

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL
PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR,
UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

ALBERTO LEONARDO BAZÁN VÁSQUEZ

ID: 0009-0004-9928-2112

ASESOR

Ing. WALTER HERMÓGENES RODRÍGUEZ CASTILLEJO

ID:0009-0007-6777-0949

LIMA- PERÚ

2025

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

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos”.**

Alberto Leonardo Bazán Vásquez

E-mail: abazanv@uni.pe

Celular:997 855 817

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada con todo mi corazón, mi alma y mi ser hacia mis padres, José Andrés y Hezzel, por todo su esfuerzo y apoyo, por creer en mi desde el primer día en que me concibieron y por haberme formado como la persona que soy actualmente.

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, por brindarme la salud, la tranquilidad e iluminar mi mente todos estos días y noches de dedicación en la elaboración de la presente investigación.

A mis padres José Andrés Bazán Oblitas y Hezzel Mirella Carmen Vásquez Díaz, por creer en mí y apoyarme en el logro de cada uno de mis objetivos académicos y profesionales.

A mis hermanos José Andrés Bazán Vásquez, Arón Bazán Vásquez, mi cuñada Joyse Hernández Gómez y mi sobrina Kaysi Bazán Hernández, por brindarme su compañía en momentos cuando más lo necesitaba y brindarme la estadía en su hogar durante todo este tiempo.

A toda mi familia por contribuir en mi formación ya sea con algún consejo o palabras de motivación. Cada uno de mis logros van dedicados a toda mi familia.

A mi alma máter la Universidad Nacional de Ingeniería por ser parte de mi formación académica y profesional.

A mi asesor, el Ing. Walter Rodríguez Castillejo, por compartir su conocimiento y vasta experiencia en la gestión de proyectos, así como también por su tiempo para concluir con la presente investigación.

ÍNDICE

Resumen	6
Abstract	8
Prólogo	10
Lista de cuadros	11
Lista de figuras	13
Lista de símbolos y siglas	16
Capítulo I: Introducción	18
1.1 Generalidades	18
1.2 Problemática	20
1.2.1 Problema General	24
1.2.2 Problemas específicos	24
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo General	24
1.3.2 Objetivos Específicos	24
1.4 Hipótesis	25
1.4.1 Hipótesis General	25
1.4.2 Hipótesis Específicas	25
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	26
2.1 Marco teórico:	26
2.1.1 Metodología de costos y presupuestos dinámicos:	26
2.1.1.1 Definición:	26
2.1.1.2 Flujograma de trabajo:	28
2.1.1.3 Gestión del Alcance:	31
2.1.1.3.1 Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)	31
2.1.1.3.2 Estimación de metrados.	32
2.1.1.4 Gestión del Costo.	33
2.1.1.4.1 Análisis y Estimación de Recursos	33
2.1.1.4.1.1 Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)	33
2.1.1.4.2 Análisis y Estimación de Costos Directos.	35
2.1.1.4.2.1 Estructura de Descomposición de Costos (EDC)	36
2.1.1.4.3 Análisis y Estimación de Costos Indirectos	38
2.1.1.4.3.1 Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).	39

2.1.1.4.4	<i>Análisis y Estimación de la Utilidad</i>	40
2.1.1.4.5	<i>Flujo de caja financiero.</i>	41
2.1.1.4.6	<i>Elaboración del Presupuesto.</i>	42
2.1.1.5	<i>Gestión del Tiempo.</i>	43
2.1.1.5.1	<i>Planificación del proyecto usando Teoría de Restricciones.</i>	44
2.1.1.6	<i>Gestión de Riesgos</i>	52
2.1.1.7	<i>Entregables de la metodología.</i>	53
2.1.1.7.1	<i>Valor Referencial.</i>	53
2.1.1.7.2	<i>Presupuesto Oferta.</i>	53
2.1.1.7.3	<i>Presupuesto Meta.</i>	53
2.1.1.7.4	<i>Cronograma Valorizado.</i>	53
2.1.2	<i>BIM en la construcción:</i>	54
2.1.2.1	<i>Definición de BIM (Building Information Modeling):</i>	54
2.1.2.2	<i>Dimensiones de la tecnología BIM:</i>	54
2.1.2.3	<i>Herramientas del modelado BIM.</i>	57
2.1.2.3.1	<i>Software para Modelado BIM-3D.</i>	57
2.1.2.3.2	<i>Softwares para Modelado BIM-4D.</i>	58
2.1.2.3.3	<i>Softwares para Modelado BIM-5D.</i>	59
Capítulo III: Metodología de costos y presupuestos dinámicos y sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance		61
3.1	Modelo clásico de estimación presupuestos (modelo actual):	61
3.2	Metodología de costos y presupuestos dinámicos:	64
Capítulo IV: Tecnología BIM-5D y sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance.		69
4.1	Softwares clásicos de gestión de proyectos (Autocad, Msproject Y S10):	69
4.1.1	AutoCAD:	69
4.1.2	Ms Project:	70
4.1.3	S10:	72
4.2	Softwares de la tecnología bim (Revit, Synchro Pro y Cype Arquímedes):	73
4.2.1	Revit:	73
4.2.2	Synchro Pro:	74
4.2.3	Cype Arquímedes:	75
Capítulo V: Diseño de propuesta metodológica.		79
5.1	Fase I: Revisión de documentación del expediente técnico.	79

5.2	Fase II: sinergia entre la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D.	80
5.2.1	Elaboración del EDT a nivel de metrados.	80
5.2.2	Elaboración del modelo BIM-3D.	80
5.2.3	Detección de interferencias e incompatibilidades en planos.	80
5.2.3.1	<i>Incongruencia en planta:</i>	81
5.2.3.2	<i>Incongruencia en corte:</i>	81
5.2.3.3	<i>Incongruencia planta con corte o detalle:</i>	81
5.2.3.4	<i>Incongruencia entre especialidades:</i>	81
5.2.3.5	<i>Interferencia propia de la especialidad:</i>	81
5.2.3.6	<i>Interferencia entre especialidades:</i>	81
5.2.3.7	<i>Falta de información:</i>	81
5.2.3.8	<i>Ingeniería de valor:</i>	81
5.2.3.9	<i>Aclaración:</i>	81
5.2.4	Estimación automática de metrados.	82
5.2.5	Elaboración de planos a partir del modelo BIM-3D.	82
5.2.6	Análisis y estimación unitaria, parcial y total de recursos:	82
5.2.7	Estudio de mercado:	83
5.2.8	Análisis y estimación unitaria, parcial y total de costos directos: ...	83
5.2.9	Elaboración de la EDO:	83
5.2.10	Hoja de planificación y programación:	83
5.2.11	Lógica y secuencialidad de la red:	83
5.2.12	Programación del proyecto:	84
5.2.13	Flujo de caja a nivel costos directos:	84
5.2.14	Análisis y estimación de la utilidad en función al análisis de riesgos:	84
5.2.14.1	<i>Análisis de la incertidumbre.</i>	84
5.2.14.2	<i>Análisis de los eventos de riesgo.</i>	84
5.2.14.2.1	<i>Identificación de riesgos.</i>	85
5.2.14.2.2	<i>Análisis cualitativo de riesgos.</i>	85
5.2.14.2.3	<i>Análisis cuantitativo de riesgos.</i>	85
5.2.15	Análisis de gastos generales preliminar:	85
5.2.16	Flujo de caja financiero definitivo (Costos directos + Gastos Generales y EDO + Utilidad):	85
5.2.17	Simulación BIM-4D/5D:	86
5.3	Fase III: Entregables de la metodología propuesta.	86
Capítulo VI: Aplicación de la propuesta metodológica en el caso de estudio		88

6.1	Fase I: Revisión de documentación del expediente técnico.....	88
6.1.1	Memoria descriptiva del proyecto.	88
6.1.1.1	<i>Introducción.</i>	88
6.1.1.2	<i>Objetivo del Proyecto:</i>	88
6.1.1.3	<i>Localización del Proyecto:.....</i>	89
6.1.1.4	<i>Precios del contrato:.....</i>	89
6.1.1.5	<i>Plazo del contrato:.....</i>	90
6.2	Fase II: Sinergia entre la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D.	91
6.2.1	Elaboración del EDT a nivel de metrados.	91
6.2.2	Elaboración del modelo BIM-3D.	93
6.2.3	Detección de interferencias e incompatibilidades en planos.	95
6.2.4	Estimación automática de metrados.	97
6.2.5	Elaboración de planos a partir del modelo BIM-3D.	113
6.2.6	Análisis y estimación unitaria, parcial y total de recursos:	114
6.2.7	Estudio de mercado:.....	115
6.2.8	Análisis y estimación unitaria, parcial y total de costos directos: .	116
6.2.9	Elaboración de la EDO:	116
6.2.10	Hoja de planificación y programación:.....	117
6.2.10.1	<i>Identificación de la restricción:</i>	119
6.2.10.2	<i>Dimensionamiento del tiempo de la tarea restrictiva (segundo principio de la Teoría de Restricciones o explotación de la restricción).</i>	119
6.2.10.3	<i>Dimensión del tiempo de las tareas restantes (tercer principio de la Teoría de Restricciones o subordinación de las tareas restantes).....</i>	122
6.2.11	Lógica y secuencialidad de la red:	123
6.2.12	Programación del proyecto:.....	124
6.2.13	Flujo de caja a nivel costos directos:.....	124
6.2.14	Análisis y estimación de la utilidad en función al análisis de riesgos:	126
6.2.14.1	<i>Análisis de la incertidumbre.....</i>	126
6.2.14.2	<i>Análisis de los eventos de riesgo.</i>	127
6.2.14.2.1	<i>Identificación de riesgos.</i>	127
6.2.14.2.2	<i>Análisis cualitativo de riesgos.</i>	129
6.2.14.2.3	<i>Análisis cuantitativo de riesgos.....</i>	134
6.2.15	Análisis de gastos generales:.....	138
6.2.16	Flujo de caja financiero definitivo (Costos directos + Gastos Generales y EDO + Utilidad):	140

6.2.17	Simulación BIM-4D/5D:	142
6.3	Fase III: Entregables de la metodología propuesta.	152
6.3.1	Presupuesto meta del proyecto.	152
6.3.2	Los planos compatibilizados del proyecto.	152
6.3.3	Cronograma interno del proyecto.	152
Capítulo VII: Análisis y discusión de resultados.....		153
7.1	Gestión del alcance:	153
7.2	Gestión del tiempo:.....	157
7.3	Estimación del costo:.....	158
Conclusiones		159
Recomendaciones		161
Referencias Bibliográficas		162
Anexos		166

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo difundir el enfoque de la metodología propuesta por el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres, relacionada a la estimación presupuestos, y proponer el uso de herramientas BIM que agilicen los procesos desarrollados en el modelo de los presupuestos dinámicos de forma complementaria.

La tesis se encuentra dividida en 7 capítulos los cuáles serán detallados a continuación:

El capítulo I: INTRODUCCIÓN, trata de dar una idea general de cuál es el tema que desarrollará la presente tesis, así como también define la metodología de investigación, los objetivos, los antecedentes investigativos y el caso de aplicación donde se analizará la propuesta metodológica.

El capítulo II: FUNDAMENTO TEORICO, en este capítulo se define el marco teórico de la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM en el rubro de la construcción.

El capítulo III: METODOLOGÍA DE COSTOS Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS Y SUS BENEFICIOS EN LA GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE, en este apartado se analizan cada uno de los beneficios la metodología presupuestos dinámicos frente al modelo clásico de estimación de costos y presupuestos.

El capítulo IV: TECNOLOGÍA BIM-5D Y SUS BENEFICIOS EN LA GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE. En este capítulo se analizan cada uno de los beneficios de la Tecnología BIM-5D frente al uso de softwares clásicos de gestión de proyectos.

El capítulo V: DISEÑO DE PROPUESTA METODOLÓGICA, en esta sección en base al análisis de los capítulos anteriores se planteará una propuesta metodológica que integre de forma sinérgica la metodología presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D, con la finalidad de establecer una relación método-herramienta.

El capítulo VI: APLICACIÓN DE PROPUESTA METODOLÓGICA EN EL CASO DE ESTUDIO, en este capítulo, se realizará la aplicación de la propuesta planteada en el proyecto: "Data Center Móvil Modular en Ica-Perú".

El capítulo VII: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en este capítulo se analizará la información resultante como: el modelo BIM-3D y la simulación BIM-4D/ 5D. Además, se analizará la documentación resultante de los cuales se

encuentran los metrados, el reporte de incompatibilidades e interferencias, el plazo obtenido del análisis de los eventos de riesgos, el presupuesto meta vs el presupuesto contractual, el flujo de caja del proyecto y la proyección de ahorro obtenido de aplicar la propuesta realizada al caso de estudio.

Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas del análisis anteriormente realizado, y se brindan las recomendaciones respectivas para tener presente en futuras investigaciones.

Palabras Clave

Presupuestos dinámicos, teoría de restricciones, flujo de caja financiero, tecnología BIM, simulación BIM 4D/5D.

Abstract

The objective of this research is to disseminate the approach of the methodology proposed by Walter Rodríguez Castillejo and Doris Valdez Cáceres, related to budget estimation, and to propose the use of BIM tools that streamline the processes developed in the dynamic budget model in a complementary way.

The thesis is divided into 7 chapters which will be detailed below:

Chapter I: INTRODUCTION, tries to give a general idea of the topic to be developed in this thesis, as well as to define the research methodology, the objectives, the research background and the application case where the methodological proposal will be analyzed.

Chapter II: THEORETICAL BACKGROUND, this chapter defines the theoretical framework of the dynamic budgeting methodology and BIM technology in the construction industry.

Chapter III: DYNAMIC COSTING AND BUDGETING METHODOLOGY AND ITS BENEFITS IN COST, TIME AND SCOPE MANAGEMENT, this section analyzes each of the benefits of the dynamic budgeting methodology compared to the classic cost and budget estimation model.

Chapter IV: BIM-5D TECHNOLOGY AND ITS BENEFITS IN COST, TIME AND SCOPE MANAGEMENT. This chapter analyzes each of the benefits of BIM-5D technology compared to the use of classic project management software.

Chapter V: DESIGN OF METHODOLOGICAL PROPOSAL, in this section, based on the analysis of the previous chapters, a methodological proposal that integrates in a synergic way the dynamic budget methodology and the BIM-5D technology will be proposed, with the purpose of establishing a method-tool relationship.

Chapter VI: APPLICATION OF THE METHODOLOGICAL PROPOSAL IN THE CASE STUDY, in this chapter, the application of the proposal proposed in the project: "Modular Mobile Data Center in Ica-Perú" will be carried out.

Chapter VII: ANALYSIS AND DISCUSSION OF RESULTS, in this chapter the resulting information will be analyzed, such as: the BIM-3D model, the BIM-4D/ 5D simulation. In addition, the resulting documentation will be analyzed, such as the metrics, the report of incompatibilities and interferences, the time frame obtained from the analysis of risk events, the target budget vs. the contractual budget, the cash flow of the project and the savings projection obtained from applying the proposal to the case study.

Finally, the conclusions obtained from the above analysis are presented, and the respective recommendations are provided for future research.

Keywords

Dynamic budgets, theory of constraints, financial cash flow, BIM technology, 4D/5D BIM simulation.

Prólogo

Dentro de la presente investigación se desarrolla la metodología de presupuestos dinámicos, modelo que ha sido desarrollado por el suscrito y recopila los conocimientos y experiencias de más de 45 años de desarrollo profesional en el rubro de la ingeniería de costos y tiempos, en proyectos de diferente naturaleza en el Perú. El presente modelo cuenta con más de 15 años de perfeccionamiento y es dictado en la Universidad Nacional de Ingeniería actualmente.

Este modelo toma como base los principios PMI (Alcance, Costo, Tiempo, Riesgos y Calidad), la Teoría de restricciones, la estimación de la utilidad en función al análisis de riesgos, el uso del flujo de caja para interrelacionar dinámicamente el alcance, el costo y el tiempo, así como también la gestión de riesgos de todo el proyecto para estimar la variabilidad del cronograma y desarrollar la programación 6D (integrar la variable riesgos a la simulación 4D/5D). El motivo principal de la metodología de presupuestos dinámicos es cambiar el enfoque de la elaboración de presupuestos clásica, la cual plantea primero armar el presupuesto y luego planificar, mientras que la metodología de presupuestos dinámicos busca en primer lugar la planificación del presupuesto para luego estimarlo.

Esta metodología representa una ventaja competitiva clave respecto al modelo clásico debido a que es adaptable a la tecnología BIM/VDC, esto se debe al planteamiento que se realiza del alcance del proyecto, para el cual plantea el uso de la EDT a nivel de metrados, parámetro muy importante tanto para el modelo BIM-3D y la simulación BIM-4D/5D. A parte de ser compatible a las herramientas tecnológicas BIM, brinda al gestor de proyectos los criterios técnicos para estimar los tiempos, los recursos diarios y agiliza el cálculo de las cuadrillas.

Todos los detalles anteriormente indicados serán contemplados en la presente investigación, la cual representa un aporte en la elaboración de presupuestos de obras de edificación específicamente del tipo nave industrial, debido a que establece un sinergia método-herramienta entre la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D, con el objetivo, de replantear el cronograma contractual para uso interno, armar el presupuesto meta, compatibilizar la información de los planos por medio del modelo BIM-3D y desarrollar la simulación BIM 4D/5D de acuerdo a lo que se desear plasmar en la ejecución en campo.

Lista de tablas

Tabla N°2.1: Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)-Parte 1.....	35
Tabla N°2.2: Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)-Parte 2.....	35
Tabla N°2.3: Estructura de Descomposición de Costos (EDC)-Parte 1.....	38
Tabla N°2.4: Estructura de Descomposición de Costos (EDC)-Parte 2.....	38
Tabla N°2.5: Hoja de planificación y programación-Parte 1.....	47
Tabla N°2.6: Hoja de planificación y programación-Parte 2.....	48
Tabla N°2.7: Hoja de planificación y programación-Parte 3.....	48
Tabla N°2.8: Matriz de precedencias.....	51
Tabla N°3.1: Análisis comparativo del modelo clásico vs el modelo de propuesto.....	67
Tabla N°4.1: Análisis comparativo N°01 (CAD vs Revit).....	76
Tabla N°4.2: Análisis comparativo N°02 (Ms Project vs Synchro Pro).....	76
Tabla N°4.3: Análisis comparativo N°03 (S10 vs Cype Arquímedes).....	77
Tabla N°6.1: Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (14/01/2020).....	89
Tabla N°6.2: Presupuesto de subestación (19/10/2019).....	89
Tabla N°6.3: Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (04/10/2023).....	90
Tabla N°6.4: Presupuesto de subestación (04/10/2023).....	90
Tabla N°6.5: Desglose del entregable “Cimientos de nave industrial”.....	92
Tabla N° 6.6: Estructura de reporte de incompatibilidad.....	96
Tabla N°6.7: Incompatibilidades por especialidad.....	97
Tabla N°6.8: Incompatibilidades por impacto.....	97
Tabla N°6.9: Tipo de incompatibilidad por especialidad.....	97
Tabla N°6.10: Hoja de recursos.....	114
Tabla N°6.11: Estudio de Mercado-Parte 1.....	115
Tabla N°6.12: Estudio de Mercado-Parte 2.....	115
Tabla N°6.13: Estructura de descomposición de Recursos (EDR)/Estructura de descomposición de Costos (EDC)-Parte 1.....	116
Tabla N°6.14: Estructura de descomposición de Recursos (EDR)/Estructura de descomposición de Costos (EDC)-Parte 2.....	116
Tabla N°6.15: Gastos técnicos y administrativos.....	117
Tabla N°6.16: Estimación del plazo interno y buffer del proyecto.....	117
Tabla N°6.17: Hoja de planificación y programación-Parte 1.....	118
Tabla N°6.18: Hoja de planificación y programación-Parte 2.....	118
Tabla N°6.19: Tareas de mayor incidencia según la cantidad de Horas-hombre.....	119
Tabla N°6.20: Cálculo de tiempos anteriores y posteriores a la actividad restrictiva.....	120
Tabla N°6.21: Hoja de planificación y programación-Parte 3.....	122

Tabla N°6.22: Hoja de planificación y programación-Parte 4.....	122
Tabla N°6.23: Flujo de caja a nivel de costos directos.	125
Tabla N°6.24: Contingencia necesaria al 95% de confianza obtenida del análisis de la incertidumbre.....	127
Tabla N°6.25: Categorías de los riesgos.	128
Tabla N°6.26: Registro de riesgos.	128
Tabla N°6.27: Matriz de probabilidad e Impacto.....	129
Tabla N°6.28: Análisis cualitativo de los eventos de riesgo.	130
Tabla N°6.29: Análisis y estimación de los costos de mitigación.	134
Tabla N°6.30: Contingencia necesaria al 95% de confianza obtenida del análisis de los eventos de riesgo.	138
Tabla N°6.31: Cálculo de la Utilidad del Proyecto.	138
Tabla N°6.32: Análisis de gastos generales	138
Tabla N°6.33: Estimación del presupuesto meta.....	140
Tabla N°6.34: Flujo de caja financiero del proyecto.	141
Tabla N°6.35: Resultado final de los flujos de caja.	142
Tabla N°6.36: Análisis comparativo de metrados.....	153
Tabla N°6.37: Comparación de presupuestos contractual vs presupuesto meta.	158

Lista de figuras

Figura N°1.1: Usos de modelos BIM en proyectos (N=75), parte 1.....	21
Figura N°1.2: Usos de modelos BIM en proyectos (N=75), parte 2.....	22
Figura N°2.1: Triángulo virtuoso de la Gerencia de Proyectos (Harold Kezner).	27
Figura N°2.2: Triángulo del Ingeniero de Producción.	27
Figura N°2.3: Rombo para el presupuesto dinámico.	28
Figura N°2.4: Flujograma de trabajo de la Metodología de Presupuestos Dinámicos.	30
Figura N°2.5: Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).	32
Figura N°2.6: Estructura de Descomposición de Recursos (EDR).....	34
Figura N°2.7: Estructura de Descomposición de Costos (EDC).....	37
Figura N°2.8: Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).....	40
Figura N°2.9: Red de trabajo.	51
Figura N°2.10: Las 7 dimensiones BIM: 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D y 7D	57
Figura N°5.1: Flujograma de metodología propuesta.	87
Figura N°6.1: Vista en planta de cimentación.	91
Figura N°6.2: Vista 3D de la especialidad de Estructuras	93
Figura N°6.3: Vista 3D de la especialidad de II.EE, II.CC y II. EEMM.....	94
Figura N°6.4: Vista 3D de la especialidad de II. SS.....	94
Figura N°6.5: Vista 3D renderizada del modelo BIM integrado.	94
Figura N°6.6: Muro de sogas cerco patio parametrizado.	95
Figura N°6.7: Planta de IIEE-Baño.	96
Figura N°6.8: Detalle del buzón A - plano de subestación.	96
Figura N°6.9: Vista 3D-columnetas de baño.....	96
Figura N°6.10: Creación de tabla de planificación.....	98
Figura N°6.11: Elección de nombre y Categoría.	99
Figura N°6.12: Creación de tabla de planificación.....	99
Figura N°6.13: Tabla de planificación “Metrado de concreto de vigas de cimentación”.	100
Figura N°6.14: Modificación del formato del parámetro “Volumen”.....	100
Figura N°6.15: Filtro de los elementos relacionados a Viga de cimentación.....	101
Figura N°6.16: Tabla de planificación final de “Metrado de concreto de vigas de cimentación”	101
Figura N°6.17: Uso del plugin “BIM-One”.	102
Figura N°6.18: Cuadro de exportación de “BIM-One”.....	102
Figura N°6.19: Cuadro de exportación de “BIM-One”.....	103
Figura N°6.20: Excel con las tablas de planificación exportadas.	103

Figura N°6.21: Importación de data generada por el plugin BIM-One.....	104
Figura N°6.22: Cuadro de importación de Excel.....	104
Figura N°6.23: Editor Power Query de Excel.....	105
Figura N°6.24: Editor Power Query de Excel.....	105
Figura N°6.25: Flujo de trabajo del uso del plugin BIM-One.....	106
Figura N°6.26: Asignación de notas clave en objetos 3D.....	106
Figura N°6.27: Verificación de la asignación de notas claves.	107
Figura N°6.28: Notas clave de la tarea “Demolición de sobrecimiento”.	107
Figura N°6.29: Estructura del presupuesto a nivel de tareas en Cype-Arquímedes.....	108
Figura N°6.30: Aplicación del plugin med-BIM de Cype-Arquímedes.	108
Figura N°6.31: Cuadro de vinculación Revit/Cype-Arquímedes.	109
Figura N°6.32: Cuadro de Asignación de partidas y extracción de mediciones.	109
Figura N°6.33: Extracción de mediciones.	110
Figura N°6.34: Medida extraída de la tarea “Demolición de sobrecimiento”.	110
Figura N°6.35: Verificación del Vínculo Revit/Cype-Arquímedes.	111
Figura N°6.36: Selección de elementos 3D en Revit desde Cype-Arquímedes.....	111
Figura N°6.37: Presupuesto elaborado con Revit y Cype-Arquímedes.....	112
Figura N°6.38: Flujo de trabajo del uso del plugin medBIM.....	112
Figura N°6.39: Plano de la especialista de IISS-Desagüe.....	113
Figura N°6.40: Plano de la especialidad de IIEE.	113
Figura N°6.41: Plano de la especialidad de Estructuras.....	114
Figura N°6.42: Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).....	116
Figura N°6.43: Esquema de cálculo del plazo interno y buffer del plazo del proyecto.	117
Figura N°6.44: Diagrama de precedencias del caso de estudio.....	123
Figura N°6.45: Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de incertidumbre-Presupuesto.....	126
Figura N°6.46: Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de incertidumbre-Plazos.	127
Figura N°6.47: Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de los eventos de riesgos-Presupuesto.	136
Figura N°6.48: Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de los eventos de riesgos-Plazos.....	137
Figura N°6.49: Resumen de resultados de la simulación de Montecarlo con Risky Project.	137
Figura N°6.50: Simulación 4D/5D-Inicio de obra.	143
Figura N°6.51: Simulación 4D/5D-Semana 2.	144

Figura N°6.52: Simulación 4D/5D-Semana 4.	145
Figura N°6.53: Simulación 4D/5D-Semana 6.	146
Figura N°6.54: Simulación 4D/5D-Semana 8.	147
Figura N°6.55: Simulación 4D/5D-Semana 10.	148
Figura N°6.56: Simulación 4D/5D-Semana 12.	149

Lista de símbolos y siglas

ACI	: Análisis de Costos Indirectos
ACUD	: Análisis de Costos Unitarios Directos
BIM	: Building Information Modeling
CAPECO	: Cámara Peruana de la Construcción
CI	: Costos Indirectos
CNC	: Costos de No Calidad
CPM	: Critical Path Method
CD	: Costos Directos
CU	: Cuadrilla Unitaria
D.L.	: Decreto Legislativo
D.S.	: Decreto Supremo
EC	: Expectativa del cliente
EDC	: Estructura de Descomposición de Costos
EDO	: Estructura de descomposición de la Organización
EDR	: Estructura de Descomposición de Recursos
EDT	: Estructura de descomposición del Trabajo
f	: Factor cuadrilla
FS	: Final-Start
FF	: Final-Final
IGV	: Impuesto General a las Ventas
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad
IU	: Índice Unificado
MIS	: Mitigación de Impacto Social
MIA	: Mitigación de Impacto Ambiental
MR	: Mitigación de Riesgos
Ms	: Microsoft
MSO	: Mitigación de Seguridad de Obra y Salud Ocupacional
MU	: Multas por atraso de Obra
PBI	: Producto Bruto Interno
PERT	: Project Evaluation and Review Techniques
PM	: Presupuesto Meta
PMI	: Project Management Institute

Ru	: Producción diaria de la cuadrilla unitaria
SF	: Start-Final
SS	: Start-Start
TOC	: Theory of Constraints
Tp	: Tiempo programado
Tu	: Tiempo unitario

Capítulo I: Introducción

1.1 Generalidades

En la actualidad el sector construcción es uno de los más importantes en nuestro país debido a que tiene gran repercusión en el crecimiento del PBI nacional. Se sabe muy bien que este sector durante muchos años ha utilizado métodos tradicionales para gestionar sus proyectos. Sin embargo, estos en la mayoría de casos no manejan un método estandarizado y objetivo para gestionar sus costos, sus tiempos y sus alcances; debido a que en la práctica los gestores que encabezan el proyecto toman como base su habilidad y los criterios propios adquiridos por la experiencia en este campo. Esta variedad de criterios y la ausencia de una metodología definida, provocan incertidumbres al momento de querer determinar el alcance de un proyecto, puesto a que estas solo se centran a determinar las partidas en vez de identificar los procesos (tareas) que están involucrados en cada especialidad del proyecto.

