción y gestión. Esto se logra a través de estrategias como el diseño colaborativo entre disciplinas, la detección temprana de conflictos mediante modelado tridimensional, la simulación 4D para planificar la construcción en el tiempo, estimaciones de tiempos más precisas, coordinación logística mejorada, documentación automatizada, y una gestión eficiente de cambios en el diseño. En conjunto, estas prácticas con BIM mejoran la eficiencia y reducen los plazos de entrega en proyectos de infraestructuras deportivas al proporcionar una plataforma colaborativa y herramientas avanzadas de planificación y simulación. La implementación efectiva de BIM puede mejorar significativamente la eficiencia y reducir los plazos de entrega en proyectos de infraestructuras deportivas al proporcionar una plataforma colaborativa y herramientas avanzadas de planificación y simulación.

De acuerdo a lo mencionado por Lasso, la optimización de tiempo en infraestructuras deportivas se logra a través de la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling). BIM facilita la colaboración entre equipos multidisciplinarios, permite la detección temprana de problemas en el diseño, incorpora la simulación 4D para una planificación eficiente, posibilita estimaciones de tiempo precisas, mejora la coordinación logística, y permite una gestión ágil de cambios en el diseño. Estas características contribuyen a reducir los plazos de entrega y mejorar la eficiencia en el desarrollo de proyectos deportivos.

2. 12. Optimización de calidad en infraestructuras deportivas

Pari (2022) detalla que la optimización de calidad en infraestructuras deportivas mediante la metodología BIM implica la aplicación de estrategias y tecnologías para mejorar la calidad en todas las etapas del proyecto. Algunas formas en que BIM contribuye a esta optimización incluyen: Diseño Colaborativo, el uso del BIM facilita la colaboración

entre disciplinas, permitiendo que diversos equipos trabajen simultáneamente en un modelo digital compartido, asegurando una integración eficiente de los elementos de diseño. Modelado Tridimensional Detallado, BIM posibilita la creación de modelos tridimensionales detallados con información específica sobre cada componente del proyecto, garantizando una representación precisa que previene errores y asegura la calidad del diseño. Detección de Conflictos, el modelado en 3D permite la identificación temprana de interferencias y conflictos entre elementos del diseño, abordándolos antes de la construcción física para mantener la calidad y evitar problemas futuros. Simulación 4D, BIM incorpora la dimensión temporal (4D), permitiendo simular la construcción paso a paso a lo largo del tiempo. Esto facilita la evaluación y optimización de la secuencia de construcción para garantizar eficiencia y alta calidad. Estándares y Normativas Integrados, BIM facilita la integración de estándares y normativas en el modelo, asegurando que el proyecto cumpla con requisitos de calidad establecidos por autoridades y reguladores. Visualización Avanzada, BIM proporciona capacidades avanzadas de visualización, permitiendo a equipos de diseño y construcción comprender claramente la apariencia y funcionamiento de la infraestructura antes de la construcción física. Documentación Automatizada, la generación automática de documentos, como planos y listas de materiales, a partir del modelo BIM asegura coherencia y precisión en la documentación del proyecto, contribuyendo a la calidad de la información proporcionada. La implementación de BIM en proyectos deportivos mejora la planificación, detección de problemas y toma de decisiones, optimizando así la calidad en todas las fases del proyecto.

2. 13. Infraestructura deportiva de mediana complejidad

Villavicencio (2020) detalla que la infraestructura deportiva de mediana complejidad se refiere a instalaciones y estructuras diseñadas para la práctica de actividades deportivas que se encuentran a un nivel intermedio en términos de tamaño y capacidad. Estas instalaciones suelen ofrecer un nivel adecuado de equipamiento y espacio para la práctica de varios deportes, pero no son tan grandes ni complejas como los complejos deportivos

de mayor envergadura. Ejemplos de infraestructuras deportivas de mediana complejidad pueden incluir campos deportivos con gradas, pistas de atletismo, complejos polideportivos, piscinas medianas, entre otros. Estas instalaciones son lo suficientemente versátiles para albergar diferentes disciplinas deportivas, pero no alcanzan la escala y la sofisticación de los estadios o complejos deportivos de mayor tamaño. En resumen, la infraestructura deportiva de mediana complejidad proporciona un espacio adecuado para la práctica de deportes variados, siendo más completa que instalaciones más pequeñas, pero sin llegar a la magnitud de los grandes complejos deportivos.

Capítulo III. Descripción del proyecto

En la presente tesis se tomará un muestreo de 02 proyectos de infraestructura deportiva de mediana complejidad en el departamento de Arequipa

Proyecto 01: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" CUI: N° 2485441

Proyecto 02: "CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA" CUI: N° 2451260

3. 1. Proyecto 01

Se realizará el análisis de la etapa de planificación y ejecución de forma convencional del Proyecto 01: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" CUI: N° 2485441, realizando la descripción del mismo en cuanto a costos y plazo

3.1.1. Descripción

La obra en ejecución, correspondiente al Expediente Técnico Base tienen como meta los trabajos siguientes:

- Construcción de losa deportiva: De Grass Sintético
- Construcción de edificación: Graderías
- Implementación de cobertura de instalaciones deportivas
- Construcción de cerco perimétrico
- Construcción de servicios higiénicos y/o vestidores: SS.HH. Damas y Varones

La obra en ejecución, correspondiente al Adicional tiene como meta los trabajos

siguientes:

- Obras provisionales y Trabajos Preliminares
- Seguridad y salud en el trabajo.
- Movimiento de tierras
- Obras de concreto simple
- Estructura Metálica
- Pintado de sobrecimiento y cerco metálico

El proyecto tiene por objetivo del "Mejoramiento del servicio de recreación activa en el Centro Poblado Virgen del Rosario del Distrito de Andagua - Provincia de Castilla - Departamento de Arequipa", pues la municipalidad, preocupada por fomentar el deporte entre los jóvenes en sus diversas disciplinas, ha decidido construir una cancha de césped sintético, con una cobertura de estructura metálica con Calaminon TR4, cerco perimétrico y servicios higiénicos, según el diseño en los planos.

Se realizó una evaluación minuciosa del avance en el aspecto físico de la obra, partida por partida, acumulados y ejecutados por los responsables que me antecedieron.

Se tiene un adicional N°01 y aprobado un Adicional N°02 con Ampliación de Plazo N°02 según el siguiente detalle:

Tabla 1 Presupuesto expediente inicial y modificado

DESCRIPCION	EXPEDIENTE		MODIFICACIÓN FISICA FINANCIERA N°01			MODIFICACIÓN FISICA FINANCIERA N°02		EXPEDIENTE MODIFICADO FINAL
	INICIAL		PARTIDAS NUEVAS	MAYORES METRADOS	VARIACION DE PRECIOS	DEDUCTIVO	MAYORES GASTOS GENERALES	
COSTO DIRECTO		451,094.35	23,844.00	697.28	33,577.17	8,217.66	26,186.39	527,181.53
GASTOS GENERALES	6.00%	27,065.66	1,430.64	41.84		493.06	12,031.00	40,076.08
SUPERVISION	2.80%	12,630.64	667.63	19.52		230.09	7,468.00	20,555.70
GASTOS DE LIQUIDACION	1.50%	6,766.42	357.66	10.46		123.26		7,011.28
INCREMENTO/DECREMENTO		497,557.07	26,299.93	769.10	33,577.17	9,064.08	19,499.00	26,186.39
PRESUPUESTO TOTAL		497,557.07		51,582.12			45,685.39	594,824.58
% RESPECTO AL EXP. TEC.		100.00%		10.37%			9.18%	119.55%
FECHA DE APROBACIÓN		4/10/2022		22/12/2022			8/03/2023	
RESOLUCIÓN DE APROBACION		R.A. N° 138-2022-MDA	RESOLUCIÓN DE GERENCIA N° 044-2022-MDA			R.A. N° 043-2023-MDA		

3.1.2. Datos Generales del Proyecto

- FUNCIÓN : 21 - CULTURA Y DEPORTE
- DIVISION FUNCIONAL : 046 - DEPORTES
- GRUPO FUNCIONAL : 0102 - INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA
- PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"
- RESOLUCIÓN APROB. EXP.TEC. : R. A. N° 138-2022-MDA, 04/10/2022
- CÓDIGO UNICO : N° 2485441
- FUENTE FINANCIAMIENTO : CANON Y SOBRE CANON
- PRESUPUESTO SEGÚN PERFIL : S/. 709,723.73
- PRESUPUESTO SEGÚN EXP.TEC. : S/. 497,557.07 (R. A. N° 138-2022-MDA, 04/10/2022)
- ADICIONAL POR PARTIDAS NUEVAS : S/. 26,299.93 (+), R.G.M. N° 044-2022-MSCL-GM/MDA
- ADICIONAL POR MAYORES METRADOS : S/. 769.10 (+), R.G.M. N° 044-2022-MSCL-GM/MDA
- ADICIONAL POR VARIACION DE PRECIOS : S/. 33,577.17 (+), R.G.M. N° 044-2022-MSCL-GM/MDA
- DEDUCTIVO VINCULANTE : S/. 9,064.08 (-), R.G.M. N° 044-2022-MSCL-GM/MDA
- MODIFICACIÓN PRESUPUESTAL N°01: S/. 51,582.12 (+), R.G.M. N° 044-2022-

MSCL-GM/MDA

- ADICIONAL N°02 : S/. 45,685.39 (+), R.A. N° 041-2023-MDA (08/03/2023)
- PRESUPUESTO SEGÚN EXP.TEC.ACT. : S/. 594,824.58 (ET + ADICIONAL N°01 + ADICIONAL N°02) R.A. N° 041-2023-MDA
- PRESUPUESTO (CD+GG) : S/. 527,181.53
- PPTO ACTUALIZADO (INF. A. FISICO) : S/. 594,824.58
- PTO EJECUTADO (INF. A. FISICO) : S/. 594,824.58 (100.00%)
- PTO EJECUTADO (INF. FINANCIERO) : S/. 590,672.44 (99.30%)
- MODALIDAD DE EJECUCIÓN : ADMINISTRACIÓN DIRECTA
- FECHA DE INICIO DE OBRA : 24/10/2022 (24 de octubre del 2022)
- PLAZO DE EJECUCIÓN : 60 D.C.
- AMPLIACION DE PLAZO N°01 : 09 D.C. APROBADOS, R.G.M. N° 044-2022-MSCL-GM/MDA
- AMPLIACION DE PLAZO N°02 : 60 D.C. APROBADOS, R.A. N° 041-2023-MDA (08/03/2023)
- PARALIZACIÓN DE OBRA : 01/01/2023 – 14/03/2023
- REINICIO DE OBRA : 15/03/2023
- FECHA DE TERMINO DE OBRA : 05/05/2023
- PLAZO DE EJECUCIÓN REAL : 121 D.C.
- RESIDENTE DE OBRA (1) : ING. EDGAR ARTURO VELAZCO FLORES, CIP N° 274674 (13/10/22 – 31/12/22)
- SUPERVISOR DE OBRA (1) : ARQ. COSME JOEL MEDINA BONETT,

CAP N° 11064 (13/10/22 – 31/12/22)

- RESIDENTE DE OBRA (2) : ING. MARCO AARÓN SUMARI TELLEZ,
CIP N° 187259 (15/03/23 – 05/05/23)
- INSPECTOR DE OBRA (2) : ING. JESÚS A. NICOLAS CHURA GARCÍA,
CIP N° 165677 (15/03/23 – 05/05/23)

3.1.3. Revisión Del Expediente Técnico

- Presupuesto Base

El presupuesto de inversión para la ejecución del proyecto asciende en S/. 497,557.07 (Cuatrocientos noventa y siete mil quinientos cincuenta y siete con 07/100 soles), el mismo que incluye los impuestos de ley, gastos generales, gastos de liquidación y elaboración de Expediente Técnico, el cual se detallan a continuación (expresado en soles). En el pie de presupuesto no ha sido considerado el gasto de la elaboración del Expediente Técnico.

Tabla 2 Presupuesto base

COSTO DIRECTO		451,094.35
GASTOS GENERALES	6.0%	27,065.66
SUB TOTAL		478,160.01
SUPERVISION	2.8%	12,630.64
LIQUIDACION	3%	6,766.42
PRESUPUESTO TOTAL		497,557.07

Nota: El presupuesto asciende a Cuatrocientos noventa y siete mil quinientos cincuenta y siete con 07/100 soles

- Presupuesto Actualizado (Presupuesto Ejecutado)

El presupuesto de inversión para la ejecución del proyecto asciende en S/. 594,824.58 (Quinientos noventa y cuatro mil ochocientos veinticuatro con 58/100 soles), el mismo que incluye los impuestos de ley, gastos generales, liquidación y elaboración de

Expediente Técnico, el cual se detallan a continuación (expresado en soles). En el pie de presupuesto no ha sido considerado el gasto de la elaboración del Expediente Técnico.

Tabla 3 Presupuesto actualizado

COSTO DIRECTO		527,181.53
GASTOS GENERALES	10 %	40,076.08
SUPERVISION	5%	20,555.70
LIQUIDACION	3%	7,011.28
SUB TOTAL		594,824.58
PRESUPUESTO TOTAL		594,824.58

Nota: El presupuesto asciende a Quinientos noventa y cuatro mil ochocientos veinticuatro con 58/100 soles.

3.1.4. Renders – Modelos 3D

Para la comprensión mejor del proyecto se realizó el modelamiento BIM y se obtuvo Renders o vistas 3D en forma realista con la herramienta de Renderización en Cloud o Renderización en la Nube, herramienta propia de Revit y también se usó Enscape para la renderización en vistas panorámicas.

Figura 1 Vista 3D General del Proyecto

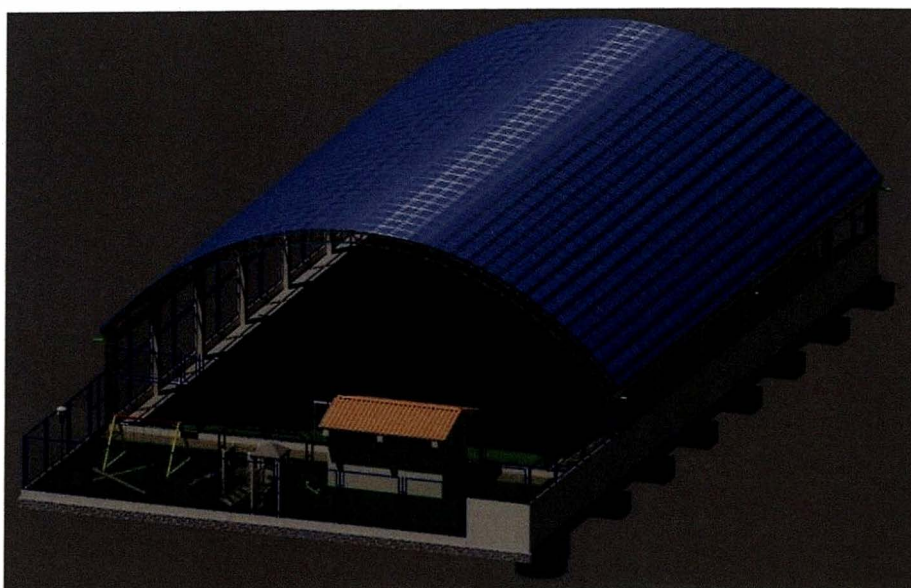


Figura 2 Vista 3D General de la Losa deportiva con Cobertura Metálica

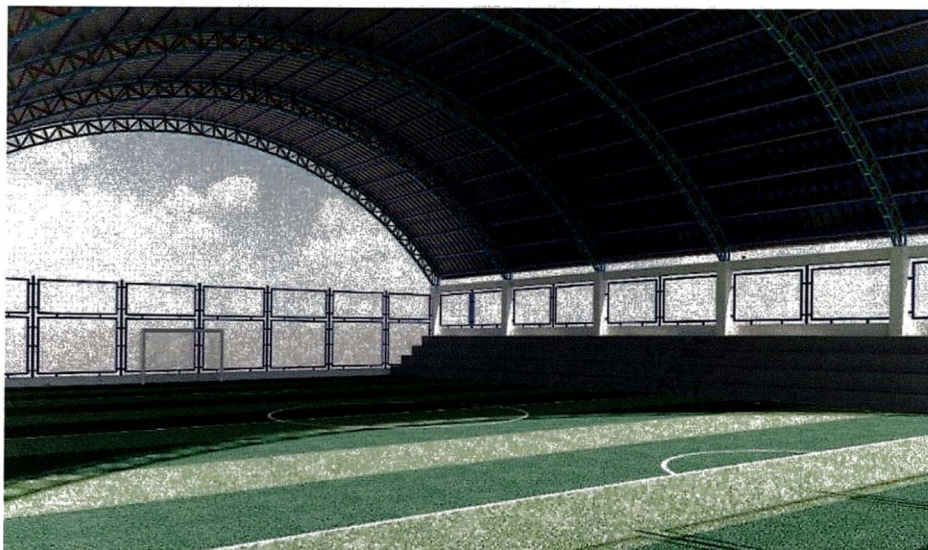


Figura 3 Vista 3D General del drenaje pluvial de Cobertura Metálica (II.SS.)



Figura 4 Vista 3D General del drenaje pluvial de Cobertura Metálica (II.SS.)

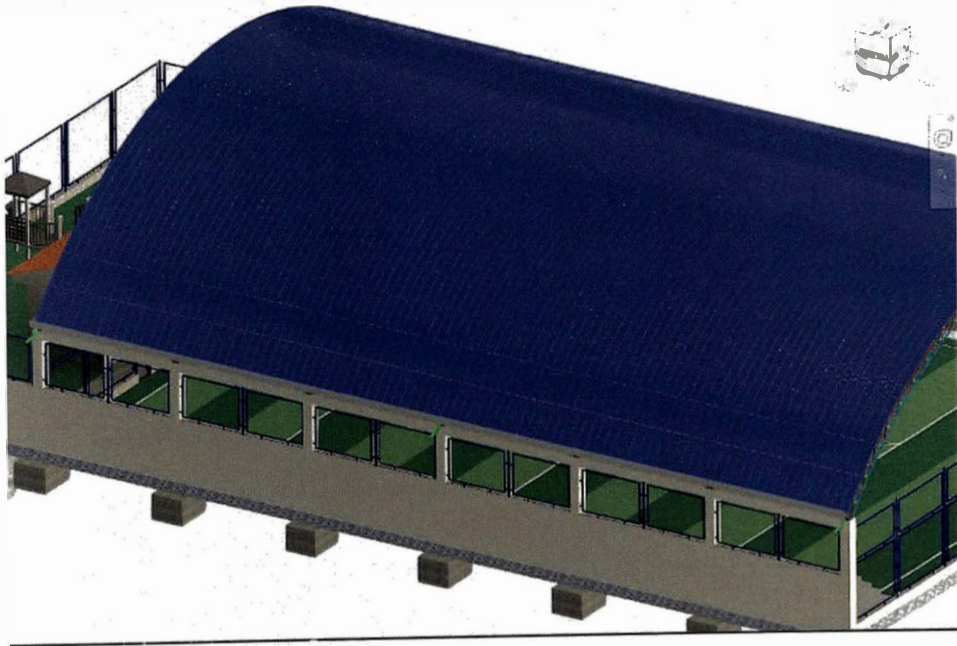


Figura 5 Vista 3D General de las luminarias en Losa Deportiva (II.EE.)

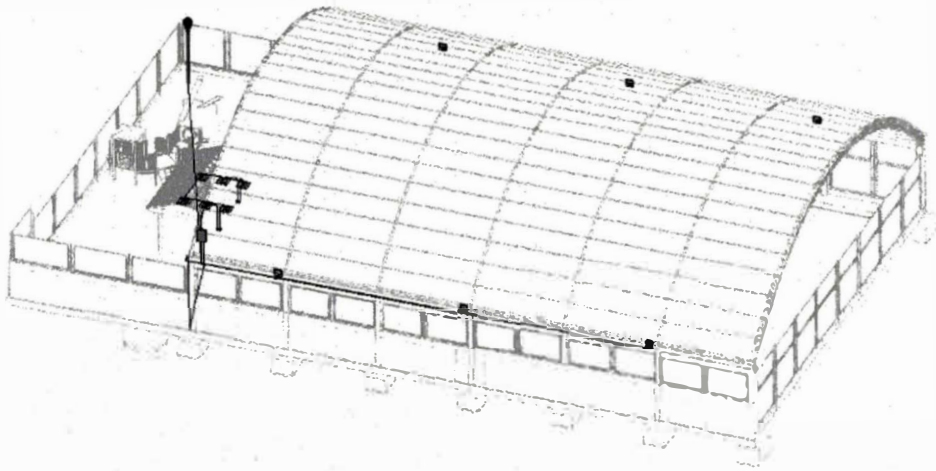


Figura 6 Vista 3D General de la Especialidad de Estructuras en SS.HH.

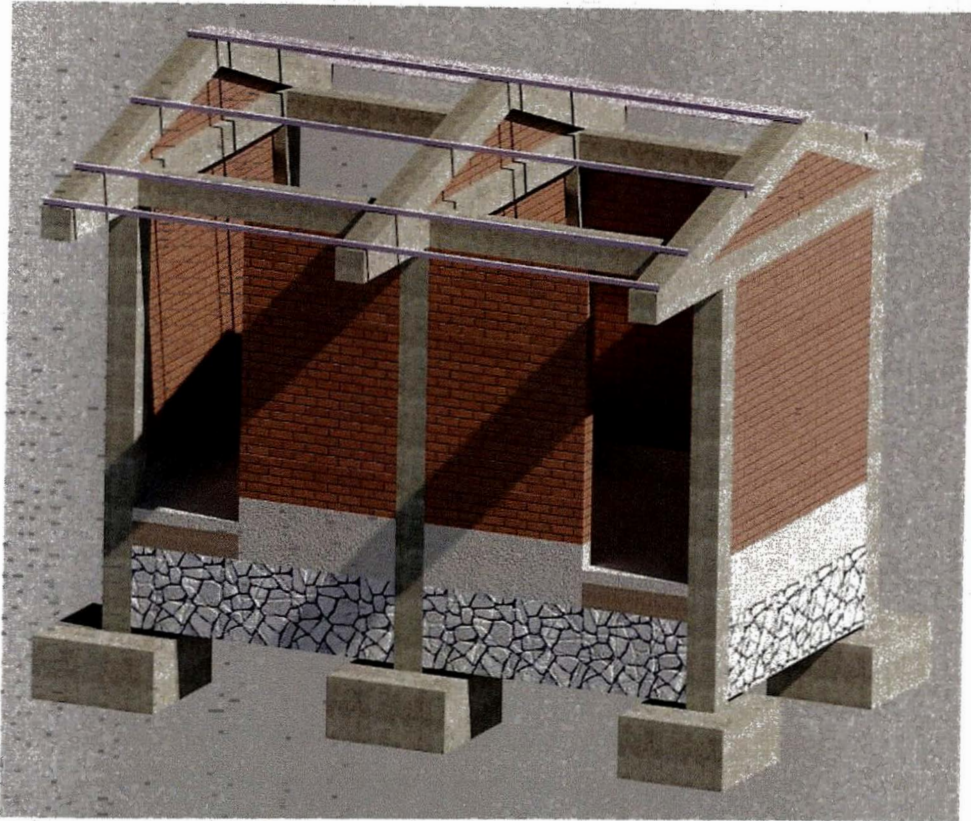


Figura 7 Vista 3D General de la Especialidad de Estructuras en SS.HH.

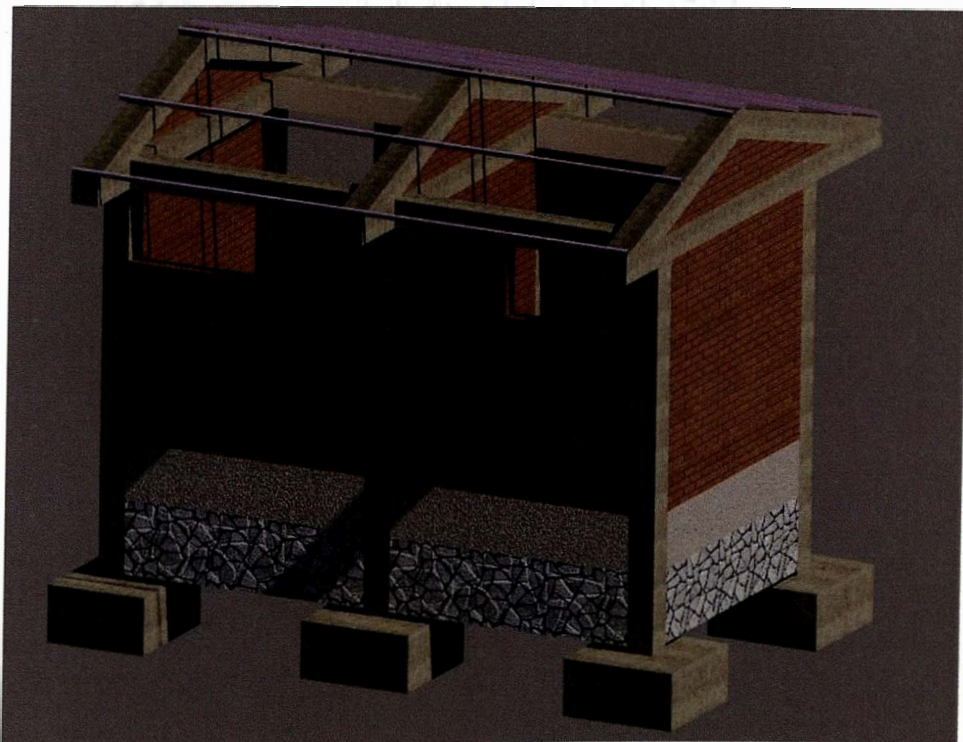


Figura 8 Vista 3D General de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias en SS.HH.

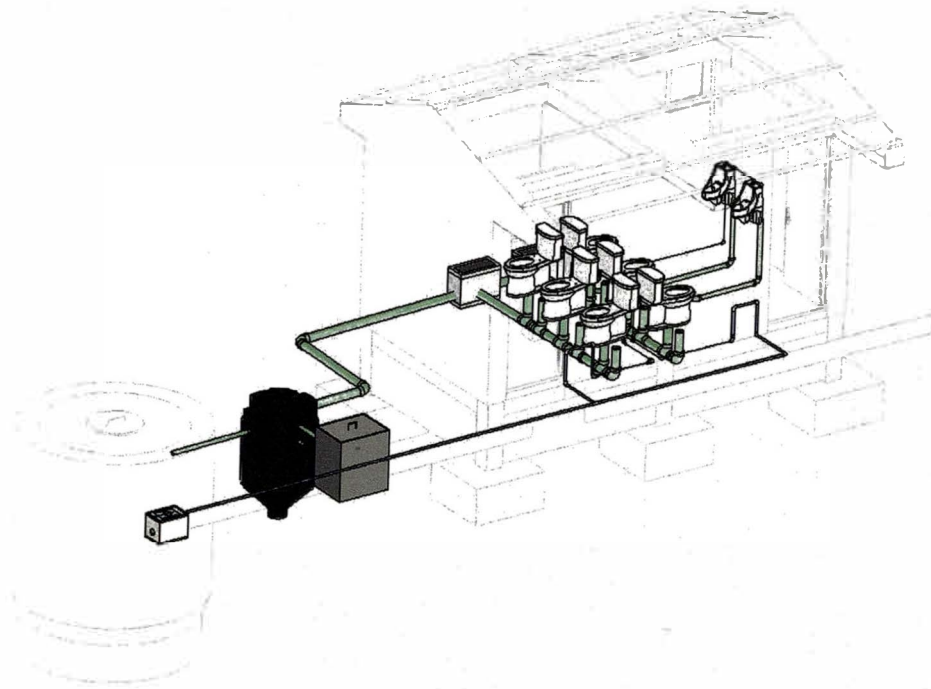


Figura 9 Vista 3D General de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas en SS.HH.

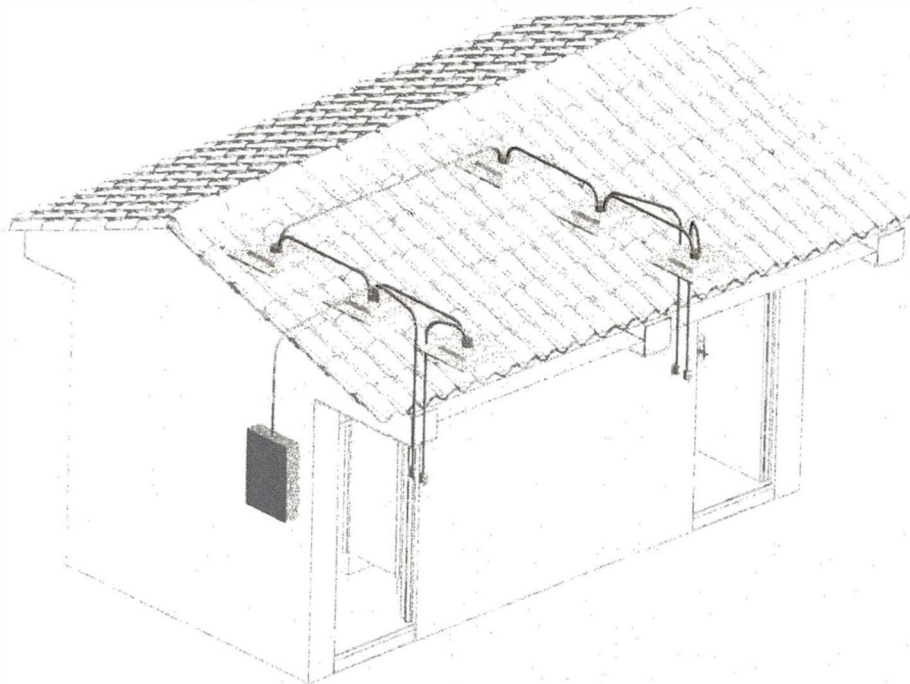


Figura 9 Vista 3D General de la Especialidad de Arquitectura en SS.HH.

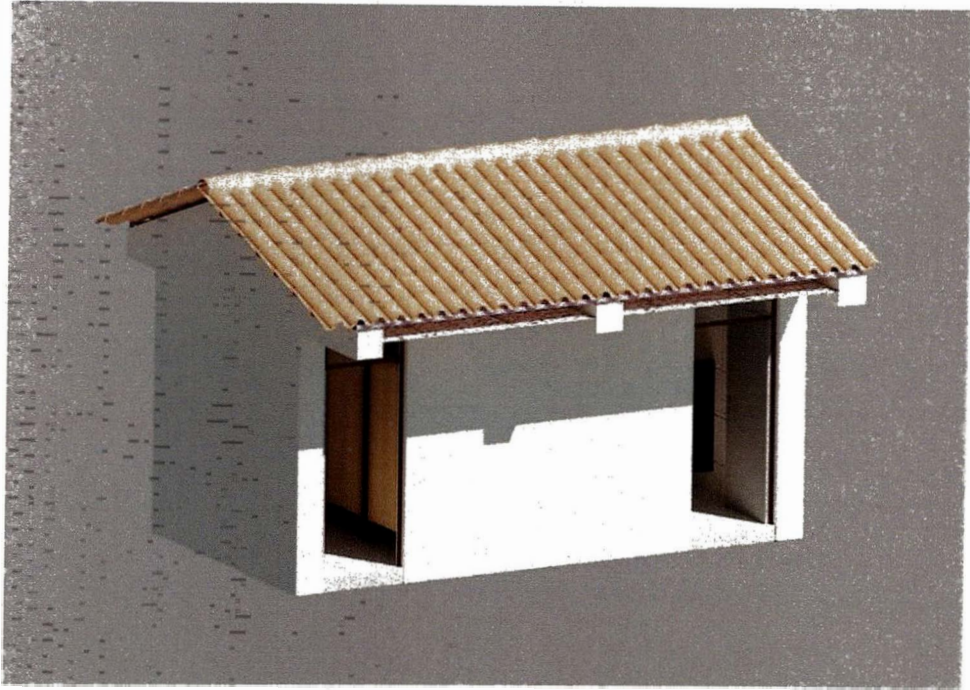


Figura 10 Vista 3D General de la Especialidad de Arquitectura en SS.HH.