Conforme el sector construcción va creciendo, las exigencias de los clientes también lo hacen a la par. Este crecimiento obliga a muchas empresas a adoptar nuevas metodologías y herramientas que mejoren la calidad y el manejo de sus recursos en la fase de ejecución de un proyecto. Entre las metodologías nuevas mencionaré a la metodología de costos y presupuestos dinámicos propuesta por el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres, y entre las herramientas actuales se encuentra la tecnología BIM de la cual abarcaremos hasta la dimensión 5D.

La metodología de costos y presupuestos dinámicos es un modelo que reúne la experiencia profesional de más de treinta años de trabajo de los autores en la ingeniería de costos y tiempos; así como también toma en cuenta los principios del PMI relacionados a la gerencia del alcance, costo, tiempo, riesgos y calidad; usa además la Teoría de restricciones para la planificación y programación de proyectos y el flujo de caja financiero. Este modelo busca cambiar el enfoque de presupuestar proyectos, tomando como base la planificación antes del costeo, por eso los autores proponen unificar e interrelacionar la planificación, la programación y los presupuestos por medio del flujo de caja financiero, brindándole así un carácter dinámico (Rodríguez y Valdez, 2008). Este modelo

quedó registrado el 2008, año en que fue presentado en el III Congreso Centroamericano y del Caribe de Administración de Proyectos AP- CON 2008.

Mientras que la tecnología BIM, se define como el conjunto de herramientas encargadas de uniformizar la información que integra diversas disciplinas de un proyecto, mediante un modelo o múltiples modelos, que pueden ser cuantificados y son usados durante todo el ciclo de vida de un proyecto. Normalmente las empresas usan esta herramienta para elaborar modelos 3D con el fin de determinar las incompatibilidades e interferencias en los planos, sin embargo, el potencial de los softwares que brinda la tecnología BIM para gestionar el tiempo (BIM-4D) y los costos (BIM-5D) es muy alto.

La presente tesis es del tipo aplicada y tecnológica, con un enfoque cuantitativo; el nivel de investigación es descriptiva-correlacional; el diseño de la investigación es no experimental; la población de esta investigación son los proyectos de construcción públicos. Principalmente este estudio buscará estudiar los presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D, con el fin proponer una metodología que integre las virtudes de ambas. Para lo cual se analizará a detalle cada una de ellas, tomando en cuenta los beneficios que presentan y en base a eso, establecer una sinergia entre método y herramientas, que faciliten su aplicación. El caso de estudio donde se pondrá en práctica lo propuesto será en las obras civiles del proyecto “Data Center Móvil Modular en Ica-Perú”.

1.2 Problemática

La rama de la construcción se ha caracterizado siempre por tener un determinado grado de incertidumbre respecto al costo y al tiempo, el cual se encuentra relacionado a nivel de complejidad de los proyectos. Sin embargo, al examinar nuestra realidad actual son pocos los proyectos que aplican metodologías y herramientas tecnológicas nuevas que faciliten la gestión de costos y tiempos en el ciclo de vida del proyecto. Según Lossio, Martínez, y Morris (2016) cerca del 90% de las empresas en Perú gestionan sus proyectos aplicando de forma limitada una metodología formal o lo hacen de forma ocasional.

Si bien es cierto que el resultado de una mala gestión de un proyecto se le puede atribuir como responsabilidad a la empresa ejecutora puesto a que no logró equilibrar sus tres pilares (alcance, tiempo y costo) durante su ciclo de vida; esta responsabilidad no netamente es culpa del ejecutor sino también de las deficiencias de la entidad contratante las cuáles son: La mala elaboración de expedientes técnicos, no hay una revisión minuciosa de los expediente técnicos, la estimación del valor referencial en el expediente técnico es insuficiente para ejecutar un proyecto de forma integral, además existe un escaso empleo de herramientas de modelado inteligentes, como la tecnología BIM, para gestionar información relacionada al expediente técnico (Morote, 2019).

A estas deficiencias también se le suman los problemas de corrupción existentes en los proyectos de infraestructura pública como los errores de diseño intencionados, la manipulación en la estimación del presupuesto de un proyecto, pactos ilegales entre operadores económicos, entre otras acciones que degradan la imagen del sector público. Es por eso que, para disminuir estos problemas de corrupción en los proyectos de construcción del Estado, es necesario exigir mediante lineamientos la implementación de herramientas innovadoras como la tecnología BIM la cual puede representar una medida estratégica que brinde mayor transparencia en la toma de decisiones durante el ciclo de vida de un proyecto de construcción, esto significa cronogramas y presupuestos claros, transparentes, sin vicios ocultos y lo más cercanos a la realidad (Ricalde, 2023)

Por lo tanto, el Estado peruano en búsqueda de mejorar la forma de gestionar los proyectos de construcción y reducir los problemas de corrupción en los proyectos

de construcción, aprobó los lineamientos del uso gradual y facultativo de la metodología BIM en proyectos públicos por medio de la R.D. 007-2020-EF/63.01, que tiene como antecedentes el D.L. 1486 y el D.S. N° 289-2019-EF. En los lineamientos se sugieren hacer uso del BIM desde las fases más tempranas de un proyecto (estudios básicos, anteproyecto, etc.), así como también cuando se elaboren los expedientes técnicos, se ejecuten los proyectos y se pongan en operación, recomienda su uso también para el mantenimiento y asegurar la sostenibilidad de los proyectos en el tiempo.

Actualmente el uso de esta herramienta tecnológica no está muy difundido, y las empresas que hacen uso de esta, la hacen para fines de revisión y corrección de las incompatibilidades e interferencias en los planos del proyecto a través de modelos 3D; sin embargo, no es comúnmente usada para gestionar el tiempo y costo en los proyectos por iniciativa propia.

Esto se puede evidenciar en la investigación realizada por el departamento académico de ingeniería de la PUCP (2023), la cual realizó una encuesta a 211 proyectos ubicados en Lima de los cuales 75 afirmaron usar BIM. El siguiente gráfico, mostrará el resultado de los usos BIM (uso Alto y muy Alto) adoptados en los proyectos de construcción que registraron su aplicación en alguna de las etapas de su ciclo de vida.

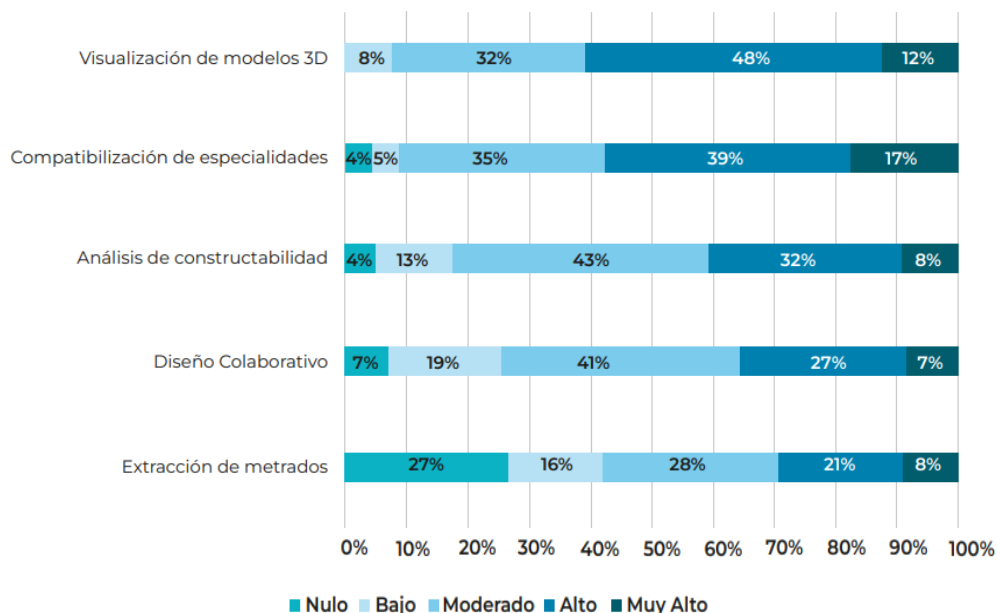


Figura N°1.1 Usos de modelos BIM en proyectos (N=75), parte 1.

Fuente: PUCP. "Tercer estudio de adopción BIM en Proyectos de Edificación, Lima". 2023

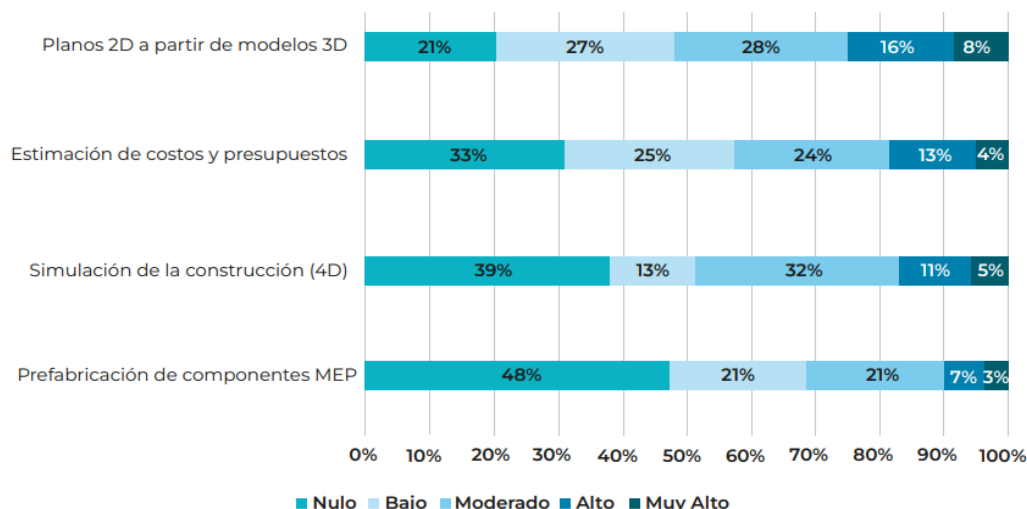


Figura N°1.2 Usos de modelos BIM en proyectos (N=75), parte 2.

Fuente: PUCP. "Tercer estudio de adopción BIM en Proyectos de Edificación, Lima". 2023

Del gráfico anterior se comprueba que son pocos los proyectos que usan el BIM para gestionar los tiempos y costos. Dentro de los usos que más se le da al BIM es para la visualización de modelos 3D y compatibilización de especialidades (ocupa entre el 56 y el 60% de proyectos), luego le siguen los usos de análisis de constructibilidad y diseño colaborativo (entre el 34 y 40 % de proyectos), en tercer lugar se encuentran la extracción de metrados, el control de avance de obra y los planos 2D a partir de modelos 3D (entre 24% y 29 de proyectos), y finalmente menos del 20% confirmaron su uso en la estimación de costos y presupuestos, simulación de la construcción (4D) y prefabricación MEP, lo cual confirma la afirmación realizada al inicio de este párrafo.

Actualmente los proyectos más representativos que están utilizando la tecnología BIM son los siguientes: Ampliación y modernización del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, Línea 2 del Metro de Lima, Hospitales y Centros de Salud (Hospital de Alta Complejidad "Virgen de la Puerta") y en proyectos de infraestructura educativa (Escuelas Bicentenario), todos estos proyectos traen grandes beneficios al país, como la generación de empleo, integración del Perú a la economía global; desarrollo urbano ordenado, inclusión social por medio de la expansión del sistema de transporte público; mejora de la salud pública y mejora en la garantía de acceso a la educación de calidad. (Ricalde, 2023).

Si bien es cierto que esta revolución tecnológica genera muchos beneficios al país, es importante tener en cuenta la cuota de responsabilidad social que tiene la empresa constructora hacia la comunidad. A continuación, se detallan algunas

formas específicas en que las empresas constructoras pueden canalizar estos beneficios ya sea por medio del desarrollo de eventos comunitarios con fines benéficos, el apoyo a proveedores locales ya sea de materiales o servicios, el incentivo de campañas médicas y de vacunación gratuitas, el fomento de capacitaciones técnicas en construcción en estudiantes de la comunidad, etc.

Después haber aclarado el contexto de la realidad peruana relacionada al uso de herramientas tecnológicas y sus beneficios en la sociedad, es importante mencionar que existen estudios e instituciones universitarias que fomentan este tipo de desarrollo tecnológico en la rama de la construcción. Una de las primeras investigaciones realizadas en Perú sobre el uso de softwares BIM 3D, 4D y 5D aplicadas a la planificación, programación y control de proyectos es la de Galiano (2018), cuya investigación lleva por título “Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D” y fue aplicada al proyecto de “Ampliación y Mejoramiento del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI”, edificación la cual alberga al Laboratorio de diseño y construcción virtual FIC-UNI.

Así como existen herramientas para gestionar información de un proyecto a través de un modelo que integre la geometría (3D), el tiempo (4D) y los costos (5D) también hay metodologías que nos permiten determinar presupuestos más objetivos como es la propuesta hecha por el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres (2008). Esta metodología a diferencia de los presupuestos estáticos (metodologías tradicionales) tiene como paso principal la identificación de procesos por medio de la EDT a nivel de metrados, y en base a ese nivel de desglose del alcance se realiza el costeo del proyecto. Este modelo planteado permite costear y presupuestar usando 3 variables integradas (Costo, Tiempo y Alcance), lo que facilita la sinergia con la elaboración de un modelo BIM-5D.

El mismo motivo de innovar y la necesidad de conocer con más precisión el impacto de esta metodología en la mejora de los proyectos, se ha visto la necesidad de analizar las bondades tanto de la tecnología BIM-5D como de la metodología de presupuestos dinámicos, para descubrir los beneficios de esta fusión de virtudes y elaborar una propuesta metodológica de gestión del costo, tiempo y alcance de las obras civiles del proyecto: “Data Center Móvil Modular”.

1.2.1 Problema General

¿Cómo puede la aplicación de la tecnología BIM-5D en combinación con la metodología de costos y presupuestos dinámicos mejorar la gestión del costo, tiempo y alcance de las obras civiles del proyecto Data center Móvil Modular en Ica?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué beneficios presenta la metodología de costos y presupuestos dinámicos frente al modelo clásico de estimación de presupuestos en la gestión del costo tiempo y alcance de proyectos?
- ¿Qué beneficios presenta la tecnología BIM-5D frente al uso de las herramientas tecnológicas clásicas en la gestión del costo, tiempo y alcance de los proyectos?
- ¿Cómo se pueden aprovechar los beneficios de la tecnología BIM-5D y la metodología de presupuestos dinámicos en la mejora de la gestión del costo, tiempo y alcance de proyectos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta metodológica basada en la metodología de costos y presupuestos dinámicos y tecnología BIM-5D (diseño en 3D con Revit, manejo del tiempo con Ms Project, manejo de costos con CYPE-Arquímedes y el uso Synchro Pro para la integración de los anteriores y simulación 5D) que mejore la gestión del costo, tiempo y alcance de las obras civiles del proyecto “Data Center Móvil Modular”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comparar la metodología de costos y presupuestos dinámicos con el modelo clásico de estimación de costos y determinar sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance.
- Comparar la tecnología BIM-5D con las herramientas tecnológicas clásicas y determinar sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance.
- Diseñar una propuesta metodológica de gestión del costo, tiempo y alcance que vincule la tecnología BIM-5D y la metodología de costos y presupuestos dinámicos y verificar la propuesta metodológica en un caso

de estudio: “Data Center Móvil Modular”, con el fin de evidenciar la aceptación del modelo propuesto.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

La propuesta metodológica basada en la metodología de costos y presupuestos dinámicos y tecnología BIM-5D (diseño en 3D con Revit, manejo del tiempo con Ms Project, manejo de costos con CYPE-Arquímedes y el uso Synchro Pro para la integración de los anteriores y simulación 5D) mejora la gestión del costo, tiempo y alcance en las obras civiles del proyecto “Data Center Móvil Modular”.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- La metodología de presupuestos dinámicos cuenta con más beneficios que la metodología clásica de estimación de costos en la gestión del costo, tiempo y alcance de proyectos.
- La tecnología BIM cuenta con más beneficios que las herramientas tecnológicas clásicas en la gestión del costo, tiempo y alcance de proyectos.
- La propuesta metodológica de gestión del costo, tiempo y alcance vincula con éxito la metodología de costos y presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D estableciendo una sinergia método- herramienta.
- La aplicación de la propuesta metodológica mejora la gestión del costo, tiempo y alcance en las obras civiles del proyecto: “Data center Móvil Modular” y verifica lo propuesto.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1 Marco teórico:

2.1.1 Metodología de costos y presupuestos dinámicos:

2.1.1.1 Definición:

Es un nuevo modelo que busca innovar la forma de costear y presupuestar proyectos de construcción tomando como base principios del PMI (Gerencia del costo, tiempo riesgos y calidad), el factor constructabilidad, la Teoría de Restricciones para la planificación y programación de la obra y el Flujo de caja financiero con la finalidad de interrelacionar, integrar y unificar la planificación, la programación y el presupuesto del proyecto (Rodríguez y Valdez, 2008).

Esta metodología fue propuesta por los autores el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres, y se presentó en el III Congreso Centroamericano y del Caribe de Administración de Proyectos AP-CON 2008.

Dentro de sus consideraciones los autores toman en cuenta los dos triángulos gerenciales (gerencia de proyectos y gerencia de producción) tal como se muestran en la figura N°2.1 y N°2.2.

Según el autor, a partir de estos dos triángulos, se propone un nuevo gráfico, el cual tiene por nombre “Rombo para el presupuesto dinámico”, el cual se muestra en la figura N°2.3. (W. Rodríguez, comunicación personal, 03 de enero de 2023)

Adicionalmente, otro de los puntos importantes de esta metodología es que va de la mano con el factor constructabilidad, debido a que toma en cuenta la experticia en campo del gestor de proyectos, como factor determinante para garantizar desde etapas más tempranas la objetividad de la elaboración del presupuesto de un proyecto, lo que implicará una reducción de los costos ocasionados por retrabajos en etapas posteriores (Rodríguez y Valdez, 2008).

Respecto a la planificación y programación los autores proponen el uso de la Teoría de restricciones con la finalidad de dar un criterio técnico de cálculo del plazo de obra, y automatizar el cálculo del número de cuadrillas y recursos diarios del proyecto. Finalmente, como herramienta indispensable de esta metodología y que brinda el carácter dinámico a los presupuestos se encuentra el Flujo de caja financiero, debido a que integra e interrelaciona los tres atributos que debe cumplir un proyecto (Costo, tiempo y alcance).

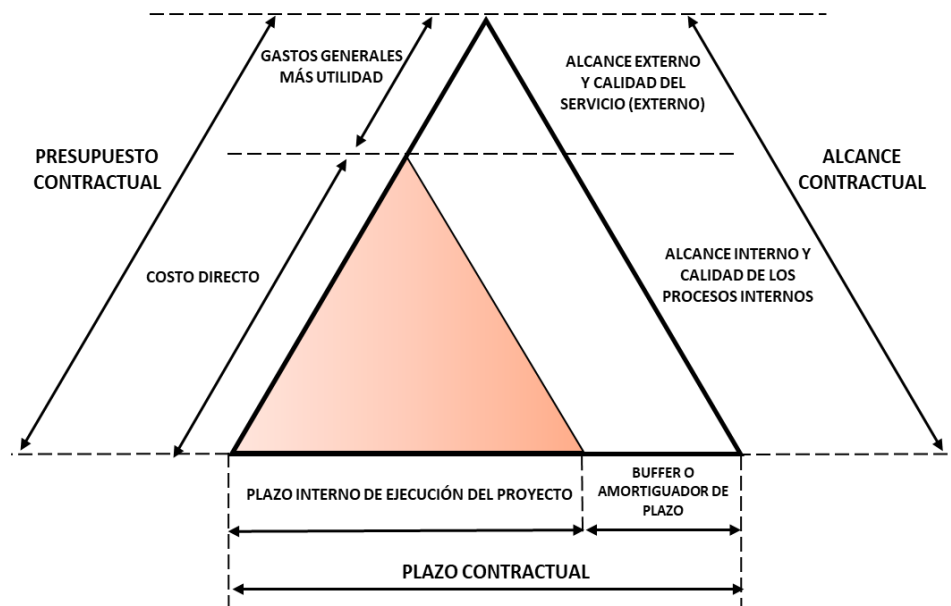


Figura N°2.1 Triángulo virtuoso de la Gerencia de Proyectos (Harold Kezner).
Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.16

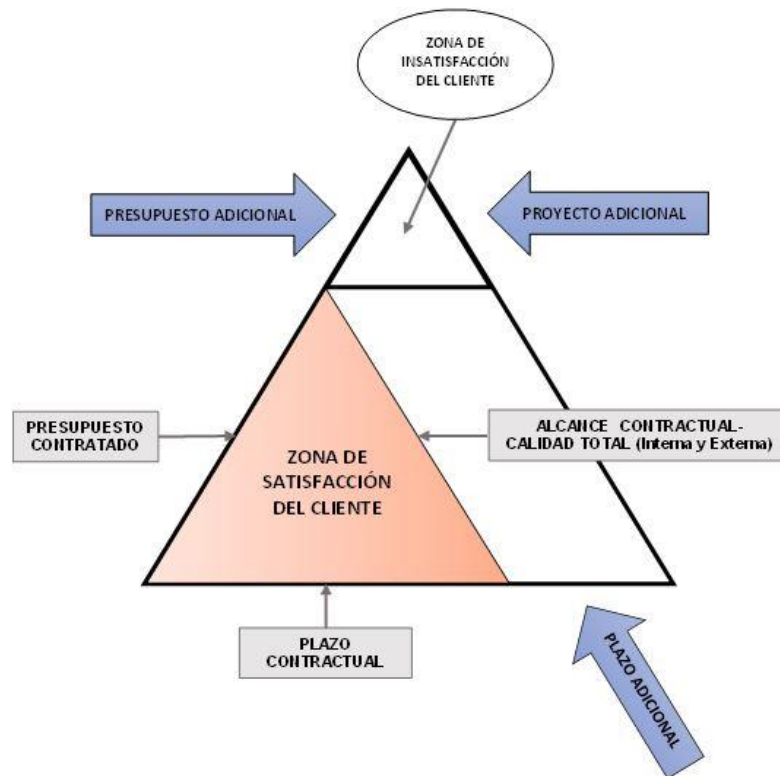


Figura N°2.2 Triángulo del Ingeniero de Producción.
Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.17.