Figura 11 Vista 3D General de la Especialidad de Arquitectura en SS.HH.



3. 2. Proyecto 02

Se realizará el análisis de la etapa de planificación y ejecución de forma convencional del Proyecto 02: "CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA" CUI: N° 2451260, realizando la descripción del mismo en cuanto a costos y plazo

3.2.1. Descripción

La obra en ejecución, correspondiente al Expediente Técnico Base tienen como meta los trabajos siguientes:

- Construcción de una losa deportiva de 15x25m².
- Construcción de una Gradería de 15m de Longitud.
- Construcción de un empedrado tipo talud en una Longitud de 21.79 m.
- Colocación de dos (02) arcos de futbol y básquet.
- Colocación de cerco metálico en losa deportiva 77 ml.
- Colocación de malla raschell sobre losa deportiva.

La obra en ejecución, correspondiente al Adicional con Deductivo Vinculante tienen como meta los trabajos siguientes:

- Deducir la losa deportiva de concreto y realizar el suministro e instalación de grass sintético.
- Instalación de SS.HH. prefabricado de madera con instalaciones sanitarias.
- Extensión de cerco exterior perimétrico

La necesidad de ejecutar este tipo de proyectos es debido a que se tiene un área para uso de recreación, el cual no es adecuado para una actividad recreativa, presentado desniveles y condiciones no pertinentes para el uso de los pobladores del distrito, careciendo de un ambiente destinado para el deporte y recreación.

El proyecto tiene por objetivo principal brindar de adecuadas condiciones y mejoramiento del entorno y calidad de vida de la población para los pobladores que habitan el centro poblado de Alca, Brindándoles un área de recreación y deporte.

Como objetivos secundarios se tiene crear un ambiente de recreación y deportiva, mejorar y elevar la calidad de vida de la población y proporcionar Trabajo temporal a la población desocupada del distrito mediante la ejecución del proyecto.

3.2.2. Datos Generales del Proyecto

- FUNCIÓN : CULTURA Y DEPORTE
- DIVISION FUNCIONAL : DEPORTES
- GRUPO FUNCIONAL : INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA
- PROYECTO : "CREACIÓN DEL SERVICIO DE ESPARCIMIENTO Y RECREACIÓN EN EL SECTOR DE VIRGEN DE LA ASUNTA EN EL DISTRITO DE ALCA - PROVINCIA DE LA UNION - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

- RESOLUCIÓN APROB. EXP.TEC. : R.G.M. N° 01-2019-MDA/GM, 12/06/2019
- CÓDIGO UNICO : N° 2451260
- FUENTE FINANCIAMIENTO : CANON Y SOBRE CANON
- PRESUPUESTO SEGÚN PERFIL : S/. 218,520.96
- PRESUPUESTO SEGÚN EXP.TEC : S/. 393,160.69
- ADICIONAL POR PARTIDAS NUEVAS : S/. 104,864.26
- DEDUCTIVO VINCULANTE : S/. 28,006.47 (-)
- ADICIONAL CON DEDUCTIVO VINCULANTE : S/. 76,857.78 (+)
- PRESUPUESTO SEGÚN EXP.TEC.ACT. : S/. 470,018.49

R.G.M. N° 006-2019-MDA/GM

- PRESUPUESTO (CD+GG) : S/. 438,152.82
- PPTO ACTUALIZADO (INF. A. FISICO) : S/. 470,018.49
- PTO EJECUTADO (INF. A. FISICO) : S/. 470,018.49 (100.00%)
- PTO EJECUTADO (INF. FINANCIERO) : S/. 481,590.67 (102.46%)

(Reporte Informe Financiero de Residencia)

- MODALIDAD DE EJECUCIÓN : ADMINISTRACIÓN DIRECTA
- LOCALIZACIÓN DE OBRA :
- REGIÓN : AREQUIPA
- PROVINCIA : LA UNION
- DISTRITO : ALCA
- FECHA DE INICIO DE OBRA : 19/06/2019 (19 de junio del 2019)
- PLAZO DE EJECUCIÓN : 120 D.C.

- AMPLIACION DE PLAZO : 70 D.C. APROBADOS
- PARALIZACIÓN DE OBRA : 01/11/2019 – 22/12/2019 (23/12/2019 – REINICIO)
- FECHA DE TERMINO DE OBRA : 16/01/2020
- RESIDENTE DE OBRA : ING. JEREMY CASTRO HUAYHUA (C.I.P. 172221)
- SUPERVISOR DE OBRA (1) : ARQ. WALTER CLODUALDO RAMOS ALE (C.A.P 9846)
- SUPERVISOR DE OBRA (2) : ARQ. CARLOS ALBERTO SOUSA PINTO (C.A.P. 12527)

3.2.3. Revisión Del Expediente Técnico

- Presupuesto Base

El presupuesto de inversión para la ejecución del proyecto asciende en S/. 393,160.69 (Trescientos noventa y tres mil ciento sesenta con 69/100 soles), el mismo que incluye los impuestos de ley, gastos generales, gastos de liquidación y elaboración de Expediente Técnico, el cual se detallan a continuación (expresado en soles).

Tabla 4 Presupuesto base

COSTO DIRECTO		333,187.03
GASTOS GENERALES	10 %	33,318.70
SUPERVISION	5%	16,659.35
LIQUIDACION	3%	9,995.61
SUB TOTAL		393,160.69
PRESUPUESTO TOTAL		393,160.69
<i>Son: TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL CIENTO SESENTA CON 69/100 SOLES</i>		

- Presupuesto Actualizado

El presupuesto de inversión para la ejecución del proyecto asciende en S/.

470,018.49 (Cuatrocientos setenta mil dieciocho con cuarenta y nueve con 49/100 soles), el mismo que incluye los impuestos de ley, gastos generales, liquidación y elaboración de Expediente Técnico, el cual se detallan a continuación (expresado en soles).

Tabla 5 Presupuesto actualizado

COSTO DIRECTO		398,320.75
GASTOS GENERALES	10%	39,832.08
SUPERVISION	5%	19,916.04
LIQUIDACION	3%	11,949.62
SUB TOTAL		470,018.49
PRESUPUESTO TOTAL		470,018.49
Son: CUATROCIENTOS SETENTA MIL DIECIOCHO CON CUARENTA Y NUEVE CON 49/100 SOLES		

3.2.4. Renders – Modelos 3D

Para la comprensión mejor del proyecto se realizó el modelamiento BIM y se obtuvo Renders o vistas 3D en forma realista con la herramienta de Enscape, herramienta complementaria para renderización en Revit.

Figura 12 Vista 3D General del Proyecto

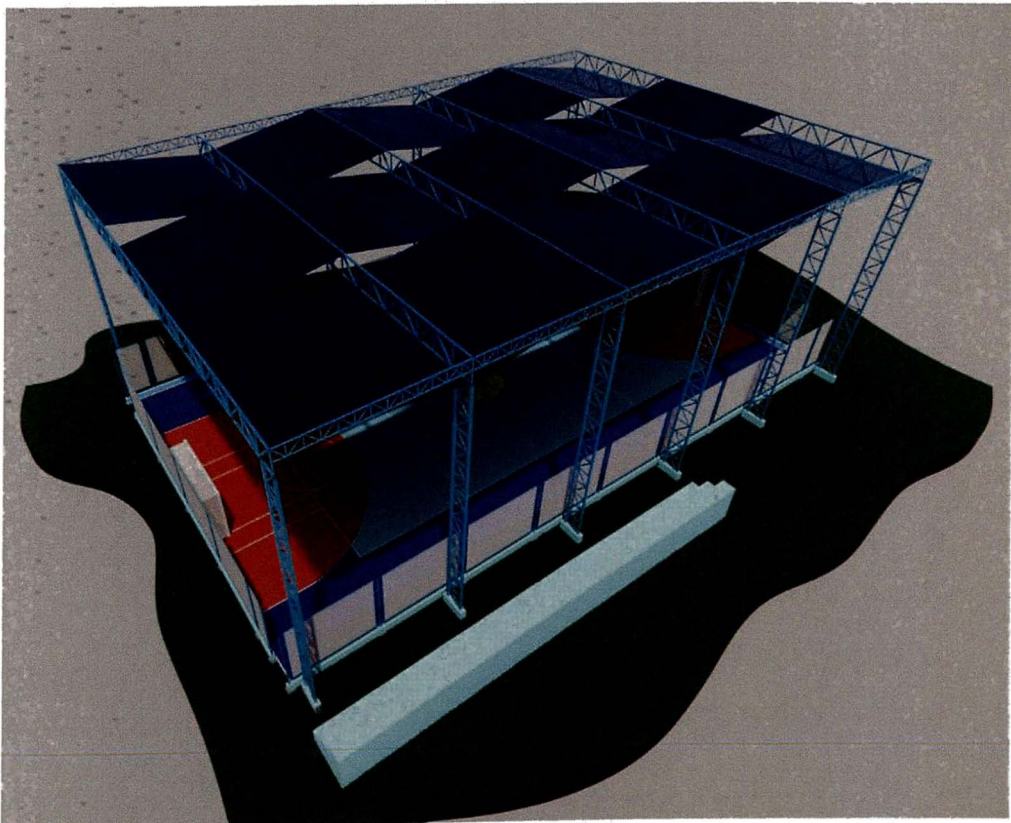


Figura 13 Vista 3D General de la Losa deportiva con Malla Raschell

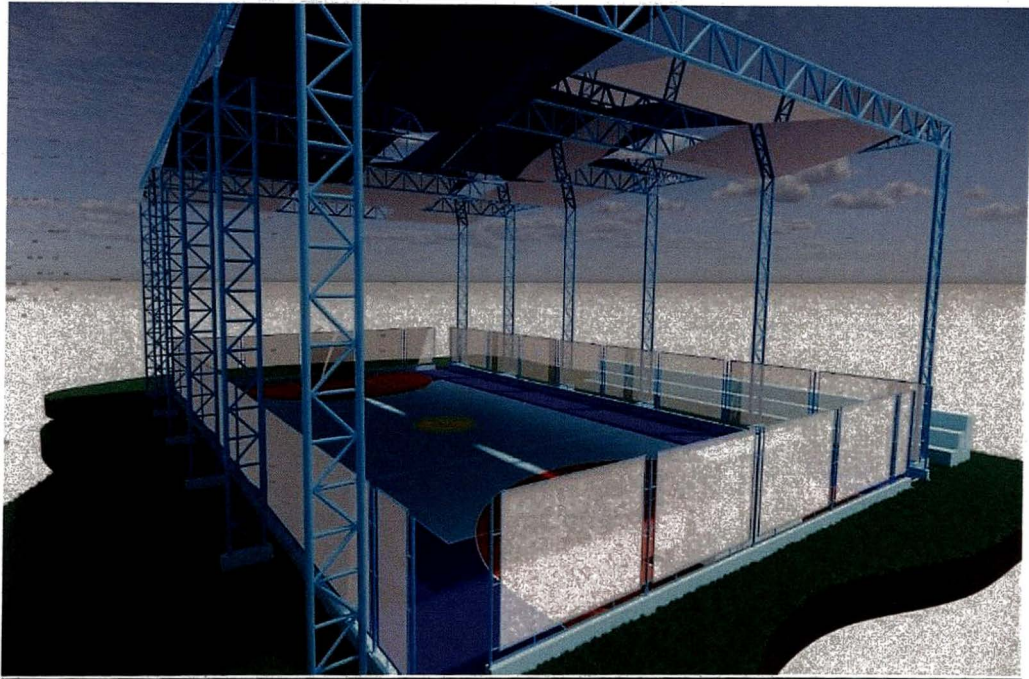
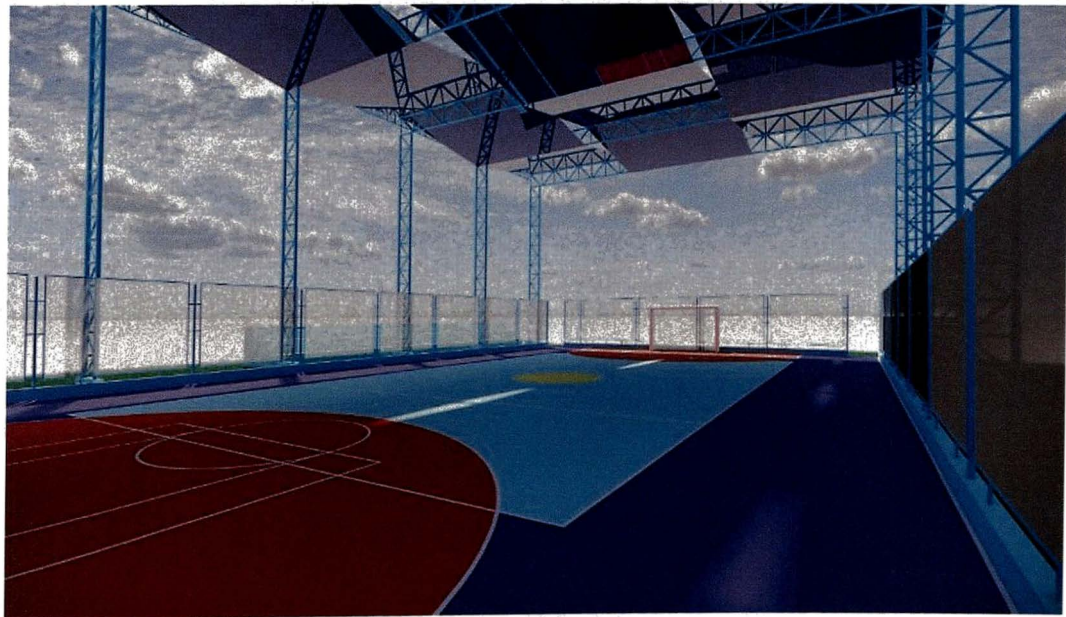


Figura 14 Vista 3D General Interior de la Losa deportiva



Capítulo IV. Aplicación de la metodología BIM para optimizar costos

En este capítulo se explicará la metodología empleada para implementar la metodología BIM en la gestión de los costos del proyecto estudiado.

4. 1. Proyecto 01

Se realizará el análisis del presupuesto en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 01: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA” CUI: N° 2485441.

4.1.1. Metodología Empleada

Se usó 2 softwares principalmente para la gestión de los costos del proyecto de infraestructura deportiva de media complejidad.

- **Revit**, para el modelamiento de los elementos de las distintas especialidades existentes en el proyecto de infraestructura deportiva. Con esta herramienta se obtendrá cuantificación de materiales y a la vez se realizará un aporte de Análisis de Costos Unitarios.
- **PowerCost**, para el cálculo del presupuesto y como incide la metodología BIM a través del modelamiento del proyecto en la gestión de los costos.

Se usará como muestra o referencia el proyecto antes mencionado, el cual cuenta con un expediente técnico aprobado por la entidad ejecutante y con modificaciones en presupuesto y plazo.

4.1.2. Consideraciones para estimación del presupuesto

Gracias al modelos BIM, podemos obtener cuantificaciones exactas a comparaciones de otros softwares comunes o convencionales como el AutoCAD. Para el presupuesto se tienen las siguientes consideraciones.

Componente N°01: Estructura mixta Cobertura Parabólica: Cerco Perimétrico, Concreto Armado y Estructura Metálica (Arquitectura, Estructura, IIEE, IISS)

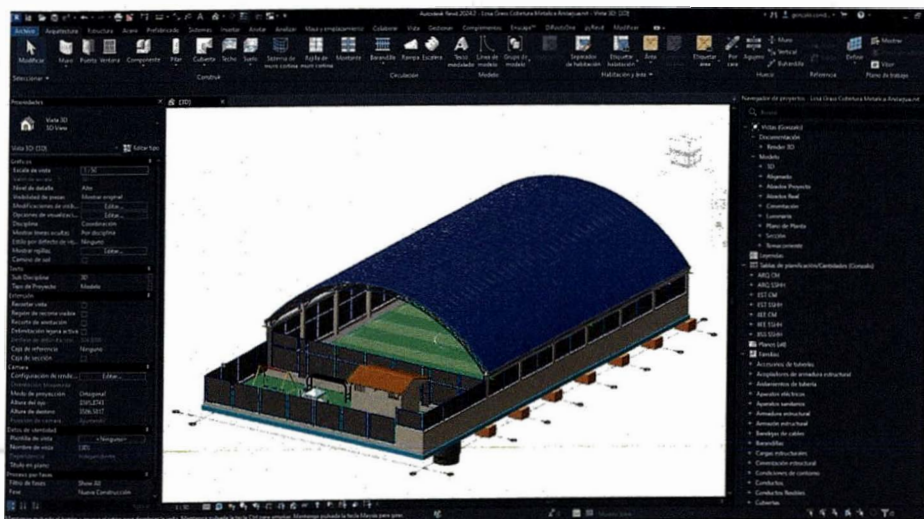
Componente N°02: Servicios Higiénicos (Arquitectura, Estructura, IIEE, IISS)

Los otros componentes de Obras Provisionales y Obras Preliminares no se considerarán porque no son tan influyentes en su cuantificación a nivel de metrados.

No se analizará los rendimientos de la mano de obra, solo se analizará la cuantificación de materiales y equipos en ACUS más incidentes en el proyecto. Posteriormente se corroborará metrados obtenidos por el Revit con el plasmado del Expediente Técnico. Se analizará a nivel de metrados y ACUS, pero no se evaluará si un costo corresponde o no a lo estipulado en el expediente técnico.

Revit: Modelado 3D y cuantificación de metrados de las partidas más incidentes y adicionalmente un mejor análisis en cuantificación de materiales en ACUS

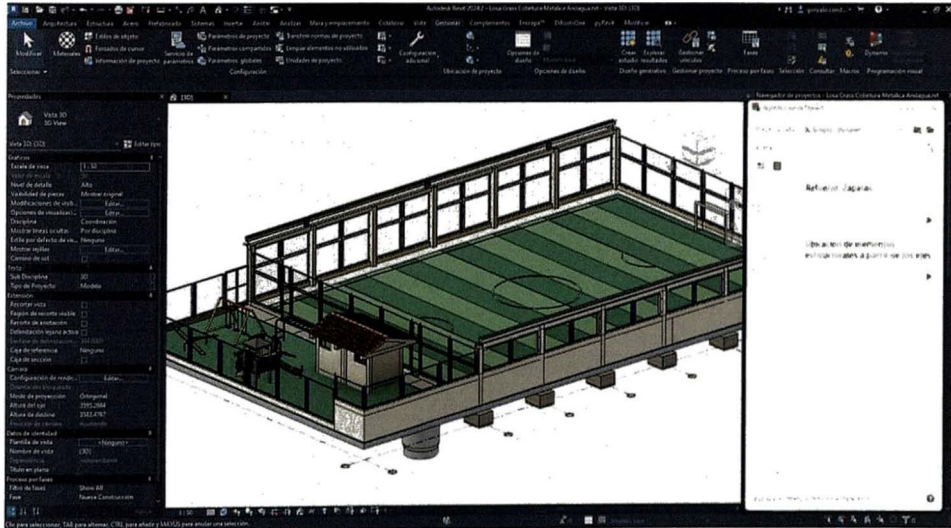
Figura 15 Modelamiento BIM en Revit



Nota: Elaboración propia

Dynamo: Automatización para el modelado de acero en elementos estructurales, ejecución de grillas con el fin de reducir tiempo de modelamiento manual en Revit.

Figura 16 Automatización del modelo federado con Dynamo



Nota: Elaboración propia

PowerCost: Usaremos Powercost porque tiene mayor flexibilidad con la interacción con el Ms Project para alternar la gestión del costo y cronograma.

Figura 17 Creación del presupuesto de obra del proyecto

A screenshot of the PowerCost software interface displaying a detailed budget table. The table has columns for 'Código', 'Descripción', 'Unidad', 'Cantidad', 'Precio', 'Importe', and 'Total'. The 'Descripción' column contains various construction items such as 'ESTRUCTURA DE ACERO', 'CIMENTACIÓN', 'MURallas', and 'CUBIERTA'. The 'Importe' column shows the cost for each item, and the 'Total' column shows the cumulative cost. The table is organized into a hierarchical structure with sub-totals for different sections of the project.

Nota: Elaboración propia

4.1.3. Proceso de Modelado

Gracias al modelos BIM, podemos obtener cuantificaciones exactas a comparación de otros softwares comunes o convencionales como el AutoCAD. Respecto a la generación de maqueta digital, se siguió el siguiente flujo de modelamiento para el proyecto de infraestructura deportiva.

Modelado del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica

ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Solados, Zapatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas, Cerchas Metálicas, Cobertura Metálica)

INSTALACIONES SANITARIAS

- Drenaje Pluvial en Losa Deportiva

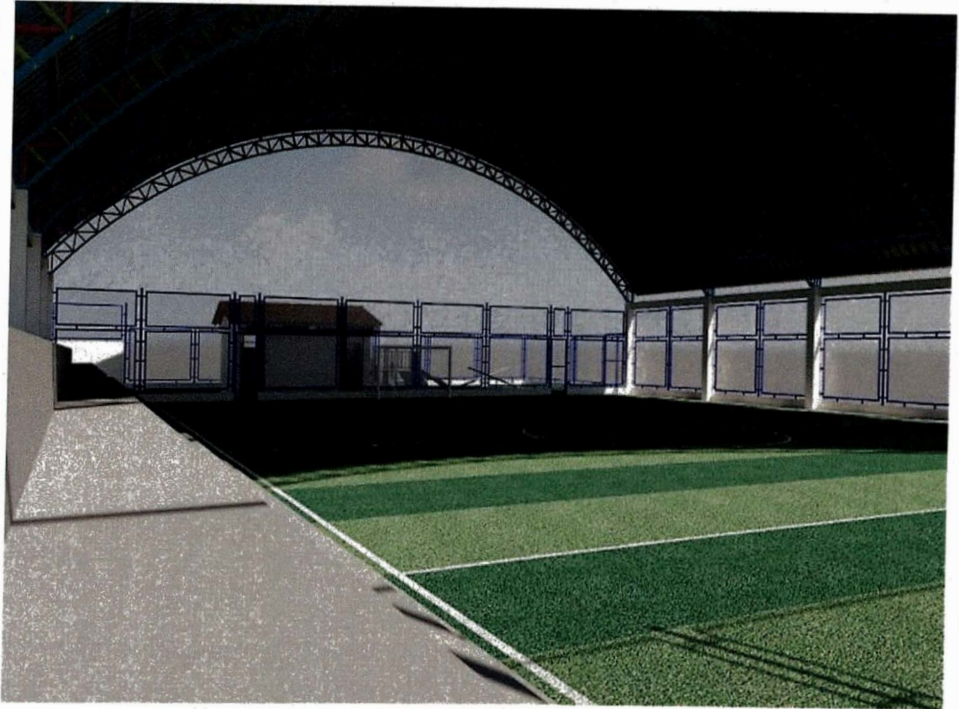
INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Reflectores LED en Losa Deportiva

ARQUITECTURA

- Material para Sub Rasante
- Material Base
- Grass Sintético
- Arcos metálicos

Figura 18 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica



Nota: Elaboración propia

Modelado del Componente 02: Servicios Higiénicos

ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Zapatatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas)

INSTALACIONES SANITARIAS

- Sistema de agua fría en Servicios Higiénicos
- Sistema de desagüe en Servicios Higiénicos

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Luminarias en Servicios Higiénicos

- Circuito de Farola en área Verde

ARQUITECTURA

- Tierra de chacra
- Grass Natural
- Muros Divisorios
- Piso Cerámico
- Falso Cielorraso
- Tarrajeo y pintura
- Veredas
- Juegos Infantiles

Figura 19 Vista 3D del Componente 02: Servicios Higiénicos



Nota: Elaboración propia.

4.1.4. Presupuesto Expediente Técnico (ejecutado)

El Presupuesto del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6 Resumen de presupuesto de expediente técnico por componentes

EXPEDIENTE TECNICO INICIAL		
COMPONENTE 01: OBRAS PROVISIONALES, SST Y TRABAJOS PRELIMINARES	S/	39,894.56
OBRAS PROVISIONALES	S/	25,314.19
SEGURIDAD, SALUD Y MITIGACIÓN AMBIENTAL	S/	8,405.80
RESPUESTA ANTE EMERGENCIA COVID-19	S/	1,949.00
TRABAJOS PRELIMINARES	S/	4,225.57
COMPONENTE 02: CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA CON GRASS SINTÉTICO CON COBERTURA METÁLICA + SIST. DE DRENAJE	S/	340,431.99
ESTRUCTURAS	S/	246,211.00
ARQUITECTURA	S/	71,683.37
INSTALACIONES SANITARIAS	S/	10,168.83
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	S/	12,368.79
COMPONENTE 03: SERVICIOS HIGIÉNICOS	S/	57,852.70
ESTRUCTURAS	S/	16,804.64
ARQUITECTURA	S/	25,009.99
INSTALACIONES SANITARIAS	S/	12,400.13
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	S/	3,637.94
COMPONENTE 04: JUEGOS INFANTILES	S/	10,500.00
COMPONENTE 05: VARIOS	S/	2,415.10
PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	S/	1,078.30
LIMPIEZA FINAL DE OBRA	S/	1,336.80
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:	S/	451,094.35
GASTOS GENERALES: 6.00%	S/	27,065.66
GASTOS DE SUPERVISION: 2.80%	S/	12,630.64
GASTOS DE LIQUIDACION: 1.50%	S/	6,766.42
TOTAL PRESUPUESTO:	S/	497,557.07

Nota: El presupuesto asciende a CUATROCIENTOS NOVENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE CON 07/100 NUEVOS SOLES

El Presupuesto del Expediente con las Modificaciones Presupuestales N°01 y N°02 se resume de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7 Resumen del presupuesto técnico incluido las Modificaciones Presupuestales N°01 y N°02

EXPEDIENTE TECNICO MODIFICADO (ET + MOD. 1 + MOD. 2)		
COMPONENTE 01: OBRAS PROVISIONALES, SST Y TRABAJOS PRELIMINARES	S/	42,442.30
OBRAS PROVISIONALES	S/	26,174.23
SEGURIDAD, SALUD Y MITIGACIÓN AMBIENTAL	S/	10,011.80
RESPUESTA ANTE EMERGENCIA COVID-19	S/	1,949.00
TRABAJOS PRELIMINARES	S/	4,307.27
COMPONENTE 02: CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA CON GRASS SINTÉTICO CON COBERTURA METÁLICA + SIST. DE DRENAJE	S/	359,663.00
ESTRUCTURAS	S/	259,078.02
ARQUITECTURA	S/	77,760.23
INSTALACIONES SANITARIAS	S/	10,640.86
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	S/	12,183.89
COMPONENTE 03: SERVICIOS HIGIÉNICOS	S/	69,651.12
ESTRUCTURAS	S/	18,604.99
ARQUITECTURA	S/	31,926.83
INSTALACIONES SANITARIAS	S/	15,536.42
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	S/	3,582.88
COMPONENTE 04: JUEGOS INFANTILES	S/	10,500.00
COMPONENTE 05: VARIOS	S/	2,415.10
PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	S/	1,078.30
LIMPIEZA FINAL DE OBRA	S/	1,336.80
COMPONENTE 06: MODIFICACIÓN N°01 (ADICIONAL - DEDUCTIVO)	S/	16,323.62
PARTIDAS NUEVAS	S/	23,844.00
MAYORES METRADOS N°01	S/	697.28
DEDUCTIVO (-)	S/	8,217.66
COMPONENTE 07: MODIFICACIÓN N°01 (MAYOR METRADO)	S/	26,186.39
MAYORES METRADOS N°02	S/	26,186.39
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:	S/	527,181.53
GASTOS GENERALES: 8.88%	S/	40,076.08
GASTOS DE SUPERVISION: 4.56%	S/	20,555.70
GASTOS DE LIQUIDACION: 1.55%	S/	7,011.28
TOTAL PRESUPUESTO:	S/	594,824.59

Nota: El presupuesto asciende a QUINIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS VEINTICUATRO CON 59/100 NUEVOS SOLES.

Posteriormente, se corroborará el Presupuesto con las siguientes premisas:

- Los componentes de Obras Provisionales, Obras preliminares, SST y Varios no se considerarán porque no son tan influyentes en presupuesto y no corresponde el modelamiento de la infraestructura deportiva con herramientas BIM
- Se realizará el aporte de Análisis en los ACUS más incidentes, que en este caso corresponden a la estructura metálica, sin modificar, los rendimientos de la mano de obra, se realizará exactamente en el análisis de materiales que se pueden obtener con el software de Revit, cuando se realiza un modelo en LOD 350-400, donde se puede tener todo el despiece por elemento.
- Se corroborará metrados obtenidos por el Revit con el plasmado del Expediente Técnico

4.1.5. Análisis de Presupuesto

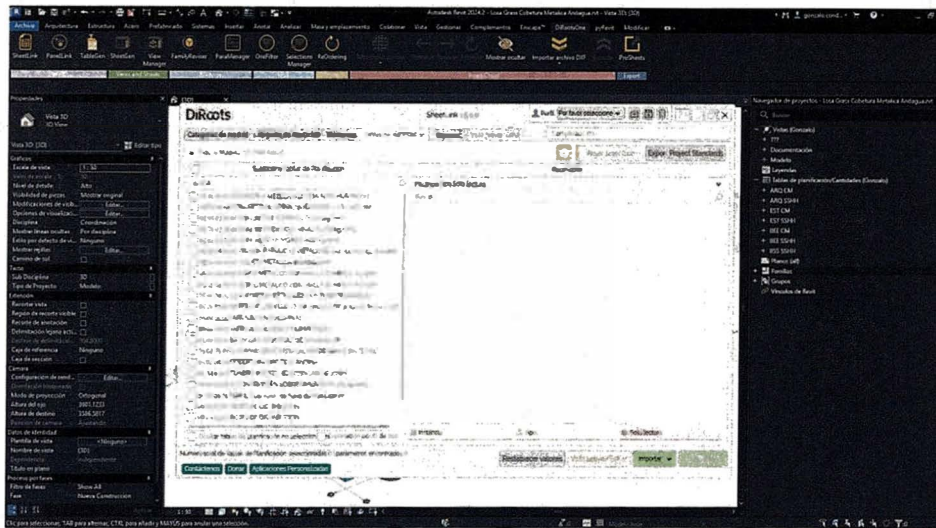
4.1.5.1. Análisis a nivel de Metrados

Se corroborará los metrados del Expediente Técnico con el método convencional, AutoCAD y por la Herramienta BIM, Revit V2024.

Se detalla el procedimiento realizado para cada partida:

- Se debe encontrar modelado al 100% el modelo 3D del proyecto a analizar.
- Realizar tablas de planificación de cada especialidad y de cada componente, de acuerdo a la categoría modelada en el proyecto.
- Nos apoyamos de la herramienta de SheetLink, del complemento de DiRootsOne, para la exportación de Revit a Excel.
- Obtenemos la diferencia de metrado y con ello podemos obtener una optimización costo, multiplicando la diferencia de metrado por el ACU

Figura 20 Visualizamos la herramienta de SheetLink, del complemento de DiRootsOne, para la exportación de Revit a Excel.



Nota: Elaboración propia

Modelado del componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica

Especialidad: ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)

Se observó que la topografía es casi plana en el área de intervención del proyecto, por tanto, no se presentaron diferencias de metrados, ya que las partidas son concisas, excavaciones o zanjas para zapatas y relleno con material propio.

Figura 21 Topografía del área de intervención del proyecto



Nota: Elaboración propia

- Modelado de Cimentación (Solados, Zapatas, Cimientos Corridos)

Se corrobora los metrados, no se presenta incompatibilidades, se presentan los metrados extraídos del Revit de las partidas más incidentes para el correcto modelamiento de la cimentación del proyecto.

Tabla 8 Tabla de cuantificación para la partida de solados

04.01.02.01 SOLADO E=4" MEZCLA 1-12 CEMENTO- HORMIGON			
Elemento	Tipo	Sector	Área
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
SOLADO	Solado Z01 e=10cm	CERCO PERIMETRICO	1.80 m ²
Total general: 14			25.20 m ²

Nota: Elaboración propia

Se concluye, que no existe variación de costo u optimización del mismo.

Tabla 9 Tabla de cuantificación de la partida de concreto en zapatas

04.01.03.01.01 CONCRETO EN ZAPATA F'C=210kg/cm ²			
Elemento	Tipo	Sector	Volumen
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26

ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
ZAPATA	Z-01 (1.20x1.50x0.70m)	CERCO PERIMETRICO	1.26
Total general: 14			17.64

Nota: Elaboración propia

Se concluye, que no existe variación de costo u optimización del mismo.

- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)

Existe duplicidad entre sobrecimientos y sardineles en encofrado y concreto, el resumen de la cuantificación de dichas partidas se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 10 Tabla de cuantificación de la partida de concreto de sobrecimientos

04.01.02.03 CONCRETO DE SOBRECIMIENTO F' C = 1:8 + 25% PM				
Elemento	Tipo	Sector	Referencia	Volumen
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1G - 1H	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1F - 1G	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1E - 1F	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1D - 1E	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1C - 1D	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1B - 1C	0.27
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A - 1B	0.52
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2G - 2H	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2F - 2G	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2E - 2F	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2D - 2E	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2C - 2D	0.26
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2B - 2C	0.27
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H - 2H	1.22
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H - 2H	1.09
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H - 2H	0.16
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	CERCO PERIMETRICO	EJE 2A - 2B	0.43
Total general: 17				6.56

Nota: Elaboración propia

Con ello cuantificamos la variación de costo u optimización del mismo, en cuanto a las partidas de concreto y encofrado de sobrecimientos.

Tabla 11 Tabla de cuantificación de la partida de concreto en sardinell

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
05.01.02.05	CONCRETO EN SARDINELL f _c =175kg/cm ²	M3	2.53	0.00	2.53	532.75	1,347.86

Nota: Elaboración propia

Tabla 12 Resumen de partida de encofrado y desencofrado en sardinell

ÍTEM	PARTIDA	UND	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
05.01.02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SARDINELL	M2	10.13	0.00	10.13	80.64	816.88

Nota: Elaboración propia

- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas, Cerchas Metálicas, Cobertura Metálica)

Un problema frecuente es cuando realizamos el Metrado de volúmenes en concreto entre columnas y vigas, normalmente consideran doble debido a las uniones entre viga – columna, pero en este caso no existe ese error.

Tabla 13 Tabla de cuantificación en concreto de columnas

04.01.03.02.01 CONCRETO EN COLUMNAS f _c =210 kg/cm ²				
ELEMENTO	TIPO	SECTOR	REFERENCIA	VOLUMEN (m ³)
CERCO PERIMETRICO				
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-H	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-H	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-G	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-G	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-F	0.52

COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-F	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-E	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-E	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-D	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-D	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-C	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-C	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1-B	0.52
COLUMNAS	C-01 (0.30x0.40m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2-B	0.52
Total general: 14				7.33

Nota: Elaboración propia

Tabla 14 Tabla de cuantificación de concreto en vigas

04.01.03.03.01 CONCRETO EN VIGAS $f_c=210$ kg/cm²				
Elemento	Tipo	Sector	Referencia	Volumen
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2B - 2C	0.41
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2C - 2D	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2D - 2E	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2E - 2F	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2F - 2G	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 2G - 2H	0.41
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1B - 1C	0.41
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1C - 1D	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1D - 1E	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1E - 1F	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1F - 1G	0.4
VIGA	V-01 (0.25x0.30m)	CERCO PERIMETRICO	EJE 1G - 1H	0.41
Total general: 12				4.82

Nota: Elaboración propia

Se concluye, que no existe variación de costo u optimización del mismo, a pesar de que existe un error frecuente en la duplicidad de volúmenes de concreto y en áreas de encofrado en las uniones de viga – columna.

La partida 05.01.04.01.05 VIGUETA METÁLICA 40x80x2.5mm existe una diferencia de Medrado a lo modelado y lo que se encuentra en el expediente técnico.

Tabla 15 Tablas de cuantificación de la partida de vigueta metálica

04.01.04.01.05 VIGUETA METÁLICA 40x80x2.5mm			
Elemento	Tipo	Sector	Longitud
VIGUETA	Vigueta 40x80x2.5mm	COBERTURA	736.69
Total general: 23			736.69

Nota: Elaboración propia

A partir de ello obtenemos la optimización de costo:

Tabla 16 Comparación de la partida de vigueta metálicas usando modelos BIM

ÍTEM	PARTIDA	UNIDA D	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (\$/.)	Parcial (\$/.)
05.01.04.01.0 5	VIGUETA METÁLICA 40x80x2.5mm	M	739.45	736.69	2.76	38.10	105.16

Nota: Elaboración propia

La partida 04.01.04.02.03 SOPORTES VERTICALES CON TUBO REDONDOS existe una diferencia de metrado a lo modelado y lo que se encuentra en el expediente técnico.

Tabla 17 Tabla de cuantificación de partida de soportes verticales

04.01.04.02.03 SOPORTES VERTICALES CON TUBO REDONDOS						
ELEMENTO	TIPO	SECTOR	REFERENCIA	LONGITUD (M)	CANTIDAD (UND)	
CERCO PERIMETRICO						
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2C-2D	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2D-2E	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2E-2F	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2F -2G	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2G-2H	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2B-2C	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1C-1D	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1D-1E	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1E-1F	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1F -1G	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1G-1H	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1B-1C	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-1B	4.20	0.70	
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-1B	4.20	0.70	

TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-1B	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-1B	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2A-2B	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1A-2A	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 1H-2H	4.20	0.70
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2A-2B	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2A-2B	3.10	0.52
TUBO METALICO	Tubo de Fierro de 3"	CERCO PERIMETRICO	EJE 2A-2B	3.10	0.52
CERCO PERIMETRICO: 34					21.97

Nota: Elaboración propia

Tabla 18 Comparación de los metrados para la partida de soportes verticales

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
04.01.04.02.03	SOPORTES VERTICALES CON TUBO REDONDOS	UND	35.00	21.97	13.03	247.62	3,226.49

Nota: Elaboración propia

Especialidad: INSTALACIONES SANITARIAS

- Drenaje Pluvial en Losa Deportiva

No hay modificaciones

Especialidad: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Reflectores LED en Losa Deportiva, principalmente se analizó el circuito en

la línea de tubería y cableado

Tabla 19 Resumen de Metrado para tuberías PVC SEL

04.04.03.02 TUBERIA PVC SEL (ELÉCTRICAS) DE 20mm				
Elemento	Tipo	Tamaño	Sector	Longitud
CIRCUITO REFLECTOR			COBERTURA	
LED	Tubería Luminaria	20 mmø	METALICA	37.419
Total general: 9				37.419

Nota: Elaboración propia

Ahora se muestra la optimización de costo debido a la diferencia de costo:

Tabla 20 Resumen de metrados de la partida de Tubería PVC SEL

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
04.04.03.02	TUBERIA PVC SEL (ELÉCTRICAS) DE 20mm	M	136.10	97.42	38.68	15.92	615.79

Nota: Elaboración propia

Especialidad: ARQUITECTURA

Se encuentra metrados duplicados en los metrados de tarrajeo y pintura en M2, para los elementos columnas, vigas y cerco perimétrico.

Tabla 21 Resumen de partida de Revoques, Enlucidos y Moldaduras

04.02.01.01 REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS			
Elemento	Tipo	Sector	Área
TARRAJEO EN COLUMNAS	Tarrajeo + Pintura e=1.5cm (C)	CERCO PERIMETRICO	60.57 m ²
TARRAJEO EN SOBRECIMIENTO	Tarrajeo + Pintura e=1.5cm (SC)	CERCO PERIMETRICO	106.30 m ²
TARRAJEO EN VIGAS	Tarrajeo + Pintura e=1.5cm (V)	CERCO PERIMETRICO	35.84 m ²
Total general: 107			202.71 m ²

Nota: Elaboración propia

Se pudo observar que repercuten en las partidas de tarrajeo y pintura y, por tanto, se extrajo la

Tabla 22 Comparación del Metrado de tarrajeo en columnas, vigas y cerco

ÍTEM	PARTIDA	UND	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
04.02.01.01	TARRAJEO EN COLUMNAS	M2	81.34	60.57	20.77	49.99	1,038.29
04.02.01.02	TARRAJEO EN VIGAS	M2	51.09	35.84	15.25	59.14	901.89
04.02.01.03	TARRAJEO DE CERCO PERIMETRICO	M2	87.44	106.30	-18.86	39.68	-748.36
							1,191.81

Nota: Elaboración propia

Tabla 23 Comparación de metrados para las partidas de pintura y sobrecimiento

ÍTEM	PARTIDA	UND.	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
04.02.04.01	PINTURA EN COLUMNAS	M2	81.34	60.57	20.77	32.03	665.26
04.02.04.02	PINTURA EN VIGAS	M2	51.09	35.84	15.25	31.87	486.02
04.02.04.03	PINTURA EN SOBRECIMIENTO DE CONCRETO	M2	87.44	106.30	-18.86	31.87	-601.07
							550.21

Nota: Elaboración propia

Se encuentra bien cuantificado en metrados de Grass sintético, la ventaja del modelado en Revit, nos indica por partes de material de color de Grass sintético y la demarcación de las líneas de campo, el cual se detalla a continuación:

Tabla 24 Tabla de cuantificación del suministro e instalación de Grass sintético

04.02.05.01.01 SUMINISTRO E INSTALACION DE GRASS SINTETICO			
Elemento	Tipo	Nivel del Elemento	Área
GRASS SINTETICO	Grass Sintético	PRIMER NIVEL	319.85 m ²
GRASS SINTETICO	Líneas de Campo	PRIMER NIVEL	14.46 m ²
GRASS SINTETICO	Grass Sintético 2	PRIMER NIVEL	292.69 m ²
			627.00 m ²

Nota: Elaboración propia

Modelado del Componente 02. Servicios Higiénicos

Especialidad: ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Zapatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas)

Tabla 25 Tabla de cuantificación de cimientos corridos en SS. HH

05.01.03.02.01 CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1-10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA.			
Elemento	Tipo	Sector	Volumen
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.64
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.64
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.59
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.59
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.62
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.59
CIMIENTO CORRIDO	CC (0.40x0.65m)	SS.HH.	0.58
Total general: 7			4.24

Nota: Elaboración propia

Tabla 26 Tabla de cuantificación de la partida sobrecimientos en SS. HH

05.01.03.03.01 CONCRETO EN SOBRECIMIENTO $f_c=175$ kg/cm ²			
Elemento	Tipo	Sector	Volumen
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.18
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.18
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.18
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.17
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.17
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.1
SOBRECIMIENTO	SC e=15cm	SS.HH.	0.1
Total general: 7			1.11

Nota: Elaboración propia

Tabla 27 Tabla de cuantificación de la partida de concreto en zapatas en SS. HH

05.01.04.01.01 CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.			
Elemento	Tipo	Sector	Volumen
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
ZAPATA	Z-01 (1.05x1.05x0.50m)	SS.HH.	0.55
Total general: 6			3.31

Nota: Elaboración propia

Tabla 28 Tabla de cuantificación para concreto en columnas y vigas en SS. HH

05.01.04.02.01 CONCRETO EN COLUMNAS			
ELEMENTO	TIPO	SECTOR	VOLUMEN (m3)
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
COLUMNAS	C-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.21
Total general: 6			1.28

Nota: Elaboración propia

Tabla 29 Tabla de cuantificación del concreto en vigas

05.01.04.03.01 CONCRETO EN VIGAS f'c=210 kg/cm2			
Elemento	Tipo	Sector	Volumen
V-1 (0.25x0.25m)			
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.15
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.15
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.15
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.15
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.3
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.3
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.3
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.12
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.14
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.12
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.14
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.12
VIGA	V-1 (0.25x0.25m)	SS.HH.	0.14
Total general: 13			2.25

Nota: Elaboración propia

Tabla 30 Metrado de perfil tubular para cobertura de teja andina en SS. HH

05.01.05.01 PERFIL TUBULAR de fierro de 25x50x2mm			
Elemento	Tipo	Sector	Longitud
Tubo Rectangular 25x50x2mm			
VIGUETA SS.HH.	Tubo Rectangular 25x50x2mm	SS.HH.	37.95
Total general: 7			37.95

Nota: Elaboración propia

Estos metrados modifican el presupuesto, ya que los metrados del proyecto se encuentran calculados de forma errónea.

Especialidad: Estructuras

Tabla 31 Influencia en el presupuesto de las partidas de la especialidad: estructuras

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (\$/.)	Parcial (\$/.)
05.01.03.02.01	CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO- HORMIGON 30% PIEDRA.	M3	4.43	4.24	0.19	257.12	48.85
05.01.03.03.01	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO f _c =175 kg/cm ² .	M3	1.25	1.11	0.14	495.42	69.36
05.01.04.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM ² .	M3	4.63	3.31	1.32	495.23	653.70
05.01.05.01	PERFIL TUBULAR de fierro de 25x50x2mm	M	54.00	37.95	16.05	31.19	500.80
							1,272.51

Nota: Elaboración propia

Especialidad INSTALACIONES SANITARIAS

- Sistema de agua fría en Servicios Higiénicos
- Sistema de desagüe en Servicios Higiénicos

Tabla 32 Metrados de la partida de redes de distribución de agua fría

05.03.03.02 REDES DE DISTRIBUCION		
Tipo	Tamaño	Longitud
Tubería Agua Fría	1/2"Ø	12.979
Tubería Agua Fría	3/4"Ø	12.325
Total general: 39		25.304

Nota: Elaboración propia

Tabla 33 Metrados de la partida de redes de distribución de agua para desagüe

05.03.05.02 REDES DE DISTRIBUCION		
Tipo	Tamaño	Longitud
Tubería Desagüe	2"Ø	7.404
Tubería Desagüe	4"Ø	12.087
Total general: 39		19.491

Nota: Elaboración propia

Estos metrados modifican el presupuesto, ya que los metrados del proyecto se encuentran calculados de forma errónea.

Especialidad: Instalaciones sanitarias

Tabla 34 Influencia en el presupuesto por las partidas de redes de agua fría

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
05.03.03.02.01	TUBERIA PVC SAP Ø 3/4"	M	50.00	12.32	37.68	10.85	408.83
05.03.03.02.02	TUBERIA PVC SAP Ø 1/2"	M	38.00	12.98	25.02	8.96	224.18
							633.01

Nota: Elaboración propia

Tabla 35 Influencia en el presupuesto de las partidas redes para desagüe

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
05.03.05.02.01	TUBERÍA PVC SAL DE 2"	M	15.20	7.40	7.80	19.91	155.22
05.03.05.02.02	TUBERÍA PVC SAL DE 4"	M	25.50	12.09	13.41	28.90	387.64

Nota: Elaboración propia

Especialidad: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Luminarias en Servicios Higiénicos, circuito de Farola en área Verde.

Principalmente se analizó el circuito en la línea de tubería y cableado

Tabla 36 Metrado de tuberías PVC-SAP para luz

05.04.02.01 TUBERIAS DE PVC-SAP DE 20MM.DIAMETRO				
Elemento	Tipo	Tamaño	Sector	Longitud
CIRCUITO FAROLA SSHH	Tubería Luminaria	20 mmø	FAROLA	18.485
CIRCUITO LUMINARIA SSHH	Tubería Luminaria	20 mmø	SS.HH.	12.207
Total general: 17				30.692

Nota: Elaboración propia

Estos metrados modifican el presupuesto, ya que los metrados del proyecto se encuentran calculados de forma errónea.

Especialidad: Instalaciones eléctricas

Tabla 37 Influencia en el presupuesto de las partidas de Tuberías de luz

ÍTEM	PARTIDA	UNIDA D	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferenci a Metrado	Precio Unitario (\$/.)	Parcial (\$/.)
05.04.02.0 1	TUBERIAS DE PVC- SAP DE 20MM.DIAMETRO	M	39.34	30.69	8.65	5.60	48.44

Nota: Elaboración propia

Especialidad: ARQUITECTURA

- Tierra de chacra
- Grass Natural
- Muros Divisorios

- Piso Cerámico
- Falso Cielorraso
- Tarrajeo y pintura
- Veredas
- Juegos Infantiles

Se detalla los metrados extraídos del Revit para la especialidad de arquitectura, conteniendo los puntos mencionados con anterioridad.

Tabla 38 Medrado de la partida de Baldosas Acústicas

05.02.03.01 BALDOSAS ACUSTICAS DE 0.60X0.60 CM				
Elemento	Tipo	Nivel del Elemento	Referencia	Área
FCR	Falso Cielo Raso 0.60x0.60m	PRIMER NIVEL	SS.HH.	5.70 m ²
FCR	Falso Cielo Raso 0.60x0.60m	PRIMER NIVEL	SS.HH.	5.70 m ²
Total general: 2				11.39 m ²

Nota: Elaboración propia

Tabla 39 Medrado de la cobertura Tipo Teja Andina

05.02.06.01 COBERTURA TIPO TEJA ANDINA		
Elemento	Tipo	Área
TEJA ANDINA	Cubierta para Teja	29.94 m ²

Nota: Elaboración propia

Especialidad: Arquitectura

Una observación en este punto es que no se debió considerar las partidas de tarrajeo y pintura en muros interiores, debido a que este trabajo se realizó usando partidas de zócalo y contrazócalo para la culminación de los acabados en obra.

Estos metrados modifican el presupuesto, ya que los metrados del proyecto se encuentran calculados de forma errónea.

Tabla 40 Influencia en el presupuesto de las partidas de pintado y tarrajeo de muros interiores y baldosas

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
05.02.02.01	TARRAJEO MUROS INTERIORES MEZCLA C: A 1:5, E= 1:5 cm	M2	41.84	0.00	41.84	20.84	871.95
05.02.03.01	BALDOSAS ACUSTICAS DE 0.60X0.60 CM	M2	13.33	11.39	1.94	94.37	183.08
05.02.06.01	COBERTURA TIPO TEJA ANDINA	M2	31.47	29.94	1.53	112.49	172.11
05.02.10.01	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIOR C/LATEX VINILICO (VINILATEX O SIMILAR)	M2	41.84	0.00	41.84	28.03	1,172.78
							2,399.91

Nota: Elaboración propia

Se realiza un nuevo presupuesto con el análisis realizado anteriormente quedando de la siguiente manera.

4.1.5.2. Análisis a nivel de ACU (Análisis de Costos Unitarios)

Un error muy frecuente es cuando se realiza el análisis de rendimiento y materiales en ACU de partidas de Estructuras Metálicas.

En cuanto al Análisis de Costos Unitarios de la partida de cercha metálica que es donde se tiene un presupuesto con mayor incidencia, se respeta de acuerdo a presupuesto que se estipula en el expediente técnico de obra.

Figura 22 ACU de la partida de cercha Metálica del PowerCost

05.01.04.01.01 VIGAS PARABÓLICAS METÁLICOS L=27.55, H=0.52, E=0.18M SEGÚN PLANOS

Costo Unitario por M : 273.06

Nota: Elaboración propia

Tabla 41 Análisis de costo unitario de la partida de Cercha parabólica por m

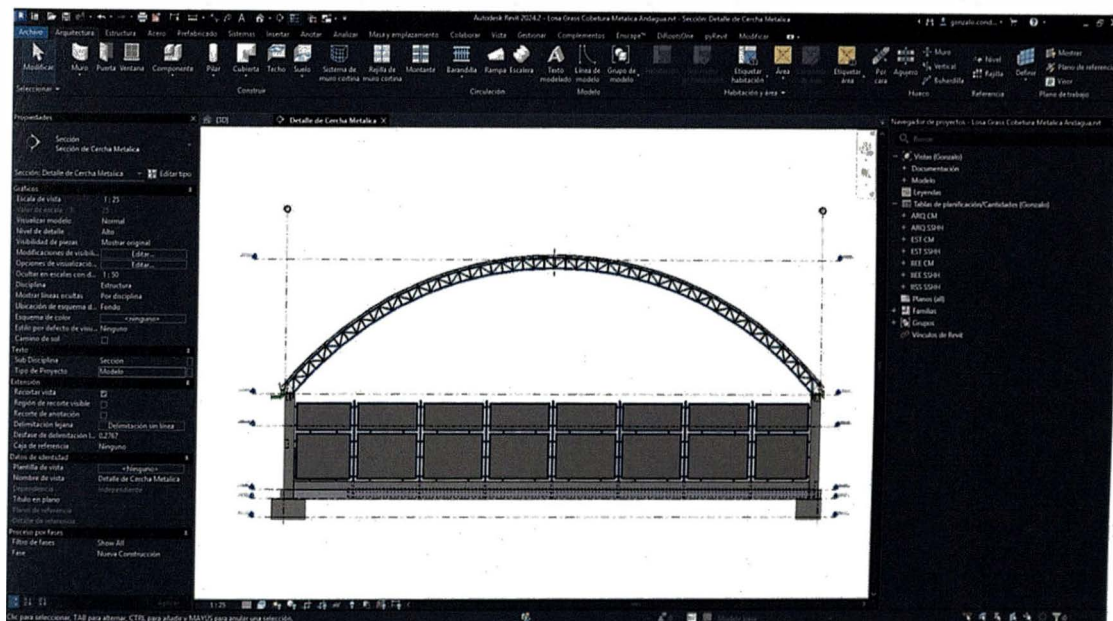
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
05.01.04.01.01	VIGAS PARABÓLICAS METÁLICOS L=27.55, H=0.52, E=0.18M SEGÚN PLANOS				Rend: 10.0000 M/DIA	
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.8000	23.49	18.79
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.8000	18.57	14.86
47 00009	PEON	HH	1.000	0.8000	16.79	13.43
						47.08
Materiales						
29 00232	SOLDADURA CELLOCORD	KG		1.4200	18.00	25.56
52 07331	CABLE DE ACERO GALVANIZADO 1/2"	M		1.0000	6.50	6.50
52 07332	TUBOS METALICOS CUADRADO 1 1/2"x2MM	M		4.0000	20.00	80.00
52 07333	TUBOS METALICOS RECTANGULAR 40x60x2.5MM	M		4.0000	25.00	100.00
						212.06
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	47.08	1.41
48 07334	AMOLADORA	HM	0.500	0.4000	7.00	2.80
48 00156	ANDAMIO METALICO	HM	0.020	0.0160	12.00	0.19
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.600	0.4800	14.00	6.72
48 07335	TRONSADORA	HM	0.500	0.4000	7.00	2.80
						13.92
Costo Unitario por M :						273.06

Nota: Elaboración propia

Se realiza el análisis en Revit por materiales, ya que se tiene un modelo 350 – 400

A continuación, se muestra la sección de cercha elaborado uno por uno de cada elemento, es decir, se tiene con exactitud los elementos que la conforman como brida superior, brida inferior, diagonal, montante y travesaños en cada viga parabólica de longitud de 27.55m aproximadamente, con ello se puede realizar el ACU con mayor exactitud de los materiales, sin alterar los rendimientos de mano de obras y maquinaria

Figura 23 Sección de cercha o viga metálica en Revit en elevación.



Nota: Elaboración propia

Mediante tablas de planificación obtenemos la cantidad de cada componente en longitud, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 42 Resumen de tabla de cuantificación de vigas

04.01.04.01.01 VIGAS PARABÓLICAS METÁLICOS L=27.55, H=0.52, E=0.18M			
Elemento	Tipo	Sector	Longitud
Brida Inferior 40x60x2.5mm			
BRIDA INFERIOR	Brida Inferior 40x60x2.5mm	COBERTURA	379.18
Brida Superior 40x60x2.5mm			
BRIDA SUPERIOR	Brida Superior 40x60x2.5mm	COBERTURA	387.68
Diagonal 1.5"x1.5"x2mm			
DIAGONAL	Diagonal 1.5"x1.5"x2mm	COBERTURA	489.27
Montante 1.5"x1.5"x2mm			

MONTANTE	Montante 1.5"x1.5"x2mm	COBERTURA	308.00
Travesaño 1.5"x1.5"x2mm			
TRAVESAÑOS	Travesaño 1.5"x1.5"x2mm	COBERTURA	81.90
Total general: 2457			1646.02

Nota: Elaboración propia

A la vez también con esta cantidad se puede obtener la cantidad exacta de perfiles de tubos. Tubo Rectangular de 40x60x2.5mm y Tubo Cuadrado de 1.5"x1.5"x2mm, para una longitud de 27.55m y 7 cerchas en cada eje, se tiene la siguiente cantidad por metro de cada elemento tubular.

Tabla 43 Cálculo de material de tubos rectangulares y cuadrado que son necesarios para la cercha o viga de cada eje

Elemento	Tipo	Longitud
Brida Superior, Inferior	Tubo Rectangular de 40x60x2.5mm	3.97
Diagonal, montante, travesaño	Tubo Cuadrado de 1.5"x1.5"x2mm.	4.10

Nota: Elaboración propia

Se corrobora que los materiales se encuentran bien calculados.

Ahora se analizará los ACUS de acuerdo al modelo para los componentes de malla olímpica de los siguientes cercos:

- 04.01.04.02.01 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=3.50M
- 04.01.04.02.02 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=2.40M

Tabla 44 Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=3.50m

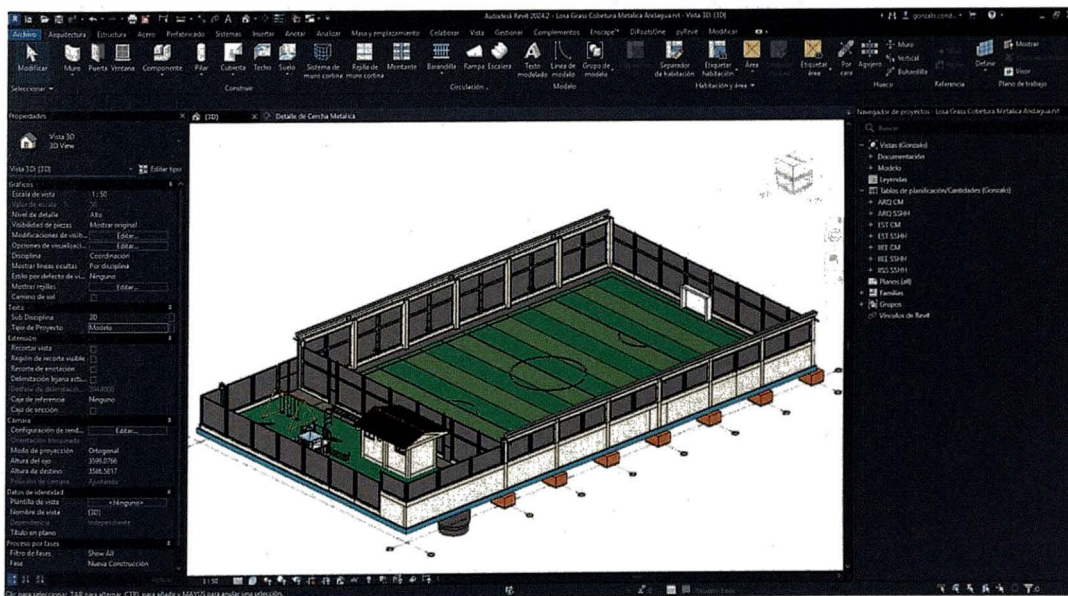
04.01.04.02.01 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=3.50M		Rend: 10.0000 M/DIA				
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.00	0.80	23.49	18.79
47 00008	OFICIAL	HH	1.00	0.80	18.57	14.86
47 00009	PEON	HH	1.00	0.80	16.79	13.43
						47.08
Materiales						

00 07342	ANGULO DE ACERO 1"	M		5.92	8.00	47.36
00 07345	TUBO DE FIERRO CIRCULAR DE 2"	M		6.35	14.00	88.90
30 07344	MALLA GALVANIZADA COCADA 2"x2" N°10	M2		3.50	25.00	87.50
30 07343	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD P 3/16"	KG		0.75	18.00	13.50
						237.26
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	47.08	1.41
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.60	0.48	14.00	6.72
						8.13
						Costo Unitario por M : 292.47

Nota: Elaboración propia

Se realiza el análisis en Revit por materiales, ya que se tiene un modelo 350 – 400

Figura 24 Se observa el modelo las distintas mallas metálicas de H=3.50m y H=2.40m



Nota: Elaboración propia

Se tiene el siguiente Metrado de análisis de costos unitarios para las partidas de cerco metálico con malla olímpica de 2.40 m y 3.50 m, como se muestra en la

Tabla 45 y Tabla 49.

Tabla 45 Comparación de los metrados para la partida de cerco metálico

04.01.04.02.01 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=3.50M

ELEMENTO	TIPO	LONG. (m)	LONGITUD TOTAL DE PANEL (m)	PERIMETRO TOTAL DE PANEL (m)	AREA PANEL 1	AREA PANEL 2	AREA TOTAL (m2)
Malla Olímpica 2.46x3.40m							
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x3.40m	2.46	16.442	15.042	4.31 m ²	2.54 m ²	6.85 m ²
Malla Olímpica 2.49x3.40m							
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.49x3.40m	2.49	16.542	15.142	4.36 m ²	2.57 m ²	6.93 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.49x3.40m	2.49	16.542	15.142	4.36 m ²	2.57 m ²	6.93 m ²
Malla Olímpica 2.62x3.40m							
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.62x3.40m	2.62	17.054	15.654	4.61 m ²	2.72 m ²	7.33 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.62x3.40m	2.62	17.054	15.654	4.61 m ²	2.72 m ²	7.33 m ²
Malla Olímpica 2.90x3.40m							
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x3.40m	2.9	18.202	16.802	5.17 m ²	3.05 m ²	8.21 m ²
Total general:		52.22	340.816	312.816			146.31 m ²
20							

Nota: Elaboración propia

A la vez también con esta cantidad se puede obtener la cantidad exacta de los tubos circulares de 2", Angulo de acero de 1" y malla galvanizada cocada 2"x2" N°10. A la vez calculamos por metro

Tabla 46 Cálculo de material de para paneles de Malla Olímpica 2.46x3.40m de una longitud total de 52.22m

Elemento	Tipo	Longitud	Longitud x m
Longitud Total	Tubo Circular de 2"	340.816	6.52
Longitud perímetro Panel	Angulo de acero de 1"	312.816	5.99
Área Panel	Malla galvanizada cocada 2"x2" N°10	146.31	2.80

Nota: Elaboración propia

El nuevo ACU sería:

Tabla 47 Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=3.50m

04.01.04.02.01 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=3.50M						Rend:	10.0000
						M/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.00	0.80	23.49	18.79	
47 00008	OFICIAL	HH	1.00	0.80	18.57	14.86	
47 00009	PEON	HH	1.00	0.80	16.79	13.43	
						47.08	
Materiales							
00 07342	ANGULO DE ACERO 1"	M		5.99	8.00	47.92	
00 07345	TUBO DE FIERRO CIRCULAR DE 2"	M		6.52	14.00	91.28	
30 07344	MALLA GALVANIZADA COCADA 2"x2" N°10	M2		2.80	25.00	70.00	
30 07343	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD P 3/16"	KG		0.75	18.00	13.50	
						222.70	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	47.08	1.41	
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.60	0.48	14.00	6.72	
						8.13	
Costo Unitario por M :						277.91	

Nota: Elaboración propia

En el análisis realizado en el marco de esta tesis, se abordó la partida de "CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=3.50M", la cual en el expediente tradicional presentaba una estructura de costos agrupada, dificultando la identificación precisa de cantidades y componentes individuales.