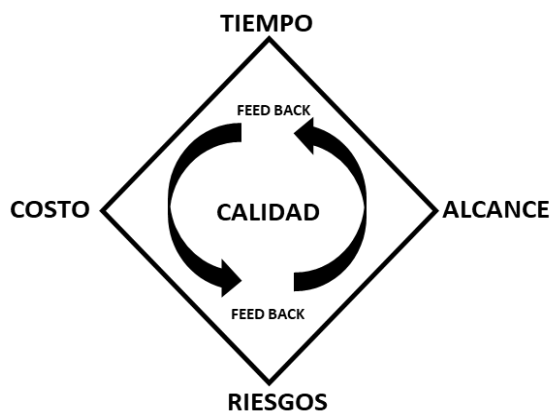


Figura N°2.3 Rombo para el presupuesto dinámico.

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter, 2023, comunicación personal.

2.1.1.2 Flujograma de trabajo:

Los autores de la presente metodología para facilitar la comprensión de su propuesta han elaborado un flujograma de trabajo donde se detalla cada uno de los procesos que comprende la elaboración de presupuestos dinámicos de un proyecto de construcción.

Es importante tener claro la siguiente premisa la cual es la siguiente: “planificar y luego elaborar el presupuesto” que es el principio básico de la presente metodología. Para la planificación se hará uso de la Teoría de Restricciones (TOC). Generalmente los proyectos de construcción tienen definido contractualmente el presupuesto, el plazo, las especificaciones técnicas y los planos. Los dos primeros puntos se encuentran indicados y detallados en el contrato, mientras que las especificaciones técnicas y los planos formarán parte de los anexos del contrato.

En primer lugar, los autores estructuran la propuesta metodológica en tres subsistemas integrados los cuáles son el subsistema del alcance, subsistema del costo y el subsistema del tiempo.

Según el flujograma de trabajo de la presente metodología indicado en la Figura N°2.4, para definir el subsistema del alcance, se debe en primer lugar elaborar la EDT (Estructura de descomposición del Trabajo) del proyecto (a nivel de metrados). Con las tareas previamente identificadas y desglosadas hasta el nivel indicado anteriormente, se procede a realizar la estimación de metrados o la cuantificación de tareas, con la finalidad de estimar el trabajo necesario para cumplir con cada una de ellas.

Dentro del subsistema del costo, la actividad paralela a la elaboración de la EDT viene a ser la EDO (Estructura de descomposición de la Organización) donde se definirá los responsables del proyecto (Gastos administrativos y técnicos) para luego realizar el análisis de costos indirectos (ACI) de forma preliminar. Paralelo a la elaboración de los metrados, se realiza la elaboración de la EDR (Estructura de Descomposición de Recursos) donde se definirán las cuadrillas de trabajo y los insumos (equipos y materiales) de cada tarea. Después de tener claros y definidos los recursos del proyecto, con ayuda de la EDC (Estructura de descomposición de Costos) y un estudio de mercado se realiza el análisis de costos unitarios directos (ACUD). El presupuesto preliminar será calculado con ayuda de un software de costos y presupuestos, para lograr dicho cálculo es necesario contar con inputs como los metrados, el ACI y el ACUD. Para el análisis de la Utilidad se tomará en cuenta los siguientes criterios: la expectativa del contratista, costo de no calidad, multas, mitigación de riesgos, mitigación de seguridad y salud ocupacional, mitigación medioambiental y mitigación de costo social. El presupuesto preliminar y la utilidad servirán de inputs para la elaboración del presupuesto final (antes del flujo de caja financiero).

Dentro del subsistema del tiempo, se elabora primero la hoja de planificación y programación del proyecto, aquí se determinarán los recursos diarios y las duraciones de las tareas programadas (usando la Teoría de Restricciones). Después de definir el EDT del proyecto, se determinará la secuencia de las tareas usando teoría de redes de precedencia o algún otro criterio, que permita su uso en herramientas como el software Ms Project con la finalidad de elaborar el cronograma del proyecto. Como paso siguiente, se procederá a realizar la asignación de recursos y costos al cronograma del proyecto con el fin de obtener el cronograma valorizado del proyecto a nivel de costos directos. Con ayuda del software de programación también se obtendrán los histogramas de recursos, estos servirán para estudiar los recursos más importantes con la finalidad de cambiar la capacidad máxima de cada recurso en la Hoja de recursos del Software (Ms Project), por lo general para mano de obra se toma lo máximo y para equipos se compara el valor máximo con su disponibilidad. Tanto el cronograma valorizado a nivel de costos directos como del histograma de recursos servirán de inputs para el flujo de caja a nivel de costos directos. Luego se adicionarán los gastos generales al flujo de caja directo, con la finalidad de obtener el flujo de caja total

COSTEO: FUTURO, HOY-ALCANCE-COSTO-TIEMPO-RIESGOS

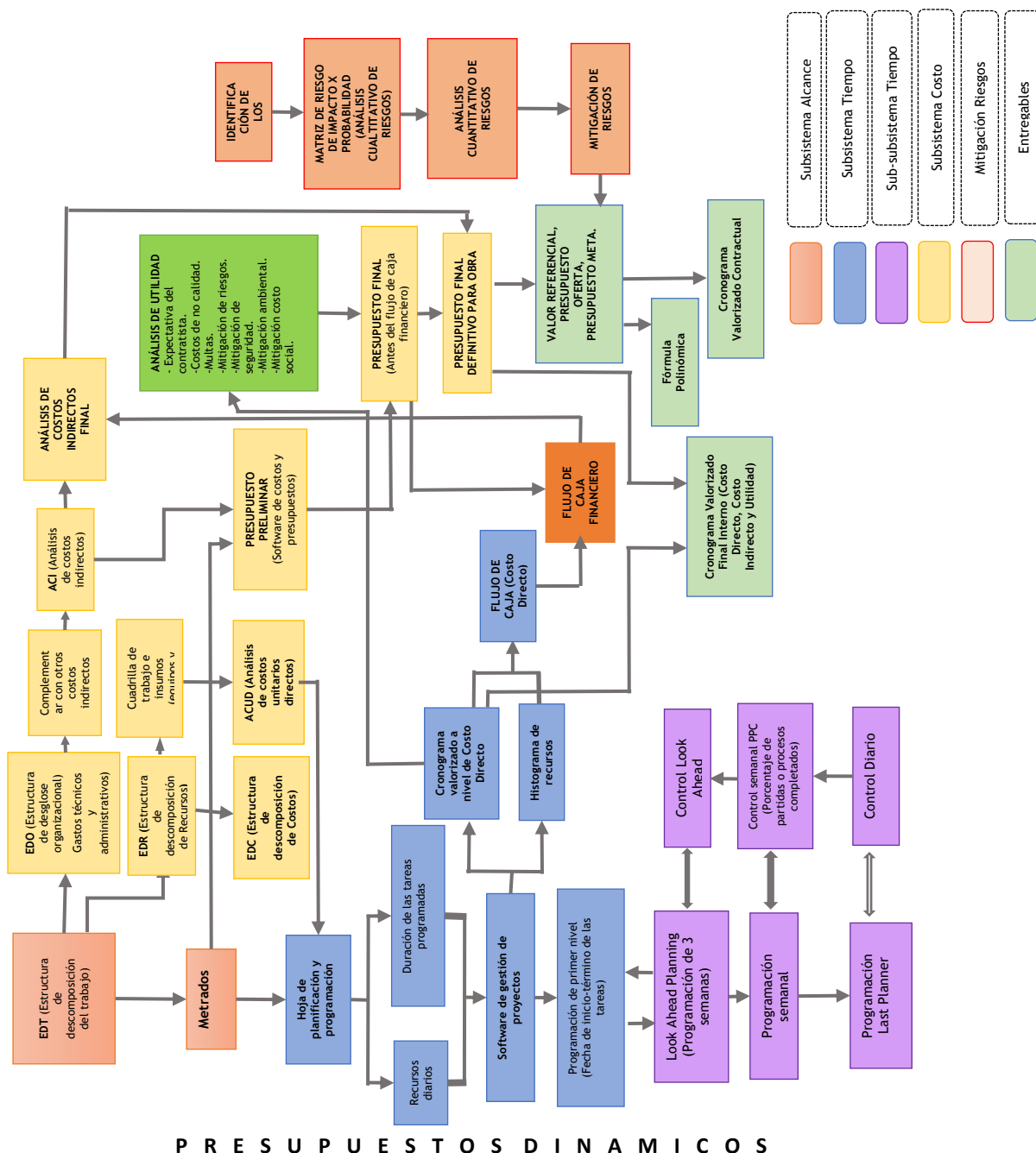


Figura N°2.4 Flujiograma de trabajo de la Metodología de Presupuestos Dinámicos.
Fuente: Rodríguez Castillejo Walter, 2019, Costos y Presupuestos Dinámicos en Proyectos sin Referencias Comerciales (Modelo WRC), diapositiva 15.

2.1.1.3 Gestión del Alcance:

De acuerdo al PMI (2017) la gestión del alcance de un proyecto se define como el conjunto de procesos encargados de determinar el trabajo necesario y único del proyecto con el fin de completarlo con éxito. El enfoque principal de la gestión del alcance es definir que debe incluir y no incluir un proyecto.

Una de las herramientas para poder identificar cada proceso o tarea involucrado en cada entregable es la Estructura de descomposición del Trabajo (EDT), la cual representa la base de la metodología de costos y presupuestos dinámicos para hacer una adecuada gestión del alcance de un proyecto. El valor agregado que brindan los autores de esta metodología a esta herramienta es la descomposición jerárquica del trabajo hasta el nivel de metrados.

2.1.1.3.1 Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).

Para los autores de la metodología de presupuestos dinámicos la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) se define de la siguiente manera:

Como una representación gráfica, a manera de árbol invertido donde la raíz (primer nivel) siempre es el título del proyecto u obra. A partir de allí se va descomponiendo en niveles hasta definir correctamente los entregables (alcance del proyecto). A partir de los entregables, para el caso de las obras, se descompone a nivel de metrados, porque uno de los requerimientos necesarios son los de monitorear o seguir, así como controlar las tareas definidas (Rodríguez y Valdez, 2008, p.26).

La finalidad de la EDT para los autores de la metodología de presupuestos dinámicos es aclarar los límites del proyecto no solo al nivel de entregables (Movimiento de tierras, obras de arte, etc.) sino hasta el nivel de control (nivel de metrados) que permita su medición y contrastación de lo que se ha ejecutado con lo programado (línea base). Cuando se menciona que el modelo de presupuestos dinámicos propone una EDT hasta el nivel de control, el motivo es porque a nivel de metrados se puede manejar información cuantificable a ejecutar como mano de obra, materiales, equipos, herramientas, tiempos y costos (Rodríguez y Valdez, 2008).

Es importante resaltar que los primeros niveles (Nivel 1, nivel 2 y nivel 3) de la EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo) van de la mano con la elaboración de la EDO (Estructura de Descomposición Organizacional) la cual facilitará la asignación de responsables en cada nivel hasta el nivel de los

entregables. Los niveles 4 y 5 de la EDT servirán para definir los costos directos del proyecto. A continuación, se mostrará en la figura N°2.5 un ejemplo de la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).

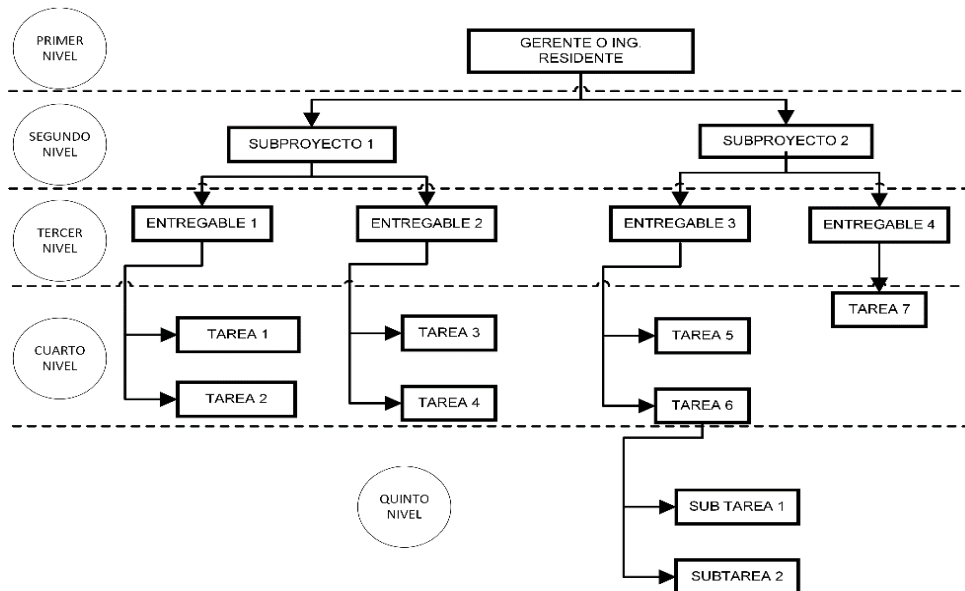


Figura N°2.5 Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT).

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.27.

2.1.1.3.2 Estimación de metrados.

Identificadas cada una de las tareas del proyecto con ayuda de la EDT se procede a la cuantificación de los materiales que intervendrán en cada una de ellas.

Es importante aclarar que los presupuestos actualmente se realizan a nivel de "partidas", término que hace referencia al conjunto de actividades o tareas, sin embargo, lo que proponen los autores del nuevo modelo (presupuestos dinámicos) es que los metrados se realicen en función a las tareas y no a las partidas, con la finalidad de obtener un presupuesto con más objetividad.

Para iniciar los metrados se debe hacer un estudio minucioso de los planos, así como también de las especificaciones técnicas del proyecto, esto se hace con el fin de evitar interpretaciones erróneas y facilitar el trabajo.

Actualmente existen diversas herramientas para la elaboración de metrados, entre ellas se encuentra la tecnología BIM, la cual por medio del modelado 3D realiza una estimación automática de los materiales que se requieren en el proyecto.

2.1.1.4 Gestión del Costo.

Para gestionar el costo existen diversas herramientas entre ellas se encuentra la Estructura de Descomposición Organizacional (EDO) la cual servirá para identificar los responsables de los diferentes entregables del proyecto y así estimar los costos indirectos que estos generen. Otras de las herramientas que serán usadas en la gestión de gestión de costos son la Estructura de descomposición de Recursos (EDR) y la Estructura de Descomposición de Costos (EDC). Un aspecto fundamental de esta metodología es que tendrá en cuenta la variabilidad de la utilidad en función a los riesgos.

2.1.1.4.1 Análisis y Estimación de Recursos

El análisis y estimación de recursos de las actividades de acuerdo al PMI (2017) se define como “el proceso de estimar los recursos del equipo y el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto”. (p.320)

Para realizar una correcta estimación de recursos es indispensable tener en cuenta que el alcance del proyecto esté definido. Esto se logrará con ayuda de la Estructura de descomposición del Trabajo (EDT), la cual es una herramienta que permitirá identificar todas las actividades que conforman el proyecto. Cada actividad contendrá una serie de características o atributos que serán “la principal fuente de datos que se utilizará para estimar los recursos de equipo y los recursos físicos necesarios para cada una de las actividades de la lista de actividades.” (PMI, 2017, p.322).

2.1.1.4.1.1 Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)

Para los autores de la metodología de presupuestos la Estructura de Descomposición de Recursos (EDR) es una herramienta que tiene la finalidad de “asignar recursos como mano de obra, así como materiales a cada tarea y subtarea de la EDT. Los niveles a partir de entregables no se consideran para este análisis”.

A continuación, se mostrará un ejemplo del esquema de la Estructura de Descomposición de Recursos (EDR):

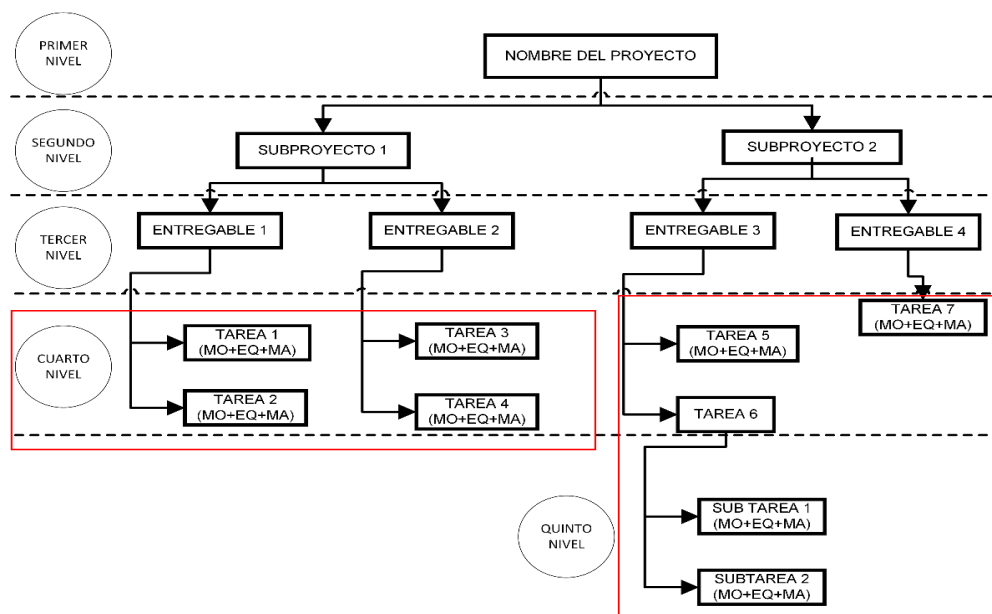


Figura N°2.6 Estructura de Descomposición de Recursos (EDR).

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.34.

Según Rodríguez y Valdez (2008) la EDT, la EDR y la EDC son tres herramientas que tienen mucha afinidad y se encuentran íntimamente ligadas. Estas tres herramientas son tomadas en cuenta por los autores de la metodología de presupuestos dinámicos para la elaboración de la hoja de planificación y programación del proyecto.

La estructura de la EDR propuesta por los autores Rodríguez y Valdez (2008) está constituida en primer lugar por la EDT del proyecto la cual se encontrará en la primera columna del cuadro que formará la EDR, en la segunda columna irá el nombre del proyecto, entregable, tarea o subtarea según corresponda su codificación indicada en la EDT. En la tercera columna estarán ubicados los metrados, esta columna estará subdividida en dos columnas, que indicarán en primer lugar la unidad del metrado (m^2 , m^3 , kg, etc.) y en segundo lugar la cantidad de metrado correspondiente a cada tarea o subtarea. En la cuarta columna del cuadro de la EDR irá la descripción de cada tarea o subtarea, esta descripción indicará la cuadrilla unitaria (CU) que corresponde a la mano de obra y equipos, así como también su rendimiento (inversa de la productividad, para el caso de mano de obra y equipos) y coeficientes (en el caso de materiales) de cada una de las tareas y subtareas. En la quinta columna irá la producción diaria de la cuadrilla unitaria (Ru). En la sexta columna se encontrará la EDR del proyecto, esta columna estará subdividida en varias subcolumnas y en cada una de ellas se

indicarán los recursos que conforman el proyecto como mano de obra, equipos y materiales y/o servicios. En las tablas N°2.1 y N°2.2 se mostrará un ejemplo de la estructura propuesta del EDR por los autores de la metodología de presupuestos dinámicos.

Tabla N°2.1 Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)-Parte 1.

CÓDIGO EDT	NOMBRE	METRADO		DESCRIPCIÓN RECURSOS	PRODUCCIÓN DIARIA
		UND.	CANTIDAD		
1.3.4.4.1.3	CONCRETO MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	m3	46.07	Cuadrilla unitaria Rendimiento y coeficientes	30.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2.2 Estructura de Descomposición de Recursos (EDR)-Parte 2.

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE RECURSOS (EDR)									
MANO DE OBRA					EQUIPOS	MATERIALES			SERVICIOS
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	VIBRADOR DE CONCRETO 4Hp (hm)	CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ (m3)	ADITIVO ACELERANTE (Litros)	HERRAMIENTAS MANUALES (Soles)	SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO (m3)
0.800	1.000	1.000	6.000	1.000	1.000				
0.213	0.267	0.267	1.600	0.267	0.267	1.050	12.710	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.4.2 Análisis y Estimación de Costos Directos.

Los costos directos de acuerdo a Daniel W. Halpin (1985, p.193) “son los recursos que se requieren para colocar físicamente los elementos de construcción en el proyecto”. Dentro de esos costos que sirven para colocar una unidad de construcción (por ejemplo, metro cúbico de concreto, etc.) se encuentran los siguientes: Los costos de mano de obra, los costos de materiales, los costos de equipos y los costos de herramientas manuales.

Rodríguez (2013) en su libro Gerencia de la construcción y del tiempo, menciona que los costos directos (inherentes al producto final) están constituidos por dos tipos, los cuales son los siguientes:

- **Costos directos variables:** Mano de obra y equipos.
- **Costos directos fijos:** Materiales y subcontratos.

Para el cálculo de los costos directos será muy útil tener en cuenta la EDR del proyecto puesto que esta herramienta detallará la cantidad y el tipo de recursos que se necesiten para cumplir con cada tarea o subtarea del proyecto. Con ayuda de la EDR se construirá la Estructura de Descomposición de Costos (EDC). En base a la EDR se elaborará una hoja de recursos, con este documento se procederá a realizar el estudio de mercado con la finalidad de identificar los costos unitarios de cada recurso del proyecto. Estos costos unitarios serán multiplicados por los recursos diarios en hora-hombre si es mano de obra, en horas-máquina si es equipo o por unidad de recurso si es material, obteniendo de esta manera los costos directos del proyecto.

2.1.1.4.2.1 Estructura de Descomposición de Costos (EDC)

Como se mencionó anteriormente para realizar el cálculo de los costos directos del proyecto será necesario tener en cuenta la Estructura de descomposición de Recursos (EDR) y la Estructura de Descomposición de Costos (EDC). En esta ocasión se brindará más información sobre la última herramienta mencionada.

Para Rodríguez y Valdez (2008, p. 35) la EDC “constituye el costo directo del proyecto, al multiplicar los recursos diarios por su unidad lógica de costo (la mano de obra en costo de hora-hombre, el equipo en costo de Hora-máquina, los materiales diarios que requiere cada tarea por costo unitario como cemento en bolsas, fierro en kilogramos, madera en pies cuadrados, etc.).

Actualmente existen dos enfoques acerca de la descomposición del costo: el primer enfoque nos indica que la EDC vaya alineada a la EDT para poder llevar un control de los costos del proyecto, el segundo enfoque menciona el uso de una EDC más general y que sea diferente al EDT para hacer el control de los costos en varios proyectos, este último enfoque es el más usado por los contratistas en Perú pero lo más recomendable sería tener en cuenta el primer enfoque debido a que presenta más ventajas, tal como lo señala Fernando Rodríguez (2015) en su post Estructuras de descomposición de proyectos en el blog preGestión.

A continuación, se mostrará un ejemplo del esquema de la Estructura de Descomposición de Costos (EDC):

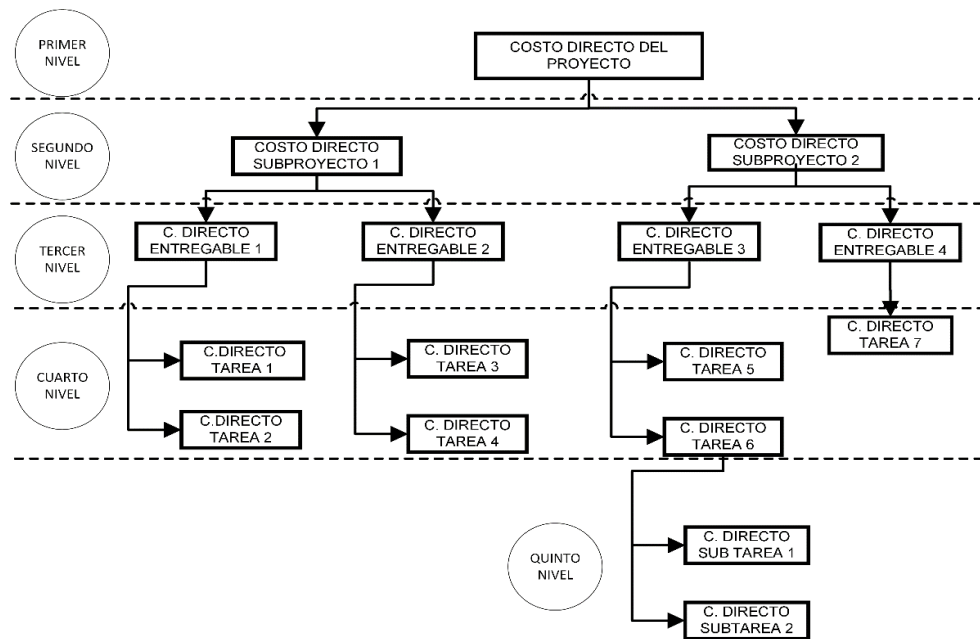


Figura N°2.7 Estructura de Descomposición de Costos (EDC).

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.34.

Los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos Rodríguez y Valdez han propuesto una nueva forma de elaborar la Estructura de Descomposición de Costos (EDC). Esta se encuentra constituida en primer lugar por la EDT del proyecto la cual se encontrará en la primera columna del cuadro que formará la EDC, en la segunda columna irá el nombre del proyecto, entregable, tarea o subtarea según corresponda su codificación indicada en la EDT. En la tercera columna se encontrarán ubicados los metrados, dicha columna estará subdividida en dos columnas que indicarán en primer lugar la unidad del metrado (m^2 , m^3 , kg, etc.) y en segundo lugar la cantidad de metrado correspondiente a cada tarea o subtarea. Se puede observar que las primeras tres columnas se asemejan mucho a la EDR, esto se debe a la afinidad que tiene la EDR y la EDC de un proyecto. Continuando con la descripción de la estructura de la EDC, en la cuarta columna estará ubicado el presupuesto, esta columna estará subdividida en dos columnas la primera será para los costos unitarios de cada tarea o subtarea y la segunda columna será para el costo parcial de cada tarea o subtarea, que se calculará como la multiplicación del costo unitario con su respectivo metrado según corresponda. La quinta columna estará conformada por la EDC del proyecto, esta columna estará subdividida en tres columnas. La primera columna estará conformada por los costos unitarios por hora-hombre de cada

recurso de la mano de obra (capataz, operario, oficial, peón), en la segunda columna estará conformada por los costos unitarios por hora-máquina de cada equipo que se usará en el proyecto (teodolito, volquete, mezcladora, etc.) y la tercera columna estará constituida por los costos unitarios por recurso material (herramientas manuales, clavos, etc.) que se utilizarán en el proyecto, cabe destacar que los recursos ya sea mano de obra, equipo o material estarán organizados de la misma forma en la que están ubicados en la EDR detallada anteriormente.

En las siguientes tablas se mostrará la Estructura de Descomposición de Costos (EDC) propuesta por los autores del modelo de costos y presupuestos dinámicos:

Tabla N°2.3 Estructura de Descomposición de Costos (EDC)-Parte 1.

CÓDIGO EDT	DESCRIPCIÓN	METRADO		PRESUPUESTO		DESCRIPCIÓN
		UND.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/)	COSTO PARCIAL (S/)	
1.3.4.4.1.3	CONCRETO MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	m3	46.07	504.81	23256.49	Costo unitario CU x Rend. o Coeficientes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2.4 Estructura de Descomposición de Costos (EDC)-Parte 2.

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE COSTOS (EDC)									
MANO DE OBRA					EQUIPOS	MATERIALES			SERVICIOS
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	VIBRADOR DE CONCRETO 4Hp (hm)	CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ (m3)	ADITIVO ACELERANTE (Litros)	HERRAMIENTAS MANUALES (Soles)	SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO (m3)
25.850	25.850	20.330	18.390	26.690	6.691	293.670	8.480	2.719	29.800
5.515	6.893	5.421	29.424	7.117	1.784	308.354	107.781	2.719	29.800

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.4.3 Análisis y Estimación de Costos Indirectos

Para Daniel W. Halpin (1985) los costos indirectos deben ser calculados concepto por concepto en vez de usar una tarifa fija de los costos directos. Señala esto porque los costos indirectos son únicos para cada proyecto y deben ser estimados obra por obra.

Este mismo criterio lo manejan los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos es por eso que para la estimación de los costos indirectos proponen el uso de la Estructura de Descomposición Organizacional (EDO) con la cual determinar los costos que generen los diferentes responsables de cada nivel de los entregables del proyecto.

Dentro de los costos indirectos o gastos generales (no son inherentes al producto final) que describe Rodríguez (2013) en su libro, los divide de la siguiente manera:

- **Costos variables o Gastos generales variables:** De acuerdo a la Ley de Contrataciones del Estado (2019) los gastos generales variables se definen como aquellos gastos que guardan relación directa con el plazo del proyecto. Dentro de estos gastos se encuentran los honorarios de los profesionales, los sueldos de los empleados, la mano de obra auxiliar, equipos no incluidos en costo directo, alimentación y viáticos del personal, etc.
- **Costos fijos o gastos generales fijos:** De acuerdo a la Ley de Contrataciones del Estado (2019) los gastos generales fijos se definen como aquellos gastos que no guardan relación directa con el plazo del proyecto. Dentro de estos gastos se encuentran los de equipamiento de oficinas, laboratorios, comedor etc.; gastos administrativos como los gastos de licitación y los gastos legales; otros gastos que se pueden encontrar son los de implementos de seguridad y emergencia, etc.
- **Costos o gastos financieros:** Dentro de estos gastos se encuentran los impuestos (licencias, permisos, etc.), seguros, garantía de fiel cumplimiento del contrato, garantía de adelanto directo, garantía de adelanto de materiales, etc.

2.1.1.4.3.1 Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).

De acuerdo a los autores del modelo de presupuestos dinámicos la EDO se define como la descomposición jerárquica de la organización que tiene “la finalidad de determinar los responsables a los diferentes niveles hasta los entregables. La EDO permite calcular el número de personas, responsables del desarrollo técnico y administrativo de la obra”. (Rodríguez y Valdez, 2008, p.32).

Con la identificación del personal técnico y administrativo se procede al cálculo de los Gastos técnicos y administrativos, los cuales representan la mayor parte de los Gastos Generales o Costos indirectos en un proyecto de Construcción.

Es importante tener en cuenta que la EDT es una herramienta que tiene mucha afinidad con la EDO. Esta relación se puede observar cuando se realiza la asignación de responsables en cada una de las tareas del proyecto determinadas por la EDT, asegurando así un personal técnico-administrativo necesario basado

solo en la experiencia de los involucrados y no en un método de tanteo. (Rodríguez y Valdez, 2008).

A continuación, se mostrará un ejemplo ilustrativo de la Estructura de Descomposición Organizacional:

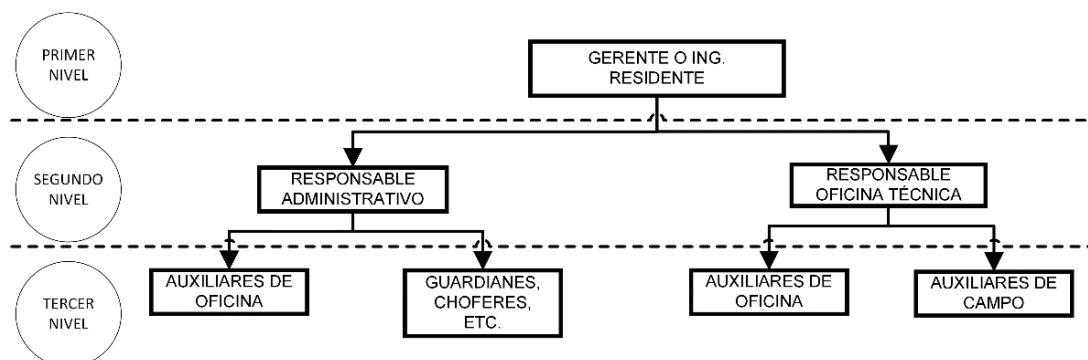


Figura N°2.8 Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.35.

2.1.1.4.4 Análisis y Estimación de la Utilidad

El presente modelo de costos y presupuestos dinámicos propone algunas consideraciones muy importantes que se deben tener en cuenta para realizar un adecuado análisis y estimación más precisa de la utilidad de un proyecto.

Los autores Rodríguez y Valdez (2008) para analizar y estimar la utilidad de un proyecto proponen los siguientes criterios sin necesidad de asignar un factor fijo para su cálculo, los cuales son:

- En primer lugar, la expectativa del contratista cuyo porcentaje de incidencia oscila entre el 5% y el 15% de total de la Utilidad.
- En segundo lugar, se encuentra la mitigación de riesgos cuyo porcentaje de incidencia oscila entre el 10% y el 30% del total de la Utilidad dependiendo del grado de incertidumbre.
- En tercer lugar, se encuentra la mitigación del impacto ambiental, cuyo porcentaje de incidencia oscila entre el 10% y 20% del total de la Utilidad.
- En cuarto lugar, se encuentra la mitigación de la seguridad de obra y salud ocupacional, cuyo porcentaje de incidencia se encuentra entre el 5% y el 15% del total de la Utilidad.
- En quinto lugar, se encuentra la mitigación del impacto social cuyo porcentaje de incidencia está entre el 5% y el 15% del total de la Utilidad.

- En sexto lugar, se encuentran los costos de no calidad cuyo porcentaje de incidencia está entre el 10% y el 30% del total de la Utilidad.
- En séptimo lugar, se encuentran las multas por atraso de obra cuyo porcentaje de incidencia está entre el 10% y el 20% del total de la Utilidad.

De acuerdo a los autores del presente modelo indican que la utilidad puede fluctuar entre el 5.5% y el 14.5% del Costos Directo del Proyecto. Este porcentaje de incidencia depende de los 7 factores mencionados anteriormente.

La fórmula final de la Utilidad sugerida es la siguiente:

$$U = (0.05-0.15) EC + (0.10-0.30) MR + (0.10-0.20) MIA + (0.05-0.15) MSO + (0.05-0.15) MIS + (0.10-0.30) CNC + (0.10-0.20) MU.$$

Donde:

- ✓ EC= Expectativa del cliente.
- ✓ MR= Mitigación de Riesgos.
- ✓ MIA = Mitigación de Impacto Ambiental.
- ✓ MSO = Mitigación de Seguridad de Obra y Salud Ocupacional.
- ✓ MIS = Mitigación de Impacto Social.
- ✓ CNC = Costos de No Calidad.
- ✓ MU = Multas por atraso de Obra.

Cabe resaltar que para el presente caso de estudio se analizará y estimará la Utilidad en función a la Gestión de riesgos usando el software Risky Project, con el objetivo de definir la variabilidad del presupuesto y el plazo del proyecto.

2.1.1.4.5 Flujo de caja financiero.

Según Rodríguez (2013) el flujo de caja financiero es un instrumento financiero que permite conocer el comportamiento de los ingresos y egresos en el tiempo, con el objetivo de dar sustento las solicitudes de financiamiento cuando sea necesario. Es importante señalar que el uso de esta herramienta, permite el control y monitoreo en el tiempo, de los costos del proyecto.

Dentro de los inputs que alimentarán el flujo de caja financiero se encontrarán el cronograma valorizado por tareas a nivel mensual, así como también el cronograma de uso de recursos. El balance realizado en el flujo de caja financiero acumulado (considerando costos directos e indirectos) determinará ya sea la tasa pasiva para el balance acumulado positivo (Ingresos acumulados mayores que los

egresos acumulados) o la tasa activa (ingresos acumulados menores que los egresos acumulados).

De acuerdo a Rodríguez (2013, p.413) los ingresos son obtenidos por medio del Cronograma valorizado por tareas, mientras egresos son obtenidos por medio del Cronograma de utilización de recursos (mano de obra, equipos, herramientas y materiales). La finalidad del flujo de caja según este autor es estimar el costo financiero de la obra, así como también determinar los períodos con caja negativa y positiva.

Rodríguez (2013) también menciona que para preparar el flujo de caja es importante tener en cuenta las valorizaciones, el adelanto directo, el adelanto por materiales, formas de amortizar los adelantos, retenciones en cada valorización, la tasa activa, la tasa pasiva y ver las inversiones realizadas con su respectiva recuperación.

De acuerdo a lo aprobado en el decreto supremo N.º 234-2022-EF el 07 de octubre del 2022, se menciona que el adelanto directo otorgado por la Entidad contratante será como máximo el 10% del monto original del contrato, mientras que el adelanto por materiales alcanzará como máximo un valor del 20% del monto original del contrato.

2.1.1.4.6 Elaboración del Presupuesto.

Los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos proponen que el presupuesto pase por determinadas etapas para su elaboración, esto se puede observar en el flujograma de trabajo expuesto anteriormente. Dentro de estas etapas están las siguientes:

- Presupuesto Preliminar del proyecto.

El presupuesto preliminar del proyecto de acuerdo a los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos es el resultado de la estimación de los costos directos y de los costos indirectos de forma preliminar es decir sin la aplicación del flujo de caja financiero. (Morote, 2019, p.50).

- Presupuesto Final del proyecto.

El presupuesto final del proyecto se obtiene del presupuesto preliminar del proyecto y el análisis de la utilidad. El resultado de esta integración servirá de input para el flujo de caja financiero. (Morote, 2019, p.50).

- Presupuesto Final Definitivo del proyecto.

Para obtener el presupuesto final definitivo del proyecto primero se ajustarán los costos indirectos con ayuda del flujo de caja financiero y a este resultado se le adicionará el presupuesto final de proyecto. De esta manera se integrará el costo, el tiempo y el alcance en el presupuesto final definitivo del proyecto. (Morote, 2019, p.50).

2.1.1.5 Gestión del Tiempo.

La gestión del tiempo de acuerdo al PMI (2017) se define como todos los procesos que se necesitan para gestionar la finalización del proyecto. Entre estos procesos se encuentran los siguientes:

- a) Planificación de la gestión del cronograma: En esta etapa se establecen los procedimientos, políticas y documentación tanto para la planificación, gestión y control del cronograma del proyecto. (PMI, 2017).
- b) Definición de las actividades con su respectiva secuencia: Proceso de identificar y secuenciar las actividades del proyecto. (PMI, 2017).
- c) Estimación de los recursos de las actividades: Proceso de identificación del tipo y estimación de las cantidades de los recursos de las actividades del proyecto. (PMI, 2017).
- d) Estimación de las duraciones de las actividades: Proceso de estimación del período que durará cada actividad del proyecto. (PMI, 2017).
- e) Desarrollo del cronograma: Etapa de análisis de las duraciones, las secuencias, los recursos y restricciones de cada una de las actividades con el fin de elaborar el cronograma del proyecto. (PMI, 2017).
- f) Control del cronograma: Proceso donde se realiza el seguimiento y monitoreo del cronograma del proyecto con el fin de analizar la ejecución y el avance de cada una de las actividades del proyecto. (PMI, 2017).

Los procesos mencionados anteriormente son los criterios generales que componen la gestión del tiempo de un proyecto. El aporte de los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos en esta área del conocimiento proponen la aplicación de la Teoría de restricciones para la planificación y programación del proyecto, así como también el uso del flujo de caja financiero como herramienta integradora de los costos y el tiempo.

Dentro de la teoría de restricciones se hará uso de la hoja de planificación y programación, esta herramienta se usará para definir la duración de cada tarea y su respectivo recurso diario. Para la elaboración de la lógica de la red se pueden

usar diferentes técnicas de redes como la de PERT (Project Evaluation and Review Techniques), CPM (Critical Path Method) o método de precedencias. Entre los softwares de gestión de proyectos que se pueden usar para elaborar el cronograma se encuentra MS Project, Primavera, etc.

Los datos que usarán los softwares de gestión de proyectos serán proporcionados por la hoja de planificación y programación, con esta información se interrelacionarán las tareas del proyecto con la finalidad de determinar las rutas críticas y en consecuencia obtener el diagrama de barras de Gantt, el cronograma de recursos, el cronograma del proyecto valorizado por tareas, el histograma de recursos, etc. Con ayuda del cronograma valorizado y el cronograma de recursos se podrá estimar el flujo de caja, relacionando e integrando de esta manera el presupuesto con el avance de la obra, brindándole así el carácter dinámico al presupuesto del proyecto. (Rodríguez, 2013).

2.1.1.5.1 Planificación del proyecto usando Teoría de Restricciones.

La Teoría de Restricciones fue desarrollada por el físico israelí Eliyahu Goldratt, cuyos conceptos van orientados a la industria de manufactura.

Los ingenieros Rodríguez y Valdez (2008) adecuaron los principios de esta teoría a la industria de la construcción. Para la adaptación de esta teoría también se hizo uso de la ley de Vilfrido Pareto (pocos vitales muchos triviales) con la finalidad de determinar la actividad más restrictiva (primer principio de la teoría de restricciones).

Como se mencionó anteriormente para la gestión del tiempo se hará uso de la teoría de restricciones la cual cuenta con 5 principios o pasos que serán descritos a continuación:

a) Identificación de la restricción: El primer paso consiste en determinar la tarea o proceso más restrictivo del proyecto. Para poder identificar la actividad o tarea más restrictiva en un proyecto de construcción primero se debe calcular las horas-hombre que mide el trabajo de un hombre en una hora. Los autores recomiendan esta medida porque es más estable y puede ser usado indistintamente en cualquier tipo de obra (movimiento de tierras, carreteras, etc.). No es conveniente utilizar Horas -maquina por lo variables que son las potencias y por ende los alquileres. Los autores mencionan que Goldratt identificó dos tipos de restricciones, dentro de las cuales la primera es del tipo físico (relacionado a esperas obligadas, delays necesarios que se deben

respetar por temas de proceso constructivo, por ejemplo, si hoy se realiza un tarrajeo de un muro, no se podrá realizar el pintado de dicho muro al siguiente día debido a que este necesita alcanzar un mínimo porcentaje de humedad para estar apto para imprimir). El segundo tipo de restricción es político como las decisiones gerenciales. (Rodríguez y Valdez, 2008).

- b) Explotación:** El segundo paso consiste en la optimización del proceso o actividad restrictiva. En proyectos de construcción esto significa el cálculo del plazo óptimo que debe tener la actividad restrictiva que se determinó en el paso anterior. Es importante tener en cuenta que existe una íntima relación entre el plazo y el trabajo (en Horas-hombre) para la ejecución de dicha tarea. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Esta relación se puede observar en la siguiente fórmula:

Trabajo=recursos usados en una jornada diaria de trabajo x duración (en el rubro de la construcción la unidad del tiempo es el día).

- c) Subordinación:** Esta etapa consiste en la comparación de la actividad restrictiva con las anteriores y posteriores a esta, con la finalidad de que lo producido por estas actividades sea en la misma magnitud que lo producido por la actividad restrictiva. En proyectos de construcción esto se traduce a que ninguna tarea o proceso, ya sea paralelo o posterior, tenga un mayor período que la actividad restrictiva. (Rodríguez y Valdez, 2008).
- d) Elevación:** Este paso consiste en la mejora de la tarea o proceso restrictivo ya sea por medio de una mejora tecnológica (como adquisición de equipos modernos u otro tipo de implementación). Para la ejecución de proyectos de construcción lo que se recomienda es optimizar la ruta crítica por medio de un análisis de costo-tiempo con la finalidad de optimizar las duraciones de las tareas y minimizar sus costos. (Rodríguez y Valdez, 2008).
- e)** Si se origina una nueva restricción se debe volver al paso **a)**. Esta teoría propone una mejora continua de los proyectos conforme se vayan presentando nuevas restricciones.

Mencionados los 5 pasos de la Teoría de Restricciones anteriormente ya se tiene una idea más general y clara de cómo se gestiona el tiempo de un proyecto de construcción. A continuación, se indicarán los pasos que se deben seguir para planificar y programar un proyecto de construcción usando la teoría de restricciones:

✓ **Conversión del plazo del proyecto de días calendarios a días útiles.**

Para convertir el plazo del proyecto de días calendarios a días útiles lo primero que debe tenerse en cuenta es el factor de conversión el cual se calcula como el cociente de 30 días calendarios entre 25 días útiles. El factor de conversión resultante es de 1.20. (Rodríguez y Valdez, 2008).

A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo aplicar el factor de conversión en el plazo del proyecto: Si el plazo del proyecto es de 240 días calendarios para convertirlo a días útiles dividiremos el plazo contractual entre el factor de 1.20 obteniendo así un resultado de 200 días útiles.

✓ **Cálculo de buffer de plazo del proyecto.**

Los autores de la presente metodología proponen los siguientes amortiguadores del plazo de proyecto en función al grado de incertidumbre que estos presentan.

Las categorías en que están clasificados los buffers propuestos por los autores son tres, los cuales están en función clasificados de acuerdo al nivel de incertidumbre del proyecto y son los siguientes:

a) Buffer para obras de baja incertidumbre.

Entre estas obras se encuentran las de redes de agua y conexiones a domicilio, líneas de transmisión, edificaciones con cimentación profunda, etc.

El buffer para este tipo de obras se encuentra entre el 10% y el 20% del plazo contractual del proyecto en días útiles.

b) Buffer para obras de mediana incertidumbre.

Entre estas obras se encuentran los proyectos de carreteras, líneas de impulsión, canales, redes de alcantarillado, etc.

El buffer para este tipo de obras se encuentra entre el 20% y el 30% del plazo contractual del proyecto en días útiles.

c) Buffer para obras de alta incertidumbre.

Entre estas obras se encuentran los proyectos de cimentación profunda, obras portuarias, túneles, etc.

El buffer para este tipo de obras se encuentra entre el 30% y el 40% del plazo contractual del proyecto en días útiles.

✓ **Elaboración de hoja de planificación y programación.**

La hoja de planificación y programación como se mencionó anteriormente es una herramienta que se usará para determinar la duración de cada tarea en

función a la EDT con sus respectivos recursos diarios. La estructura que tendrá esta herramienta será la siguiente:

En la primera columna se encontrará la EDT del proyecto, en la segunda columna irá el nombre o descripción del proyecto, entregable, tarea o subtarea. En la tercera columna se encontrará ubicado los metrados esta columna, estará subdividida en dos columnas que indicarán en primer lugar la unidad del metrado (m^2 , m^3 , kg, etc.) y en segundo lugar la cantidad de metrado correspondiente a cada tarea o subtarea. La cuarta columna estará conformada por la producción diaria de los recursos diarios (Ru). La quinta columna está constituida por la cuadrilla unitaria (CU) que corresponde a la mano de obra (capataz, peón, operario, oficial). La sexta columna estará formada por el tiempo unitario (Tu) en días útiles de cada tarea o subtarea, el cual se estima como la división entre el metrado y su respectivo rendimiento unitario (Ru). En la séptima columna irá el trabajo en Horas-hombre de cada tarea del proyecto, cuyo cálculo se estimará como el producto de las unidades de recursos unitarios (mano de obra) asignadas a la tarea, por la jornada de trabajo diario (8 horas diarias), por el tiempo unitario (Tu). En la octava columna irán los tiempos programados (Tp) y en la última columna estará el número de cuadrillas, el cual se estima como la división del Tu/Tp. Este factor permitirá el cálculo de los recursos diarios del proyecto (Rodríguez y Valdez, 2008).

En las tablas N°2.5, N°2.6 y N°2.7 se mostrará un ejemplo de la estructura propuesta de la hoja de planificación y programación propuesta por los autores de la metodología de presupuestos dinámicos.

Tabla N°2.5 Hoja de planificación y programación-Parte 1.

CÓDIGO EDT	NOMBRE	METRADO		PROD. DIARIA
		UNID.	CANT.	
1.3.2.1	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	126.90	4.00
1.3.2.3	PERFILADO, NIVELADO Y COMPACTADO DE FUERA DE CIMIENTOS	m2	161.32	26.00
1.3.2.7	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	223.81	20.00
1.3.4.1.3	CONCRETO DE CIMIENTOS DE NAVE INDUSTRIAL F'c=280 Kg/cm2	m3	35.68	32.00
1.3.4.3.1	ENCOFRADO CARAVISTA DE VIGA DE CIMENTACIÓN	m2	85.96	14.00
1.3.4.3.2	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE CIMENTACIÓN FY=4200 Kg/cm2	Kg	1318.66	250.00
1.3.4.4.1.2	ACERO DE REFUERZO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 Kg/cm2	Kg	11237.64	250.00
1.3.4.5.4.5	Acero de refuerzo de columnas de nave industrial	Kg	8679.60	250.00
1.3.4.6.4.4.2	Acero de refuerzo de la viga VC-1 de nave industrial, en el eje C-C/eje 1-4	Kg	2440.87	210.00
1.3.4.6.4.4.3	Acero de refuerzo de la viga VP-1 de nave industrial, en el eje H-H/eje 1-4	Kg	2208.79	210.00
1.3.4.9.3	CURADO DE PAVIMENTO RIGIDO	m2	136.56	15.00
1.3.5.2.2	TECHO AUTOPORTANTE INCLUIDO TRASLUCIDOS	m2	211.03	20.00
1.4.10.3.1	Fabricación de letrero	m2	21.21	1.00
1.5.5.3.2	Conductor LS0H 6.0 mm2	ml	1379.9	60.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2.6 Hoja de planificación y programación-Parte 2.

RECURSOS UNITARIOS								
MANO DE OBRA								
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO MEDIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO PESADO (hh)	OPERARIO ESPECIALIZ ADO (hh)	OPERARIO TOPOGRÁFI CO (hh)
0.1000			1.0000					
0.2000	1.0000		1.0000	1.0000				
0.1000			1.0000					
0.6000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000				
0.2500	1.0000	0.5000	1.0000					
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2500	1.0000	1.0000	0.5000					
0.2500	1.0000	1.0000	0.5000					
0.2000	1.0000	1.0000						
0.5000		1.0000	4.0000			1.0000		
0.1000			1.0000	1.7000				
0.1500	1.0000		0.5000					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2.7 Hoja de planificación y programación-Parte 3.

Tu	HH	Tp	f
31.73	279.18	8.00	3.97
6.20	158.84	2.00	3.10
11.19	98.48	4.00	2.80
1.12	67.79	0.30	3.72
6.14	135.08	3.00	2.05
5.27	92.83	2.50	2.11
44.95	791.13	10.00	4.50
34.72	611.04	8.00	4.34
11.62	255.71	3.00	3.87
10.52	231.40	3.00	3.51
9.10	160.23	5.00	1.82
10.55	548.68	3.00	3.52
21.21	475.10	7.00	3.03
23.00	303.58	7.00	3.29

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Identificación de la tarea restrictiva (primer principio de la Teoría de Restricciones).**

Con los datos obtenidos anteriormente en la hoja de planificación y programación (Duraciones de las tareas y recursos diarios por tarea a usar) se debe aplicar el principio de Pareto (pocos vitales muchos triviales o ley 80/20) con el objetivo de identificar la tarea más restrictiva del 20% de los procesos que marcan el ritmo de la construcción (tareas más importantes).