Mediante la implementación de la metodología BIM con modelos tridimensionales (BIM 3D), fue posible descomponer esta partida y realizar una cuantificación detallada y exacta

de los materiales involucrados (ángulos de acero de 1", tubos de fierro circular de 2", malla galvanizada cocada de 2"x2" N°10, entre otros), lo que permitió construir un análisis de costos unitarios (ACU) más ajustado a la realidad del proyecto.

Como resultado, se evidenció una variación en el ACU de S/ 292.47 a S/ 277.91. Este cambio no implica necesariamente una optimización del costo en todos los casos, sino que demuestra cómo, a través del uso de modelos BIM, es posible mejorar la precisión en la estimación de costos, especialmente en partidas globales que en los expedientes tradicionales pueden estar sobrevaloradas o subvaloradas por falta de detalle.

Este enfoque permite tomar decisiones más informadas durante la etapa de planificación y presupuestación, contribuyendo a una mejor gestión del costo del proyecto, independientemente de si el resultado final implica un aumento o reducción del mismo.

Ahora analizamos la malla Olímpica de h=2.40 m

Tabla 48 Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=2.40m

04.01.04.02.02 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=2.40M						Rend: 10.0000 M/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.00	0.80	23.49	18.79	
47 00008	OFICIAL	HH	1.00	0.80	18.57	14.86	
47 00009	PEON	HH	1.00	0.80	16.79	13.43	
						47.08	
Materiales							
00 07342	ANGULO DE ACERO 1"	M		5.92	8.00	47.36	
00 07345	TUBO DE FIERRO CIRCULAR DE 2"	M		6.35	14.00	88.90	
30 07344	MALLA GALVANIZADA COCADA 2"x2" N°10	M2		2.40	25.00	60.00	
30 07343	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD P 3/16"	KG		0.75	18.00	13.50	
						209.76	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	47.08	1.41	
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	1.00	0.80	14.00	11.20	
						12.61	
Costo Unitario por M : 269.45							

Nota: Elaboración propia

Tabla 49 Tabla de cuantificación para la partida de cerco metálico con malla olímpica

04.01.04.02.02 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=2.40M					
ELEMENTO	TIPO	LONGITUD (m)	LONGITUD PANEL (m)	PERIMETRO PANEL (m)	AREA PANEL (m2)
Malla Olímpica 2.46x1.60m					
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.46x1.60m	2.46	7.82	7.32	3.20 m ²
Malla Olímpica 2.49x1.60m					
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.49x1.60m	2.49	7.87	7.37	3.24 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.49x1.60m	2.49	7.87	7.37	3.24 m ²
Malla Olímpica 2.58x2.40m					
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.58x2.40m	2.58	9.87	9.17	5.25 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.58x2.40m	2.58	9.87	9.17	5.25 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.58x2.40m	2.58	9.87	9.17	5.25 m ²
Malla Olímpica 2.90x1.60m					
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x1.60m	2.90	8.70	8.20	3.84 m ²
Malla Olímpica 2.90x2.40m					
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 2.90x2.40m	2.90	10.50	9.80	5.96 m ²
Malla Olímpica 3.24x1.60m					

MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 3.24x1.60m	3.24	9.39	8.89	4.34 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 3.24x1.60m	3.24	9.39	8.89	4.34 m ²
MALLA OLÍMPICA	Malla Olímpica 3.24x1.60m	3.24	9.39	8.89	4.34 m ²
Total general: 26		70.24	233.96	218.92	112.88 m ²

Nota: Elaboración propia

A la vez también con esta cantidad se puede obtener la cantidad exacta de los tubos circulares de 2", Angulo de acero de 1" y malla galvanizada cocada 2"x2" N°10. A la vez calculamos por metro

Tabla 50 Cálculo de material de para paneles de Malla Olímpica de h=2.40m de una longitud total de 70.24m

Elemento	Tipo	Longitud	Longitud x m
Longitud Total	Tubo Circular de 2"	233.96	3.33
Longitud perímetro Panel	Angulo de acero de 1"	218.92	3.12
Área Panel	Malla galvanizada cocada 2"x2" N°10	112.88	1.61

Nota: Elaboración propia

El nuevo ACU sería:

Tabla 51 Análisis de costo unitario de la partida de malla Olímpica de H=2.40m

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
04.01.04.02.02 CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=2.40M						Rend: 10.0000 M/DIA
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.00	0.80	23.49	18.79
47 00008	OFICIAL	HH	1.00	0.80	18.57	14.86
47 00009	PEON	HH	1.00	0.80	16.79	13.43
						47.08
Materiales						
00 07342	ANGULO DE ACERO 1"	M		3.12	8.00	24.96
00 07345	TUBO DE FIERRO CIRCULAR DE 2"	M		3.33	14.00	46.62
30 07344	MALLA GALVANIZADA COCADA 2"x2" N°10	M2		1.61	25.00	40.25
30 07343	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD P 3/16"	KG		0.75	18.00	13.5
						125.33
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	47.08	1.41
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	1.00	0.80	14.00	11.20

Nota: Elaboración propia

En el análisis realizado en el marco de esta tesis, se abordó la partida de "CERCO METALICO CON MALLA OLÍMPICA H=2.40M", la cual en el expediente tradicional presentaba una estructura de costos agrupada, dificultando la identificación precisa de cantidades y componentes individuales.

Mediante la implementación de la metodología BIM con modelos tridimensionales (BIM 3D), fue posible descomponer esta partida y realizar una cuantificación detallada y exacta de los materiales involucrados (ángulos de acero de 1", tubos de fierro circular de 2", malla galvanizada cocada de 2"x2" N°10, entre otros), lo que permitió construir un análisis de costos unitarios (ACU) más ajustado a la realidad del proyecto.

Como resultado, se evidenció una variación en el ACU de S/. 269.45 a S/. 185.02. Este cambio no implica necesariamente una optimización del costo en todos los casos, sino que demuestra cómo, a través del uso de modelos BIM, es posible mejorar la precisión en la estimación de costos, especialmente en partidas globales que en los expedientes tradicionales pueden estar sobrevaloradas o subvaloradas por falta de detalle.

Este enfoque permite tomar decisiones más informadas durante la etapa de planificación y presupuestación, contribuyendo a una mejor gestión del costo del proyecto, independientemente de si el resultado final implica un aumento o reducción del mismo.

4.1.6. Presupuesto general

Tabla 52 Resumen del presupuesto empleando modelos BIM

EXPEDIENTE TECNICO - GESTION DE COSTOS (BIM 5D)		
COMPONENTE 01: OBRAS PROVISIONALES, SST Y TRABAJOS PRELIMINARES	S/	42,442.30
OBRAS PROVISIONALES	S/	26,174.23

4.2.1. Metodología Empleada

Se usó 2 softwares principalmente para la gestión de los costos del proyecto de infraestructura deportiva de media complejidad.

- **Revit**, para el modelamiento de los elementos de las distintas especialidades existentes en el proyecto de infraestructura deportiva
- **Delphin Express**, para el cálculo del presupuesto y como incide la metodología BIM a través del modelamiento del proyecto en la gestión de los costos.

Se usará como muestra o referencia el proyecto antes mencionado, el cual cuenta con un expediente técnico aprobado por la entidad ejecutante y con modificaciones en presupuesto y plazo.

4.2.2. Consideraciones para estimación del presupuesto

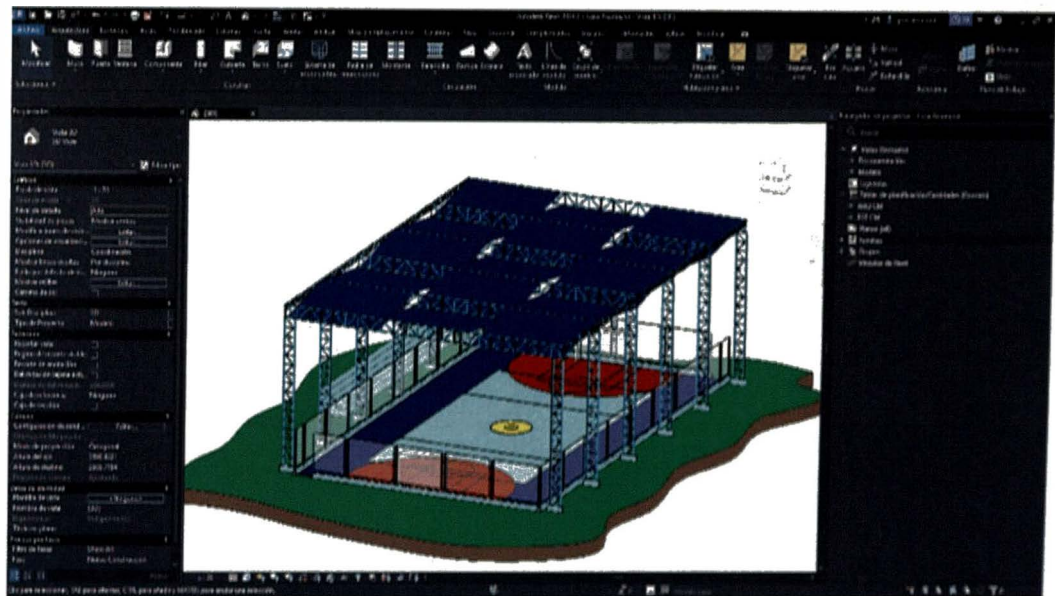
Gracias al modelos BIM, podemos obtener cuantificaciones exactas a comparaciones de otros softwares comunes o convencionales como el AutoCAD. Para el presupuesto se tienen las siguientes consideraciones.

Componente N°01: Estructura mixta Cobertura Malla Raschell: Cerco Perimétrico, Graderíos, Concreto Armado, Estructura Metálica y Malla Raschell

No se analizará los rendimientos de la mano de obra, solo se analizará la cuantificación de materiales y equipos en ACUS más incidentes en el proyecto. Posteriormente se corroborará metrados obtenidos por el Revit con el plasmado del Expediente Técnico Se analizará a nivel de metrados y ACUS, pero no se evaluará si un costo corresponde o no a lo estipulado en el expediente técnico.

Revit: Modelado 3D y cuantificación de metrados de las partidas más incidentes y adicionalmente un mejor análisis en cuantificación de materiales en ACUS

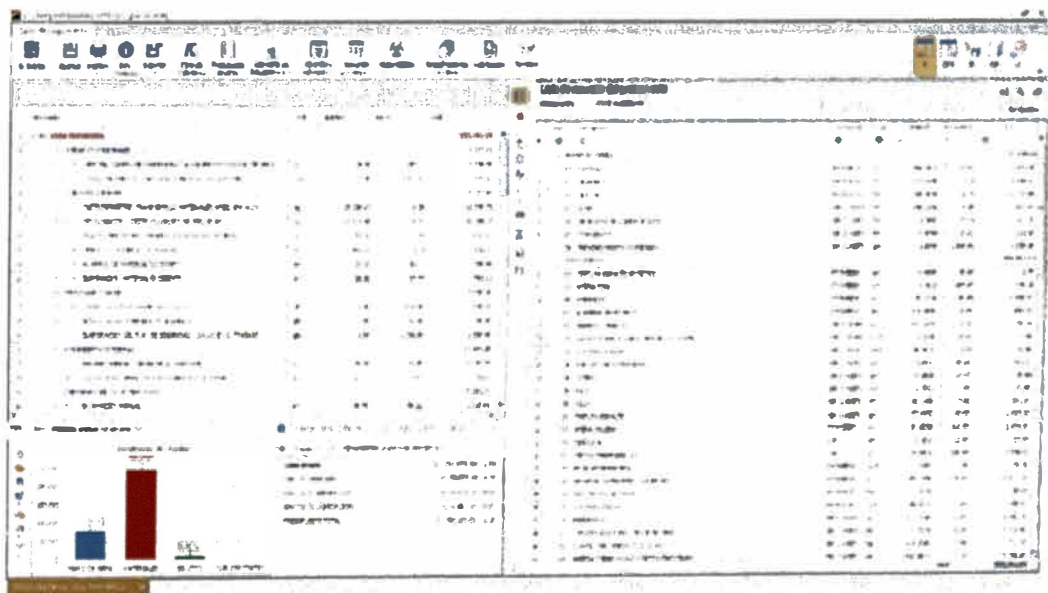
Figura 25 Modelamiento BIM en Revit



Nota: Elaboración propia

Delphin Express: Usaremos Delphin Express como una propuesta de alternativa porque tiene la ventaja de manejar a nivel de costos y programación en el mismo software.

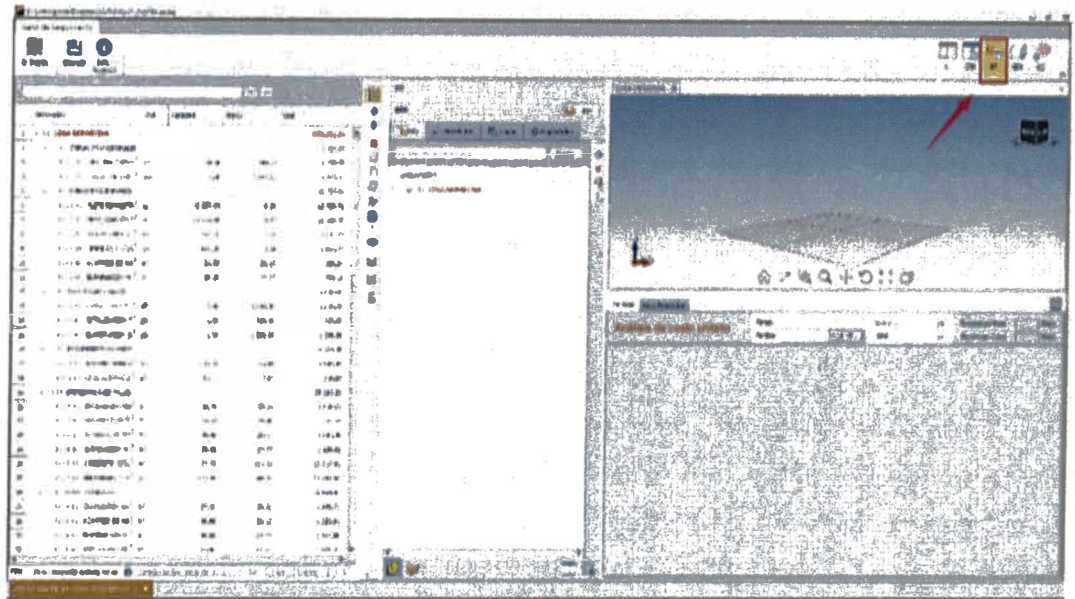
Figura 26 Creación del presupuesto de obra del proyecto



Nota: Elaboración propia

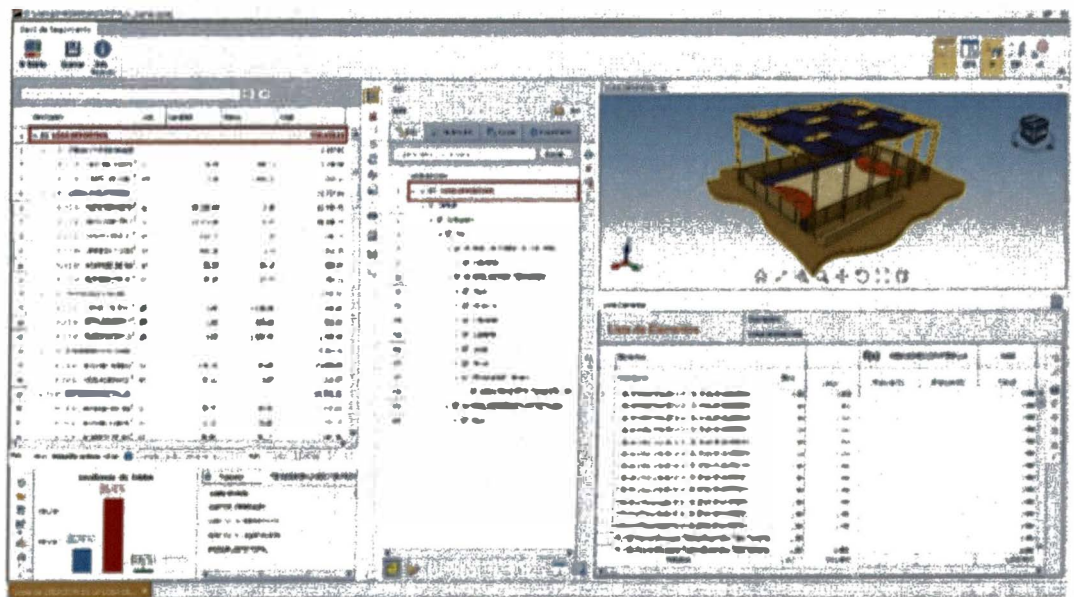
Figura 27 Modulo BIM 5D – BP en Delphin Express, importación IFC del modelo

RVT



Nota: Elaboración propia

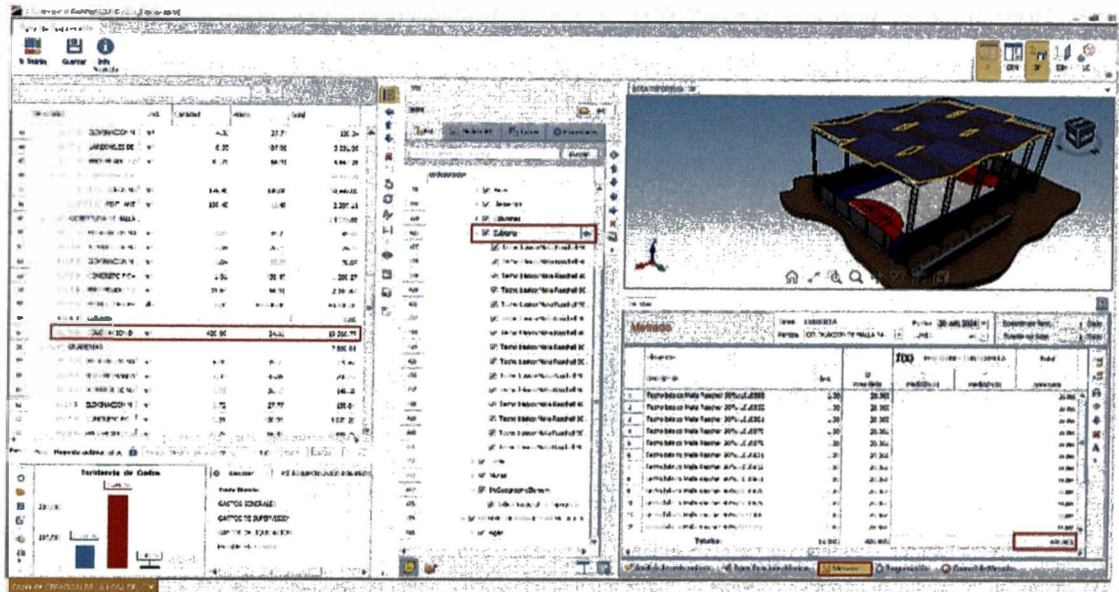
Figura 28 Modulo BIM 5D – BP en Delphin Express



Nota: Elaboración propia

Figura 29 Análisis por componente y partida de acuerdo a elemento de modelo

RVT



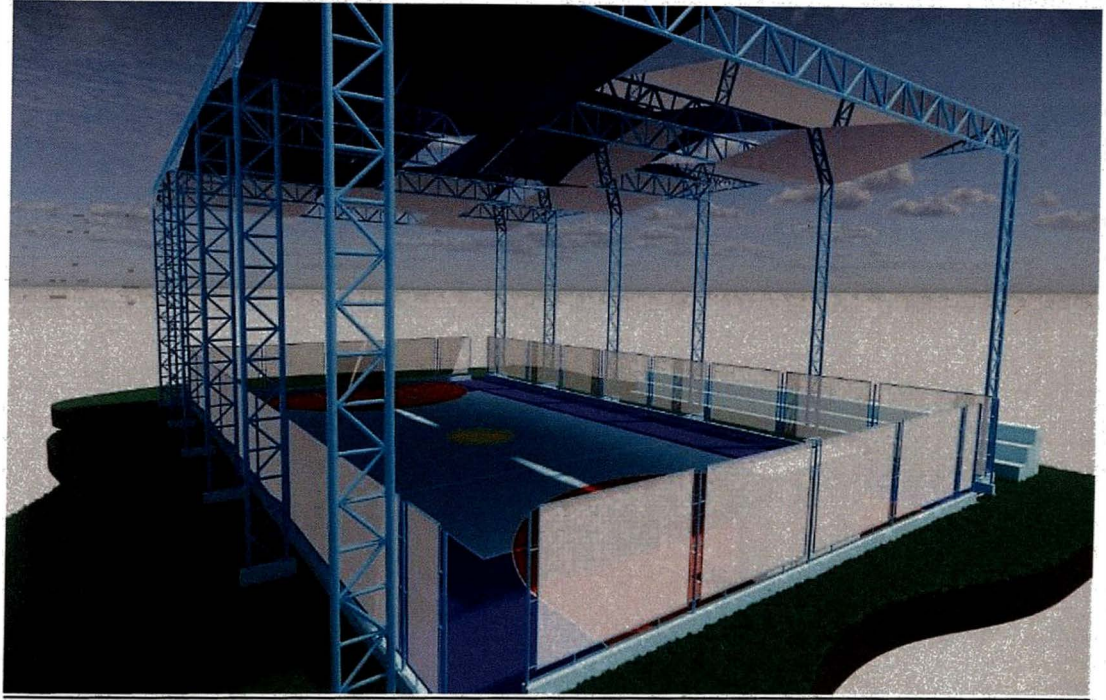
Nota: Elaboración propia

4.2.3. Proceso de Modelado

Gracias a los modelos BIM, podemos obtener cuantificaciones exactas a comparación de otros softwares comunes o convencionales como el AutoCAD. Respecto a la generación de maqueta digital, se siguió el siguiente flujo de modelamiento para el proyecto de infraestructura deportiva.

Modelado del Componente 01: Estructura mixta Cobertura Malla Raschell: Cerco Perimétrico, Graderíos, Concreto Armado, Estructura Metálica y Malla Raschell

Figura 30 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Estructura Metálica y Malla Raschell



Nota: Elaboración propia

4.2.4. Presupuesto Expediente Técnico (ejecutado)

El Presupuesto del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 53 Resumen de presupuesto de expediente técnico por componentes

EXPEDIENTE TECNICO		
OBRAS PROVISIONALES	S/	4,137.61
OBRAS PRELIMINARES	S/	35,723.40
SEGURIDAD Y SALUD	S/	3,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/	24,163.28
EMPEDRADO DE TALUD TIPO ANDEN	S/	35,293.22
LOSA DEPORTIVA	S/	55,964.43
SARDINEL	S/	41,907.01
COBERTURA DE MALLA RASCHELL EN LOSA	S/	97,006.80
GRADERIAS	S/	7,880.81
GRADAS	S/	1,497.45
CARPINTERIA METALICA	S/	3,040.06
INSTALACION ELECTRICA	S/	6,206.43
PINTURA	S/	16,022.90
OTROS	S/	1,343.63
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:	S/	333,187.03

GASTOS GENERALES:	10.00%	S/	33,318.70
GASTOS DE SUPERVISION:	5.00%	S/	16,659.35
GASTOS DE LIQUIDACION:	3.00%	S/	9,995.61
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	393,160.69

Nota: Elaboración propia

El presupuesto asciende a TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL CIENTO SESENTA CON 69/100 NUEVOS SOLES

El Presupuesto del Expediente con el Adicional N°01 y Deductivo Vinculante N°01 se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 54 Resumen del presupuesto técnico modificado

EXPEDIENTE TECNICO (ET + AD. 1 + DED. 1)			
OBRAS PROVISIONALES		S/	3,810.10
OBRAS PRELIMINARES		S/	21,393.97
SEGURIDAD Y SALUD		S/	14,232.58
MOVIMIENTO DE TIERRAS		S/	14,513.92
EMPEDRADO DE TALUD TIPO ANDEN		S/	34,133.00
LOSA DEPORTIVA		S/	53,078.13
SARDINEL		S/	40,664.30
COBERTURA DE MALLA RASCHELL EN LOSA		S/	89,445.57
GRADERIAS		S/	10,397.44
GRADAS		S/	1,620.79
CARPINTERIA METALICA		S/	8,424.32
INSTALACION ELECTRICA		S/	13,706.18
PINTURA		S/	428.31
OTROS		S/	92,472.08
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	398,320.70
GASTOS GENERALES:	11.95%	S/	39,832.07
GASTOS DE SUPERVISION:	5.98%	S/	19,916.04
GASTOS DE LIQUIDACION:	3.59%	S/	11,949.62
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	470,018.43

Nota: Elaboración propia

4.2.5. Análisis de Presupuesto

4.2.5.1. Análisis a nivel de Metrados

Se corroborará los metrados del Expediente Técnico con el método convencional, AutoCAD y por la Herramienta BIM, Revit V2024.

Modelado del componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica

Se realiza el análisis en las partidas más incidentes y donde se presentan más frecuente los errores.

Figura 31 Exportación de tablas de planificación con complemento de DiRootsOne - SheetLink

A	B	C
Tipo	Cantidad	Area
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Malla Raschell 10%	Malla Raschell 10% And	20 05 m ²
Total general	15	420 00 m ²

Nota: Elaboración propia

Se realiza el análisis en los metrados, no se presenta incompatibilidades o interferencias, se presentan las comparaciones de metrados extraídos del Revit de las partidas más incidentes como lo es el cerco perimétrico de malla metálica y la cobertura de malla raschell.

Tabla 55 Tabla de cuantificación para la partida de cerco malla metálica 2"x2" c/columna de 3"

01.07.06.01 CERCO MALLA METALICA 2"x2" C/COLUMNA DE 3"

Tipo	Elemento	Área Panel 1
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.00x2.20m	MALLA OLÍMPICA	3.68
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 0.90x2.20m	MALLA OLÍMPICA	1.4
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 1.00x2.20m	MALLA OLÍMPICA	1.81
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 2.94x2.20m	MALLA OLÍMPICA	5.65
Malla Olímpica 1.00x2.20m	MALLA OLÍMPICA	1.81
Total general: 28		144.32

Nota: Elaboración propia

Tabla 56 Tabla de cuantificación para la partida de colocación de malla raschell

01.08.07 COLOCACION DE MALLA RASCHELL		
Tipo	Elemento	Área
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06

Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Malla Raschell 90%	Malla Raschell color Azul	28.06
Total, general: 15		420.9

Nota: Elaboración propia

Especialidad: Estructuras (Cobertura de malla raschell)

La partida 01.08.07 COLOCACION DE MALLA RASCHELL se calcula erróneamente el metrado de área en m2.

Tabla 57 Tabla de cuantificación de la partida de colocación de malla raschell

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado Exp. Tec.	Metrado Real Revit 2024	Diferencia Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
01.08.07	COLOCACION DE MALLA RASCHELL	M2	515.33	420.90	94.43	25.42	2,400.41

Nota: Elaboración propia

4.2.5.2. Análisis a nivel de ACU (Análisis de Costos Unitarios)

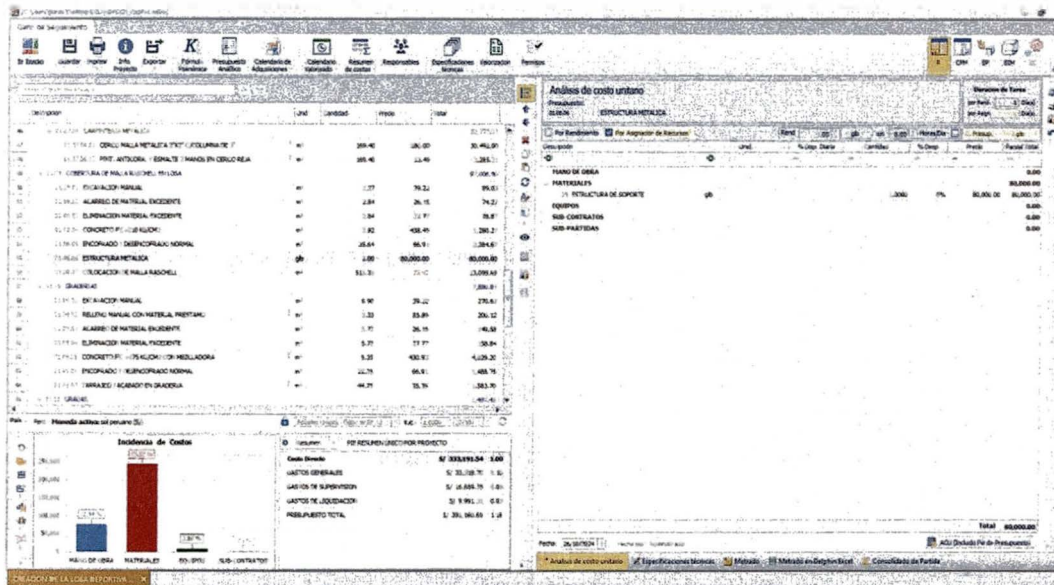
Se corroborará los ACUS del Expediente Técnico con el método convencional, AutoCAD y por la Herramienta BIM, Revit V2024 y Delphin Express.

Modelado del componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica

Se realiza el análisis en las partidas más incidentes y donde se presentan más frecuente los errores.

En cuanto al Análisis de Costos Unitarios de la partida de Estructura Metálica que es donde se tiene un presupuesto con mayor incidencia, se tiene una incongruencia, ya que se de acuerdo al expediente indica un global sin detallar un desagregado de presupuesto como tal.

Figura 32 ACU de Estructura Metálica en forma global del Expediente Técnico



Nota: Elaboración propia

Tabla 58 Análisis de costo unitario de la partida de Estructura Metálica por glb

Descripción	Unid.	% Disp. Diaria	Cantidad	% Desp.	Precio	Parcial Total
MANO DE OBRA						0
MATERIALES						80,000.00
ESTRUCTURA DE SOPORTE	glb		1.0000	0%	80,000.00	80,000.00
EQUIPOS						0
SUB-CONTRATOS						0
SUB-PARTIDAS						0

Nota: Elaboración propia

Se realiza el análisis en Revit por materiales, ya que se tiene un modelo 350 – 400

Figura 33 Vista 3D de la estructura metálica en 6 ejes, con ello se puede realizar el ACU con mayor exactitud de los materiales, sin alterar los rendimientos de mano de obras y maquinaria.

Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Tubo de Fierro de 4"	8.2	1.367
Total general: 24		32.8

Nota: Elaboración propia

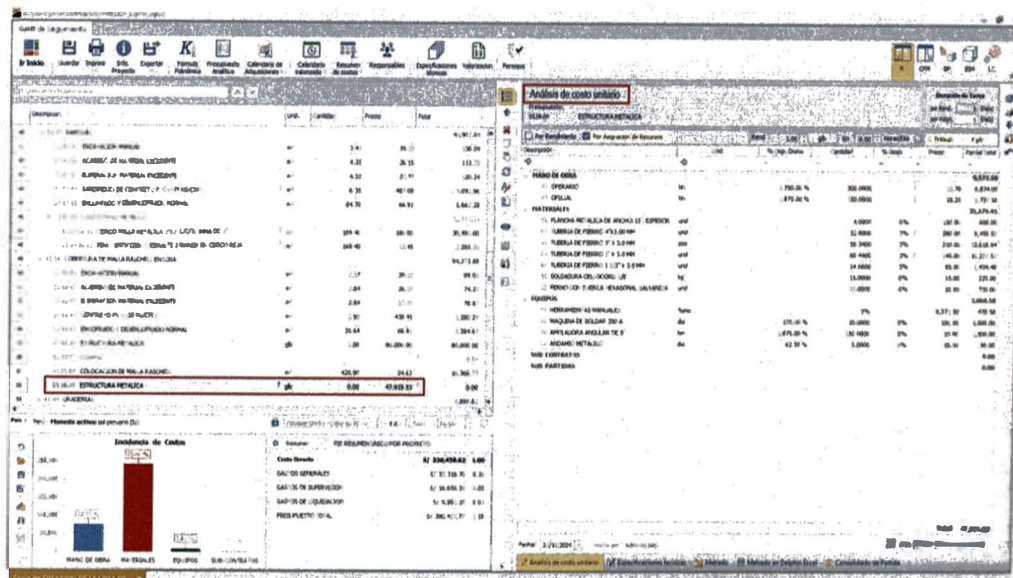
Tabla 60 Tabla de cuantificación para las vigas de estructura metálica

01.08.06 ESTRUCTURA METALICA (VIGAS)		
Tipo	Longitud (m)	Cantidad (UND)
Brida Tubo Rectangular 2"x3mm		
Brida Tubo Rectangular 2"x3mm	96.84	16.14
Brida Tubo Rectangular 3"x3mm		
Brida Tubo Rectangular 3"x3mm	223.22	37.20
Diagonales Tubo Rectangular 2"x3mm		
Diagonales Tubo Rectangular 2"x3mm	313.82	52.30
Diagonal Tubo Rectangular 1 1/2"x3mm		
Diagonal Tubo Rectangular 1 1/2"x3mm	87.96	14.66
Diagonal Tubo Rectangular 3"x3mm		
Diagonal Tubo Rectangular 3"x3mm	126.82	21.14
Total general: 937	848.65	141.44

Nota: Elaboración propia

Se realiza un nuevo análisis de costo unitario de acuerdo a la cuantificación de materiales anterior.

Figura 34 ACU de Estructura Metálica realizando el análisis por materiales, mano de obra y equipos en Delphin Express



Nota: Elaboración propia

Tabla 61 ACU Propuesto de acuerdo a los materiales extraídos de Revit

Descripción	Unid.	% Disp. Diaria	Cantida d	% Desp.	Precio	Parcial Total
MANO DE OBRA						9,571.50
47 OPERARIO	hh	3,750.00	300.000		22.78	6,834.00
		%	0			
47 OFICIAL	hh	1,875.00	150.000		18.25	2,737.50
		%	0			
MATERIALES						35,279.45
56 PLANCHA METALICA DE ANCHO: 15'	und		4.0000	0%	150.00	600.00
65 TUBERIA DE FIERRO 4*X3.00 MM	und		32.8000	3%	280.00	9,459.52
65 TUBERIA DE FIERRO 3' X 3.0 MM	pza		58.3400	3%	210.00	12,618.94
65 TUBERIA DE FIERRO 2' X 3.0 MM	und		68.4400	3%	145.00	10,221.51
65 TUBERIA DE FIERRO 1 1/2'X 3.0 MM	und		14.6600	3%	95.00	1,434.48
30 SOLDADURA CELLOCORD 1/8'	kg		15.0000	0%	15.00	225.00
02 PERNO CON TUERCA HEXAGONAL GALVANIZANIZADA	und		72.0000	0%	10.00	720.00
EQUIPOS						3,068.58
37 HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%		9,571.50	478.58
			0			
48 MAQUINA DE SOLDAR 350 A	dia	125.00%	10.0000	0%	100.00	1,000.00
48 AMOLADORA ANGULAR DE 9'	hm	1,875.00	150.000	0%	10.00	1,500.00
		%	0			
37 ANDAMIO METALICO	dia	62.50%	5.0000	0%	18.00	90.00
SUB-CONTRATOS						0.00
SUB-PARTIDAS						0.00

Nota: Elaboración propia

Con ello cuantificamos la variación de costo u optimización del mismo, en cuanto a las partidas de la estructura metálica.

En este segundo caso de estudio, se abordó una partida de estructura metálica global valorizada en S/ 80,000.00 en el expediente técnico original. Esta partida, al estar agrupada, no permitía identificar con claridad los elementos que la componían ni evaluar si el monto asignado correspondía con precisión a la realidad constructiva.

Mediante el uso de modelado BIM en Revit, se realizó una cuantificación detallada de la estructura metálica, diferenciando elementos como columnas y vigas, extraídos directamente desde las tablas de cuantificación del modelo. A partir de esta información, y tomando como base los rendimientos ya analizados en el primer proyecto, se elaboró una propuesta de Análisis de Costos Unitarios (ACU) con datos más específicos y ajustados a las cantidades reales del diseño.

El resultado fue un presupuesto estimado de S/ 47,919.53, significativamente menor al monto asignado originalmente. Este ejercicio no pretende afirmar que siempre se reducirá el costo, sino demostrar cómo, a través del uso de modelos BIM, es posible descomponer partidas globales, obtener una estimación más precisa y sustentar técnicamente los valores asignados en el presupuesto. Esta metodología fortalece la gestión del costo al reducir márgenes de error por sobrestimación o subestimación y facilita una toma de decisiones más informada durante la fase de planificación.

Tabla 62 Tabla de cuantificación de la partida de estructura metálica

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	Metrado	ACU Exp. Tec.	ACU Revit 2024	Diferencia ACU (S/.)	Parcial (S/.)
01.08.06	ESTRUCTURA METALICA	GLB	1.00	80,000.00	47,919.53	32,080.47	32,080.47

Nota: Elaboración propia

4.2.6. Presupuesto general

Tabla 63 Resumen del presupuesto empleando modelos BIM

EXPEDIENTE TECNICO			
OBRAS PROVISIONALES		S/	4,137.61
OBRAS PRELIMINARES		S/	35,723.40
SEGURIDAD Y SALUD		S/	3,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRAS		S/	24,163.28
EMPEDRADO DE TALUD TIPO ANDEN		S/	35,293.22
LOSA DEPORTIVA		S/	55,964.43
SARDINEL		S/	41,907.01
COBERTURA DE MALLA RASCHELL EN LOSA		S/	62,525.92
GRADERIAS		S/	7,880.81
GRADAS		S/	1,497.45
CARPINTERIA METALICA		S/	3,040.06
INSTALACION ELECTRICA		S/	6,206.43
PINTURA		S/	16,022.90
OTROS		S/	1,343.63
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	298,706.15
	GASTOS GENERALES:	10.00%	S/ 33,318.70
	GASTOS DE SUPERVISION:	5.00%	S/ 16,659.35
	GASTOS DE LIQUIDACION:	3.00%	S/ 9,995.61
	TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:	S/	358,679.81

Nota: Elaboración propia

Capítulo V. Implementación de la metodología BIM para optimizar tiempos

En este capítulo se describirá la metodología usada para la gestión y optimización de los tiempos de ejecución del proceso constructivo en obra a través del software Navisworks y Ms Project.

La elaboración del cronograma en Microsoft Project no se limita únicamente a su presentación gráfica, sino que tiene como propósito principal evidenciar las diferencias entre la programación teórica y la ejecución real de los proyectos analizados. En ambos casos, se identificaron desviaciones significativas que impactaron directamente en el cumplimiento de plazos, tales como la reprogramación de actividades críticas, entre ellas, la instalación de la estructura metálica.

Particularmente, se observó que esta actividad fue ejecutada al final del cronograma, cuando debió haberse previsto su ejecución desde fases tempranas, generando frentes de trabajo adecuados que evitaran interferencias y ampliaciones de plazo. Este tipo de análisis permite no solo identificar errores de planificación, sino también proponer estrategias correctivas para futuros proyectos.

En cuanto al uso de Navisworks, si bien no se abordó una integración completa con modelos BIM 5D, se empleó esta herramienta con fines específicos de simulación constructiva. Su principal aporte en este estudio radica en la visualización anticipada de la ejecución de actividades como la instalación de cerchas metálicas y el movimiento de maquinaria pesada (retroexcavadoras, rodillos, camiones grúa). Mediante la simulación 4D se identificaron interferencias logísticas, tales como la ubicación anticipada de cercos perimétricos que obstaculizaron el acceso de maquinaria, situación que debió ser prevista desde la etapa de planificación.

Por lo tanto, la simulación con Navisworks aporta un valor significativo al análisis del proyecto al permitir anticipar conflictos espaciales y de seguridad, optimizando la

secuencia de actividades y la gestión de los frentes de trabajo.

De este modo, el análisis y simulación realizados permiten corregir las deficiencias identificadas en los dos proyectos estudiados, en los cuales se presentaron ampliaciones de plazo. A partir de ello, se propone una planificación más eficiente que permita anticipar interferencias, optimizar la secuencia constructiva y asegurar una mejor ejecución. Esto se traduce en una reducción de las ampliaciones de plazo y una optimización de los costos asociados a gastos generales y de supervisión.

5. 1. Metodología Empleada

Se hizo uso de 2 softwares enfocados en la gestión de proceso BIM, cumpliendo con el estándar de la ISO 19650, se detalla a continuación la función de dichos softwares en la realización de la investigación.

Navisworks, para la detección de interferencias y de esta forma compatibilizar todas las especialidades (arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas) en los 2 componentes: cobertura metálica y servicios higiénicos.

Ms Project, para la planificación de las actividades de las actividades del proyecto y en conjunto con el Navisworks realizar la simulación 4D.

Se usará como muestra o referencia el proyecto antes mencionado, el cual cuenta con un expediente técnico aprobado por la entidad ejecutante y con modificaciones en presupuesto y plazo.

5. 2. Consideraciones parra estimación del plazo de ejecución de obra

Gracias al modelos BIM, podemos exportar al software de Navisworks realizar el Clash detective, solucionar las interferencias y prever en la ejecución nuestros proyectos de construcción.

Para la planificación de las partidas que contemplan las metas físicas más incidentes del proyecto, se tienen las siguientes consideraciones.

secuencia de actividades y la gestión de los frentes de trabajo.

De este modo, el análisis y simulación realizados permiten corregir las deficiencias identificadas en los dos proyectos estudiados, en los cuales se presentaron ampliaciones de plazo. A partir de ello, se propone una planificación más eficiente que permita anticipar interferencias, optimizar la secuencia constructiva y asegurar una mejor ejecución. Esto se traduce en una reducción de las ampliaciones de plazo y una optimización de los costos asociados a gastos generales y de supervisión.

5. 1. Metodología Empleada

Se hizo uso de 2 softwares enfocados en la gestión de proceso BIM, cumpliendo con el estándar de la ISO 19650, se detalla a continuación la función de dichos softwares en la realización de la investigación.

Navisworks, para la detección de interferencias y de esta forma compatibilizar todas las especialidades (arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas) en los 2 componentes: cobertura metálica y servicios higiénicos.

Ms Project, para la planificación de las actividades de las actividades del proyecto y en conjunto con el Navisworks realizar la simulación 4D.

Se usará como muestra o referencia el proyecto antes mencionado, el cual cuenta con un expediente técnico aprobado por la entidad ejecutante y con modificaciones en presupuesto y plazo.

5. 2. Consideraciones parra estimación del plazo de ejecución de obra

Gracias al modelos BIM, podemos exportar al software de Navisworks realizar el Clash detective, solucionar las interferencias y prever en la ejecución nuestros proyectos de construcción.

Para la planificación de las partidas que contemplan las metas físicas más incidentes del proyecto, se tienen las siguientes consideraciones.

Componente N°01: Estructura mixta Cobertura Parabólica: Cerco Perimétrico, Concreto Armado y Estructura Metálica (Arquitectura, Estructura, IIEE, IISS)

Componente N°02: Servicios Higiénicos (Arquitectura, Estructura, IIEE, IISS)

Se analizará a nivel de metrados de acuerdo al rendimiento y metrado de cada actividad / partida y con esto se planteará para el cálculo estimado del plazo de ejecución de la obra.

Se analizará en base a rendimiento de partidas y sectorización de ejecución de componentes del proyecto.

NAVISWORK: Interferencias entre especialidades y elaboración de programación con el Ms Project. Interoperabilidad Powercost – Ms Project.

5. 3. Proyecto 01

Se realizará el análisis de la programación de obra, primero realizando el análisis de interferencias y luego procediendo a la programación en base a rendimiento de partidas y metrados en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 01: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" CUI: N° 2485441.

5.3.1. Proceso de Simulación 4D

Gracias al modelos BIM, podemos exportar al Navisworks para la planificación y simulación del proyecto. Para la gestión del tiempo del presente proyecto se tuvo el siguiente flujo de modelado.

Modelado del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica

Especialidad: ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Solados, Zapatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas, Cerchas Metálicas, Cobertura Metálica)

Especialidad: INSTALACIONES SANITARIAS

- Drenaje Pluvial en Losa Deportiva

Especialidad: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Reflectores LED en Losa Deportiva

Especialidad: ARQUITECTURA

- Material para Sub Rasante
- Material Base
- Grass Sintético
- Arcos metálicos

Modelado del Componente 02. Servicios Higiénicos

Especialidad: ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Zapatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento, Muros de ladrillo)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas)

Especialidad: INSTALACIONES SANITARIAS

- Sistema de agua fría en Servicios Higiénicos
- Sistema de desagüe en Servicios Higiénicos

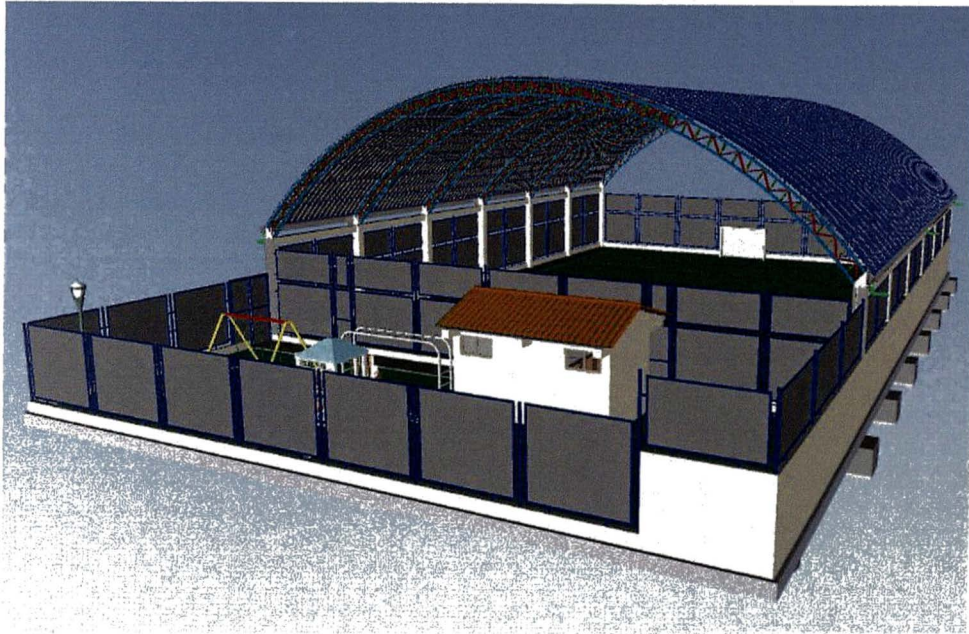
Especialidad: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Circuito de Luminarias en Servicios Higiénicos
- Circuito de Farola en área Verde

Especialidad: ARQUITECTURA

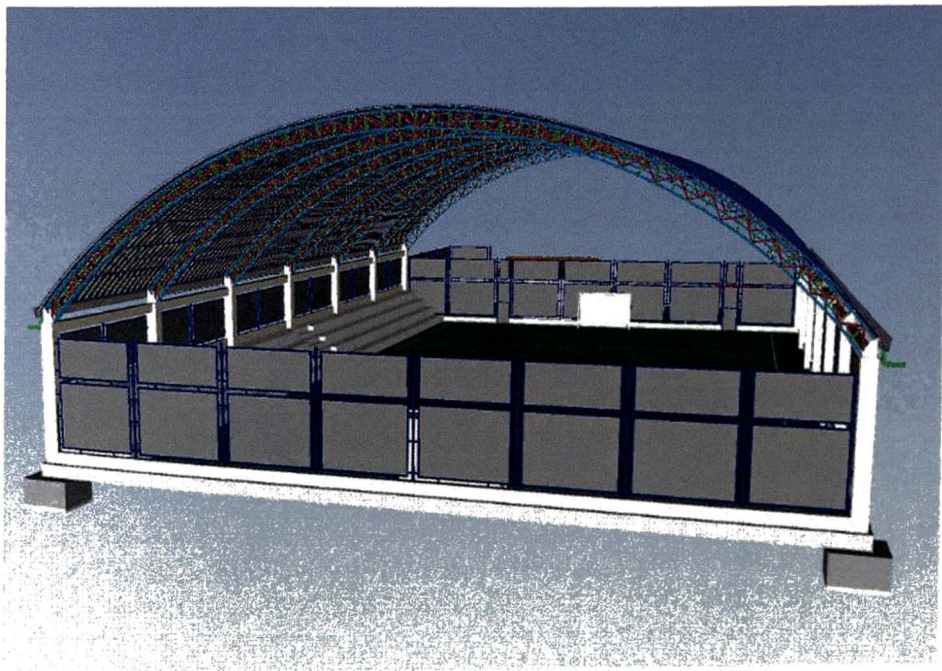
- Tierra de chacra
- Grass Natural
- Muros Divisorios
- Piso Cerámico
- Falso Cielorraso
- Tarrajeo y pintura
- Veredas
- Juegos Infantiles

Figura 35 Vista 3D del Componente 01: Losa Deportiva con Cobertura Metálica



Nota: Elaboración propia

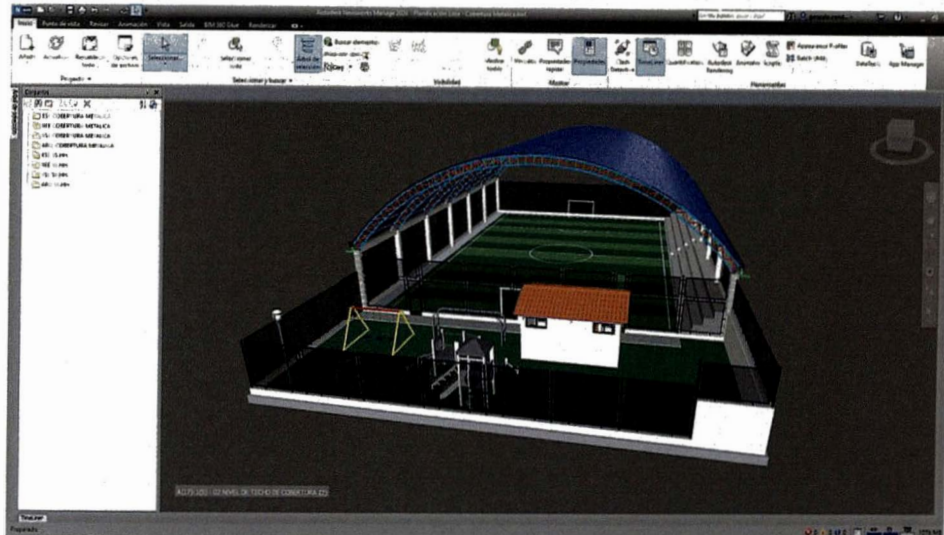
Figura 36 Vista 3D del Componente 02: Servicios Higiénicos



Nota: Elaboración propia

Se realizaron conjuntos – agrupación por actividades por especialidad de cada componente

Figura 37 Modelo federado de la infraestructura deportiva



Nota: Elaboración propia

5.3.2. Plazo de Ejecución Contractual

Corresponde al plazo originalmente establecido en el expediente técnico aprobado y firmado aprobado por la entidad pública como gobierno local u otro. Es la duración oficial del proyecto antes de iniciar su ejecución.

El Plazo del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 64 Plazo de ejecución del proyecto de infraestructura deportiva

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1.00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	60 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

5.3.3. Plazo de Ejecución Real

Corresponde al plazo efectivamente transcurrido desde el inicio hasta la culminación de la obra, considerando ampliaciones, paralizaciones u otros eventos que hayan modificado el plazo inicial.

El Presupuesto del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 65 Cronograma actualizado por ampliación de plazo

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1 00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	60 días Calendarios
2.00	AMPLIACION DE PLAZO N° 01	9 días Calendarios
3 00	AMPLIACION DE PLAZO N° 02	60 días Calendarios
TOTAL DE DIAS CALENDARIOS APROBADOS		129 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

Se han presentado modificaciones al plazo a través de ampliaciones al plazo contractual establecido en el expediente técnico, por las siguientes causales.

- Desabastecimiento sostenido de materiales,
- casos fortuitos o de fuerza mayor
- ampliación de metas del proyecto, ejecutar nuevas partidas y mayores metrados de partidas existentes, a fin de concluir oportunamente con la ejecución del proyecto;
- Factores climáticos que impedían la ejecución de las partidas de pintura, partidas de acabado de pintura
- Cambios de gestión

5.3.4. Análisis de Plazo de Ejecución Proyectado (Simulado)

Corresponde al plazo estimado a partir de la planificación realizada mediante simulación 4D en entorno BIM, considerando una secuencia constructiva optimizada y coordinada desde el modelo digital.

Para una planificación precisa y técnica de las actividades de obra, es fundamental calcular los tiempos de ejecución en base a metrados reales y rendimientos unitarios, y no únicamente mediante el uso de software como MS Project. Este enfoque permite establecer duraciones objetivas y alineadas con la realidad operativa del proyecto, especialmente en partidas críticas que condicionan el avance general de la obra.

Una de las partidas más incidentes en el proyecto analizado es la correspondiente

a las “Vigas parabólicas metálicas L=27.55m, H=0.52m, E=0.18m según planos”, con un metrado total de 192.85 metros lineales. Para esta actividad, se considera un rendimiento estándar de 10 metros lineales por día de acuerdo a expediente técnico, con una cuadrilla especializada.

Cálculo del tiempo de ejecución técnico:

$$Duración = \frac{Metrado\ Total}{Rendimiento\ Diario} = \frac{192.85\ ml}{10\ ml/día} = 19.28\ días \approx 20\ días$$

Este cálculo determina que la partida debería ejecutarse en un plazo máximo de 20 días calendario, si se programa en una etapa inicial y sin interrupciones. Sin embargo, en el análisis comparativo se identificaron diferencias importantes entre los distintos escenarios de planificación del proyecto:

Tabla 66 Planificación de la partida más incidente en ruta crítica

ESCENARIO PLANIFICACION	DE DURACION PROYECTO	TOTAL DEL	COMENTARIOS
Plazo de ejecución contractual	60 días Calendarios		La actividad no estaba programada como prioritaria y se ubicaba hacia la mitad del cronograma.
Plazo de ejecución real	129 días Calendarios		La partida fue postergada y ejecutada hacia el final, generando retrasos acumulados.
Plazo de ejecución simulado	75 días Calendarios		Se propone su ejecución en el primer mes, de forma continua, optimizando tiempos críticos.

Nota: Elaboración propia

Este análisis evidencia que el retraso en la programación y ejecución de partidas críticas, como la estructura metálica, genera impactos directos en el cronograma global del proyecto. Mediante la planificación basada en BIM 4D, se replantea el orden lógico de ejecución, priorizando actividades estructurales y permitiendo una optimización en la secuencia constructiva.

Por lo tanto, se concluye que la metodología tradicional presenta limitaciones al no

calcular técnicamente la duración de partidas claves. En cambio, el uso de metrados extraídos del modelo BIM, junto con rendimientos reales, permite obtener duraciones más precisas y sustentar técnicamente la propuesta de planificación.

El principal cambio entre las planificaciones radica en el criterio técnico utilizado para definir la duración y secuencia de las actividades. Mientras que la planificación tradicional se apoya en estimaciones globales, la planificación con metodología BIM 4D incorpora metrados reales extraídos del modelo, rendimientos específicos por partida y simulaciones visuales, lo cual permite una toma de decisiones más precisa y una mejor anticipación ante posibles retrasos.

Para este estudio, se utilizó Navisworks y Microsoft Project para la estructuración de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), enfocándose en las actividades más incidentes del proyecto. La estimación de duraciones se realizó en base a:

- Los rendimientos y metrados especificados en el presupuesto del expediente técnico.
- La experiencia técnica acumulada en la ejecución de proyectos similares.

Con base en esta información, se construyó una programación más coherente con la lógica constructiva real. Se anexan los cronogramas elaborados en MS Project, donde se puede observar la secuencia lógica de actividades y la estimación detallada de duración de cada una, lo cual fue esencial para luego desarrollar la simulación BIM 4D en Navisworks.

Este enfoque no solo permitió construir una planificación más ajustada a la realidad operativa del proyecto, sino que además constituye una base estandarizable para la programación de futuros proyectos de características similares, facilitando la sistematización de criterios y tiempos de ejecución más realistas.

Figura 38 Programación de obra en Ms Project de plazo de ejecución simulado, primera parte

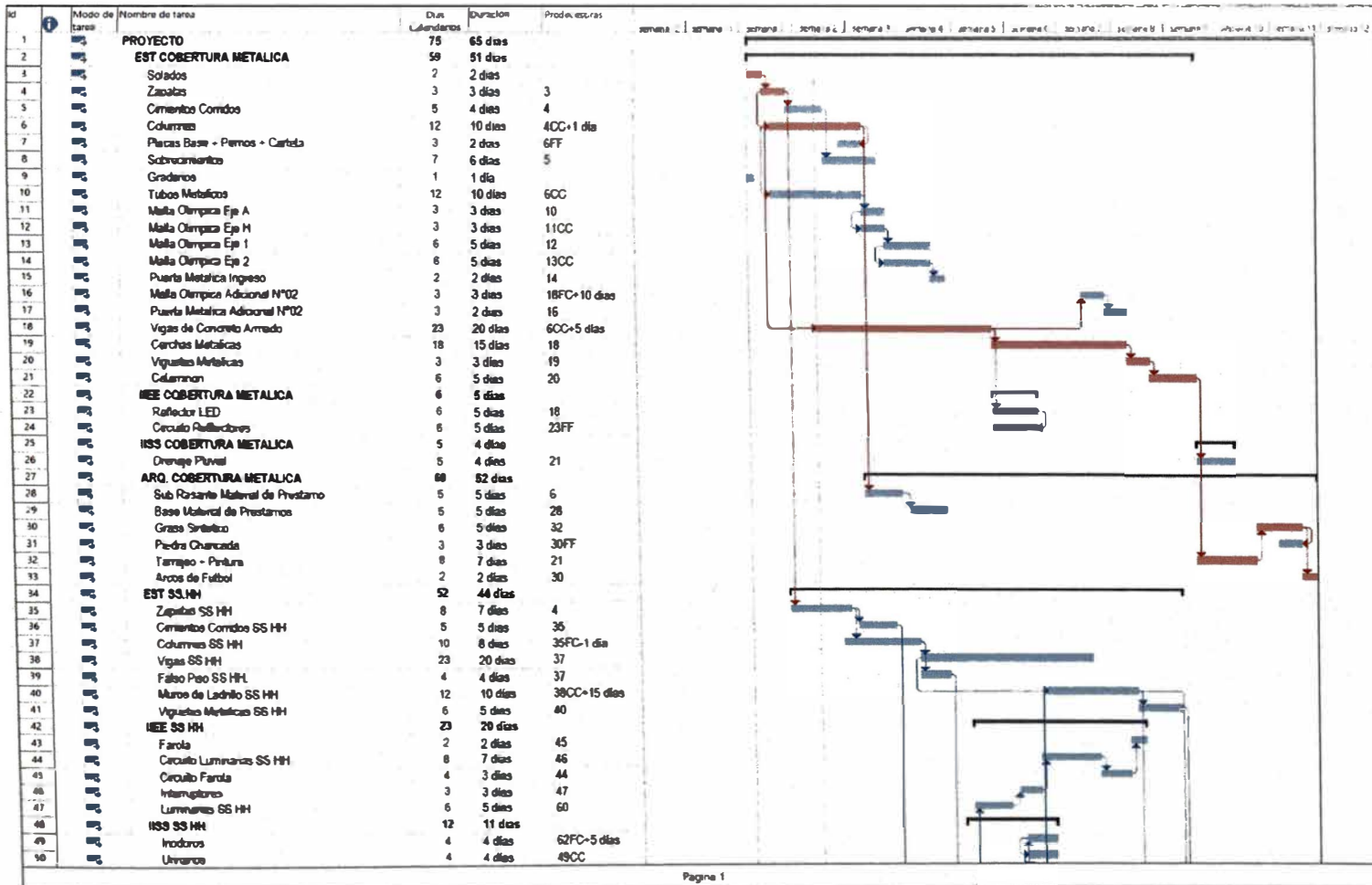


Figura 39 Programación de obra en Ms Project de plazo de ejecución simulado, segunda parte

Id	Módulo	Nombre de tarea	Unidad	Calendario	Duración	Precedencia	Diagrama de Gantt
51	51	Tuberías y Accesorios Desague	50CF	7 días	50CF		
52	52	Tuberías y Accesorios Agua Fria	50CF	3 días	50CF		
53	53	Cajas de Registro	50CF	2 días	50CF		
54	54	Medidor de Agua	50CF	7 días	50CF		
55	55	Pozo Percolador	50CF	5 días	50CF		
56	56	Biodigestor	50CF	7 días	50CF		
57	57	Registro de Lodos	50CF	40 días	50CF		
58	58	ARQ SS-HH	36	3 días	36		
59	59	Tierra de Chacra SS HH	59	5 días	59		
60	60	Gros Natural SS HH	40	7 días	40		
61	61	Ventilas	38	3 días	38		
62	62	Contrapiso SS HH	41	7 días	41		
63	63	Teja Antena	62FC-20 días	3 días	62FC-20 días		
64	64	Piso Cerámico 45x45cm	40CC-5 días	5 días	40CC-5 días		
65	65	Muros Divisiones SS HH	65	2 días	65		
66	66	Derrames Varios	40FC-5 días	5 días	40FC-5 días		
67	67	Zocalo Cerámico	64CC-4 días	7 días	64CC-4 días		
68	68	Tarrajeo + Pintura SS HH	66	3 días	66		
69	69	Ventilador	66	3 días	66		
70	70	Puertas Ingreso SS HH	66	2 días	66		
71	71	Puertas Baños	66	2 días	66		
72	72	Juegos Infantiles	60FC-30 días	2 días	60FC-30 días		

5.3.5. Plazo de Ejecución Simulado

Corresponde al plazo estimado a partir de la planificación realizada mediante simulación 4D en entorno BIM, considerando una secuencia constructiva optimizada y coordinada desde el modelo digital.

El plazo simulado se resume de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 67 Plazo de ejecución de obra actualizado

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1.00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	75 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

En este acápite radica en la correcta planificación de obra realizada con Microsoft Project, tomando como base los metrados exactos, rendimientos específicos y una secuencia lógica de actividades constructivas, lo cual permitió construir una simulación BIM 4D técnica y realista utilizando Navisworks.

- Esta planificación detallada permitió:
- Identificar actividades críticas desde el inicio del proyecto.
- Asignar duraciones fundamentadas para cada partida.