Para eso Rodríguez y Valdez (2008) mencionan que se debe tener en cuenta el siguiente orden de parámetros:

- La cantidad de trabajo por tarea (en Horas-hombre).
- Limitación de los recursos. (equipo-material-mano de obra, en ese orden).
- Cadena de tareas (las tareas elegidas, por medio del principio de Pareto, debe pertenecer a distintas etapas).

Para aclarar el último punto a continuación se dará un ejemplo que explique mejor la cadena de tareas.

Ejemplo: En obras de edificaciones se debe elegir una tarea (la que tiene mayor Horas-Hombre) de cada fase. Dentro de las etapas o fases que constituye un proyecto de edificaciones se encuentran las siguientes: La fase de cimentación (cuyas tareas son excavaciones, zapatas, falso piso, etc.), fase de elementos verticales (encofrado, acero y concreto de muros, columnas y placas), fase de elementos horizontales (encofrado, acero y concreto de vigas, losas y escaleras), fase de acabados secos (carpintería, aluminio, etc.), fase de acabados húmedos (tarrajeos, pinturas, etc.).

Es importante tener en cuenta que las partidas globales o aquellas partidas que no presentan algún detalle de su valor monetario, no se deben tener en cuenta para aplicar la ley de Pareto.

✓ **Dimensionamiento del tiempo de la tarea restrictiva (segundo principio de la Teoría de Restricciones).**

Después de haber sido identificada y elegida la tarea más restrictiva del proyecto, se procede a determinar la ruta crítica de esta actividad definiendo en primer lugar las tareas anteriores (restricciones de inicio) y en segundo lugar las tareas posteriores (restricciones de término) a ella. Lo indicado anteriormente se realiza siguiendo una secuencia lógica.

Para estimar el tiempo programado (T_p) de la actividad más restrictiva de acuerdo a Morote (2019, p.52) se calcula como la diferencia del “plazo interno del proyecto menos la suma de los tiempos de inicio de las tareas anteriores y los tiempos de término de las tareas posteriores a la restrictiva”.

✓ **Dimensión del tiempo de las tareas restantes (tercer principio de la Teoría de Restricciones).**

Con el tiempo de programación (T_p) de la tarea más restrictiva ya calculado, de acuerdo al tercer principio de la TOC, ninguna de las tareas podrá tener un

tiempo de programación superior al de la actividad más restrictiva del proyecto. Para realizar esta comparación a la hoja de planificación se le adicionarán dos columnas de las cuales la primera será de los tiempos o duración programada (T_p) y la segunda será el factor cuadrilla (f) que viene a ser el resultado de la división entre T_u (Tiempo unitario) y el T_p (Tiempo o duración programada) de cada tarea. (Morote, 2019)

✓ **Estimación de los recursos diarios de las tareas.**

Para la estimación de los recursos diarios de las tareas se multiplicará el factor cuadrilla (f) calculado anteriormente por la cuadrilla unitaria, los valores resultantes serán muy útiles para desarrollar la programación mediante un software de gestión de proyectos como Ms Project, Primavera, etc.

✓ **Lógica de red y secuenciación de tareas.**

Para determinar la lógica de la red y la secuencialidad de las tareas que conforman el proyecto, se hará uso de la matriz de precedencias, la cuál de acuerdo al PMI (2017) se define como una técnica utilizada para programar las actividades de un proyecto, estas son representadas gráficamente como nodos, las cuales se encuentran enlazadas siguiendo una secuencia lógica de ejecución. Este método de programación fue elaborado por el docente John Fondhal de la Universidad de Stanford a inicios de 1960.

Esta técnica fue mejorada por Guillermo Ponce Campos en 1970 cuando aportó dentro del método las relaciones de traslape.

Actualmente este método de programación es muy usado en softwares de Gestión de proyectos como Ms Project.

De acuerdo a Rodríguez y Valdez (2008, p.228) “esta técnica es la mejor actualmente para utilizar tanto en método del camino crítico (CPM) como el PERT (Program Evaluation and Review Technique o Técnica de Revisión y Evaluación de Programas)”.

Según el PMI (2017) existen cuatro relaciones lógicas de dependencia, las cuales se definen a continuación:

- **Final a Inicio (FS).** Este tipo de relación lógica nos indica que la tarea sucesora no puede iniciar hasta tener finalizada la tarea predecesora. Esta relación es la que se usa con más frecuencia en esta metodología en el sector construcción.

- **Final a Final (FF).** Este tipo de relación lógica nos indica que la tarea sucesora no puede culminar hasta tener finalizada la tarea predecesora.
- **Inicio a Inicio (SS).** Este tipo de relación lógica nos indica que la tarea sucesora no puede comenzar hasta tener iniciada la tarea predecesora.
- **Inicio a Final (SF).** Este tipo de relación lógica nos indica que la tarea sucesora no puede culminar hasta tener iniciada la tarea predecesora. Esta relación es la que se usa con menos frecuencia en esta metodología en el sector construcción.

Con lo descrito anteriormente se iniciará la elaboración de la red trabajo, para lo cual lo primero que debe determinarse es la lógica de la red por medio de la matriz de precedencias mostrada a continuación (Tabla N°2.8):

Tabla N°2.8 Matriz de precedencias.

ID	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	RELACIÓN DE PRECEDENCIAS	OBSERVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN
1	Tarea A	10		
2	Tarea B	9	1CC+2d	
3	Tarea C	2	2FF+1d	
4	Tarea D	12	3FC+3d, 3CC+2d	
5	Tarea E	4	4FC+7d, 4CF+1d	

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008,
Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo1, p.233.

Una vez obtenida la lógica de la red, se procederá a elaborar la red de trabajo tal como se muestra a continuación:

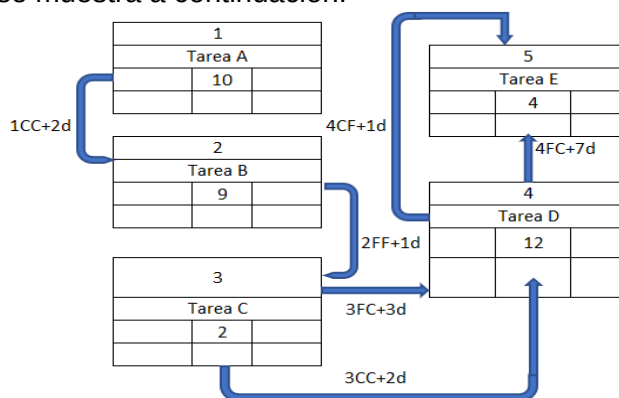


Figura N°2.9 Red de trabajo.

Fuente: Rodríguez Castillejo Walter y Valdez Cáceres Doris, 2008, Gerencia de proyectos con MSPROJECT 2007, tomo 1, p.233.

Con la red de trabajo definida, se inicia el proceso de cálculo de la red de precedencias o red de trabajo, para lo cual el paso inicial es estimar los comienzos y términos más tempranos de las tareas (Marcha hacia adelante o Forward pass) de la red, luego estimar los comienzos y términos más tardíos de cada tarea (Marcha hacia atrás o Backward pass) de la red, como tercer paso se calcula la Holgura total de cada tarea, la cual de acuerdo a Rodríguez (2013, p.183) se define como “la disponibilidad de tiempo que tiene una actividad no crítica para retrasar su inicio, sin afectar sus actividades sucesoras ni generar atraso en el plazo de obra”.

Con las holguras totales calculadas se procederá a determinar la ruta crítica de la red trabajo, la cual está conformada por las actividades que tienen como Holgura total igual a cero.

2.1.1.6 Gestión de Riesgos

Según el PMI (2017) la gestión de los riesgos de un proyecto viene a ser el conjunto de procesos enfocados en el estudio del impacto y la probabilidad de los riesgos, tanto positivos como negativos, con el objetivo de optimizar las probabilidades de éxito en un proyecto.

Las actividades que componen la gestión de riesgos en un proyecto son las siguientes:

- a) Planificación de la gestión de Riesgos: En esta etapa se establecen los procedimientos y criterios para gestionar los riesgos de un proyecto. (PMI, 2017).
- b) Identificación de riesgos: Proceso de identificar y documentar los riesgos, tanto sus fuentes como sus características. (PMI, 2017).
- c) Análisis Cualitativo de riesgos: Proceso que consiste en la evaluación del impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos de un proyecto. (PMI, 2017).
- d) Análisis Cuantitativo de riesgos: Proceso que consiste en analizar datos numéricos del efecto que producen los riesgos y otras fuentes de incertidumbre en el proyecto. (PMI, 2017).
- e) Planificación de la respuesta a los riesgos: Etapa que consiste en establecer los procedimientos, criterios y estrategias para aumentar las oportunidades y disminuir las amenazas cuyo efecto repercute en los objetivos del proyecto. (PMI, 2017).

- f) Implementar la Respuesta a los Riesgos: Proceso que consiste en implementar las estrategias acordadas en el paso anterior. (PMI, 2017).
- g) Monitorear los Riesgos: Proceso que consiste en el seguimiento y control de los planes aplicados en el proceso anterior, con el objetivo de evaluar su efectividad en el ciclo de vida del proyecto. (PMI, 2017).

2.1.1.7 Entregables de la metodología.

Dentro de los entregables anteriormente mencionados en el flujograma de trabajo de la metodología propuesta por el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres se encuentran el valor referencial, las fórmulas polinómicas y el cronograma valorizado contractual.

2.1.1.7.1 Valor Referencial.

De acuerdo a la Ley de Contrataciones del Estado (Ley N°30225) el valor referencial para la ejecución de una obra viene a ser el presupuesto de obra que se estima en el expediente técnico y que es aprobado por la Entidad contratante. Para poder calcular el valor referencial, el encargado de la elaboración del expediente técnico en base a un estudio global de mercado establece los precios unitarios de cada una de las partidas que conforman el proyecto, tomando en cuenta los insumos y materiales requeridos (cantidades y precios). Este monto está constituido por los costos directos, los costos indirectos (variables y fijos) y la utilidad.

2.1.1.7.2 Presupuesto Oferta.

De acuerdo Prince (2023) el presupuesto oferta es la propuesta técnica y económica que realiza el postor con la intención de desarrollar una prestación requerida por la entidad bajo determinadas condiciones por medio de un concurso llamado licitación.

2.1.1.7.3 Presupuesto Meta.

El presupuesto meta según Prince (2023) es la propuesta económica elaborada por la oficina técnica (el jefe de costos y la residencia) con el objetivo de establecer los costos y márgenes previos al inicio de la etapa de ejecución, tomando en cuenta un análisis más real de las condiciones de la obra hasta su finalización.

2.1.1.7.4 Cronograma Valorizado.

De acuerdo a Rodríguez (2013), el cronograma valorizado es una herramienta que resulta de la asignación de costos y recursos a cada tarea, con el objetivo de

monitorear y controlar el avance de obra. También menciona que el cronograma valorizado es muy importante para las empresas contratistas que ejecutan las obras, porque por medio de este instrumento podrán hacer un control interno de los beneficios o pérdidas que tendrán en el plazo programado de ejecución del proyecto.

2.1.2 BIM en la construcción:

2.1.2.1 Definición de BIM (*Building Information Modeling*):

El término BIM es el acrónimo de Building Information Modeling que en español significa Modelado de Información de la Construcción.

Para Galiano (2018) BIM es una herramienta que por medio del uso de softwares facilita el manejo de la información de las construcciones. La información gestionada por esta herramienta será relacionada a la geometría, cantidades, ubicación geográfica y propiedades de los elementos que conforman el proyecto. Lo que busca BIM es revolucionar la forma tradicional de trabajar en el sector construcción, tomando en cuenta principios claves como la coordinación y la coherencia, para compatibilizar la información que se desea usar por medio de un modelo digital. Esta revolución no solo se busca en el área del diseño sino en la ejecución, control y mantenimiento de las edificaciones.

De lo anteriormente mencionado se puede decir que BIM no es solo un software de modelado, sino que es una metodología de trabajo colaborativo que busca el manejo de la información de forma coordinada y sincronizada.

2.1.2.2 Dimensiones de la tecnología BIM:

Según Mata (2022), para poder manejar el conjunto de requerimientos y acciones que involucra un proyecto desde su concepción hasta su entrega final, en primer lugar, se debe hacer un reconocimiento del trabajo que se va a realizar y los agentes que interactuarán hasta su ejecución final. Lo que propone BIM es trabajar el modelado de un proyecto en base a 7 dimensiones. Estas etapas propuestas por dicha metodología de trabajo representan en esencia el ciclo de vida de una edificación, desde que nace como una idea hasta su mantenimiento. Las 7 dimensiones son las siguientes:

- **Primera dimensión (1D) La Idea:**

De acuerdo a Mata (2022) es la dimensión más elemental en un proyecto puesto que en este punto se da la concepción de la idea. Dentro de esta fase se piensa sobre cómo serán las condiciones iniciales del proyecto como su localización, los

estudios de prefactibilidad económica, los esquemas iniciales del proyecto y las estimaciones de los costos de forma preliminar.

- **Segunda dimensión (2D) El boceto:**

Mata (2022) indica que en esta fase se incluye la elaboración de los planos 2D, así como también la forma gestionar los documentos físicamente. Esta etapa involucra la realización de los estudios que se proyectaron en la etapa anterior, como el diseño y los cálculos (predimensionamiento, estimación de costos) del proyecto. La información elaborada en esta fase servirá de base para la elaboración del modelo 3D. Esta dimensión de BIM también contempla “el tema de la contratación, la definición del ámbito colaborativo y la sostenibilidad del proyecto”.

- **Tercera dimensión (3D) Modelo de información del proyecto:**

Según Mata (2022) en esta etapa se realiza el modelado de la información del proyecto en 3D de forma digital. Este modelo estará formado por objetos parametrizados como columnas, muros, vigas, etc. Este modelo incorporará todas las áreas de ingeniería, así como también su diseño arquitectónico. Esta representación geométrica detallará cada parte de la edificación y almacenará toda la información correspondiente a las características de cada elemento que la conforme. Es importante también tener en cuenta que este modelo de información facilitará la detección de interferencias e incompatibilidades, además su dinamismo permitirá que cualquier modificación que se realice al modelo virtual, automáticamente se actualizarán todas las vistas de esta representación digital. Esta función del modelo permite la actualización de la información a tiempo real, así como también mejora la coordinación y comunicación entre los involucrados del proyecto.

- **Cuarta dimensión (4D) Planificación:**

De acuerdo a Mata (2022) a la representación virtual 3D del proyecto se integrará la dimensión del tiempo para obtener la cuarta dimensión, esta variable tiempo en realidad viene a ser el cronograma de actividades y trabajo. Esta integración del cronograma con el modelo 3D facilitará a los involucrados realizar simulaciones de los procesos constructivos del proyecto. Mediante estas simulaciones se podrá analizar si la secuencialidad de las actividades es correcta con el objetivo de elaborar un plan de ejecución.

El modelado 4D repercute de forma significativa en el proyecto puesto que vuelve su resultado final más predecible, eficiente y seguro (Mata, 2022).

- **Quinta dimensión (5D) Costos:**

Según Mata (2022) esta dimensión del BIM contempla la determinación y el control del presupuesto, lo que se busca en esta etapa es mejorar la rentabilidad del proyecto. En esta fase se realiza la asociación de la EDC (Estructura de descomposición de Costos) con las cantidades de los recursos (mano de obra, equipos, herramientas, materiales). Además, para que los encargados de operar en un futuro el proyecto tengan un mayor control de sus costos de operación, se puede aprovechar esta etapa para hacer la estimación y la organización de estos. Mata (2022) también afirma que cuando el presupuesto se elabora de forma tradicional y luego se desea realizar un modelo BIM (4D+5D), puede darse en algunas ocasiones ciertas desviaciones en el cálculo y determinación del tiempo, el costo y el alcance del proyecto.

- **Sexta dimensión (6D) Sostenibilidad y Eficiencia energética:**

De acuerdo a Mata (2022) en esta dimensión se presenta un tema muy relevante y que representa un valor agregado del proyecto que es la sostenibilidad ambiental. Mediante esta representación digital. Otro de los nombres de esta dimensión es Green BIM. En esta etapa se realiza un análisis del consumo energético de la edificación con el objetivo de reducir el impacto al medio ambiente.

- **Séptima dimensión (7D) Gestión del Ciclo de Vida del Activo:**

Según Mata (2022) en esta dimensión se busca prevenir y preparar aquellas tareas o actividades para realizar el mantenimiento de la edificación durante su ciclo de vida o su fase operativa. Gracias a esta modelo se podrá programar y simular mantenimientos, inspecciones, etc., facilitando de esta manera el control logístico y operacional de la edificación.

En la siguiente figura N°2.10 se mostrarán las dimensiones BIM en las que puede modelarse un proyecto de construcción.



Figura N°2.10 Las 7 dimensiones BIM: 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D y 7D

Fuente: Vitorino Bravo Patricia Alejandra, 2020, <https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim>

2.1.2.3 Herramientas del modelado BIM.

Actualmente existe una diversidad de herramientas orientadas al modelado de la información. En este apartado presentarán los softwares de modelado BIM más conocidos del sector, los cuales han brindado un aporte muy importante tanto en el diseño, gestión, ejecución, operación y mantenimiento de proyectos de construcción. Estos programas han ido evolucionando con el pasar de los años con el objetivo de cubrir las necesidades que exige un proyecto de construcción. A continuación, se describirán los softwares que son utilizados con más frecuencia en la actualidad.

2.1.2.3.1 Software para Modelado BIM-3D.

Los softwares de modelado BIM-3D son herramientas que tienen como función principal la representación tridimensional de una edificación de forma virtual. Dentro de los softwares de modelado BIM-3D más conocidos en la industria de la construcción están los siguientes:

✓ **Autodesk Revit:**

Según Delgado (2020) Revit es un software diseñado por la empresa Autodesk. Este software sirve de herramienta para ingenieros estructurales, arquitectos, ingenieros eléctricos, ingenieros sanitarios, contratistas y diseñadores, el cual permite la elaboración de modelos inteligentes que facilitan la planificación,

gestión, construcción y administración de proyectos de construcción a nivel de 2D y 3D. Asimismo, facilita al modelador trabajar en dos entornos:

-Entorno del proyecto: El usuario en este entorno podrá desarrollar el modelo de la edificación, así como también podrá realizar sus respectivas modificaciones o actualizaciones si es conveniente.

-Entorno del editor familias: El usuario en este entorno podrá crear y modificar elementos de forma individual de acuerdo a las especificaciones que exige el expediente.

✓ **ArchiCAD:** De acuerdo Delgado (2020) ArchiCAD es el segundo software con más popularidad en el sector de la arquitectura y la ingeniería. Este programa fue desarrollado por compañía húngara Graphisoft en 1982 y fue lanzado al mercado en 1987.

Delgado (2020) afirma también que este software fue el primero en realizar modelos virtuales en 2D y 3D, hecho que revolucionó la industria la industria de la construcción. ArchiCAD presenta una gran similitud con Revit si se trata del modelado virtual haciendo uso objetos paramétricos, sin embargo, uno de los detalles más resaltantes que presenta este software es su interfaz, la cual es una de las características más distintivas que diferencia a ArchiCAD de Revit.

✓ **ALLPLAN:** Este software fue desarrollado por la empresa alemana Nemetschek en 1984. En sus inicios este programa estuvo orientado al diseño arquitectónico de proyectos de construcción, pero con el pasar de los años la empresa se vio en la necesidad de cumplir también las exigencias que solicitaba el campo ingenieril, es por eso que adaptó este software BIM específicamente para el campo de la ingeniería civil. (Delgado, 2020, p.18).

De acuerdo a Delgado (2020) la ventaja principal que brinda este software es que permite a los usuarios trabajar tanto en 2D como en 3D haciendo uso de elementos paramétricos. Además, las soluciones que presenta este programa están orientadas a la gestión de instalaciones, arquitectura, ingeniería y costes tomando en cuenta el ciclo de vida del proyecto.

2.1.2.3.2 *Softwares para Modelado BIM-4D.*

Los softwares de modelado 4D son herramientas que permiten la vinculación inteligente entre el modelo tridimensional y el cronograma del proyecto. Dentro de los softwares más empleados y conocidos a nivel mundial se encuentran los siguientes:

✓ **Autodesk Navisworks:** Esta herramienta BIM-4D fue diseñada y desarrollada por la compañía Navisworks en el Reino Unido y posteriormente adquirida por Autodesk el año 2007.

Según Tarancón (2019) este instrumento BIM permite la vinculación de softwares externos de planificación con el modelo tridimensional, debido a que no cuenta con herramientas de planificación interna. Es importante recalcar que la interoperabilidad entre Revit y Navisworks es excelente puesto a que pertenecen a la misma compañía Autodesk.

✓ **Synchro Pro:** Este software de BIM-4D fue desarrollado por la compañía Synchro Ltd. y adquirida el 2018 por la empresa Bentley Systems. Es el programa más potente en lo referente a simulación 4D y análisis de calendario. Otras de las características que hacen fuerte a este software es a que parte de permitir la vinculación de modelos 3D con softwares de planificación externa, también es posible elaborar la planificación interna desde Synchro Pro, puesto a que presenta una herramienta de planificación interna llamada Synchro Scheduler. (Elgohari, 2019)

✓ **Vico Office:** Este programa de simulación BIM-4D forma parte de la compañía Trimble. Este software es ideal para obras lineales puesto a que utiliza el método de líneas de balance para realizar la programación de obra (Lines of Balance). Dentro de las funcionalidades de este software se encuentra la posibilidad de programar en formato Gantt, elaborar histograma de recursos, integrar softwares de planificación con modelos 3D, realizar simulaciones del avance del proyecto, así como también permitirá al usuario la visualización de los procesos constructivos de cada actividad. (Galiano, 2018).

2.1.2.3.3 Softwares para Modelado BIM-5D.

Los softwares BIM para la medición y elaboración de presupuestos son aquellas herramientas que permitirán vincular de forma inteligente al modelo tridimensional los costos del proyecto. Entre los softwares más empleados de modelo BIM-5D están los siguientes:

✓ **Presto:** El software Presto con el módulo COST-IT pertenece a la compañía española RIB-Spain.

Según la nota técnica Gestión del cambio con Cost-it publicada por la RIB Spain (2022) las soluciones que brinda el software Presto y el módulo Cost-it es en primer lugar la generación automática de presupuestos, es decir, si hay una

modificación del modelo 3D del proyecto los presupuestos se modificarán de forma automática también; en segundo lugar realiza la comparación entre las versiones del presupuesto con el objetivo de analizar, corroborar y validar las modificaciones realizadas al modelo; por último este software brindará al usuario la capacidad de poder integrar sus procesos de colaboración y reparto de responsabilidades, tareas y flujos de información, con la finalidad de optimizar el potencial el uso del software Presto.

✓ **CYPE ARQUIMEDES:** Este software BIM permite la gestión y el control de los costos del proyecto. Este programa fue desarrollado por la compañía CYPE Ingenieros. El módulo Arquímedes de Cype permite la conexión de este software de forma directa con Revit. El presupuesto que calculará el complemento Arquímedes lo realizará a partir del modelo BIM generado en Revit. El módulo med-BIM permitirá a los usuarios trabajar de forma simultánea tanto en Revit como en Cype Arquímedes, así como también permitirá trabajar solo desde el Cype Arquímedes por medio de la importación de archivos de Revit. (Medina, 2021).

Capítulo III: Metodología de costos y presupuestos dinámicos y sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance

Para determinar los beneficios de la metodología de costos y presupuestos dinámicos es importante hacer un análisis comparativo frente al modelo clásico de estimación de presupuestos, el cual será descrito a continuación.

3.1 Modelo clásico de estimación presupuestos (modelo actual):

De acuerdo a Rodríguez y Valdez (2008) el modelo clásico de estimación de costos es denominado con el nombre de “presupuestos estáticos”, este nombre se le atribuye debido a que solo toma en cuenta dos variables del triángulo de la gerencia de proyectos, los cuales son el costo y el alcance, para definir el presupuesto de un proyecto.

Este modelo de elaboración de costos plantea primero la elaboración del presupuesto y después la planificación de este, esto se puede verificar porque dicho presupuesto no puede ser utilizado en obra. Uno de los motivos de esta deficiencia por los cuales sucede esto en gran parte de Latinoamérica y en Perú, es que este presupuesto se elabora siguiendo el proceso tradicional basado en el diseño-licitación-construcción, es decir, solo se estima el presupuesto como Valor referencial, mas no para ser usado en la ejecución de la obra. Adicionalmente a este punto es importante agregar que el cronograma contractual no será útil para ser usado en obra. (Rodríguez y Valdez 2008).

Otro de los aspectos que se toman en cuenta en este modelo es que el planteamiento de la EDT se realiza a nivel de partidas, lo que representa un límite para la empresa que ejecuta el proyecto puesto a que el nivel de desglose del trabajo no es suficiente para facilitar su control en obra. Es importante añadir complementariamente a este aspecto, que los metrados brindados por este modelo no dependen de la EDT del proyecto, lo que imposibilita localizar lo que se desea medir, así como también verificar dicho medrado. Los autores de la metodología de presupuestos dinámicos en base a esto aseguran que los metrados estimados por el modelo de presupuesto estáticos no se encuentran ligados a una planificación, es por eso que se denomina a esta etapa como “isla 1”. De forma paralela a la estimación de metrados, se realiza la elaboración de los costos unitarios tomando en cuenta el método de factores o rendimientos y de base expedientes técnicos similares, obviando de esta manera la naturaleza única

que posee cada proyecto de construcción. A esta etapa se le considera como la “isla 2”, puesto a que se realiza de forma independiente a los demás procesos que constituyen este modelo. Respecto al análisis y estimación de los gastos generales del proyecto (isla 3), comúnmente en proyectos de edificaciones, para calcular los costos indirectos se suele asumir su valor como un porcentaje del costo directo. Mientras que en proyectos de infraestructura si se desarrolla un análisis y estimación de los gastos generales, sin embargo, este análisis se realiza sin una planificación previa del proyecto. Otro punto a tener en cuenta relacionado a los costos es la estimación de la Utilidad del proyecto, donde para su cálculo solo se asume como un porcentaje del costo directo y no se le da la importancia que debería tener al proceso de su análisis. Finalmente se elabora el presupuesto del proyecto utilizando como herramientas a softwares propios de la gestión proyectos, de los cuales se obtienen reportes como las fórmulas polinómicas y el análisis de costos unitarios. Todo lo anterior mencionado se podrá verificar en el flujograma del modelo clásico de estimación de presupuestos (presupuestos estáticos) elaborado por el Ing. Walter Rodríguez Castillejo y la Ing. Doris Valdez Cáceres. (Rodríguez y Valdez, 2020).

Continuando con la descripción del modelo clásico, el sistema en que está basado dicho modelo, es la producción basada en el sistema de empuje (push), es decir, que cuando se realiza la programación de actividades no se toman en cuenta las restricciones ya sea de recursos, mano de obra o que no se cumpla correctamente con la finalización de alguna tarea precedente, repercutiendo de forma directa en el cronograma del proyecto.

De acuerdo a Rodríguez y Valdez (2020) el modelo clásico de estimación de presupuestos no tiene en cuenta la aplicación de buffers o amortiguadores de plazo en la programación del proyecto, es por eso que los problemas de caer en incumplimientos de plazo y la generación de sobrecostos en el proyecto son recurrentes cuando se realiza la gestión de proyectos bajo este enfoque. Los buffers o amortiguadores son herramientas muy útiles si se desea reducir el efecto de la variabilidad inherente que presenta todo proyecto de construcción y que puede generar dichas deficiencias en el proyecto mencionadas anteriormente.

Otro punto importante a resaltar respecto a la variable del tiempo, en el modelo clásico de estimación de presupuestos, las empresas constructoras después de haber ganado la licitación no realizan una revisión del plazo propuesto por la

entidad, sin tener en cuenta que este factor puede ser muy importante para poder plantear una planificación previa del trabajo y los recursos que se usarán en la ejecución del proyecto. Resultado de este aspecto es que la estimación de las duraciones y los recursos diarios de cada tarea mantengan el enfoque con el cual fueron estimados en la etapa de diseño, el cual no busca la mejora continua en caso de encontrarse algún tipo de restricción de recursos (mano de obra, equipo, material o herramientas) en la ejecución del proyecto. (Rodríguez y Valdez, 2008). Continuando con la descripción, otro problema muy recurrente que puede presentar el modelo clásico de estimación de costos, es la elaboración del cronograma de recursos, el cual solo depende del análisis de costos unitarios, mas no de una planificación previa de los recursos del proyecto. Esto representa una desventaja, puesto a que no se toman en cuenta determinadas restricciones relacionadas a los recursos, lo que impide un uso eficiente de estos en la ejecución del proyecto. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Este modelo como se mencionó anteriormente se considera estático puesto a que considera los procesos para estudiar los costos y tiempos como islas independientes entre sí. Es importante agregar también que esta falta de integración de las variables mencionadas anteriormente, se debe a que no es común aplicar herramientas como el flujo de caja financiero, la cual facilita el control y seguimiento de los costos de obra en el tiempo. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Adicionalmente, otro punto a resaltar relacionado al control del presupuesto y tiempo es que el modelo de presupuestos estáticos utiliza el método del valor ganado para llevar un control y seguimiento del avance físico y económico del proyecto, sin embargo estos resultados relacionados al avance, obtenidos de la aplicación de este método control, no garantizan con certeza dar conocimiento del estado del proyecto en caso de encontrarse atrasado o adelantado, lo que puede generar ineficiencia en el transcurso de la ejecución del proyecto. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Finalmente es importante añadir que este modelo no considera dentro de sus criterios el factor constructabilidad y la técnica de Last Planner. El factor constructabilidad como se mencionó anteriormente es todo el conocimiento y experticia que puede garantizar el gestor de proyectos en la elaboración de

presupuestos. Mientras que Last Planner es una técnica muy ligada a la filosofía Lean Construction (Rodríguez y Valdez, 2008).

3.2 Metodología de costos y presupuestos dinámicos:

Como se mencionó anteriormente en el marco teórico la metodología de presupuestos dinámicos es un nuevo modelo que busca romper el paradigma de elaboración costos y presupuestos. Recibe el nombre de “presupuestos dinámicos” puesto a que toma en cuenta las variables que componen el triángulo de la gerencia de proyectos (Alcance, costo total y plazo contractual) y el triángulo de la gerencia de la producción (Alcance interno-Calidad de procesos internos, costos directos y plazo interno de obra), y las integra, interrelaciona y unifica mediante el uso del flujo de caja financiero.

La idea de los autores de la metodología de costos y presupuestos dinámicos es plantear primero la planificación del presupuesto y luego realizar su estimación, esto se realiza con el objetivo de que el presupuesto calculado no solo sirva como un valor referencial del proyecto, sino como un presupuesto de obra. Este cambio de visión permitirá a las empresas peruanas mejorar su competitividad no solo en la elaboración de presupuestos sino en la ejecución de los proyectos, puesto a que los costos serán más acordes a cómo serán invertidos en la realidad. Dentro de este punto es importante recalcar que el cronograma contractual elaborado por esta metodología podrá ser utilizado en obra. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Respecto a la gestión del alcance, este nuevo modelo plantea que la EDT del proyecto debe desglosarse a nivel de metrados con el objetivo de que el nivel de desglose del trabajo permita a las empresas constructoras facilitar el control en obra. Es importante añadir que la elaboración de metrados planteada en esta metodología se realice de forma sectorizada o por frentes de trabajo. Esto permitirá localizar con facilidad lo que se desea medir, así como también verificar dichos metrados. Por lo tanto, se puede asegurar que los metrados dependerán de lo definido en la EDT del proyecto, de lo que se podría concluir que la estimación de metrados planteada por este modelo, se encontrará íntimamente ligada a la planificación del alcance. De forma paralela se realiza la planificación de recursos (mano de obra, equipos, material y herramientas) del proyecto. Para desarrollar este paso se usará como herramienta la EDR, la cual será definida a partir de la EDT del proyecto. Otras de las actividades que también se desarrollan

en paralelo a la EDT, es la definición de los responsables del proyecto. Para poder definir cuáles son los responsables (personal técnico y administrativo de la empresa) del proyecto se utilizará como herramienta de planificación la EDO. Con los recursos ya definidos en la EDR, se procederá a la elaboración de la EDC. Esta herramienta junto con el estudio de mercados, serán de mucha utilidad para poder realizar el análisis de costos unitarios directos. Mientras que la EDO será útil para poder realizar el análisis de costos indirectos del proyecto (Gastos técnicos y administrativos). Con los costos directos y los costos indirectos ya calculados, se procede a estimar la Utilidad del proyecto la cuál será calculada en función a un análisis de riesgos. De lo descrito anteriormente es importante resaltar, que este modelo si toma como prioridad la naturaleza única que presenta cada proyecto, es por eso que los autores de la presente metodología proponen como paso principal la planificación del proyecto de forma integrada e interrelacionada entre sí. Como paso siguiente a la estimación de costos y utilidad, se procederá a la elaboración de un presupuesto preliminar. Con el presupuesto preliminar listo, se procederá a la estimación de recursos diarios y duraciones de cada una de las tareas del proyecto, con ayuda de la Teoría de restricciones y la hoja de planificación y programación. Luego de haber determinado los recursos diarios y la duración de cada tarea, se procederá a definir la secuencia lógica de la red. Estos datos serán ingresados a un software de gestión de proyectos con el objetivo de determinar la programación del proyecto, realizar la asignación recursos y costos y dar como reportes el cronograma valorizado de recursos y el cronograma valorizado por tareas, los cuales serán de vital importancia para la aplicación del flujo de caja financiero, donde se compararán los ingresos acumulados con los egresos acumulados del proyecto. El resultado obtenido de esta comparación servirá para reajustar los Gastos generales. Con los Gastos generales reajustados se procederá a elaborar el presupuesto final del proyecto. (Rodríguez, Valdez, 2008).

Continuando con la descripción del modelo de presupuestos dinámicos es importante tener en cuenta que al aplicar la Teoría de restricciones se está considerando que el sistema de producción implantado por este modelo es el sistema pull. El cual es un método que permite la asignación de los recursos en los procesos, a partir de un análisis de restricciones, con el objetivo de que dichos recursos sean capaces de cumplir con el trabajo que comprende cada proceso.

Como se mencionó anteriormente cada proyecto de construcción por naturaleza es único y cuenta con características propias que lo diferencian de los demás. Inherentemente a esta naturaleza cada proyecto cuenta con un determinado grado de variabilidad e incertidumbre. Los cuáles pueden repercutir de forma negativa en la ejecución del proyecto, debido a que generan sobrecostos y mayores plazos de ejecución. Para reducir este grado de variabilidad en las tareas, los autores de la metodología de presupuestos dinámicos, proponen la aplicación de los buffers o amortiguadores de plazo. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Otros de los criterios obligatorios que plantea el modelo de presupuestos dinámicos, es que la empresa después de haber ganado la licitación debe revisar y evaluar de forma detallada el plazo propuesto por la entidad. Este factor es muy importante y de carácter obligatorio, porque permitirá a la empresa ejecutora realizar una planificación previa del trabajo y los recursos que empleará en la ejecución del proyecto. Esta planificación se realizará bajo un enfoque de mejora continua, puesto a que se encargará de eliminar de forma sistemática cualquier tipo de restricción en caso de presentarse en la ejecución del proyecto. Este enfoque de mejora continua se da gracias a la aplicación de la Teoría de restricciones a la planificación y programación del proyecto. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Otro punto a tener en cuenta del modelo de presupuestos dinámicos es que la elaboración del cronograma de recursos dependerá no solo del análisis de costos sino también de lo planificado previamente. Esto representa una ventaja, puesto a que, si se toman en cuenta determinadas restricciones relacionadas a los recursos, lo que permite un uso eficiente de estos en la ejecución del proyecto. (Rodríguez y Valdez, 2008).

Este modelo como se mencionó anteriormente se considera dinámico, puesto a que integra e interrelaciona los tres atributos que conforman un proyecto (Costo, tiempo y alcance). La herramienta clave que le dará el carácter dinámico a esta metodología es el flujo de caja financiero. La aplicación de este instrumento financiero permitirá llevar el control del estado financiero del proyecto en el tiempo. Para el control del presupuesto y del tiempo el modelo de presupuestos dinámicos utiliza el método del valor ganado para llevar un control y seguimiento del avance físico y económico del proyecto, sin embargo, para respaldar dicho método de control utiliza también el Porcentaje de Procesos Completados (PPC).

Finalmente es importante añadir que dentro de este modelo si considera los criterios el factor de constructabilidad (experticia del gestor de proyectos) y la técnica de Last Planner (técnica propia de la filosofía Lean Construction).

A continuación, se mostrará un análisis comparativo (modelo de presupuestos estáticos vs modelo de presupuestos dinámicos) donde se comparan y resumen cada una de las características descritas.

Tabla N°3.1 Análisis comparativo del modelo clásico vs el modelo de presupuesto.

ANÁLISIS COMPARATIVO	
MODELO CLÁSICO	MODELO PROPUESTO
Plantea primero la elaboración del presupuesto y después la planificación de este.	Plantea primero la planificación del presupuesto y después la estimación de este.
Toma en cuenta solo 2 variables (costo y alcance) del triángulo de la gerencia de proyectos para definir el presupuesto.	Toma en cuenta el triángulo de la gerencia de proyectos (costo, tiempo y alcance) de Harold Kezner y el triángulo de la gerencia de la producción para definir el presupuesto. De los cuales propone un nuevo gráfico, el cual tiene por nombre "Rombo para el presupuesto dinámico".
El presupuesto se elabora para ser usado como Valor Referencial, mas no para ser utilizado en obra. Sirve para realizar valorizaciones y controlar el avance físico del contrato.	El presupuesto elaborado por esta metodología sirve como Valor Referencial y como presupuesto de obra. Sirve realizar el alquiler de los equipos y la compra de materiales.
El EDT propuesto es a nivel de partidas, este nivel de desglose no es suficiente para facilitar su control en obra.	El EDT propuesto es a nivel de metrados, este nivel de desglose facilita localizar la cuantificación de las tareas y llevar un mejor control de estas en obra.
Los metrados no dependen de la EDT, lo que imposibilita verificar dicho metrado.	Los metrados se encuentran íntimamente ligadas a la EDT del proyecto.
No se crea ningún sistema de metrados.	Maneja un sistema de metrados.
Con el modelo clásico no es posible la logística de recursos.	Si es posible gestionar la logística de los recursos.
Los metrados no se encuentran ligados a una planificación.	Los metrados si se encuentran ligados a la planificación del alcance
No se tiene en cuenta la naturaleza única de los proyectos en el análisis de costos unitarios.	Los análisis de costos unitarios se realizan en función a la EDR del proyecto.
El análisis de gastos generales se estima como un porcentaje del costo directo.	El análisis de gastos generales se realiza en función a la EDO, los gastos financieros y el flujo de caja financiero.
La utilidad se estima como un porcentaje del costo directo.	La utilidad se estima en función a un análisis de riesgos.
El sistema producción basada del modelo clásico es el sistema de empuje (push).	El sistema producción basada del modelo clásico es el sistema de empuje (pull).
No aplica la Teoría de restricciones para evaluar el plazo contractual de un proyecto.	Aplica la Teoría de restricciones para evaluar el plazo contractual de un proyecto.

El cronograma de recursos solo depende del análisis de costos unitarios, mas no de una planificación previa de los recursos del proyecto.	El cronograma de recursos depende del análisis de costos unitarios, así como también de una planificación previa de los recursos del proyecto.
No se utilizan los buffers o amortiguadores de plazo.	Plantea el uso de buffers o amortiguadores de plazo.
No se toma en cuenta el factor constructabilidad ni la técnica Last Planner.	Si se toma en cuenta el factor constructabilidad ni la técnica Last Planner.
No se aplica el flujo de caja financiero.	Si se aplica el flujo de caja financiero.
No es compatible con la tecnología BIM	Si es compatible con la tecnología BIM.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que en este capítulo se está realizando la comparación del modelo clásico de estimación de presupuestos versus el modelo propuesto (metodología de presupuestos dinámicos), con la finalidad determinar las bondades del modelo propuesto frente a lo clásico.

Otro punto importante a recalcar es indicar que parte de la filosofía de la metodología de presupuestos dinámicos, es que el “Valor Referencial”, también sirva como “presupuesto meta o de obra”. Esta premisa será tomada en cuenta para estimar el presupuesto meta en la fase de pre-construcción, específicamente en el período posterior al proceso de la licitación, cuando se ha elegido al presupuesto oferta ganador del concurso, y además se cuentan con las memorias descriptivas, los planos de las especialidades, las especificaciones técnicas y el cronograma general del proyecto ya definidas en el contrato, documentación que será muy útil para estimar el presupuesto meta, elaborar el cronograma interno de obra, compatibilizar la información de los planos y desarrollar la simulación BIM 4D/5D.

Lo cual permitirá corroborar más adelante la comparación realizada anteriormente, mediante la aplicación a un caso de estudio.

Capítulo IV: Tecnología BIM-5D y sus beneficios en la gestión del costo, tiempo y alcance

Para determinar los beneficios de la tecnología BIM-5D es importante hacer un análisis comparativo frente al uso de los softwares clásicos de gestión de proyectos los cuales serán descritos a continuación.

4.1 Softwares clásicos de gestión de proyectos (Autocad, Msproject Y S10):

Los softwares convencionales de gestión de proyectos son aquellos instrumentos digitales que son comúnmente utilizados para el diseño de planos, planificación, programación y presupuesto de obra. Dentro de los softwares más utilizados y más conocidos se encuentran el programa AutoCAD, Ms Project y el software de costos y presupuestos S10. A continuación se describirán cada uno de los softwares mencionados anteriormente.

4.1.1 AutoCAD:

Este programa es muy usado en el sistema tradicional de diseño de planos, sin embargo, la representación digital brindada por este software puede presentar deficiencias y ambigüedades, que pueden generar confusión en el gestor de proyectos, lo que se traduce en sobre costos y ampliaciones de plazo en la etapa de ejecución del proyecto.

A continuación, se detallarán las características principales que presenta el software AutoCAD a la hora de ser aplicado a un proyecto de construcción:

- ✓ El sistema utilizado por este software es el sistema CAD (Diseño Asistido por Computador). Este sistema tiene como objetivo principal representar computacionalmente el proyecto, ya sea en 2D o 3D. Las representaciones computacionales en 2D elaboradas por este software se realizan en base a entidades geométricas como puntos, líneas, polilíneas, polígonos y arcos, mientras que para representar computacionalmente el proyecto en 3D se utilizarán superficies y sólidos. Es importante tener en cuenta que este software está basado en la forma tradicional de elaboración de planos (dibujados a mano), la única diferencia con esta, es que utiliza herramientas informáticas como el AutoCAD para realizar dichas representaciones geométricas. (Delgado, 2020)

- ✓ La relación entre las vistas en planta, cortes, alzados y vistas en 3D elaboradas por el software AutoCAD, son netamente independientes, puesto que, a la hora de aplicar un cambio al modelo del proyecto, es necesario corregir de forma manual cada una de las vistas por separado. (Delgado, 2020).
- ✓ Respecto a los datos asociados utilizados por el programa AutoCAD, como los bloques con atributos, presentan limitaciones respecto a la información que pueden contener como propiedades físicas (volumen, área, materiales, etc.). (Delgado, 2020).
- ✓ La información brindada por el software AutoCAD en los proyectos de construcción es limitada, puesto a que solo muestra los planos en vistas 2D y esto limita al gestor de proyectos a detectar conflictos como interferencias e incompatibilidades en los planos. (Alcántara, 2013).
- ✓ Este software no permite que los involucrados desarrollen el diseño del proyecto bajo un mismo modelo de forma colaborativa, es decir, que los implicados trabajan de forma independiente en la disciplina que le corresponda, sin tener en cuenta el conflicto interdisciplinar que pueda presentarse en la etapa de ejecución del proyecto. (Delgado, 2020).

4.1.2 Ms Project:

De acuerdo a Tarancon (2019) es el programa de planificación y programación más utilizado en el mundo. Este software tiene como funciones principales ordenar las actividades del proyecto siguiendo una secuencia lógica y asignarles sus respectivas duraciones. La herramienta gráfica utilizada por este software es el Diagrama de Gantt.

A continuación, se mencionarán algunos aspectos importantes a tener en cuenta del software Ms Project a la hora de realizar la programación de proyectos de construcción.

- ✓ La programación del proyecto se realiza nivel de dos dimensiones y es representada gráficamente mediante diagrama de Gantt. (Elgohari, 2016).
- ✓ Para comparar la línea base contra el avance real del proyecto, es necesario que se imprima toda la programación y analizar los gráficos de barras, lo cual puede resultar tedioso debido a que la comparación debe realizarse de forma manual, puesto a que el cronograma puede abarcar muchas páginas en físico. (Elgohari, 2016).

- ✓ Para realizar el seguimiento y control de avance del proyecto, tradicionalmente este software se complementa con el uso de un sistema de colores en el diseño, los cuales sirven de indicadores y permiten informar el avance de este, sin embargo, este informe no mostrará de forma precisa el progreso real del proyecto. (Elgohari, 2016).
- ✓ Mediante este software es difícil detectar conflictos relacionados a la secuencialidad de actividades, puesto a que la información brindada por este software es bidimensional. (Elgohari, 2016).
- ✓ Respecto a la prevención y resolución de conflictos, el software Ms Project si permite detectar aquellas modificaciones que pueden presentarse en la planificación del proyecto, así como también aquellos cambios imprevistos que puedan presentarse en la etapa de ejecución, sin embargo, no será posible identificar con claridad y transparencia cuales son los responsables de cualquier variación que se presente en el proyecto, debido a que por sí mismo este software no permite el trabajo de forma colaborativa. (Tarancon, 2019).
- ✓ El software Ms Project a comparación de los softwares BIM no permite una buena gestión de estos, puesto a que no indica en qué momento serán utilizados ni en que sección de la obra serán situado. (Tarancon, 2019).
- ✓ Un punto significativo relacionado al software Ms Project es que el intercambio de información que brinda este programa es restringido a cualquier consulta o cambio, en el caso de compartir dicha información con otros agentes del proyecto, lo que puede ser un inconveniente en la gestión del proyecto debido a que si se presenta una modificación en la planificación esta debe ser subsanada individualmente por cada una de los agentes encargados. (Tarancon, 2019).
- ✓ El software Ms Project no es un software BIM, sin embargo, es interoperable con los principales softwares BIM como Navisworks, Synchro pro, etc. (Tarancon, 2019).

Es importante tener en cuenta que Microsoft Project es un excelente programa relacionado a la programación de proyectos, sin embargo, frente a la planificación, este software no cumple en gran parte con las expectativas que exige la gestión de proyectos.

4.1.3 S10:

De acuerdo a Medina (2021) la amplitud que brinda el software S10, es decir, la cantidad de metas que puede alcanzar el programa son los siguientes: Estimación de cantidades, cálculo de gastos generales, elaboración de fórmulas polinómicas, lista de insumos, programación de obra (permite añadir la duración a cada partida más no las relaciones de secuencialidad), valorización con apoyo de Excel.

A continuación, se mencionarán algunos aspectos importantes a tener en cuenta del software S10 a la hora de elaborar el presupuesto de un proyecto de construcción.

- ✓ El programa S10 por sí mismo no cuenta con la alternativa de programación de obra por ese motivo, es necesario que se apoye de algún software de programación como Ms Project, sin embargo, cuenta con la opción de estimar las duraciones que se necesitan para cumplir con cada tarea. (Medina, 2021).
- ✓ Para realizar las valorizaciones y control de obra, el software S10 debe apoyarse de una hoja de Excel. (Medina, 2021).
- ✓ El software S10 cuenta con un enlace de 5 programas, dentro de los cuales se encuentran los siguientes: Programas de office (Excel y Word), softwares con formato PDF, el software Delphin Express, el software Sistemas RW7 y con el software Ms Project. (Medina, 2021).
- ✓ Una de las limitaciones que presenta el software S10, es la transportabilidad de la información, puesto que para compartir dicha información y poder visualizar en otra computadora, es necesario crear una copia de seguridad, lo cual puede resultar un poco tedioso. (Medina, 2021).
- ✓ Es posible realizar el control de obras con este software, sin embargo, es recomendable que se tenga como apoyo externo una hoja de Excel. (Medina, 2021).
- ✓ Para la elaboración del presupuesto con el software S10, es recomendable que el usuario cuente con una experiencia en este rubro, con la finalidad de que, al momento de introducir los datos referidos al insumo, elija correctamente el índice unificado que brinda el INEI. (Medina, 2021).

4.2 Softwares de la tecnología bim (Revit, Synchro Pro y Cype Arquimedes):

Los softwares que ofrece la tecnología BIM son aquellas herramientas que permiten gestionar la información de un proyecto de forma única e integrada por medio de un modelo digital. Dentro de los softwares que se describirán en la presente investigación se encuentran el Autodesk Revit, el Synchro Pro y el Cype Arquímedes. A continuación, se detallarán cada una de las características que presentan estos softwares.

4.2.1 Revit:

Como se mencionó anteriormente este software pertenece a la empresa Autodesk. Esta herramienta se encuentra orientada al modelado de la información en 3D y sirve como instrumento para las diferentes especialidades que conforman un proyecto como Arquitectura, Estructuras, Instalaciones de agua, etc.

Actualmente este programa es muy utilizado en el campo laboral y uno de los usos que se le da es para detectar interferencias e incompatibilidades por medio de la coordinación de las diferentes especialidades a través de sesiones ICE.

- ✓ El sistema utilizado por este software es el sistema BIM (Building Information Modeling). Este sistema tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de información digital que sea utilizado para la fase de diseño, construcción y operación de un proyecto civil. Para representar la información en el modelo virtual se hace uso de objetos paramétricos como muros, vigas, pisos, columnas, etc., lo cuales además de permitir la visualización tridimensional del proyecto de construcción, sirven para estimar metrados, obtener cualquier tipo de planos, así como también compatibilizar la información de las diferentes especialidades, etc. (Delgado, 2020).
- ✓ La relación entre las vistas en planta, cortes, alzados y vistas en 3D elaboradas por el software Revit, se encuentran íntimamente ligadas, esto se debe a que, a la hora de realizar una modificación al modelo del proyecto, automáticamente se actualizan todas las vistas de este. (Delgado, 2020).
- ✓ La información que maneja el programa Revit como los objetos paramétricos además de representar visualmente el objeto en 3D, cuenta con información adicional como las propiedades físicas (volumen, área, materiales, etc.). (Delgado, 2020).