Proponer una secuencia constructiva optimizada desde el primer mes de obra, lo cual corrige la tendencia habitual de postergar partidas estructurales importantes, como la instalación de cerchas o vigas metálicas.

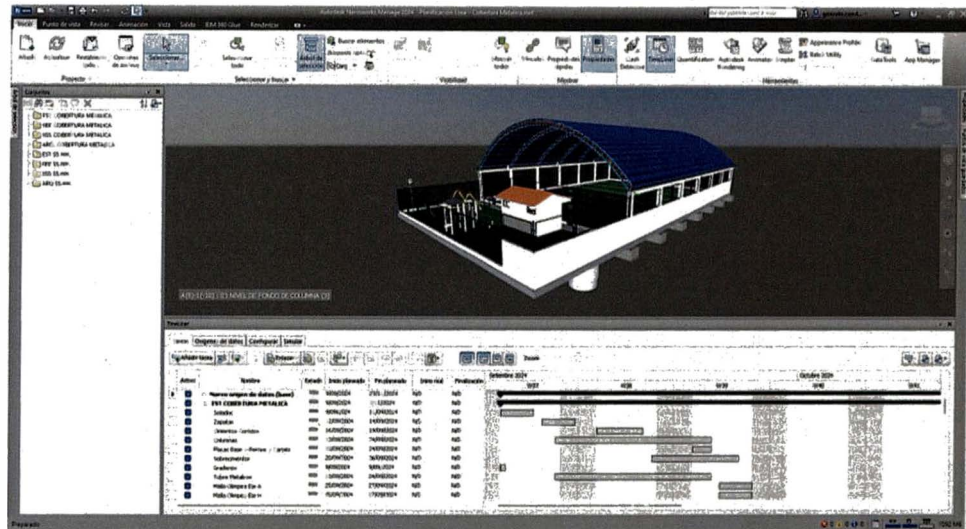
Además, se muestran las figuras secuenciales que se muestran en el desarrollo de este capítulo, se incluyen de forma cronológica y coherente con el cronograma planteado en MS Project, sirviendo como evidencia visual del avance real de obra frente a lo planificado.

Esto permite:

- Contrastar el cronograma simulado con el proceso constructivo real.

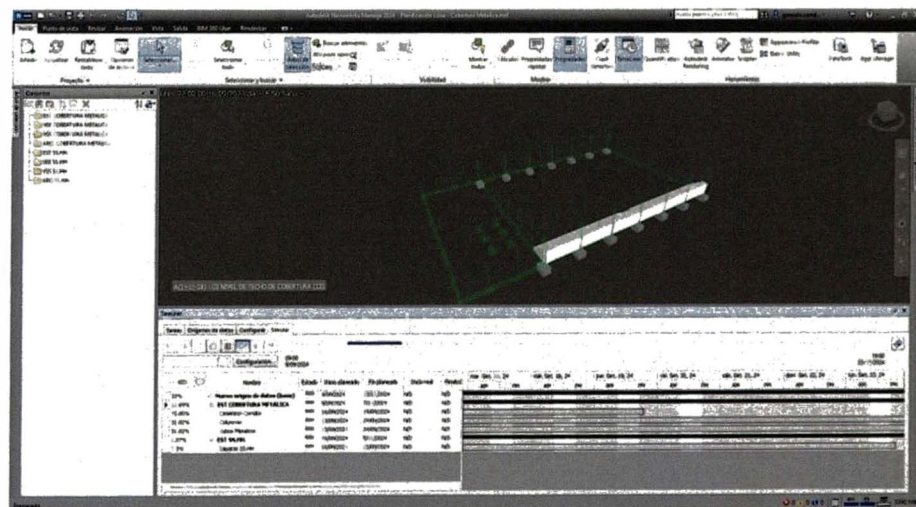
- Validar el uso del modelo BIM como herramienta de control y seguimiento.
- Mostrar cómo una planificación técnica y visual ayuda a reducir incertidumbre en obra.

Figura 40 Programación en Ms Project - Navisworks



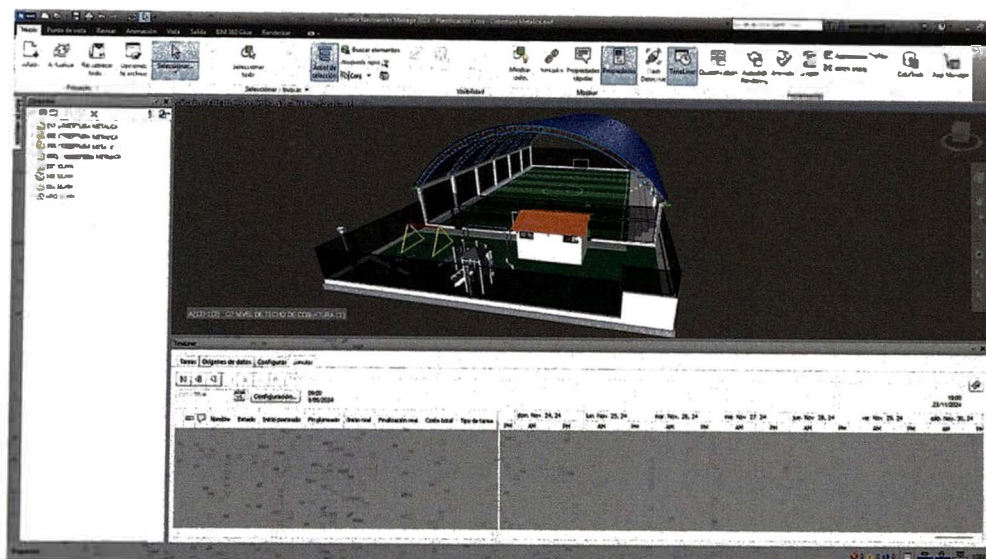
Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 41 Simulación componente de cimentación en SSHH y cerco perimétrico



Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 44 Simulación – finalización del proyecto



Nota: Extraído del software Navisworks

5.3.6. Modificación de Costo Indirecto

La modificación de plazo hace que se modifique los gastos generales variables y los gastos de supervisión, en cuanto a contratación de equipo técnico como residente, supervisor, asistentes y demás, por ello también el plazo se relaciona con los gastos generales y de supervisión, así como la contratación de movilidad o adquisición de insumos por mes. Se detalla los Gastos Generales y Gastos de Supervisión planificado para los 2 meses inicialmente.

Tabla 68 Desagregado de gastos generales para el plazo inicial

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES							
ITEM	ESPECIFICACIONES	N° de veces	UND.	CANT.	C. UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	GASTOS GENERALES VARIABLES						
01.01.00	SUELDOS DEL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO						24,000.00
	Ingeniero Residente de obra	01	MES	2.00	5,000.00	10,000.00	
	Asistente Tecnico	01	MES	2.00	2,200.00	4,400.00	
	Ingeniero de Seguridad	00	MES	2.00	2,500.00	0.00	

	Auxiliar Administrativo	01	MES	2.00	1,800.00	3,600.00	
	Almacenero	00	MES	2.00	2,200.00	0.00	
	Maestro de Obra	01	MES	2.00	3,000.00	6,000.00	
01.02.00	BENEFICIOS SOCIALES DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO TECNICO						0.00
	Leyes Sociales 9%	00	GLB	0.00	24,000.00	0.00	
01.03.00	VIATICOS Y ASIGNACIONES						0.00
	Otros Imprevistos	00	GLB	2.00	500.00	0.00	
01.04.00	VESTUARIO						1,176.78
	Cascos		UND	3.0	16.94	50.82	
	Chaleco		UND	3.0	59.32	177.96	
	Zapata de Seguridad		UND	3.0	300.00	900.00	
	Lentes de Seguridad		UND	3.0	16.00	48.00	
01.05.00	OTROS SERVICIOS A TERCEROS						939.63
	Densidad de Campo (Proctor Estandar Modificado)		UND	0.00	30.00	0.00	
	Servicio de Ploteo de planos		UND	1.00	339.63	339.63	
	Servicio de Fotocopiados		MILLAR	1.00	300.00	300.00	
	Servicio de Impresiones		MILLAR	1.00	300.00	300.00	
	Alquiler de Camioneta (incluye chofer)		MES	0.00	1090.00	0.00	
01.06.00	MEDICAMENTOS						0.00
	Botiquin Medico		UND	0.00	300.00	0.00	
	Medicina Basica		GLB	0.00	300.00	0.00	
01.07.00	MATERIALES DE ESCRITORIO						741.19
	Papel bond A4 75gr.		MILLAR	10.00	40.00	400.00	
	Archivador de palanca		UND	6.00	6.78	40.68	
	Cuaderno A4 (100 hojas)		UND	4.00	4.24	16.96	
	Boligrafo color azul y rojo		CJA	2.00	42.37	84.74	

	Folder manila A4 (50 Und.)	PQT	3.00	21.19	63.57	
	Fastener	CJA	3.00	5.08	15.24	
	Cuaderno de Obra 100 Folios (Autocopiable)	UND	2.00	60.00	120.00	
	Usb 8 gb	UND	0.00	38.25	0.00	
01 08.00	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DURADEROS					93.06
	Flexómetros (5 m)	UND	3.00	16.56	49.68	
	Wincha de 50 m	UND	1.00	43.38	43.38	
01 09.00	COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES					0.00
	Petróleo	GLN	0.00	14.00	0.00	
	TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES					26,950.66
02.00.00	GASTOS GENERALES FIJOS					115.00
	Legalización de cuaderno de obra	UND	1.00	50.00	50.00	
	Gastos Legales y Notariales	GLB	1.00	65.00	65.00	
	TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS					115.00
	TOTAL GASTOS GENERALES SI. (6%)					27,065.66

Nota: Elaboración propia

Tabla 69 Desagregado de gastos de supervisor para el plazo inicial

DESAGREGADO DE GASTOS DE SUPERVISOR							
ITEM	ESPECIFICACIONES	N° de veces	UND.	CANT.	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	GASTOS DE SUPERVISION						
01.01.00	SUELDOS DEL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO						11,000.00
	Ingeniero Supervisor	01	MES	2.00	5,500.00	11,000.00	
	Asistente Técnico del Supervisor	00	MES	2.00	2,600.00	0.00	

BENEFICIOS SOCIALES DEL							
01.02.00	PERSONAL ADMINISTRATIVO	TECNICO					0.00
	Leyes Sociales 9%	01	GLB	0.00	11,000.00	0.00	
01.03.00	VIATICOS Y ASIGNACIONES						509.70
	OTROS SERVICIOS A TERCEROS	01	GLB	1.00	509.70	509.70	
01.04.00	VESTUARIO						392.26
	Cascos		UND	1.0	16.94	16.94	
	Chaleco		UND	1.0	59.32	59.32	
	Zapata de Seguridad		UND	1.0	300.00	300.00	
	Lentes de Seguridad		UND	1.0	16.00	16.00	
01.05.00	OTROS SERVICIOS A TERCEROS						500.00
	Densidad de Campo (Proctor Estándar Modificado)		UND	0.00	30.00	0.00	
	Servicio de Ploteo de planos		UND	1.00	100.00	100.00	
	Servicio de Fotocopiados		MILLAR	1.00	200.00	200.00	
	Servicio de Impresiones		MILLAR	1.00	200.00	200.00	
	Alquiler de Camioneta (incluye chofer)		MES	0.00	4000.00	0.00	
01.06.00	MEDICAMENTOS						0.00
	Botiquin Medico		UND	0.00	300.00	0.00	
	Medicina Básica		GLB	0.00	300.00	0.00	
01.07.00	MATERIALES DE ESCRITORIO						212.12
	Papel bond A4 75gr.		MILLAR	4.00	40.00	160.00	
	Archivador de palanca		UND	2.00	6.78	13.56	
	Cuaderno A4 (100 hojas)		UND	1.00	4.24	4.24	
	Bolígrafo color azul y rojo		CJA	0.50	42.37	21.19	
	Folder manilo A4 (50 Und.)		PQT	0.50	21.19	10.60	
	Fastener		CJA	0.50	5.08	2.54	
	Cuaderno de Obra 100 Folios (Autocopiable)		UND	0.00	45.00	0.00	

	Usb 8 gb	UND	0.00	52.37	0.00	
01.08.00	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DURADEROS					16.56
	Flexómetros (5 m)	UND	1.00	16.56	16.56	
	Wincha de 50 m	UND	0.00	43.38	0.00	
01.09.00	COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES					0.00
	Petróleo	GLN	0.00	14.00	0.00	
	TOTAL GASTOS DE SUPERVISOR SI. (2.8 %)					12,630.64

Nota: Elaboración propia

Cuando se ejecutó el proyecto, duro un total de 129 días calendarios y según normativa de RLCE se realizó mayores gastos generales

Tabla 70 Presupuesto actualizo por mayores gastos generales

COSTO DIRECTO		527,181.53
GASTOS GENERALES	10 %	40,076.08
SUPERVISION	5%	20,555.70
LIQUIDACION	3%	7,011.28
SUB TOTAL		594,824.58
PRESUPUESTO TOTAL		594,824.58

Nota: Elaboración propia

Analizando y realizando un análisis de gastos generales y gastos de supervisión se obtiene el siguiente desagregado para la propuesta de 75 días calendarios.

Tabla 71 Desagregado de gastos generales para cronograma actualizado

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES						
ITEM	ESPECIFICACIONES	N° de veces	UND.	CANT.	UNITARIO	PARCIAL TOTAL
01.00.00	GASTOS GENERALES VARIABLES					
01.01.00	SUELDOS DEL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO					30,000.00

	Ingeniero Residente de obra	01	MES	2.50	5,000.00	12,500.00	
	Asistente Técnico	01	MES	2.50	2,200.00	5,500.00	
	Ingeniero de Seguridad	00	MES	2.50	2,500.00	0.00	
	Auxiliar Administrativo	01	MES	2.50	1,800.00	4,500.00	
	Almacenero	00	MES	2.50	2,200.00	0.00	
	Maestro de Obra	01	MES	2.50	3,000.00	7,500.00	
	BENEFICIOS SOCIALES DEL						
01.02.00	PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO						0.00
	Leyes Sociales 9%	00	GLB	0.00	30,000.00	0.00	
01.03.00	VIATICOS Y ASIGNACIONES						0.00
	Otros Imprevistos	00	GLB	2.00	500.00	0.00	
01.04.00	VESTUARIO						1,176.78
	Cascos		UND	3.0	16.94	50.82	
	Chaleco		UND	3.0	59.32	177.96	
	Zapata de Seguridad		UND	3.0	300.00	900.00	
	Lentes de Seguridad		UND	3.0	16.00	48.00	
01.05.00	OTROS SERVICIOS A TERCEROS						1,239.63
	Densidad de Campo (Proctor Estandar Modificado)		UND	0.00	30.00	0.00	
	Servicio de Ploteo de planos		UND	1.00	339.63	339.63	
	Servicio de Fotocopiados		MILLAR	1.50	300.00	450.00	
	Servicio de Impresiones		MILLAR	1.50	300.00	450.00	
	Alquiler de Camioneta (incluye chofer)		MES	0.00	1090.00	0.00	
01.06.00	MEDICAMENTOS						0.00
	Botiquin Medico		UND	0.00	300.00	0.00	
	Medicina Basica		GLB	0.00	300.00	0.00	
01.07.00	MATERIALES DE ESCRITORIO						941.19
	Papel bond A4 75gr.		MILLAR	15.00	40.00	600.00	

	Archivador de palanca	UND	6.00	6.78	40.68	
	Cuaderno A4 (100 hojas)	UND	4.00	4.24	16.96	
	Boligrafo color azul y rojo	CJA	2.00	42.37	84.74	
	Folder manila A4 (50 Und.)	PQT	3.00	21.19	63.57	
	Fastener	CJA	3.00	5.08	15.24	
	Cuaderno de Obra 100 Folios (Autocopiable)	UND	2.00	60.00	120.00	
	USB 8 gb	UND	0.00	38.25	0.00	
01.08.00	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DURADEROS					93.06
	Flexómetros (5 m)	UND	3.00	16.56	49.68	
	Wincha de 50 m	UND	1.00	43.38	43.38	
01.09.00	COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES					0.00
	Petróleo	GLN	0.00	14.00	0.00	
	TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES					33,450.66
02.00.00	GASTOS GENERALES FIJOS					115.00
	Legalización de cuaderno de obra	UND	1.00	50.00	50.00	
	Gastos Legales y Notariales	GLB	1.00	65.00	65.00	
	TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS					115.00
	TOTAL GASTOS GENERALES SI. (6%)					33,565.66

Nota: Elaboración propia

Tabla 72 Desagregado de gastos de supervisor para cronograma actualizado

DESAGREGADO DE GASTOS DE SUPERVISOR							
ITEM	ESPECIFICACIONES	N° de veces	UND.	CANT.	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	GASTOS DE SUPERVISION						
01.01.00	SUELDOS DEL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO						13,750.00
	Ingeniero Supervisor	01	MES	2.50	5,500.00	13,750.00	

	Asistente Técnico del Supervisor	00	MES	2.50	2,600.00	0.00
01.02.00	BENEFICIOS SOCIALES DEL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO					0.00
	Leyes Sociales 9%	01	GLB	0.00	13,750.00	0.00
01.03.00	VIATICOS Y ASIGNACIONES					509.70
	OTROS SERVICIOS A TERCEROS	01	GLB	1.00	509.70	509.70
01.04.00	VESTUARIO					392.26
	Cascos		UND	1.0	16.94	16.94
	Chaleco		UND	1.0	59.32	59.32
	Zapata de Seguridad		UND	1.0	300.00	300.00
	Lentes de Seguridad		UND	1.0	16.00	16.00
01.05.00	OTROS SERVICIOS A TERCEROS					500.00
	Densidad de Campo (Proctor Estandar Modificado)		UND	0.00	30.00	0.00
	Servicio de Ploteo de planos		UND	1.00	100.00	100.00
	Servicio de Fotocopiados		MILLAR	1.00	200.00	200.00
	Servicio de Impresiones		MILLAR	1.00	200.00	200.00
	Alquiler de Camioneta (incluye chofer)		MES	0.00	4000.00	0.00
01.06.00	MEDICAMENTOS					0.00
	Botiquín Medico		UND	0.00	300.00	0.00
	Medicina Básica		GLB	0.00	300.00	0.00
01.07.00	MATERIALES DE ESCRITORIO					212.12
	Papel bond A4 75gr.		MILLAR	4.00	40.00	160.00
	Archivador de palanca		UND	2.00	6.78	13.56
	Cuaderno A4 (100 hojas)		UND	1.00	4.24	4.24
	Bolígrafo color azul y rojo		CJA	0.50	42.37	21.19

	Folder manila A4 (50 Und.)	PQT	0.50	21.19	10.60	
	Fastener	CJA	0.50	5.08	2.54	
	Cuaderno de Obra 100 Folios (Autocopiable)	UND	0.00	45.00	0.00	
	USB 8 gb	UND	0.00	52.37	0.00	
01 08 00	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES DURADEROS					16.56
	Flexómetros (5 m)	UND	1.00	16.56	16.56	
	Wincha de 50 m	UND	0.00	43.38	0.00	
01 09 00	COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES					0.00
	Petróleo	GLN	0.00	14.00	0.00	
	TOTAL GASTOS DE SUPERVISOR					15,380.64
	\$/ (2.8 %)					

Nota: Elaboración propia

5. 4. Proyecto 02

Se realizará el análisis de la programación de obra, primero realizando el análisis de interferencias y luego procediendo a la programación en base a rendimiento de partidas y metrados en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 02: "CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA" CUI: N° 2451260.

5.4.1. Proceso de Simulación 4D

Gracias al modelos BIM, podemos exportar al Navisworks para la planificación y simulación del proyecto. Para la gestión del tiempo del presente proyecto se tuvo el siguiente flujo de modelado.

Modelado del Componente: Losa Deportiva con Estructura Metálica y Malla Raschell

Especialidad: ESTRUCTURAS

- Movimiento de Tierras (Topografía, excavaciones, relleno)
- Modelado de Cimentación (Solados, Zapatas, Cimientos Corridos)
- Modelado de Muros (Sobrecimiento)
- Modelado de Elementos Estructurales (Columnas, Vigas, Viguetas, Cerchas Metálicas, Cobertura Metálica)

Especialidad: INSTALACIONES SANITARIAS

- Drenaje Pluvial en Losa Deportiva

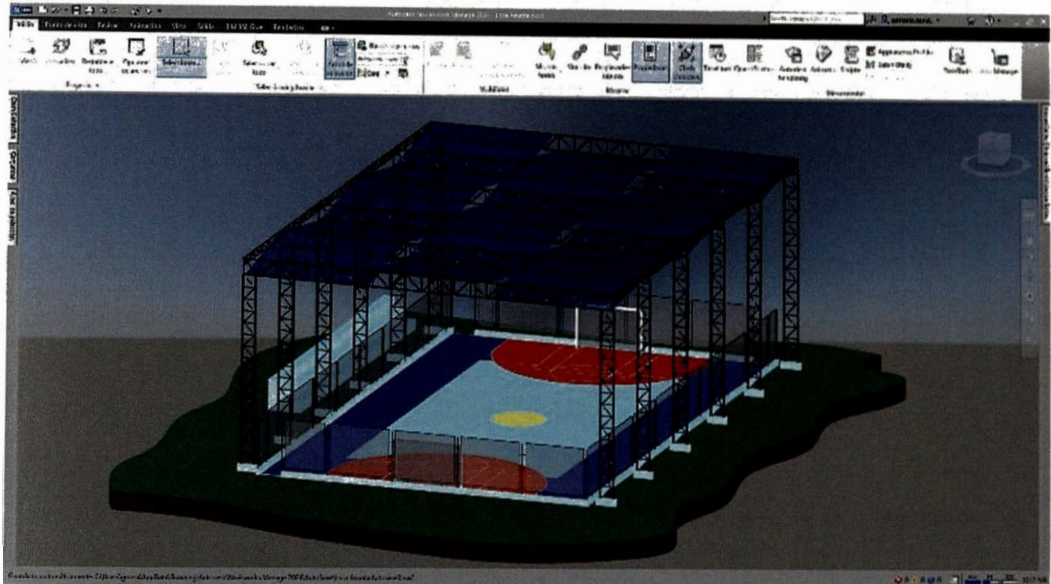
Especialidad: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Poste de luz

Especialidad: ARQUITECTURA

- Material para Sub Rasante
- Material Base
- Cerco perimétrico
- Arcos metálicos
- Tarrajeo y pintura
- Veredas

Figura 45 *Vista 3D de la Losa Deportiva con Estructura Metálica y Malla Raschell*



Nota: Extraído del software Navisworks

5.4.2. Plazo de Ejecución Contractual

Corresponde al plazo originalmente establecido en el expediente técnico aprobado y firmado aprobado por la entidad pública como gobierno local u otro. Es la duración oficial del proyecto antes de iniciar su ejecución.

El Plazo del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 73 Plazo de ejecución del proyecto de infraestructura deportiva

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1.00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	90 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

5.4.3. Plazo de Ejecución Real

Corresponde al plazo efectivamente transcurrido desde el inicio hasta la culminación de la obra, considerando ampliaciones, paralizaciones u otros eventos que hayan modificado el plazo inicial.

El Presupuesto del Expediente inicial sin ninguna modificación se detalla o resumen de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 74 Cronograma actualizado por ampliación de plazo

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1.00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	90 días Calendarios
2.00	AMPLIACION DE PLAZO N° 01	70 días Calendarios
TOTAL DE DIAS CALENDARIOS APROBADOS		160 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

Se han presentado modificaciones al plazo a través de ampliaciones al plazo contractual establecido en el expediente técnico, por las siguientes causales.

- Desabastecimiento sostenido de materiales, casos fortuitos o de fuerza mayor
- Ampliación de metas del proyecto, ejecutar nuevas partidas y mayores metrados de partidas existentes, a fin de concluir oportunamente con la ejecución del proyecto.

5.4.4. Análisis de Plazo de Ejecución Proyectado (Simulado)

Corresponde al plazo estimado a partir de la planificación realizada mediante simulación 4D en entorno BIM, considerando una secuencia constructiva optimizada y coordinada desde el modelo digital.

Para una planificación precisa y técnica de las actividades de obra, es fundamental calcular los tiempos de ejecución en base a metrados reales y rendimientos unitarios, y no únicamente mediante el uso de software como MS Project. Este enfoque permite establecer duraciones objetivas y alineadas con la realidad operativa del proyecto, especialmente en partidas críticas que condicionan el avance general de la obra, sin embargo, la partida se encuentra en forma global.

Esta forma de planificación, al tratar la partida como una unidad global, impide:

- Determinar la carga de trabajo diaria real.
- Asignar recursos adecuados por componente.

- Prever interferencias constructivas por falta de secuencia.
- Identificar si la actividad era parte de la ruta crítica.

La partida fue presupuestada con un metrado de 1.00 glb, es decir, se le asignó una única unidad global.

- El rendimiento registrado fue 1 glb/día, lo que, al no tener ningún desglose, carece de sustento técnico para estimar realmente el tiempo necesario.
- La duración asignada en el cronograma fue de 30 días calendario, una cifra arbitraria que no está basada en cantidades reales ni en rendimientos por componente (vigas, columnas, cerchas, etc.).
- Esta forma de programación generó incertidumbre en obra, dificultades para controlar el avance y falta de secuencia constructiva clara. El resultado fue un desfase considerable respecto al cronograma.

El plazo de 30 días calendario para la partida “Estructura Metálica” no es arbitrario, sino que se basa en un análisis técnico real más una holgura prevista por experiencia, ajustado a la naturaleza crítica de la actividad. Esta estrategia de planificación permite mantener la viabilidad del cronograma general del proyecto y responde a una visión moderna de gestión constructiva, que considera tanto los datos del modelo como el conocimiento profesional acumulado.

Este cálculo determina que la partida debería ejecutarse en un plazo máximo de 30 días calendario, si se programa en una etapa inicial y sin interrupciones. Sin embargo, en el análisis comparativo se identificaron diferencias importantes entre los distintos escenarios de planificación del proyecto:

Tabla 75 Planificación de la partida más incidente en ruta crítica

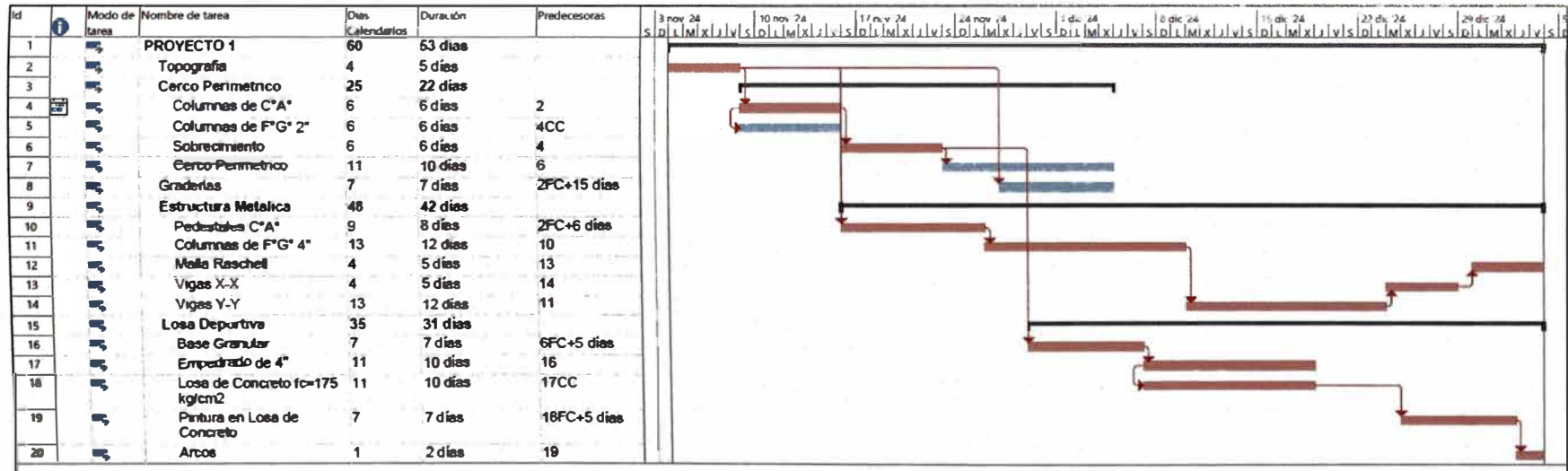
ESCENARIO PLANIFICACION	DE DURACION PROYECTO	TOTAL DEL	COMENTARIOS
Plazo de contractual ejecución	90 días Calendarios		La actividad no estaba programada como prioritaria y se ubicaba hacia la mitad del cronograma.
Plazo de ejecución real	160 días Calendarios		La partida fue postergada y ejecutada hacia el final, generando retrasos acumulados.
Plazo de simulado ejecución	60 días Calendarios		Se propone su ejecución en el primer mes, de forma continua, optimizando tiempos críticos.

Nota: Elaboración propia

Este análisis evidencia que el retraso en la programación y ejecución de partidas críticas, como la estructura metálica, genera impactos directos en el cronograma global del proyecto. Mediante la planificación basada en BIM 4D, se replantea el orden lógico de ejecución, priorizando actividades estructurales y permitiendo una optimización en la secuencia constructiva.

Este enfoque no solo permitió construir una planificación más ajustada a la realidad operativa del proyecto, sino que además constituye una base estandarizable para la programación de futuros proyectos de características similares, facilitando la sistematización de criterios y tiempos de ejecución más realistas.

Figura 46 Programación de obra en Ms Project de plazo de Ejecución Simulado



5.4.5. Plazo de Ejecución Simulado

Corresponde al plazo estimado a partir de la planificación realizada mediante simulación 4D en entorno BIM, considerando una secuencia constructiva optimizada y coordinada desde el modelo digital.

El plazo propuesto se resume de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 76 Plazo de ejecución de obra actualizado

ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO DE DURACION
1.00	EJECUCIÓN (PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA)	60 días Calendarios

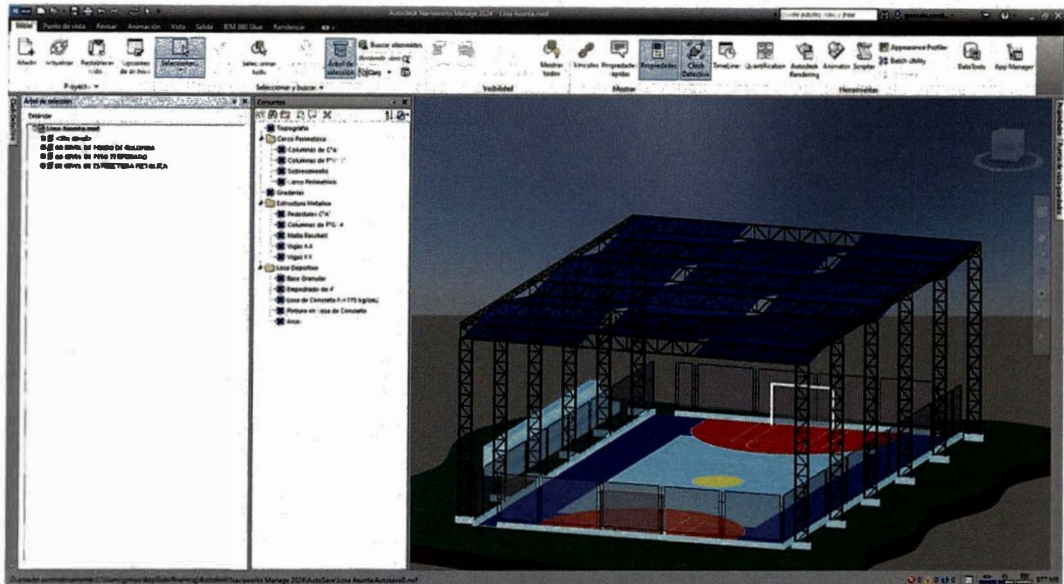
Nota: Elaboración propia

En este acápite radica en la correcta planificación de obra realizada con Microsoft Project, tomando como base los metrados exactos, rendimientos específicos y una secuencia lógica de actividades constructivas, lo cual permitió construir una simulación BIM 4D técnica y realista utilizando Navisworks.

- Esta planificación detallada permitió:
- Identificar actividades críticas desde el inicio del proyecto.
- Asignar duraciones fundamentadas para cada partida.

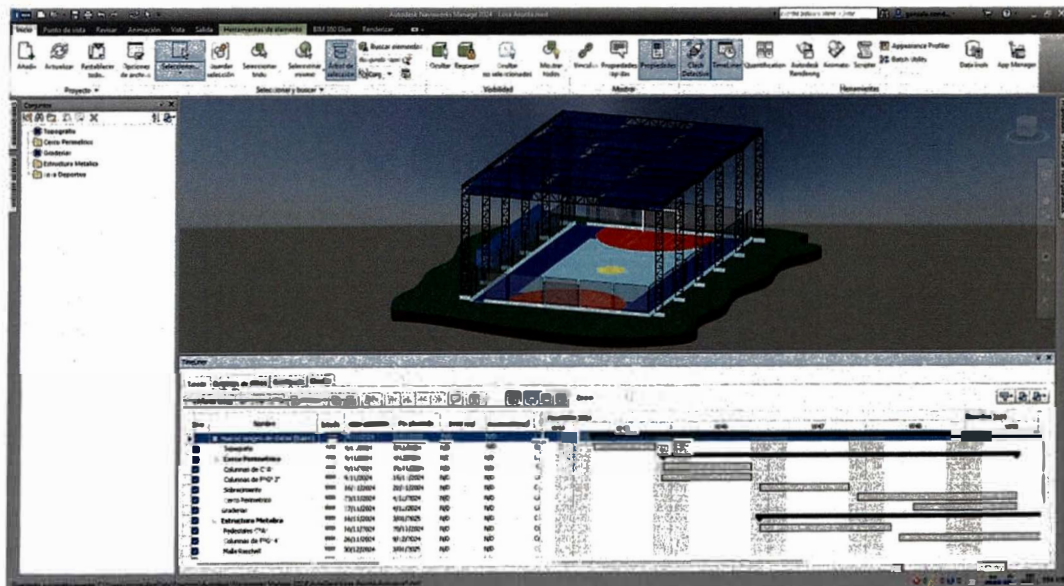
Proponer una secuencia constructiva optimizada desde el primer mes de obra, lo cual corrige la tendencia habitual de postergar partidas estructurales importantes, como la instalación de columnas y vigas metálicas.

Figura 47 Asignación de conjunto para la Programación en TimeLiner-Navisworks



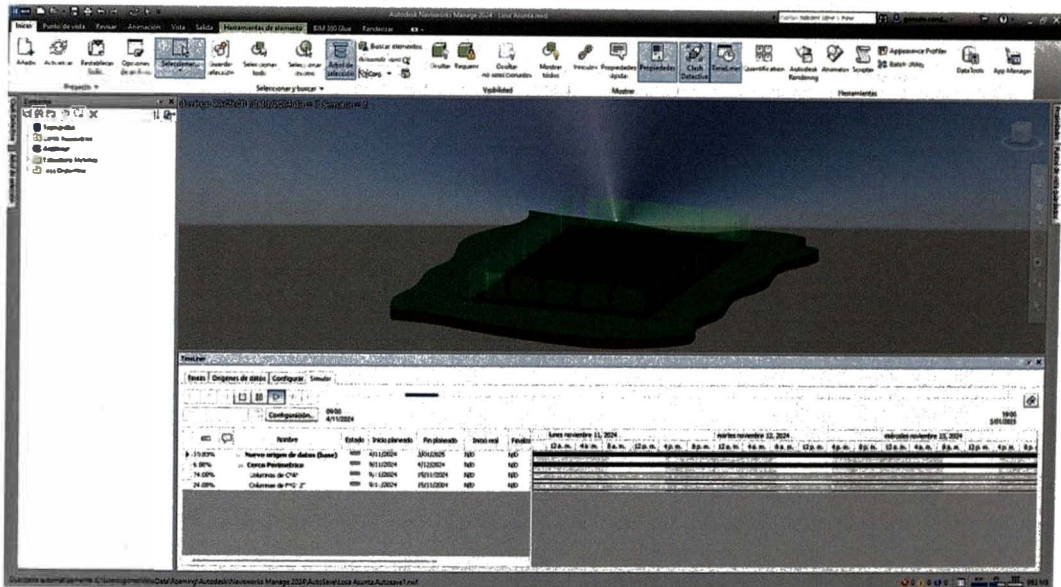
Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 48 Programación en Ms Project - Navisworks



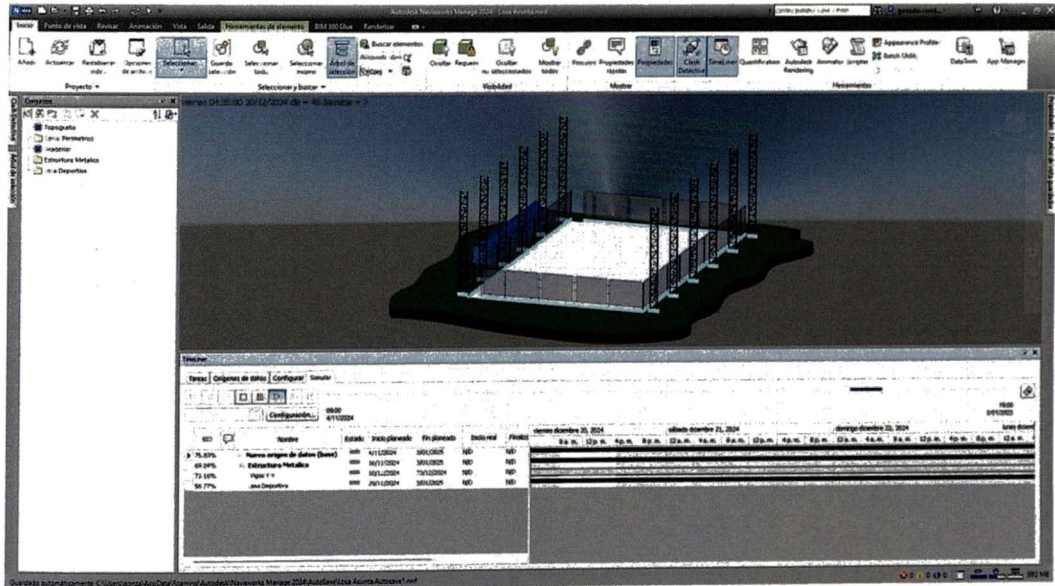
Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 49 Simulación componente de excavaciones y cerco perimetrico



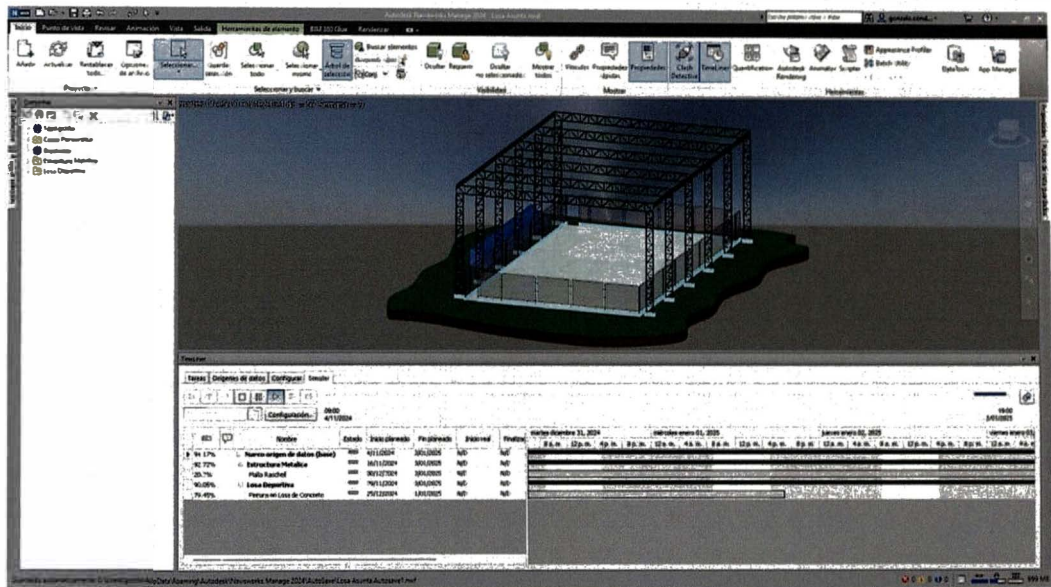
Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 50 Simulación componente de losa de concreto, columnas metálicas



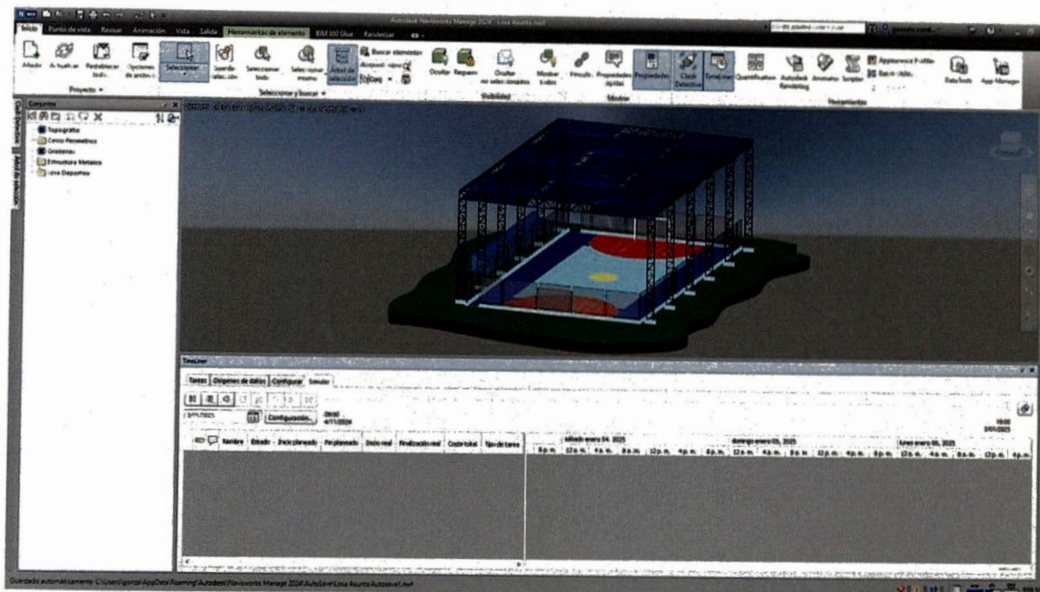
Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 51 Simulación 4D izaje de vigas metálica, malla raschell y pintura



Nota: Extraído del software Navisworks

Figura 52 Simulación – finalización del proyecto



Nota: Extraído del software Navisworks

5.4.6. Modificación de Costo Indirecto

La modificación de plazo hace que se modifique los gastos generales variables y los gastos de supervisión, en cuanto a contratación de equipo técnico como residente, supervisor, asistentes y demás, por ello también el plazo se relaciona con los gastos generales y de supervisión, así como la contratación de movilidad o adquisición de insumos por mes. Se detalla los Gastos Generales y Gastos de Supervisión planificado para los 2 meses inicialmente.

Tabla 77 Desagregado de gastos generales para el plazo inicial

GASTOS GENERALES OPERATIVOS							
ENTIDAD :		MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALCA					
OBRA :		"CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA "					
1.00 GASTOS GENERALES VARIABLES							
PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Supervisor	mes	1.00	100.00%	3.00	3,000.00	9,000.00
	secretaria	mes	1.00	100.00%	3.00	1,000.00	3,000.00
	Asistente Tecnico de Obra	mes	1.00	100.00%	3.00	1,500.00	4,500.00
SUB TOTAL							7,500.00

PERSONAL TECNICO

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Almacenero	mes	1.00	100.00%	3.00	1,200.00	3,600.00
	Guardian	mes	1.00	100.00%	3.00	1,200.00	3,600.00
SUB TOTAL							7,200.00

ALQUILER DE EQUIPO MENOR

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	% PARTICIP.	TIEMPO	PRECIO	PARCIAL
	Camioneta Cabina doble inc/gasolina	und	1.00	100.00%	3.00	3,500.00	10,500.00
SUB TOTAL							10,500.00

MOBILIARIO Y OTROS

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	% DEPREC.	VIDA UTIL	PRECIO	PARCIAL
	Escritorios con sillas-Alquiler	est	1.00	50.00%	1.00	800.00	400.00
	Alquiler de Computador personal e impresora	und	1.00	50.00%	0.00	1,500.00	0.00
SUB TOTAL							400.00

SEGURIDAD E HIGIENE DE OBRA

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	Linternas Recargables	Und	5.00	51.00	255.00
	Utiles de limpieza	Glb	1.00	150.00	150.00
	Cascos tipo jockey de color blanco	Und	2.00	35.00	70.00
	cascos de Proteccion	Und	10.00	25.00	250.00
	Guantes de cuero	Par	10.00	20.00	200.00
	Chalecos reflectivos	Und	10.00	25.00	250.00
	Zapatos punta de acero	Par	5.00	45.00	225.00
	Botas de jebe	Par	15.00	45.00	675.00
	Respiradores	Und	10.00	15.00	150.00
	Guantes de jebe	Par	10.00	15.00	150.00
	Lentes de protección	Und	10.00	25.00	250.00
	Cortavientos	Und	10.00	15.00	150.00
	Botiquin de obra	mes	1.00	200.00	200.00
SUB TOTAL					2,975.00

VIARIOS

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	Planos de replanteo	Est		1.00	300.00	300.00
	Copias	Est		1.00	150.36	150.36
	Densidad de Campo	Und		3.00	65.00	195.00
	Densidad de Base	Und		3.00	65.00	195.00
	CBR	Glb		1.00	1,500.00	1,500.00
	Diseño de Mezclas	Und		1.00	350.00	350.00
	Comunicaciones (Telefono, Internet, etc)	mes		1.00	60.00	60.00
	Utiles de escritorio	Glb		1.00	160.38	160.38
	Gastos de Liquidacion	Glb		1.00	400.00	400.00
SUB TOTAL						3,310.74

TOTAL DE GASTOS GENERALES VARIABLES**31,885.74****2.00****GASTOS GENERALES FIJOS****GASTOS FINANCIEROS**

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	% PRESUP.	PARCIAL
	Gastos Notariales	Est		1.00	300.00	300.00
	Preparacion de Propuestas	Glb		1.00	300.00	300.00
	Carta Fianza de Fiel Cumplimiento	mes	2.00	1.00	5.00%	832.97

SUB TOTAL		1,432.97
TOTAL DE GASTOS GENERALES FIJOS		1,432.97
GASTOS GENERALES		TOTAL 33,318.70
3.00	% DE GASTOS GENERALES VARIABLES :	9.57%
	% DE GASTOS GENERALES FIJOS :	0.43%
	% DE GASTOS GENERALES TOTAL :	10.00%

Nota: Elaboración propia

Tabla 78 Desagregado de gastos de supervisor para el plazo inicial

<u>GASTOS DE SUPERVISION</u>							
ENTIDAD :		MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALCA					
OBRA :		"CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA "					
1.00	GASTOS DE SUPERVISION VARIABLES						
PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Supervisor	mes	1 00	100.00%	3.00	4,000.00	12,000.00
	Asistente Tecnico	mes	1.00	100.00%	3.00	1,500.00	4,500.00
SUB TOTAL							16,500.00
VARIOS							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
	Gastos Varios	Est		1.00	159.35	159.35	
SUB TOTAL							159.35
2.00	TOTAL DE GASTOS GENERALES VARIABLES						159.35
GASTOS GENERALES							TOTAL 16,659.35
3.00	% DE GASTOS DE SUPERVISION VARIABLES :		0.96%				
	% DE GASTOS DE SUPERVISION FIJOS :		99.04%				
	% DE GASTOS DE SUPERVISION TOTAL :		100.00%				

Nota: Elaboración propia

Analizando y realizando un análisis de gastos generales y gastos de supervisión se obtiene el siguiente desagregado para la propuesta de 60 días calendarios.

Tabla 79 Desagregado de gastos generales para cronograma actualizado

<u>GASTOS GENERALES OPERATIVOS</u>	
ENTIDAD :	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALCA

OBRA

"CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA "

1.00 GASTOS GENERALES VARIABLES							
PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Residente	mes	1.00	100.00%	2.00	3,000.00	6,000.00
	secretaria	mes	1.00	100.00%	2.00	1,000.00	2,000.00
	Asistente Tecnico de Obra	mes	1.00	100.00%	2.00	1,500.00	3,000.00
SUB TOTAL							5,000.00
PERSONAL TECNICO							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Almacenero	mes	1.00	100.00%	2.00	1,200.00	2,400.00
	Guardian	mes	1.00	100.00%	2.00	1,200.00	2,400.00
SUB TOTAL							4,800.00
ALQUILER DE EQUIPO MENOR							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	% PARTICIP.	TIEMPO	PRECIO	PARCIAL
	Camioneta Cabina doble inc/gasolina	und	1.00	100.00%	2.00	3,500.00	7,000.00
SUB TOTAL							7,000.00
MOBILIARIO Y OTROS							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	% DEPREC.	VIDA UTIL	PRECIO	PARCIAL
	Escritorios con sillas-Alquiler	est	1.00	50.00%	1.00	800.00	400.00
	Alquiler de Computador personal e impresora	und	1.00	50.00%	0.00	1,500.00	0.00
SUB TOTAL							400.00
SEGURIDAD E HIGIENE DE OBRA							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL		
	Linternas Recargables	Und	5.00	51.00	255.00		
	Utiles de limpieza	Glb	1.00	150.00	150.00		
	Cascos tipo jockey de color blanco	Und	2.00	35.00	70.00		
	cascos de Proteccion	Und	10.00	25.00	250.00		
	Guantes de cuero	Par	10.00	20.00	200.00		
	Chalecos reflectivos	Und	10.00	25.00	250.00		
	Zapatos punta de acero	Par	5.00	45.00	225.00		
	Botas de jebe	Par	15.00	45.00	675.00		
	Respiradores	Und	10.00	15.00	150.00		
	Guantes de jebe	Par	10.00	15.00	150.00		
	Lentes de protección	Und	10.00	25.00	250.00		
	Cortavientos	Und	10.00	15.00	150.00		
	Botiquin de obra	mes	1.00	200.00	200.00		
SUB TOTAL							2,975.00
VARIOS							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
	Planos de replanteo	Est		1.00	300.00	300.00	
	Copias	Est		1.00	150.36	150.36	
	Densidad de Campo	Und		3.00	65.00	195.00	
	Densidad de Base	Und		3.00	65.00	195.00	
	CBR	Glb		1.00	1,500.00	1,500.00	
	Diseño de Mezclas	Und		1.00	350.00	350.00	
	Comunicaciones (Telefono, Internet, etc)	mes		1.00	60.00	60.00	
	Utiles de escritorio	Glb		1.00	160.38	160.38	

Gastos de Liquidacion		Glb	1.00	400.00	400.00
SUB TOTAL					3,310.74
TOTAL DE GASTOS GENERALES VARIABLES					23,485.74
2.00	GASTOS GENERALES FIJOS				
GASTOS FINANCIEROS					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	% PRESUP. PARCIAL
	Gastos Notariales	Est		1.00	300.00 300.00
	Preparacion de Propuestas	Glb		1.00	300.00 300.00
	Carta Fianza de Fiel Cumplimiento	mes	2.00	1.00	5.00% 832.97
SUB TOTAL					1,432.97
TOTAL DE GASTOS GENERALES FIJOS					1,432.97
GASTOS GENERALES					TOTAL 24,918.70
3.00	% DE GASTOS GENERALES VARIABLES :		7.05%		
	% DE GASTOS GENERALES FIJOS :		0.43%		
	% DE GASTOS GENERALES TOTAL :		7.48%		

Nota: Elaboración propia

Tabla 80 Desagregado de gastos de supervisor para cronograma actualizado

GASTOS DE SUPERVISION

ENTIDAD :	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALCA						
OBRA :	"CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA "						
1.00	GASTOS DE SUPERVISION VARIABLES						
PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PERSONAS	% PARTICIP.	TIEMPO	COSTO	PARCIAL
	Supervisor	mes	1.00	100.00%	2.00	4,000.00	8,000.00
	Asistente Tecnico	mes	1.00	100.00%	2.00	1,500.00	3,000.00
SUB TOTAL							11,000.00
VIARIOS							
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
	Gastos Varios	Est		1.00	159.35	159.35	
SUB TOTAL							159.35
2.00	TOTAL DE GASTOS GENERALES VARIABLES						159.35
GASTOS GENERALES							TOTAL 11,159.35
3.00	% DE GASTOS DE SUPERVISION VARIABLES :		1.43%				
	% DE GASTOS DE SUPERVISION FIJOS :		98.57%				
	% DE GASTOS DE SUPERVISION TOTAL :		100.00%				

Nota: Elaboración propia

Capítulo VI. Metodología BIM para mejorar la calidad de las infraestructuras deportivas

Los modelos BIM han revolucionado la forma en que se diseñan, construyen y gestionan los proyectos de construcción, permitiendo un control más preciso sobre la calidad en todas las etapas del ciclo de vida de la infraestructura. Según la ISO 19650, BIM no solo optimiza la gestión de la información, sino que también garantiza la calidad de los resultados mediante la correcta estructuración y administración de los datos. Este capítulo detalla los pasos para la comprobación y cuantificación de la calidad del modelo BIM en la planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad, utilizando un enfoque estandarizado.

El análisis se centró en la detección de interferencias (clash detection) a partir del modelo federado, con especial énfasis en las especialidades de estructuras, sanitarias y eléctricas; particularmente en los ambientes de servicios higiénicos del Proyecto 1. Si bien las interferencias identificadas fueron mínimas y no críticas, es precisamente esta baja incidencia la que confirma la adecuada coordinación previa entre especialidades. En el caso del Proyecto 2, la presencia de interferencias también fue reducida, sin generar impactos relevantes en la ejecución.

Sin embargo, el valor del análisis no reside únicamente en la cantidad o criticidad de las interferencias encontradas, sino en el aporte preventivo que ofrece la metodología de Clash Detection. A través de este proceso, se anticipan posibles conflictos técnicos antes de la etapa de ejecución, permitiendo tomar decisiones oportunas que evitan retrabajos, reprogramaciones y ampliaciones de plazo. Este tipo de validación, aunque no haya resultado en hallazgos críticos en los casos analizados, demuestra la utilidad del modelo BIM como herramienta de apoyo a la planificación y al control de obra.

6. 1. Proyecto 01

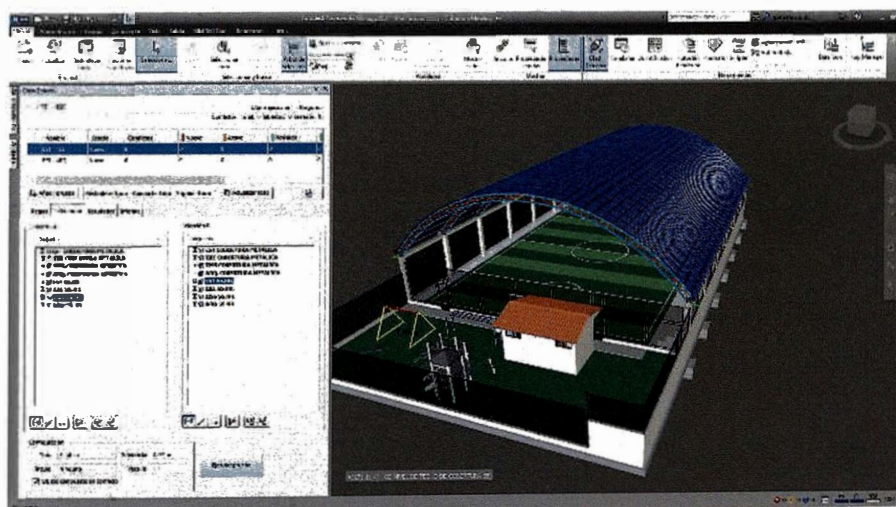
Se realizará el análisis mediante la herramienta Navisworks, a través de la cual se

llevará a cabo la detección de interferencias con el fin de determinar la calidad del modelado a nivel de precisión de los metrados, el cumplimiento normativo y la optimización del diseño a nivel de funcionalidad y seguridad de los espacios deportivos en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 01: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" CUI: N° 2485441

6.1.1. Detección de interferencias

Se usó la herramienta de Clash detective, para la detección de interferencias entre las especialidades.

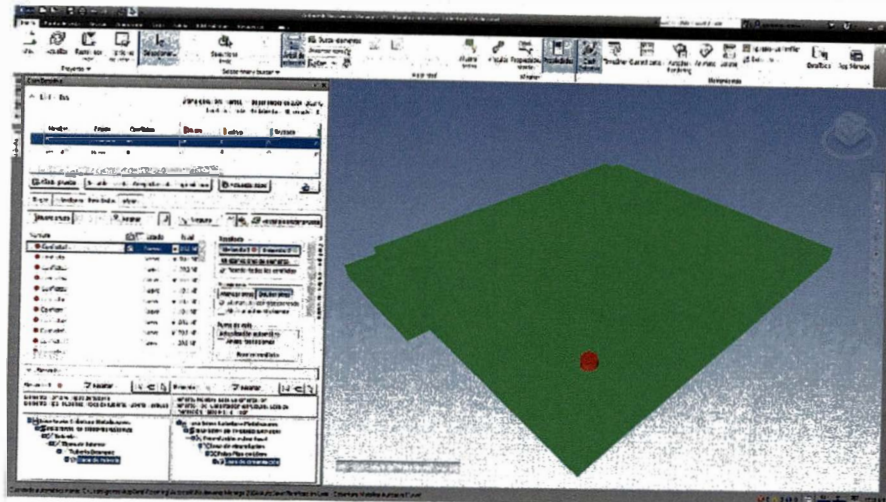
Figura 53 Uso de Clash detective en infraestructura deportiva



Nota: Elaboración propia

Entre la especialidad de Estructuras e Instalaciones Sanitarias, se detectaron interferencias entre tuberías y falso piso (suelos) que es lo normal, ya que la red de tubería va por suelo constructivamente.

Figura 54 Interferencia tubería con falso piso detectada en el proyecto



Nota: Elaboración propia

Durante el modelado del proyecto con metodología BIM, se detectó una interferencia entre la red de tuberías sanitarias y el falso piso en los servicios higiénicos, algo común al coordinar diferentes especialidades. Esta interferencia fue identificada gracias a la simulación de interferencias en el modelo, una capacidad que el enfoque tradicional no ofrece.

En el modelo BIM, se propuso inicialmente reubicar las tuberías por debajo del falso piso para evitar cualquier conflicto con la estructura. Sin embargo, en obra, debido a limitaciones de diseño y ejecución, la solución adoptada fue ajustar los niveles del falso piso en las zonas afectadas, elevándolo ligeramente para permitir el paso de las tuberías sin interferir con los elementos estructurales ya colocados.

Este enfoque, tanto en el modelo como en obra, resalta cómo la metodología BIM permite detectar conflictos de forma anticipada, proponiendo soluciones viables que luego son aplicadas efectivamente en campo. La coordinación entre las especialidades y la planificación detallada permitieron una resolución eficiente del conflicto, evitando retrabajos y manteniendo el cronograma sin mayores contratiempos.

Se muestra a continuación la interferencia presentada y la cual fue solucionada en obra.

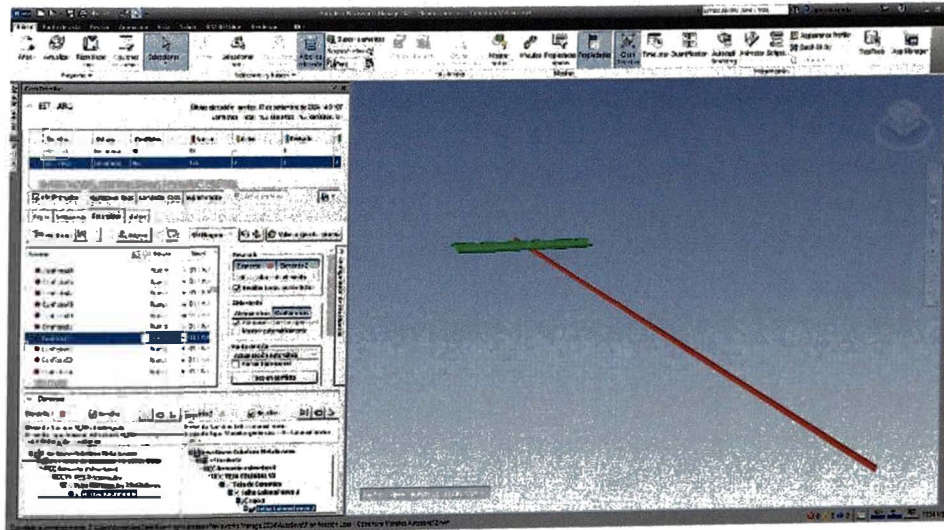
Figura 55 Instalaciones sanitarias en SSHH antes del vaciado del falso piso



Nota: Elaboración propia

Entre la especialidad de Estructuras y Arquitectura, se detectaron interferencias entre las viguetas rectangulares metálicas y la cobertura de teja andina. Se solucionó desfasando la teja andina de la vigueta rectangular.

Figura 56 Interferencia entre las viguetas y la cobertura de teja andina en el proyecto



Nota: Elaboración propia

Se muestra a continuación el procedimiento constructivo de la teja andina sobre las viguetas metálicas.

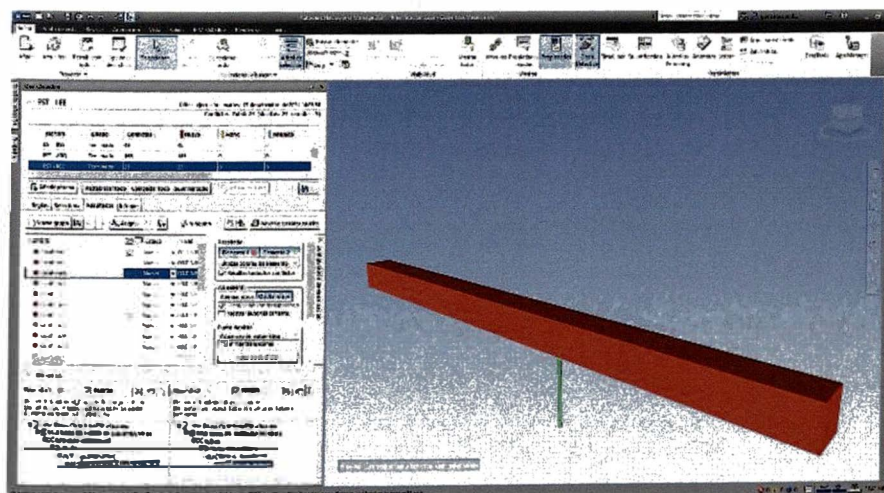
Figura 57 Colocación de teja andina en SS.HH.