- ✓ La información brindada por el software Revit en los proyectos de construcción aparte de mostrar la información a nivel 3D para detectar conflictos como interferencias e incompatibilidades en los planos, tiene la función de estimar las cantidades de forma automática de los materiales por medio de las tablas de planificación a partir del modelo. (Delgado, 2020).
- ✓ Este software permite a los involucrados desarrollar desde etapas tempranas la integración interdisciplinar, es decir, que facilita a los implicados trabajar de forma colaborativamente en la disciplina que le corresponda, teniendo en cuenta los conflictos u obstrucciones que puedan generar en otras disciplinas. (Delgado, 2020).

4.2.2 Synchro Pro:

Como se indicó anteriormente este software pertenece a la empresa Bentley Systems. Esta herramienta permite al usuario realizar la simulación 4D y la planificación de proyectos.

A continuación, se mencionarán algunos aspectos importantes a tener en cuenta del software Synchro pro a la hora de realizar la programación de proyectos y la simulación 4D.

- ✓ La programación del proyecto se vincula al modelo 3D, para mejorar la comprensión de la secuencia constructiva del proyecto. (Elgohari, 2019).
- ✓ Para comparar la línea base contra el avance real del proyecto, se puede hacer por medio de comparaciones visuales de videos de 2 minutos (Elgohari, 2019).
- ✓ Para realizar el seguimiento y control de avance del proyecto, el modelo BIM 4D puede ser utilizado en un Ipad y ser actualizado in situ, para luego actualizar en oficina de forma automática su progreso. (Elgohari, 2019).
- ✓ Mediante este software es posible la detección de conflictos relacionados a la secuencialidad de actividades, así como también es fácil de determinar quién es el responsable de las demoras generadas en la etapa de ejecución, por medio de la simulación 4D. (Elgohari, 2019).
- ✓ El software Synchro Pro a comparación del Ms Project realiza una distinción por tipos los recursos 3D que se importan como recursos de equipos, recursos humanos, recursos espacio y recursos materiales. Continuando con el tema de los recursos, se puede afirmar que este software si permite una buena

gestión de estos, puesto a que es posible indicar en qué momento serán utilizados y en que sección de la obra serán ubicados. (Tarancon, 2019).

- ✓ El intercambio de información que brinda este programa no es restringido a cualquier consulta o cambio en el caso de compartir dicha información con otros agentes del proyecto, puesto a que se maneja un modelo integrado, lo que permite tomar decisiones con más facilidad y resolver cualquier problema de forma colaborativa. (Tarancon, 2019).
- ✓ El software Synchro Pro es interoperable con softwares de office como Ms Project, Excel y otros, también con los softwares Primavera P6, Navisworks, PMA NetPoint, etc.

4.2.3 Cype Arquímedes:

De acuerdo a Tarancon (2019), el software Cype Arquímedes es una herramienta que permite desarrollar en un entorno de trabajo BIM la elaboración de presupuestos, análisis de costos unitarios, certificaciones, etc.

A continuación, se mencionarán algunas características importantes a tener en cuenta del software Cype Arquímedes a la hora de elaborar el presupuesto de un proyecto de construcción bajo la metodología BIM.

- ✓ El software Cype Arquímedes cuenta con una sección donde posible ingresar el tiempo de duración de cada partida, de acuerdo al rendimiento de cada cuadrilla, así como también es posible agregar gráficos como diagramas PERT-CPM, diagramas Gantt. (Medina, 2021).
- ✓ Con el software Cype Arquímedes es posible realizar valorizaciones de forma periódica (mensual, semanal y diaria).
- ✓ El software Cype Arquímedes cuenta con un enlace a programas de office (Excel y Word), softwares con formato PDF, el software Revit, con softwares Cype, con Ms Project, AutoCAD y con softwares de documentación BIM (Medina, 2021).
- ✓ En el software Cype Arquímedes, para transportar la información, solo es necesario guardar la información en un lugar fácil de recordar y trasladar dicha información guardada a otra computadora (Medina, 2021).

Tabla N°4.1 Análisis comparativo N°01 (CAD vs Revit).

Análisis Comparativo N°01	
AutoCAD	Revit
El sistema utilizado por este software es el sistema CAD (Diseño Asistido por Computador).	El sistema utilizado por este software es el sistema BIM (Building Information Modeling).
La forma de realizar los planos en este software está basada en la forma tradicional (dibujo a mano), solo que usando herramientas computacionales como el AutoCAD.	Los planos son extraídos a partir del modelo virtual del proyecto, el cual se encuentra compuesto de objetos paramétricos como pilares, vigas, pisos, etc.
La relación entre las vistas en planta, cortes, alzados y vistas en 3D elaboradas por el software AutoCAD, son netamente independientes. Cada vista se debe actualizar manualmente.	La relación entre las vistas en planta, cortes, alzados y vistas en 3D elaboradas por el software Revit, se encuentran íntimamente ligadas. Solo basta con editar el modelo para que todas las vistas se actualicen.
Los bloques con atributos presentan limitaciones respecto a la información que pueden contener como propiedades físicas (volumen, área, etc.).	Los objetos modelados con este software son paramétricos, y pueden contener información como propiedades físicas (volumen, área, etc.)
Este software no permite que los involucrados desarrollen el diseño del proyecto bajo un mismo modelo de forma colaborativa.	Este software permite a los involucrados desarrollar desde etapas tempranas la integración interdisciplinar, es decir, trabajar de forma colaborativamente.
Con este software no es posible detectar interferencias e incompatibilidades entre los planos de las diferentes especialidades.	Con este software si es posible detectar y resolver las interferencias e incompatibilidades entre los planos de las diferentes especialidades.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°4.2 Análisis comparativo N°02 (Ms Project vs Synchro Pro).

Análisis Comparativo N°02	
Ms Project	Synchro Pro
La programación del proyecto se realiza nivel de dos dimensiones (2D) por medio de diagramas de Gantt.	La programación del proyecto se encuentra vinculada al modelo 3D, con la finalidad de mejorar la comprensión de la secuencia constructiva.

Para comparar la línea base contra el avance real del proyecto, es necesario imprimir toda la programación lo que puede ocupar todo	La comparación de la línea base contra el avance real del proyecto se puede realizar forma visual por medio de videos de 2 minutos.
Este software se complementa con el uso de un sistema de colores en el diseño para realizar el control y seguimiento de avance del proyecto.	Para realizar el seguimiento y control de avance del proyecto, solo es necesario tener el modelo BIM-4D en un Ipad para que pueda ser actualizado in situ.
Con este software es difícil detectar conflictos relacionados a la secuencialidad de actividades. No es posible determinar el responsable de las demoras generadas en la ejecución del proyecto.	Mediante este software es más fácil la detección de conflictos relacionados a la secuencialidad de actividades, así como también es posible determinar el responsable de las demoras generadas en la ejecución del proyecto.
El software Ms Project no indica en qué momento serán utilizados los recursos ni en que sección de la obra serán situados.	El software Synchro Pro si puede indicar en qué momento serán utilizados los recursos y en que sección de la obra serán situados por medio de la simulación 4D.
La gestión de la información manejada en este software es restringida entre los agentes encargados, puesto que cualquier cambio en la planificación involucra que este sea subsanado de forma individual por cada disciplina.	El intercambio de información que brinda este programa con otros agentes del proyecto no es restringido a cualquier consulta o cambio, puesto a que se maneja un modelo integrado. Cualquier cambio en la planificación se puede actualizar de forma colaborativa por medio del modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°4.3 Análisis comparativo N°03 (S10 vs Cype Arquímedes).

Análisis Comparativo N°03	
S10	Cype Arquímedes
El programa S10 por sí mismo no cuenta con la alternativa de programación de obra, pero si cuenta con la opción de estimar las duraciones que se necesitan para cumplir con cada tarea.	El software Cype Arquímedes cuenta con una sección donde posible ingresar el tiempo de duración de cada partida, de acuerdo al rendimiento de cada cuadrilla, así como también es posible agregar gráficos como diagramas PERT-CPM, diagramas Gantt.
Para realizar las valorizaciones y control de obra, el software S10 debe apoyarse de una hoja de Excel.	Con el software Cype Arquímedes es posible realizar valorizaciones de forma periódica (mensual, semanal y diaria).

Para transportar la información con este software es necesario crear una copia de seguridad, lo que resulta tedioso.	Para transportar la información solo basta con guardar en un lugar fácil de recordar y cambiar la información a otra computadora.
--	---

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Diseño de propuesta metodológica

Después de haber descrito tanto la metodología de presupuestos dinámicos como la tecnología BIM-5D, se procederá a elaborar la propuesta metodológica tomando en cuenta ambos criterios mencionados anteriormente.

El punto de vista desde el cual se presenta la propuesta se encuentra enfocada para las medianas empresas constructoras, en la fase de pre-construcción (antes de la ejecución de la obra), específicamente en el período posterior al proceso de la licitación, cuando se ha elegido al presupuesto oferta ganador del concurso, y además se cuentan con las memorias descriptivas, los planos de las especialidades, las especificaciones técnicas y el cronograma general del proyecto ya definidas en el contrato, documentación que será muy útil para estimar el presupuesto meta, elaborar el cronograma interno de obra, compatibilizar la información de los planos y desarrollar la simulación BIM 4D/5D. Es importante recalcar que la presente propuesta metodológica se ha realizado a nivel de planificación, la cual será una herramienta orientada y relacionada al campo del ingeniero residente antes del inicio de ejecución de actividades en campo y que el presupuesto meta estimado y los entregables obtenidos mediante esta metodología servirán para realizar una proyección económica del ahorro obtenido respecto a la estimado contractualmente.

La propuesta comprende 3 fases, la primera de las fases consiste en la revisión a detalle de la información del proyecto, con la finalidad de determinar y filtrar la información relevante que será de apoyo para gestionar la información. En la segunda fase se procederá con la aplicación de la metodología de presupuestos dinámicos con ayuda de herramientas BIM-3D, 4D y 5D. La tercera fase consiste en la entrega de la documentación obtenida de la aplicación de los presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D para la ejecución de la obra.

A continuación, se detallarán cada una de las fases planteadas anteriormente.

5.1 Fase I: Revisión de documentación del expediente técnico.

En esta etapa se plantea la revisión de toda la información relevante del proyecto definida en el contrato. Dentro de la información que se sugiere revisar se encuentran los planos de las especialidades, las especificaciones técnicas, el cronograma general del proyecto, la memoria descriptiva, el análisis de costos unitarios y el presupuesto del proyecto.

5.2 Fase II: sinergia entre la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D.

Previamente después de analizar a detalle el expediente técnico (ganador del concurso de licitación) se procede con los siguientes pasos:

5.2.1 Elaboración del EDT a nivel de metrados.

El primer paso para gestionar el alcance según esta metodología es la elaboración del EDT a nivel de metrados, cuyo último nivel de descomposición permite la cuantificación o estimación de metrados. El código del EDT será un parámetro muy importante al momento de elaborar el modelo BIM-3D.

5.2.2 Elaboración del modelo BIM-3D.

Esta etapa consiste en la elaboración del modelo BIM-3D a partir de los planos de las diferentes especialidades y del EDT planteado inicialmente. Es importante que el modelo se encuentre parametrizado en función a la EDT, con el objetivo de extraer los metrados a partir del modelo.

De acuerdo Peña (2021) dentro los procesos comprendidos en el desarrollo del modelo BIM-3D se encuentra la recopilación de la información pertinente disponible de campo, luego está el diseño conceptual (donde se plantea las alternativas más viables del proyecto), después se encuentra el diseño definitivo (donde se define con precisión y detalle la mejor alternativa del proyecto) y finalmente la animación o modelo BIM-3D.

Para el presente caso de estudio como se mencionó anteriormente se cuentan con las memorias descriptivas, los planos de las especialidades, las especificaciones técnicas y el cronograma general del proyecto ya definidas en el contrato, por lo que solo se buscará modelar la información en tres dimensiones por medio de una herramienta BIM de modelado y tomando como input el contenido definido anteriormente indicada.

5.2.3 Detección de interferencias e incompatibilidades en planos.

Según Guzmán (2019) este proceso se debe realizar entre los involucrados de las diferentes especialidades y el equipo BIM del proyecto, con la finalidad de mejorar de forma iterativa los diseños propuestos en el expediente técnico, antes de la etapa de ejecución del proyecto. Las reuniones donde discuten estos problemas son las denominadas sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), cuya

finalidad es la de resolver cada una de las observaciones detectadas y registradas en un reporte por el equipo BIM con ayuda del modelo BIM-3D.

Para la detección de interferencias e incompatibilidades en planos se sugiere la elaboración de un reporte de detección de interferencias e incompatibilidades, el cual permitirá llevar un registro de cada una de las incidencias cuya solución permitirán mejoras en el proyecto.

Dentro de las consideraciones indicadas en el marco teórico y la experiencia adquirida en el campo laboral, se han identificado los siguientes tipos de incompatibilidades:

5.2.3.1 Incongruencia en planta:

Diferencia de información en la misma planta de una especialidad.

5.2.3.2 Incongruencia en corte:

Diferencia de información en el mismo corte o elevación de una especialidad.

5.2.3.3 Incongruencia planta con corte o detalle:

Diferencia entre la planta con la elevación o corte, de una especialidad.

5.2.3.4 Incongruencia entre especialidades:

Información inconsistente entre planos de diferentes especialidades.

5.2.3.5 Interferencia propia de la especialidad:

Superposición de elementos de una misma especialidad.

5.2.3.6 Interferencia entre especialidades:

Superposición de elementos entre diferentes especialidades.

5.2.3.7 Falta de información:

Falta de información en el plano, de especificación o de plano de detalle.

5.2.3.8 Ingeniería de valor:

Sugerencia para la mejora u obtención de beneficio para el proyecto.

5.2.3.9 Aclaración:

Solicitud de aclaración de información en los planos o documentación relevante del proyecto.

Dentro del reporte de detección de incompatibilidades e interferencias también es importante tener en cuenta el grado de impacto de cada una de las observaciones detectadas en el proyecto.

El impacto de las incompatibilidades e interferencias se clasifican en nivel bajo, medio y alto.

Otras de las características del reporte es que indique la fecha de detección de la incompatibilidad y la especialidad de origen, es importante recalcar que la incompatibilidad no solo quede identificada para ser mapeada, sino que será de vital importancia plantear una solución para ser discutida en una reunión con los involucrados del proyecto.

5.2.4 Estimación automática de metrados.

Para estimar los metrados será importante contar con el modelo BIM-3D definido, el cual debe encontrarse parametrizado de acuerdo al EDT planteado inicialmente. La extracción de las cantidades puede ser exportadas a Excel por medio de un complemento como BIM-One, Diroot, etc.

Adicionalmente dentro de los softwares que permiten esta funcionalidad se encuentran Cype Arquímedes, Presto, etc. Los programas anteriormente mencionados no solo extraerán las mediciones del modelo BIM-3D, sino que establecerán una conexión directa entre el modelo BIM-3D con sus respectivos costos unitarios.

5.2.5 Elaboración de planos a partir del modelo BIM-3D.

Como se mencionó en un inicio la documentación obtenida del Modelo BIM-3D contará con una mejor calidad comparado con su versión inicial, puesto que ha sido sometida a una revisión exhaustiva, la cual ha permitido tanto la identificación y la compatibilización de la información de las diferentes especialidades que conforman el proyecto.

5.2.6 Análisis y estimación unitaria, parcial y total de recursos:

Para este proceso es necesario hacer uso de la Estructura de Descomposición de Recursos (EDR). Con ayuda de esta herramienta se podrá definir la hoja de recursos la cual será de mucha utilidad para realizar el estudio de mercado. Es importante aclarar que la estructura de la EDR planteada por los autores en su

metodología ha sido actualizada y será mostrada en la aplicación al caso de estudio.

5.2.7 Estudio de mercado:

Con el modelo BIM-3D y la EDR definidos previamente, se procederá a realizar un estudio de mercado, el cual permitirá conocer el precio de diferentes proveedores de cada uno de los recursos identificados anteriormente, los cuales serán comparados y sometidos a una elección en función a su costo y calidad.

5.2.8 Análisis y estimación unitaria, parcial y total de costos directos:

Con los recursos y sus respectivos precios definidos se procede a realizar el análisis de costos unitarios, para el cuál será necesario el uso de la herramienta conocida como la Estructura de Descomposición de Costos (EDC). Es importante esclarecer que la estructura de la EDC planteada por los autores en su metodología ha sido actualizada y será mostrada en la aplicación al caso de estudio y los anexos.

5.2.9 Elaboración de la EDO:

Con los costos directos definidos se procederá a estimar los gastos técnicos y administrativos del proyecto, los cuales forman parte de los costos indirectos para lo cual será necesaria la Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).

5.2.10 Hoja de planificación y programación:

Luego de estimar los gastos técnicos y administrativos, se debe calcular el plazo interno del proyecto y el buffer del plazo del proyecto. Para determinar el buffer del plazo del proyecto, se debe tener en cuenta la incertidumbre del proyecto para definir el porcentaje de incidencia según los rangos establecidos anteriormente indicados en el marco teórico. Es importante aclarar que la suma del plazo interno más el buffer definen el plazo contractual del proyecto. Después de haber estimado el plazo interno y el buffer del plazo en días útiles, se procede a estimar cada una de las duraciones y los recursos diarios de las tareas en base a los primeros 3 de los 5 principios de la Teoría de restricciones, las cuales fueron expuestas inicialmente en la presente investigación.

5.2.11 Lógica y secuencialidad de la red:

Con los recursos diarios y las duraciones estimadas en la hoja de planificación y programación, se procede a determinar la secuencia lógica de cada una de las

tareas del proyecto por medio del diagrama o red de precedencias propuesta en la tesis doctoral de Gui Ponce de León (exalumno UNI) en la universidad de Illinois en Ann Arbor en 1971.

5.2.12 Programación del proyecto:

Con la lógica de la red determinada, los recursos diarios estimados y duraciones definidas de cada tarea del proyecto se procede a elaborar la programación del proyecto con ayuda de un software de gestión de proyectos conocido como Ms Project.

5.2.13 Flujo de caja a nivel costos directos:

De la programación del proyecto es posible obtener tanto el cronograma valorizado semanal o mensual por tareas como el cronograma valorizado semanal o mensual de recursos. Estos dos elementos serán indispensables para realizar el flujo de caja de nivel de costos directos.

5.2.14 Análisis y estimación de la utilidad en función al análisis de riesgos:

De acuerdo a Morote (2019) para la estimación de la utilidad se realizará mediante el análisis de la incertidumbre y los eventos de riesgo del proyecto.

5.2.14.1 Análisis de la incertidumbre.

Según Morote (2019) para realizar este análisis, es necesario que se defina la distribución estadística del riesgo tanto para los costos y duraciones de cada tarea del proyecto, para lo cual se recomienda la distribución triangular (valor mínimo, valor más probable y valor máximo). Dichos valores serán considerados como porcentajes de los valores totales de las duraciones y costos totales de cada tarea. El valor estimado representará la contingencia necesaria para cubrir variabilidad del presupuesto la cual impacta en la utilidad del proyecto.

5.2.14.2 Análisis de los eventos de riesgo.

De acuerdo a Morote (2019) los eventos de riesgo son aquellos sucesos que tienen una probabilidad de ocurrencia y pueden generar un impacto, en las actividades de un proyecto.

Como se mencionó anteriormente es importante tener en cuenta las 7 variables establecidas por los autores de la metodología de presupuestos dinámicos. Es por eso que, para realizar el análisis cuantitativo de riesgos, es necesario estimar la utilidad en función a los costos necesarios para mitigar los eventos de riesgo,

tomando en cuenta los límites establecidos y las categorías definidas anteriormente expuestas de la estimación de la Utilidad.

A continuación, se detallará cada uno de los procesos considerados para realizar el análisis de los eventos de riesgos.

5.2.14.2.1 Identificación de riesgos.

Este proceso como se mencionó en el marco teórico consiste en la documentación, registro y clasificación de riesgos según las categorías establecidas por los autores de la metodología de presupuestos dinámicos.

5.2.14.2.2 Análisis cualitativo de riesgos.

Este proceso consiste en la evaluación de la probabilidad y el impacto de cada uno de los eventos de riesgo del proyecto. En esta etapa se calcula la prioridad del riesgo, como el producto de la probabilidad por su impacto respectivamente y con ayuda de la matriz de probabilidad e impacto podrá ser clasificada según su prioridad.

5.2.14.2.3 Análisis cuantitativo de riesgos.

Este proceso consiste en el análisis de forma numérica de los eventos de riesgo. La técnica de análisis que se utilizará en esta etapa es la simulación de Montecarlo. En esta etapa se recomienda el uso de softwares enfocados en la gestión de riesgos como el Risky Project.

5.2.15 Análisis de gastos generales preliminar:

Luego de haber estimado la utilidad del proyecto se procede a realizar el análisis de los gastos generales variables y fijos, con la finalidad de completar el cálculo de los costos indirectos del proyecto.

5.2.16 Flujo de caja financiero definitivo (Costos directos + Gastos Generales y EDO + Utilidad):

Cuando el flujo de caja a nivel de costos directos se encuentre listo, los gastos generales y la utilidad se encuentren calculados, se procede a estimar el flujo de caja financiero del proyecto. El resultado de este proceso será restado con el valor obtenido en el primer flujo de caja y dicho valor será incorporado en los gastos generales. El valor calculado de dicha diferencia, indicará si se requiere préstamo o ahorro financiero.

5.2.17 Simulación BIM-4D/5D:

Para realizar la simulación es necesario que el modelo BIM-3D sea vinculado directamente con el cronograma del proyecto. Es importante recalcar que las herramientas de simulación 4D permiten verificar de forma visual la secuencialidad de las actividades en el cronograma por lo que se sugiere utilizarlas al momento de plantear la lógica de la red.

Además, que permite el fácil entendimiento de los procesos constructivos en obra. Esto se puede corroborar en la investigación realizada por Vicencio (2015), el cual indica en sus conclusiones que el uso de herramientas BIM 3D y 4D/5D contribuían con las reuniones de forma didáctica para entender el plan de trabajo, lo cual representaba un soporte para el Sistema Último Planificador.

La simulación BIM-5D se realizará de forma paralela puesto a que el cronograma vinculado al modelo BIM-3D incluye los costos directos, los cuales representan la quinta dimensión del BIM.

5.3 Fase III: Entregables de la metodología propuesta.

Dentro de los entregables generados por la metodología se encuentran las siguientes:

- El modelo BIM-3D compatibilizado.
- Los planos compatibilizados de las diferentes especialidades.
- Cronograma interno del proyecto.
- Presupuesto meta del proyecto.
- Simulación BIM-4D/5D.

A continuación, se mostrará un flujograma donde se resumen cada uno de los procesos planteados en la metodología propuesta.

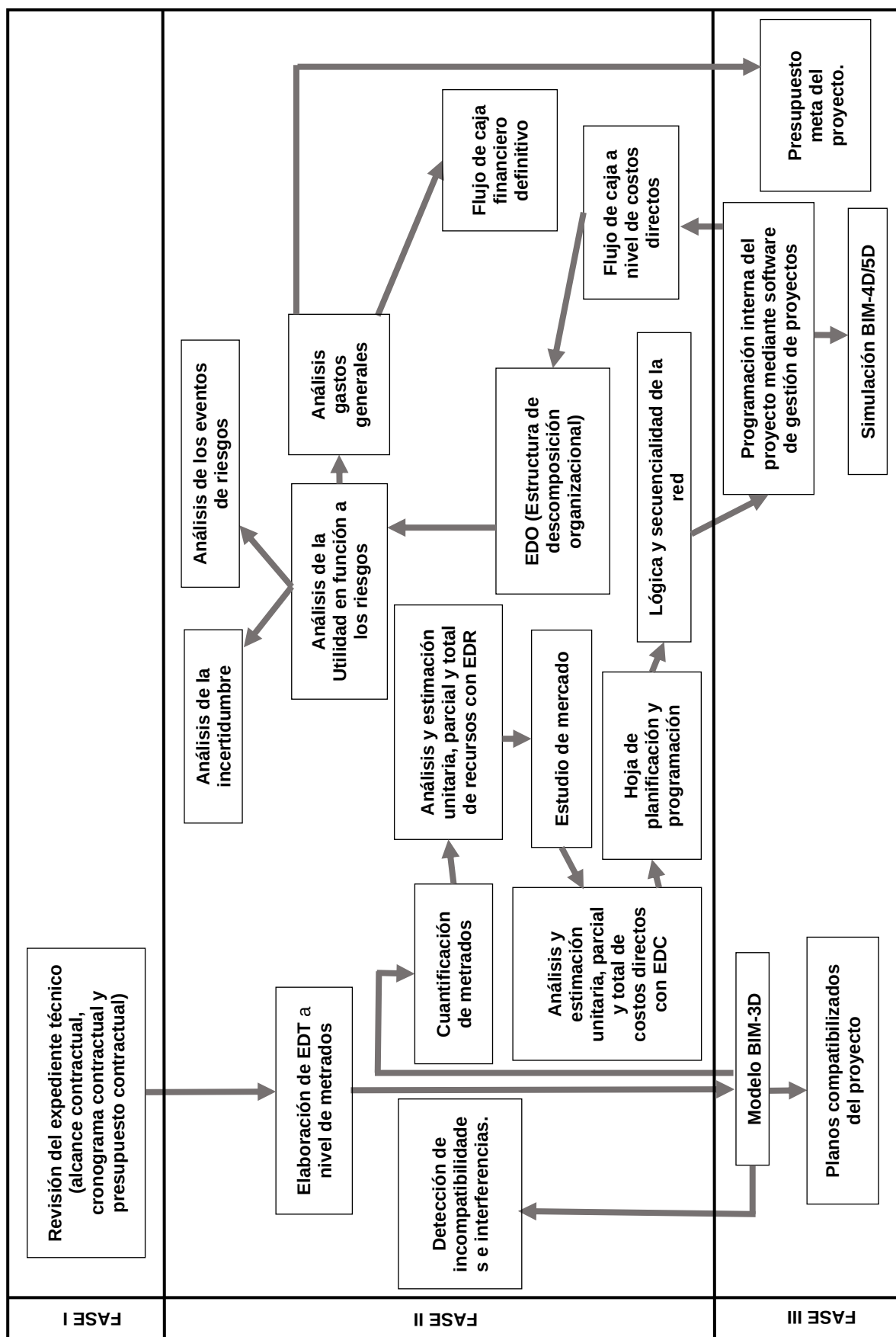


Figura N°5.1 Flujograma de metodología propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI: Aplicación de la propuesta metodológica en el caso de estudio

6.1 Fase I: Revisión de documentación del expediente técnico.

6.1.1 Memoria descriptiva del proyecto.

6.1.1.1 Introducción.

El Perú es un país que cuenta con presencia abundante del recurso hídrico, pero este no siempre es continuo en todo el año en la costa de nuestro país, muchos ríos se secan durante ciertos períodos o tienen caudales bastante reducidos, es decir, estos caudales son irregulares; esto se debe a diversos factores, lo que afecta la posibilidad del desarrollo de un proyecto de irrigación o posible abastecimiento de agua para la población.