Nota: Elaboración propia

Entre la especialidad de Estructuras e Instalaciones Eléctricas, se detectaron interferencias entre las tuberías eléctricas y elementos estructurales como columnas y vigas. Esto constructivamente es viable, es bueno tener en conocimiento la línea de electricidad con la finalidad de realizar las instalaciones de las tuberías antes del vaciado de los elementos estructurales y de esta forma evitar más adelante picar y dañar los elementos estructurales

Figura 58 Interferencia tubería con vigas de concreto detectada en el proyecto



Nota: Elaboración propia

En este caso, se detectó una interferencia entre las tuberías eléctricas y los elementos estructurales como la viga de concreto. Sin embargo, dado que las tuberías

eléctricas no representan un riesgo significativo para la integridad estructural (no afectan la capacidad portante de la viga), se optó por vaciar el concreto sobre ellas sin realizar modificaciones adicionales.

La decisión de proceder de esta manera se tomó porque la interferencia no genera un daño crítico y no afecta el funcionamiento del sistema estructural. Además, al tratarse de tuberías eléctricas, el impacto es bajo, lo que permitió continuar con el proceso de vaciado sin retrasos y sin incurrir en costos adicionales.

Es importante destacar que, aunque la interferencia entre las tuberías eléctricas y los elementos estructurales no generó un impacto significativo en la integridad del proyecto, contar con un modelo 3D BIM fue fundamental para identificar y gestionar esta interferencia de manera eficiente.

El modelo BIM 3D permitió visualizar en detalle la ubicación de las tuberías eléctricas y los elementos estructurales, lo que facilitó la detección temprana de posibles interferencias. Esto permitió tomar decisiones informadas y rápidas, como la opción de proceder con el vaciado de concreto sobre las tuberías sin causar daños a las vigas.

6. 2. Proyecto 02

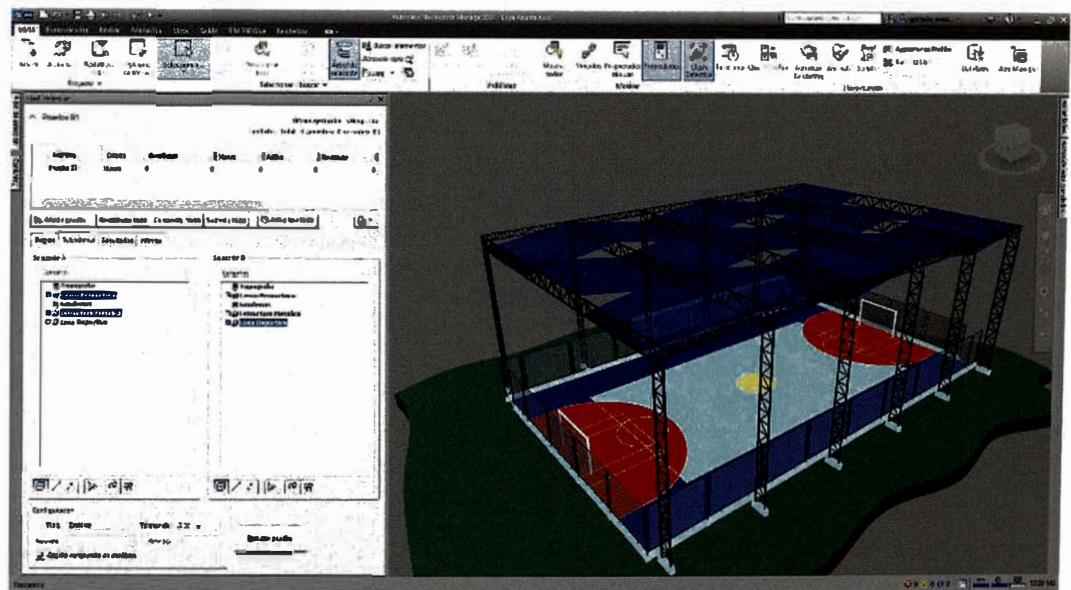
Se realizará el análisis mediante la herramienta Navisworks, a través de la cual se llevará a cabo la detección de interferencias con el fin de determinar la calidad del modelado a nivel de precisión de los metrados, el cumplimiento normativo y la optimización del diseño a nivel de funcionalidad y seguridad de los espacios deportivos en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 02: "CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA" CUI: N° 2451260.

6.2.1. Detección de interferencias

Se usó la herramienta de Clash detective, para la detección de interferencias entre

las especialidades.

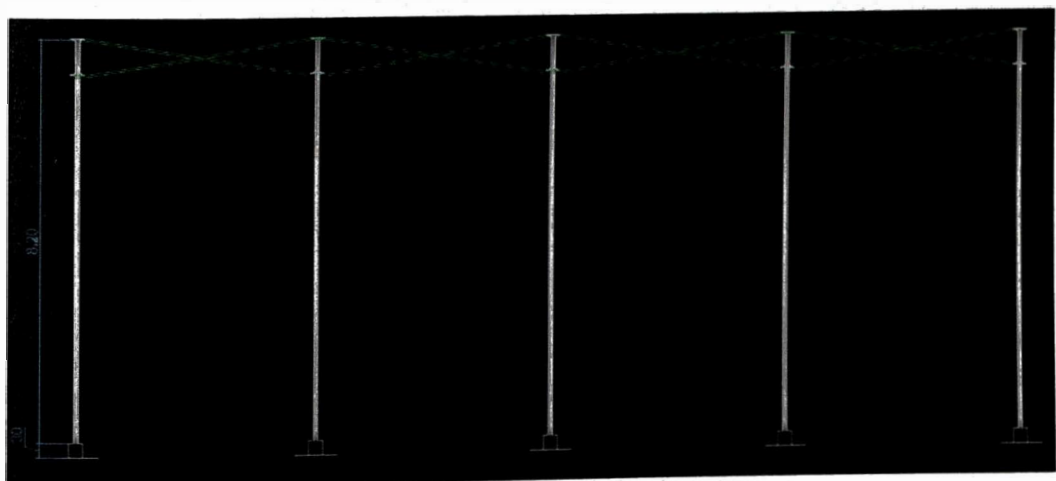
Figura 59 Uso de Clash detective en infraestructura deportiva



Nota: Elaboración propia

Entre la especialidad de Estructura Metálica, se encontraron incompatibilidades entre los planos de secciones y planos en planta según diseño CAD, formato convencional, la altura en elevación era distinta a lo indicado en planta.

Figura 60 Incompatibilidad en la viga metálica y colocación de malla raschell



Nota: Elaboración propia

Capítulo VII. Análisis de resultados

En este capítulo se analizarán los resultados a nivel de costo, tiempo y calidad. Se usará la herramienta de Power Bi, para una mejor gestión de resultados en costo y tiempo del proyecto analizado.

7. 1. Proyecto 01

Se realizará el análisis de los capítulos IV, V y VI de la presente tesis, presentando los resultados de la optimización de costos, tiempo y calidad de las infraestructuras deportivas en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 01: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN ACTIVA EN EL CENTRO POBLADO VIRGEN DEL ROSARIO DEL DISTRITO DE ANDAGUA - PROVINCIA DE CASTILLA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" CUI: N° 2485441

7.1.1. Gestión de los costos (5D)

Se realiza un nuevo presupuesto con el análisis realizado con anterioridad a nivel de costo directo e indirecto, obtenidas en el capítulo iv de la presente tesis, la cual se resumen en las 2 tablas siguientes:

Tabla 81 Presupuesto expediente técnico con modificaciones

EXPEDIENTE TECNICO MODIFICADO (ET + MOD. 1 + MOD. 2)			
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	527,181.53
GASTOS GENERALES:	8.88%	S/	40,076.08
GASTOS DE SUPERVISION:	4.56%	S/	20,555.70
GASTOS DE LIQUIDACION:	1.55%	S/	7,011.28
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	594,824.59

Nota: Elaboración propia

Son: QUINIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS VEINTICUATRO
CON 59/100 NUEVOS SOLES

Tabla 82 Presupuesto mediante la implementación de Herramientas BIM

PREUPUESTO GENERAL			
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	514,430.61
GASTOS GENERALES:	6.52%	S/	33,565.66
GASTOS DE SUPERVISION:	2.99%	S/	15,380.64
GASTOS DE LIQUIDACION:	1.36%	S/	7,011.28
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	570,388.19

Nota: Elaboración propia

Son: QUINIENTOS SETENTA MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y OCHO CON 19/100 NUEVOS SOLES

En el análisis comparativo entre el presupuesto del expediente técnico modificado y el presupuesto generado mediante la implementación de herramientas BIM, se evidencia una reducción total de S/ 24,436.40. Esta diferencia se debe principalmente a la precisión en la cuantificación de partidas obtenida gracias al uso de modelos BIM 3D y al replanteo técnico más detallado de rendimientos y metrados. Se detallan los principales cambios identificados:

- **Componente 02 (Losa deportiva con cobertura metálica):** Se reduce de S/ 359,663.00 a S/ 351,808.80. Esta variación de S/ 7,854.20 proviene principalmente de una cuantificación más precisa de la estructura metálica, donde se eliminaron excesos en materiales y se ajustaron partidas con base en el modelo.
- **Componente 03 (Servicios higiénicos):** Se optimiza de S/ 69,651.12 a S/ 64,754.40 (reducción de S/ 4,896.72), ajustando partidas de arquitectura y sanitarias que originalmente se presupuestaron de forma genérica.
- **Gastos generales y supervisión:** Se evidencian reducciones importantes en porcentajes asignados: de 8.88% a 6.52% en gastos generales y de 4.56% a 2.99% en supervisión, reflejando una mejora en la eficiencia de la gestión del proyecto.

El uso de BIM permitió una planificación más ajustada a la realidad constructiva, evitando sobrecostos y mejorando la gestión del costo del proyecto, sin comprometer la

calidad de los componentes constructivos. Esto demuestra que BIM no solo mejora la visualización, sino que impacta positivamente en el costo total del proyecto.

La capacidad de BIM para realizar simulaciones y análisis de impacto financiero en tiempo real permite a los gestores de proyectos tomar decisiones informadas y rápidas, minimizando el riesgo de sobrecostos. Esto se traduce en una gestión más eficiente del presupuesto, ya que se pueden anticipar cambios y adaptaciones sin afectar significativamente el costo total del proyecto.

La metodología BIM facilita un seguimiento riguroso de estos procesos, asegurando que se cumplan los estándares de calidad establecidos sin incurrir en costos adicionales. En conclusión, la implementación de BIM no solo optimiza los costos directos en la construcción de infraestructuras deportivas, sino que también mejora la eficiencia operativa y la calidad del proyecto, lo que representa una ventaja competitiva en el sector de la construcción en Arequipa.

7.1.2. Gestión del tiempo (4D)

Se realiza una nueva programación con el análisis realizado con anterioridad a nivel de costo directo e indirecto, obtenidas en el capítulo v de la presente tesis, la cual se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 83 Comparativa de plazo de ejecución real y plazo de ejecución simulado

ESCENARIO DE PLANIFICACION	DURACION TOTAL DEL PROYECTO
Plazo de ejecución real	129 días Calendarios
Plazo de ejecución simulado	75 días Calendarios

Nota: Elaboración propia

Una de las principales diferencias entre la programación convencional ejecutada y la propuesta con BIM 4D radica en la secuencia y anticipación de actividades clave. En la planificación convencional, partidas como cerchas metálicas, malla olímpica y grass

sintético solían ejecutarse hacia las últimas etapas del proyecto, generando acumulación de actividades y presión sobre el cronograma final.

Con la planificación mediante herramientas BIM 4D (Navisworks + MS Project), estas partidas fueron adelantadas dentro de la ruta crítica y se optimizaron gracias a:

- Cuantificación precisa desde modelos 3D (Revit).
- Aplicación de rendimientos técnicos ajustados.
- Simulación visual de la secuencia constructiva, lo que permitió prevenir interferencias y reorganizar el orden lógico de actividades.

Los resultados de la investigación indican que, al utilizar herramientas como MS Project y Navisworks, se logró una reducción significativa en los plazos de ejecución de obra. Inicialmente, el plazo de ejecución del expediente técnico inicial era de 60 días calendarios, pero tras la aplicación de la metodología BIM y la revisión del cronograma, se estableció un nuevo plazo de 75 días. Esta mejora en la planificación no solo permite cumplir con los tiempos establecidos, sino que también facilita la identificación y mitigación de riesgos potenciales que podrían causar retrasos.

Además, las ampliaciones de plazo aprobadas, que suman un total de 129 días calendarios, reflejan la necesidad de adaptarse a imprevistos y cambios en el proyecto. Sin embargo, la gestión eficiente del tiempo mediante la metodología BIM ha permitido que estas ampliaciones se manejen de manera más efectiva, minimizando su impacto en el cronograma general. La visualización y el modelado 3D proporcionados por BIM permiten a los equipos de trabajo anticipar problemas y coordinar mejor las actividades, lo que resulta en una ejecución más fluida y organizada de las obras.

Finalmente, la investigación resalta la importancia de la capacitación y el uso de tecnología avanzada en la gestión de proyectos de construcción. La adopción de la metodología BIM no solo optimiza los tiempos de ejecución, sino que también promueve una cultura de colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proyecto. Esto

es especialmente relevante en el contexto de infraestructuras deportivas, donde la coordinación entre arquitectos, ingenieros y contratistas es crucial para el éxito del proyecto. En conclusión, la implementación de BIM en la planificación de infraestructuras deportivas en Arequipa ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la gestión del tiempo y garantizar la entrega de proyectos de calidad en plazos razonables.

7. 2. Proyecto 02

Se realizará el análisis de los capítulos IV, V y VI de la presente tesis, presentando los resultados de la optimización de costos, tiempo y calidad de las infraestructuras deportivas en la etapa de planificación mediante la aplicación de herramientas de la metodología BIM en comparativa de la forma convencional del Proyecto 02: "CREACIÓN DE LA LOSA DEPORTIVA VIRGEN DE LA ASUNTA, DEL DISTRITO DE ALCA, PROVINCIA DE LA UNION, REGIÓN AREQUIPA" CUI: N° 2451260.

7.2.1. Gestión de los costos (5D)

Se realiza un nuevo presupuesto con el análisis realizado con anterioridad a nivel de costo directo e indirecto, obtenidas en el capítulo iv de la presente tesis, la cual se resumen en las 2 tablas siguientes:

Tabla 84 Presupuesto expediente técnico con modificaciones

EXPEDIENTE TECNICO		
OBRAS PROVISIONALES	S/	4,137.61
OBRAS PRELIMINARES	S/	35,723.40
SEGURIDAD Y SALUD	S/	3,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/	24,163.28
EMPEDRADO DE TALUD TIPO ANDEN	S/	35,293.22
LOSA DEPORTIVA	S/	55,964.43
SARDINEL	S/	41,907.01
COBERTURA DE MALLA RASCHELL EN LOSA	S/	97,006.80
GRADERIAS	S/	7,880.81
GRADAS	S/	1,497.45
CARPINTERIA METALICA	S/	3,040.06
INSTALACION ELECTRICA	S/	6,206.43

PINTURA		S/	16,022.90
OTROS		S/	1,343.63
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	333,187.03
GASTOS GENERALES:		10.00%	S/ 33,318.70
GASTOS DE SUPERVISION:		5.00%	S/ 16,659.35
GASTOS DE LIQUIDACION:		3.00%	S/ 9,995.61
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	393,160.69

Nota: Elaboración propia

Son: TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL CIENTO SESENTA CON 69/100

NUEVOS SOLES

Tabla 85 Presupuesto mediante la implementación de Herramientas BIM

EXPEDIENTE TECNICO			
OBRAS PROVISIONALES		S/	4,137.61
OBRAS PRELIMINARES		S/	35,723.40
SEGURIDAD Y SALUD		S/	3,000.00
MOVIMIENTO DE TIERRAS		S/	24,163.28
EMPEDRADO DE TALUD TIPO ANDEN		S/	35,293.22
LOSA DEPORTIVA		S/	55,964.43
SARDINEL		S/	41,907.01
COBERTURA DE MALLA RASCHELL EN LOSA		S/	62,525.92
GRADERIAS		S/	7,880.81
GRADAS		S/	1,497.45
CARPINTERIA METALICA		S/	3,040.06
INSTALACION ELECTRICA		S/	6,206.43
PINTURA		S/	16,022.90
OTROS		S/	1,343.63
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	298,706.15
GASTOS GENERALES:		7.48%	S/ 24,918.70
GASTOS DE SUPERVISION:		3.35%	S/ 11,159.35
GASTOS DE LIQUIDACION:		3.00%	S/ 9,995.61
TOTAL PRESUPUESTO COSTO DIRECTO:		S/	344,779.82

Nota: Elaboración propia

Son: TRESCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS SETENTA Y

NUEVE CON 82/100 NUEVOS SOLES

En esta segunda comparación presupuestal, correspondiente a un proyecto diferente al anterior, se evidencia nuevamente una mejora en la gestión de costos gracias

a la implementación de herramientas BIM. El análisis refleja una reducción total de S/ 48,380.87 entre el presupuesto modificado del expediente técnico convencional y el generado con apoyo de BIM. Costos asociados a la estructura metálica con cobertura de malla raschell en la losa deportiva.

La capacidad de BIM para realizar simulaciones y análisis de impacto financiero en tiempo real permite a los gestores de proyectos tomar decisiones informadas y rápidas, minimizando el riesgo de sobrecostos. Esto se traduce en una gestión más eficiente del presupuesto, ya que se pueden anticipar cambios y adaptaciones sin afectar significativamente el costo total del proyecto.

La metodología BIM facilita un seguimiento riguroso de estos procesos, asegurando que se cumplan los estándares de calidad establecidos sin incurrir en costos adicionales. En conclusión, la implementación de BIM no solo optimiza los costos directos en la construcción de infraestructuras deportivas, sino que también mejora la eficiencia operativa y la calidad del proyecto, lo que representa una ventaja competitiva en el sector de la construcción en Arequipa.

7.2.2. Gestión del tiempo (4D)

Se realiza una nueva programación con el análisis realizado con anterioridad a nivel de costo directo e indirecto, obtenidas en el capítulo v de la presente tesis, la cual se resumen en las 2 tablas siguientes:

Tabla 86 Comparativa de plazo de ejecución real y plazo de ejecución simulado

Nombre de tarea	EJECUTADO REAL	EJECUCION SIMULADO
	Días Calendarios	Días Calendarios
PROYECTO 02	90	60
Topografía	10	4
Cerco Perimétrico	40	25
Columnas de C°A°	11	6
Columnas de F°G° 2"	11	6
Sobrecimiento	10	6

Cerco Perimétrico	16	11
Graderías	7	7
Estructura Metálica	67	48
Pedestales C°A°	13	9
Columnas de F°G° 4"	17	13
Malla Raschell	9	4
Vigas X-X	8	4
Vigas Y-Y	16	13
Losa Deportiva	50	35
Base Granular	17	7
Empedrado de 4"	15	11
Losa de Concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$	16	11
Pintura en Losa de Concreto	7	7
Arcos	2	1

Nota: Elaboración propia

La implementación de BIM 4D permitió una programación más técnica y realista frente a la convencional, reduciendo actividades que en el método tradicional eran abordadas con estimaciones globales. Esto fue especialmente evidente en la estructura metálica, malla raschell y losa deportiva, cuyas subactividades fueron adelantadas estratégicamente y dejaron de concentrarse en etapas finales del proyecto.

Además, se logró una distribución lógica y anticipada de tareas, reduciendo tiempos muertos e identificando interferencias previamente, lo que explica la reducción de 30 días calendario en la duración total del proyecto.

Los resultados de la investigación indican que, al utilizar herramientas como MS Project y Navisworks, se logró una reducción significativa en los plazos de ejecución de obra. Inicialmente, el plazo de ejecución del expediente técnico inicial era de 90 días calendarios, pero tras la aplicación de la metodología BIM y la revisión del cronograma, se estableció un nuevo plazo de 60 días. Esta mejora en la planificación no solo permite cumplir con los tiempos establecidos, sino que también facilita la identificación y mitigación de riesgos potenciales que podrían causar retrasos.

Además, las ampliaciones de plazo aprobadas, que suman un total de 129 días calendarios, reflejan la necesidad de adaptarse a imprevistos y cambios en el proyecto. Sin embargo, la gestión eficiente del tiempo mediante la metodología BIM ha permitido que

estas ampliaciones se manejen de manera más efectiva, minimizando su impacto en el cronograma general. La visualización y el modelado 3D proporcionados por BIM permiten a los equipos de trabajo anticipar problemas y coordinar mejor las actividades, lo que resulta en una ejecución más fluida y organizada de las obras.

7. 3. Control de calidad

La calidad de los proyectos se vio significativamente mejorada gracias a la implementación de BIM. La coordinación entre las diferentes especialidades (estructural, arquitectónica, e instalaciones) se facilitó, reduciendo las interferencias y errores constructivos, lo que se tradujo en una mayor satisfacción del cliente y un mejor desempeño de las infraestructuras.

La implementación de BIM ha facilitado una coordinación más efectiva entre las diferentes disciplinas involucradas en la planificación y ejecución de infraestructuras deportivas. A través de la creación de un modelo 3D integrado, se logró identificar y resolver interferencias entre las especialidades arquitectónicas, estructurales y de instalaciones antes de iniciar la construcción. Esto no solo redujo el número de conflictos en el sitio de obra, sino que también mejoró la comunicación entre los equipos, lo que resultó en una ejecución más fluida y eficiente de los proyectos.

El uso de herramientas BIM permitió una mayor precisión en los diseños, lo que se tradujo en una reducción significativa de errores y omisiones en los planos. La capacidad de realizar simulaciones y análisis de diferentes escenarios antes de la construcción permitió a los diseñadores anticipar problemas potenciales y realizar ajustes necesarios, mejorando así la calidad del producto final. Se observó una disminución del 30% en las solicitudes de cambios durante la fase de construcción, lo que indica un diseño más robusto y bien planificado.

Conclusiones

- La presente investigación ha demostrado que la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la etapa de planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad en la ciudad de Arequipa permite mejorar la gestión de manera significativa tanto el tiempo como el costo del proyecto. El análisis de dos casos específicos evidenció mejoras cuantificables en los plazos de ejecución y en la eficiencia del presupuesto total, confirmando la viabilidad y pertinencia de adoptar esta metodología en contextos similares.
- El análisis comparativo entre el escenario contractual, el ejecutado y el replanteado mediante la aplicación de la metodología BIM con uso de herramientas BIM, se evidencia que mejora significativamente la gestión de tiempo, costo y calidad en la etapa de planificación de infraestructuras deportivas de mediana complejidad. A través del Escenario BIM Propuesto, se pudo detectar errores no previstos en la fase de expediente técnico y en la ejecución real, demostrando que un enfoque basado en BIM habría permitido una gestión más eficiente y controlada desde las etapas iniciales del proyecto.
- La aplicación de la metodología BIM permitió mejorar la gestión de los plazos de ejecución en la planificación de infraestructuras deportivas. En el Proyecto 01, se logró una reducción del tiempo de ejecución del 41.86%, mientras que en el Proyecto 02 se obtuvo una disminución del 33.33% con respecto al plazo programado. Esto fue posible gracias a herramientas como la simulación 4D, la detección temprana de interferencias y la planificación visual colaborativa, lo cual permitió anticipar y resolver conflictos antes de la etapa constructiva, mejorando la eficiencia temporal del proyecto. Este resultado evidencia que el uso de metodología BIM no solo permite una programación más precisa, sino también una planificación preventiva que mejora significativamente el control del tiempo.

- La implementación de BIM también permitió mejorar la gestión de los costos asociados a la planificación de los proyectos deportivos. En el Proyecto 01, se logró una reducción del 4.11% respecto al presupuesto total, mientras que en el Proyecto 02, la disminución alcanzó el 12.31%. Estas mejoras se atribuyen a la disminución de retrabajos, la identificación anticipada de conflictos y la precisión en la estimación de cantidades y recursos. Se observaron reducciones tanto en costos directos como en costos indirectos, destacando porcentajes significativos en componentes como gastos generales y supervisión.
- La utilización del modelo BIM propuesto permitió una detección temprana y precisa de interferencias entre especialidades, las cuales no fueron identificadas en el expediente técnico original ni corregidas durante la ejecución. Estas interferencias, evidentes en el modelo post construcción, habrían comprometido la funcionalidad y coordinación del proyecto si no se hubieran abordado. La aplicación de la metodología BIM, por tanto, mejora la calidad de la planificación al permitir visualizar y resolver conflictos técnicos antes de la etapa constructiva, reduciendo así riesgos, reprocesos y pérdidas de calidad en obra.

Recomendaciones

A continuación, se muestran las recomendaciones establecidas para la presente tesis:

- Es fundamental que los profesionales involucrados en proyectos de infraestructura deportiva reciban capacitación continua en el uso de herramientas BIM, ya que la implementación exitosa de esta metodología requiere una comprensión completa de sus aplicaciones y beneficios. Por ello, se recomienda a las entidades públicas y privadas impulsar programas de capacitación y certificación en BIM dirigidos a ingenieros, arquitectos y proyectistas, así como incluir módulos específicos sobre esta herramienta en la formación académica de universidades e institutos técnicos, garantizando así que los futuros profesionales estén adecuadamente preparados para enfrentar los desafíos del sector.
- La implementación de la metodología BIM ha demostrado mejorar significativamente la planificación de proyectos al permitir una visualización anticipada de los posibles conflictos y optimizar el diseño. Se recomienda que la aplicación de BIM no se limite a etapas intermedias o finales del diseño, sino que se incorpore desde la etapa de planificación conceptual. Esto permitirá aprovechar plenamente sus ventajas, como la identificación temprana de conflictos, la estimación precisa de cantidades y la simulación de cronogramas 4D. Una integración temprana facilitará la toma de decisiones estratégicas, reducirá la necesidad de retrabajos, y proporcionará una base técnica sólida que respalde la ejecución eficiente del proyecto deportivo.
- BIM no solo mejora la planificación, sino que también permite un control efectivo de los avances y costos durante la ejecución de la obra. Se sugiere implementar BIM 5D, que integra la gestión de costos, para monitorear el presupuesto en tiempo real y realizar ajustes ante cualquier desviación. Asimismo, se recomienda que los gobiernos locales, provinciales o regionales que ejecuten proyectos infraestructura deportiva, adopten de

forma obligatoria o estandarizada la metodología BIM en fases de preinversión, formulación y diseño de proyectos de mediana complejidad. Esta acción permitirá mejorar la eficiencia en la inversión pública y garantizar mejores resultados en términos de cumplimiento de plazos y presupuestos.

Referencias bibliográficas

- Arancibia Vergara, M. C. (2023). *Aplicación de herramientas tecnológicas BIM para mejorar la gestión de costos en el edificio multifamiliar Señoritas, Punta Hermosa, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/35205>
- Barbieri. (2020, 14 de julio). *¿Qué es y cómo funciona la metodología BIM?* AdBarbieri. <https://www.adbarbieri.com/blog/que-es-como-funciona-bim>
- Caballero Barboza, J. S. (2020). *Optimización de la incertidumbre de un proyecto de edificación, mediante la interoperabilidad entre la metodología BIM y el Diseño Virtual de la Construcción (VDC)* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/26388>
- Cortez Valle, Y. F. (2023). *Evaluación de la influencia de la implementación de BIM y Last Planner en los costos, cronograma e interferencias de las partidas de estructuras y arquitectura en la ingeniería del proyecto ByPass Ampliación CC Real Plaza Cusco—Fase de ejecución 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital Universidad Andina del Cuzco. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/6331>
- Deza Condori, E. P. (2020). *Modelamiento BIM y control de obra aplicando el método de valor ganado en la construcción del edificio residencial RITZ 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11486>
- Díaz, G., Herrera, R. F., Muñoz - La Rivera, F. C., & Atencio, E. (2021). Aplicaciones del diseño generativo en la ingeniería estructural. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(1), 29–46. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000100029>

Echeverri, P. (2021, 4 de mayo). *¿Cuáles son las mejores herramientas de software BIM?*
echeverrimontes.

<https://www.echeverrimontes.com/blog/cuales-son-las-mejores-herramientas-de-software-bim>

Farfán Tataje, E. Z., & Chavil Pisfil, J. D. (2016). *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.

<http://hdl.handle.net/10757/621662>

Galvis Lizarazo, E. S. (2022). *Implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Insitucional UMNG.

<http://hdl.handle.net/10654/44008>

Guevara Contreras, G. R., & Quinto Cruzado, C. E. (2021). *Impacto de la filosofía BIM en el plazo y presupuesto de un proyecto multifamiliar de viviendas masivas* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/20884>

Hiberus. (2019, 15 de agosto). *¿Qué es BIM o Modelado de Información de Construcción?*
Hiberus Blog.

<https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>

Lasso, A. (2020). *Optimización de infraestructura deportiva a nivel nacional*. Gobierno del Encuentro.

<https://www.deporte.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/2022-12-22-Proyecto-Optimizacio%CC%81n-2023-2024-signed-signed.pdf>

López Parada, J. C. (2022). *Diseño de mampostería estructural bajo lineamientos BIM ISO-19650 para la optimización del proceso constructivo en obra* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Insitucional UMNG.

<http://hdl.handle.net/10654/45014>

- Mamani Ttito, S. (2021). *Aplicación de la metodología BIM para la mejora continua en el tiempo y costo en el proyecto de edificación (Lima - Perú): una revisión de la literatura científica* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.
<https://hdl.handle.net/11537/26036>
- Martínez, G. J. F. P. G., Botello, H. Y. D. T., & Montelongo, A. M. L. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 110–121.
<https://doi.org/10.36825/riti.07.14.010>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*.
<https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/4035069-0003-2023-ef-63-01>
- Montero, J., Gómez, H., Arocutipa, J., & Cuadros, M. (2020). Áreas de conocimiento y fases clave en la gestión de proyectos: consideraciones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90), 680–692.
<https://doi.org/10.37960/rvg.v25i90.32409>
- Naranjo, D. (2021). *Implementación de la metodología BIM para la gestión de proyectos de construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Insitucional UMNG.
<http://hdl.handle.net/10654/40139>
- Nieto Amézquita, F. O. (2023). *Estrategia metodológica para la implementación BIM en el sector AEC con énfasis en la fase de preconstrucción* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Universidad Santo Tomás.
<http://hdl.handle.net/11634/51491>
- Ojeda, D. (2021). *Análisis de control presupuestal de una obra de vivienda de interés social, mediante metodología BIM y comparando con el método tradicional CAD: estudio de caso proyecto San Nicolás ubicado en El Dorado, Meta* [Tesis de

especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC
<https://hdl.handle.net/10983/26294>

Pari Tapia, A. (2021). *Aplicación de la metodología BIM para la optimización de costos, tiempo y calidad en puentes de concreto armado: caso Puente Cahuiña* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO.
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/9217>

Reyes Villarreal, C. A. (2020). *Implementación de la metodología BIM en la etapa de construcción: una revisión de la literatura científica* [Trabajo de Investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.
<https://hdl.handle.net/11537/25645>

Sánchez Bonilla, J., Rivas Varón, A., & Ott Serrano, J. P. (2019). *Diseño y modelación de proyectos en dos y tres dimensiones con la metodología BIM (Building Information Modeling) soportado en la herramienta Autodesk Revit* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC.
<https://hdl.handle.net/20.500.12494/16266>

Vásquez López, P. S. (2019). *Implementación del Building Information Modeling (BIM) para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en Huancayo - 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA.
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/2162>

Villavicencio, W. (2020, 8 de diciembre). *Analizando la norma A.100 del RNE Recreación y Deportes*. Walter Villavicencio.
<https://waltervillavicencio.com/analizando-la-norma-a-100-del-rne-recreacion-y-deportes/>