Esto se refleja en la región de Ica, lugar que tiene un gran potencial agroexportador, pero el recurso hídrico es escaso. El abastecimiento de los cultivos en esta región es mediante la extracción de agua de acuíferos subterráneos. Conforme la demanda externa de productos vaya creciendo, la extracción de este recurso agotará la reserva y disponibilidad de agua en un periodo muy corto, provocando un descenso del volumen del acuífero y un deterioro del recurso hídrico y su consecuente escasez, esto se debe a que hay una regulación pública débil de este recurso.

Por lo tanto, es de vital importancia fortalecer la capacidad de las instituciones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos para planificar, monitorear y gestionar los recursos hídricos a nivel nacional, regional y local. Para obtener ese fortalecimiento se ha contemplado consolidar la información de los recursos hídricos en una base de datos a través de un centro de procesamiento de datos localizado en la ciudad de Ica.

6.1.1.2 Objetivo del Proyecto:

El proyecto tiene como objetivo la construcción de un Centro de Procesamiento Secundario de Monitoreo de Recursos Hídricos para la Autoridad Nacional del Agua, que permita tener disponible en cantidad y calidad datos de Recursos Hídricos para la toma de decisiones integradas de diversas actividades relacionadas con la gestión y planificación de dichos recursos.

6.1.1.3 Localización del Proyecto:

El Proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Ica, provincia de Ica, departamento de Ica, Perú.

6.1.1.4 Precios del contrato:

El presupuesto contractual con fecha 14/01/2020 de las obras civiles de la nave industrial es de S/.1,451,468.09.

Tabla N°6.1 Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (14/01/2020).

I.U. 39	Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (14/01/2020)	
460.84		
1	Trabajos preliminares	49,476.52
2	Obras provisionales	5,888.74
3	Estructuras	516,164.78
4	Arquitectura	126,345.97
5	Instalaciones de sanitarias	23,918.83
6	Instalaciones eléctricas	127,242.33
7	Instalaciones electromecánicas	121,598.86
8	Instalaciones de comunicación	31,444.67
9	Equipamiento de emergencia/comunicación y seguridad	21,062.42
10	Mitigación ambiental	1,930.94
Total de costos directos (S/.)		1,025,074.06
Costos indirectos de construcción CI (10%CD) (S/.)		102,476.23
Utilidad (10%CD) (S/.)		102,507.41
Subtotal (S/.)		1,230,057.70
IGV (18%)		221,410.39
Total costos de construcción incluido IGV (S/.)		1,451,468.09

Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto contractual con fecha 19/10/2019 de la subestación es de S/.47,811.84.

Tabla N°6.2 Presupuesto de subestación (19/10/2019).

I.U. 39	Presupuesto de subestación (19/10/2019)	
459.1		
1	Trabajos preliminares	4,524.81
3	Estructuras	11,101.31
4	Arquitectura	5,884.01
6	Instalaciones eléctricas	9,334.40
10	Mitigación ambiental	274.24
Total de costos directos (S/.)		31,118.77
Costos indirectos de construcción CI (20.21%CD) (S/.)		6287.86
Utilidad (10%CD):		3111.87
Subtotal (S/.)		40,518.51
IGV (18%)		7,293.33
Total costos de construcción incluido IGV (S/.)		47,811.84

Fuente: Elaboración propia.

Para poder comparar el presupuesto total del proyecto (presupuesto de la nave industrial+ presupuesto de la subestación) es necesario actualizar el presupuesto a la fecha actual para lo cual se utilizará el I.U. 39, lo que da como resultado las siguientes tablas.

Tabla N°6.3 Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (04/10/2023).

I.U. 39	Presupuesto de las obras civiles de nave industrial (04/10/2023)	
560.17		
1	Trabajos preliminares	60,140.75
2	Obras provisionales	7,158.01
3	Estructuras	627,419.55
4	Arquitectura	153,578.73
5	Instalaciones de sanitarias	29,074.32
6	Instalaciones eléctricas	154,668.29
7	Instalaciones electromecánicas	147,808.42
8	Instalaciones de comunicación	38,222.29
9	Equipamiento de emergencia/comunicación y seguridad	25,602.24
10	Mitigación ambiental	2,347.14
Total de costos directos (S/.)		1,246,019.74
Costos indirectos de construcción CI (10%CD) (S/.)		124564.08
Utilidad (10%CD) (S/.)		124601.97
Subtotal (S/.)		1,495,185.79
IGV (18%)		269,133.44
Total costos de construcción incluido IGV (S/.)		1,764,319.23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.4 Presupuesto de subestación (04/10/2023).

I.U. 39	Presupuesto de subestación (04/10/2023)	
560.17		
1	Trabajos preliminares	5,520.94
3	Estructuras	13,545.24
4	Arquitectura	7,179.36
6	Instalaciones eléctricas	11,389.35
10	Mitigación ambiental	334.61
Total de costos directos (S/.)		37,969.50
Costos indirectos de construcción CI (20.21%CD) (S/.)		7672.12
Utilidad (10%CD):		3796.95
Subtotal (S/.)		49,438.57
IGV (18%)		8,898.94
Total costos de construcción incluido IGV (S/.)		58,337.51

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información actualizada se procede con los siguientes pasos.

6.1.1.5 Plazo del contrato:

El plazo del contrato es de 90 días calendario.

6.2 Fase II: Sinergia entre la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D.

Luego de haber revisado el expediente técnico y la información que se encuentra disponible en este, SE procede con el inicio de la fase II.

6.2.1 Elaboración del EDT a nivel de metrados.

Debido a la extensión de la EDT se procede mostrar el desglose del entregable de "CIMENTOS DE NAVE INDUSTRIAL". Es importante aclarar que el código EDT servirá de parámetro tanto para extraer los metrados del modelo BIM-3D y la simulación BIM-4D/5D.

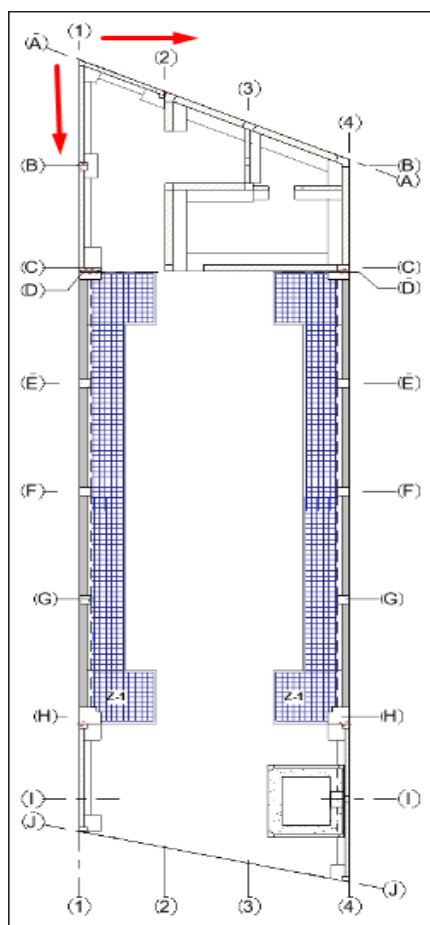


Figura N°6.1 Vista en planta de cimentación.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la metodología de presupuestos dinámicos, el orden para desglosar el alcance del proyecto es primero seguir la dirección de la flecha vertical (arriba-abajo) y luego seguir la dirección de la flecha horizontal (izquierda-derecha). Dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla N°6.5 Desglose del entregable "Cimientos de nave industrial".

1.3.4.1	CIMENTOS DE NAVE INDUSTRIAL
1.3.4.1.1	ENCOFRADO DE CIMENTOS DE NAVE INDUSTRIAL
1.3.4.1.1.1	Encofrado de cimiento de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.1.1.1	Encofrado de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 1-1
1.3.4.1.1.1.2	Encofrado de cimiento corrido de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.1.1.3	Encofrado de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 1-1
1.3.4.1.1.2	Encofrado de cimiento de nave industrial, EJE 4-4
1.3.4.1.1.2.1	Encofrado de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 4-4
1.3.4.1.1.2.2	Encofrado de cimiento corrido de nave industrial, eje 4-4
1.3.4.1.1.2.3	Encofrado de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 4-4
1.3.4.1.2	ACERO DE REFUERZO DE CIMENTOS DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 Kg/cm2
1.3.4.1.2.1	Acero de refuerzo de cimiento de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.2.1.1	Acero de refuerzo de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 1-1
1.3.4.1.2.1.1.1	Acero de refuerzo de zapata cerca a patio (longitudinal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.1.1.2	Acero de refuerzo de zapata cerca a patio (transversal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.1.2	Acero de refuerzo de cimiento corrido de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.2.1.2.1	Acero de refuerzo de cimiento corrido (longitudinal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.1.2.2	Acero de refuerzo de cimiento corrido (transversal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.1.3	Acero de refuerzo de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 1-1
1.3.4.1.2.1.3.1	Acero de refuerzo de zapata cerca de estacionamiento (longitudinal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.1.3.2	Acero de refuerzo de zapata cerca de estacionamiento (transversal), eje 1-1, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2	Acero de refuerzo de cimiento de nave industrial, eje 4-4
1.3.4.1.2.2.1	Acero de refuerzo de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 4-4
1.3.4.1.2.2.1.1	Acero de refuerzo de zapata cerca a patio (longitudinal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2.1.2	Acero de refuerzo de zapata cerca a patio (transversal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2.2	Acero de refuerzo de cimiento corrido de nave industrial, eje 4-4
1.3.4.1.2.2.2.1	Acero de refuerzo de cimiento corrido (longitudinal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2.2.2	Acero de refuerzo de cimiento corrido (transversal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2.3	Acero de refuerzo de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 4-4
1.3.4.1.2.2.3.1	Acero de refuerzo de zapata cerca de estacionamiento (longitudinal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.2.2.3.2	Acero de refuerzo de zapata cerca de estacionamiento (transversal), eje 4-4, $\phi 1/2"$
1.3.4.1.3	CONCRETO DE CIMENTOS DE NAVE INDUSTRIAL F'c=280 Kg/cm2
1.3.4.1.3.1	Concreto de cimiento de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.3.1.1	Concreto de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 1-1
1.3.4.1.3.1.2	Concreto de cimiento corrido de nave industrial, eje 1-1
1.3.4.1.3.1.3	Concreto de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 1-1
1.3.4.1.3.2	Concreto de cimiento de nave industrial, eje 4-4
1.3.4.1.3.2.1	Concreto de zapata de nave industrial cerca a patio, eje 4-4
1.3.4.1.3.2.2	Concreto de cimiento corrido de nave industrial, eje 4-4
1.3.4.1.3.2.3	Concreto de zapata de nave industrial cerca de estacionamiento, eje 4-4

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que para el desglose de dicho entregable se están utilizando los ejes de la vista en planta del proyecto, esto se debe a que de esta manera será más sencillo localizar y verificar la estimación de las cantidades de cada una de las tareas que conforman el alcance del caso de estudio.

6.2.2 Elaboración del modelo BIM-3D.

Para la elaboración del modelo BIM-3D se utilizará el software Revit. Los elementos que serán utilizados para la elaboración del modelo BIM-3D son los planos de las diferentes especialidades del proyecto. Dentro de esta etapa el modelador BIM irá registrando todas las incompatibilidades que va detectando en el proceso de modelado con la finalidad de que estas observaciones se resuelvan en las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering). Estas sesiones reúnen a todos los involucrados del proyecto desde el cliente hasta los ingenieros, arquitectos, contratistas, etc.

El modelo BIM-3D no solo se debe realizar desde el enfoque de detección de incompatibilidades e interferencias, sino que debe realizarse con la finalidad de poder simular el proceso constructivo del proyecto, por ejemplo, los muros estructurales que forman parte de la nave industrial miden 6.00 m de altura, normalmente al modelar este elemento se realiza como un solo objeto 3D, sin embargo, desde la elaboración de la EDT se ha contemplado descomponer este objeto en 3 tramos puesto a que en la realidad no se puede encofrar y hacer el vaciado de todo el muro estructural de forma monolítica. Todos estos detalles deben tenerse en cuenta al momento de modelar un proyecto en 3 dimensiones y que posteriormente será simulado en BIM-4D/5D.

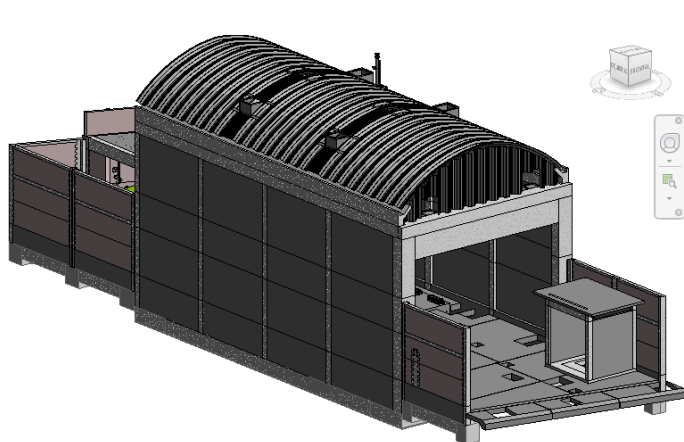


Figura N°6.2 Vista 3D de la especialidad de Estructuras

Fuente: Elaboración propia.

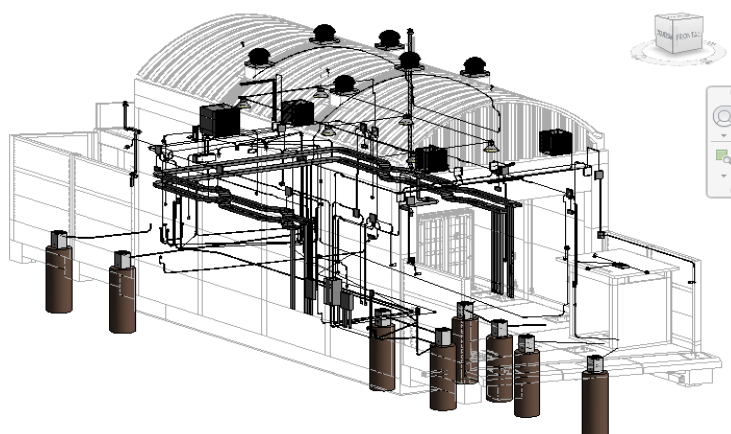


Figura N°6.3 Vista 3D de la especialidad de II.EE, II.CC y II. EEMM.

Fuente: Elaboración propia.

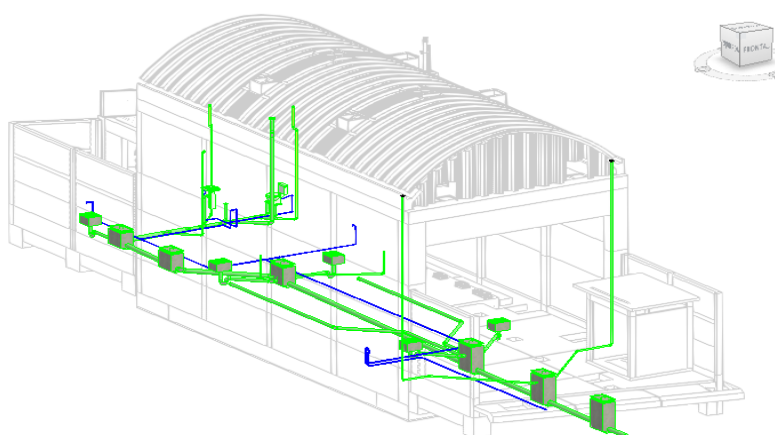


Figura N°6.4 Vista 3D de la especialidad de II. SS

Fuente: Elaboración propia.

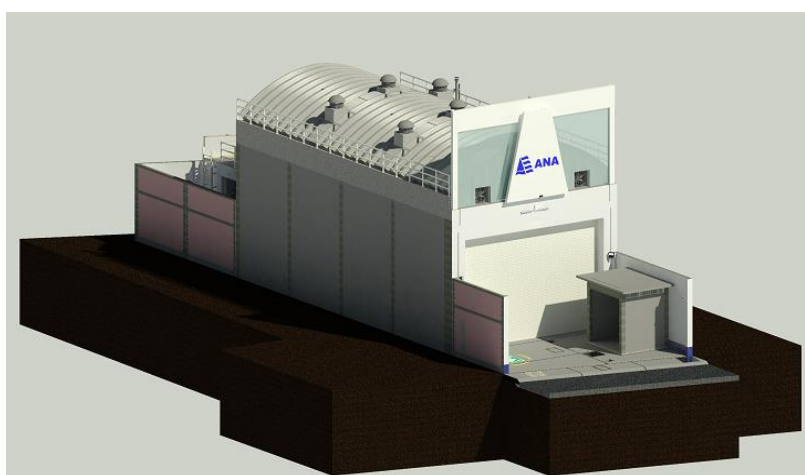


Figura N°6.5 Vista 3D renderizada del modelo BIM integrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen se observa cómo se ha parametrizado el modelo BIM-3D en función a la EDT del proyecto, se realizó este proceso durante el modelado con el objetivo de poder extraer los metrados y también realizar la simulación BIM-4D/5D. Dentro los parámetros utilizados se encuentra el código de la EDT, el nombre del ítem correspondiente a dicho código y así como también el parámetro Synchro.

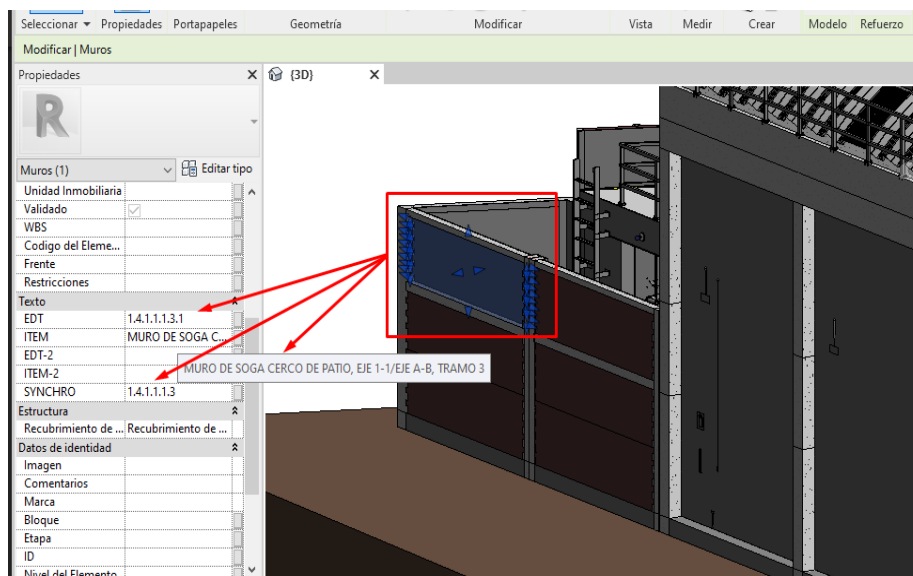


Figura N°6.6 Muro de sogá cerco patio parametrizado.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Detección de interferencias e incompatibilidades en planos.

Normalmente este es el uso más común que se da en la industria de la construcción actualmente. En el presente caso de estudios se han detectado 21 observaciones de las cuáles solo serán mostradas las observaciones de impacto alto en los anexos (Ver Anexo A1). A continuación, se mostrará la información necesaria para reportar una incompatibilidad detectada en el modelo BIM-3D.

Tabla N° 6.6 Estructura de reporte de incompatibilidad.

N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
8	IIEE	Eje 1-4/Eje H-I	Incongruencia planta con corte o detalle	PLANOS: *Inst. eléctricas: Tomacorriente y alumbrado. Planta y elevación. *Subestación: Arquitectura, Estructuras, Eléctricas, plantas y detalles. Se observa que, en el plano de la subestación, en el detalle del buzón A se está considerando una canalización de 2 vías, mientras que en el corte X-X se está considerando una canalización de 4 vías que llega al buzón de la subestación.	Alto	9/05/2023	Se sugiere considerar la canalización de 4 vías como indica en el corte X-X.	IIEE	Se considerará la canalización de 4 vías que llegará al buzón A de la subestación	RESUELTO	SI

Fuente: Elaboración propia.

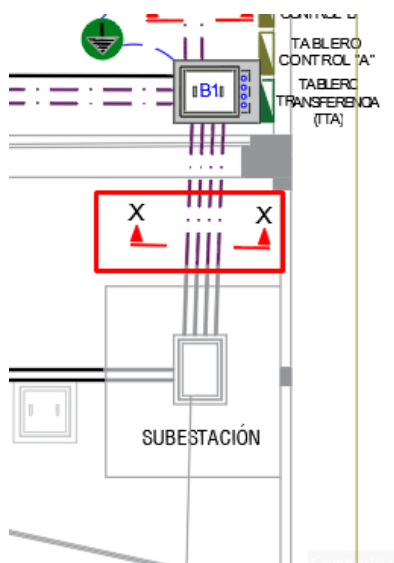


Figura N°6.7 Planta de IIEE-Baño.
Fuente: Elaboración propia.

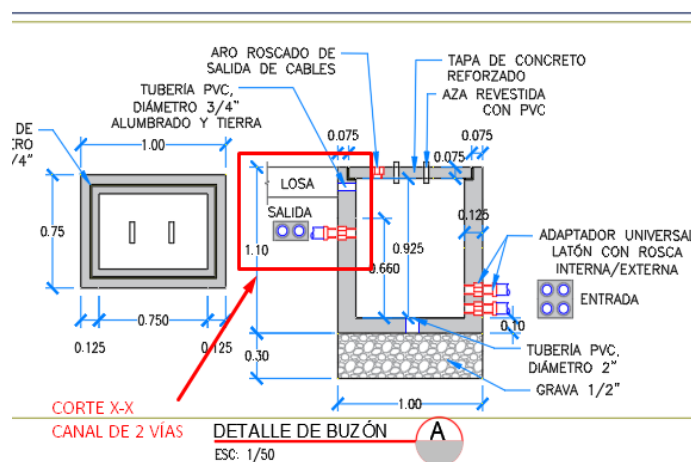


Figura N°6.8 Detalle del buzón A - plano de subestación.
Fuente: Elaboración propia.

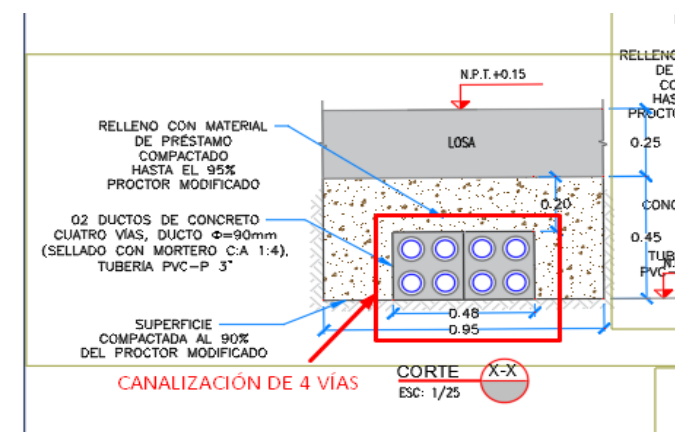


Figura N°6.9 Corte X-X.
Fuente: Elaboración propia.

Toda esta información será recopilada observación por observación para ser discutida en las sesiones ICE. A continuación, se muestran las estadísticas del reporte de detección de interferencias e incompatibilidades detectadas en el proyecto, lo cual resume este proceso.

Tabla N°6.7 Incompatibilidades por especialidad.

INCOMPATIBILIDADES POR ESPECIALIDAD							
	ARQ	EST	IISS	IIEE	IIMM	SEG	TOTAL
N° de Incompatibilidades	03	01	11	03	00	03	21
%	14%	5%	52%	14%	0%	14%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.8 Incompatibilidades por impacto.

INCOMPATIBILIDADES POR IMPACTO								
	ARQ	EST	IISS	IIEE	IIMM	SEG	TOTAL	%
Bajo	02	00	01	00	00	02	05	24%
Medio	01	01	05	01	00	01	09	43%
Alto	00	00	05	02	00	00	07	33%
TOTAL	03	01	11	03	00	03	21	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.9 Tipo de incompatibilidad por especialidad

TIPO DE INCOMPATIBILIDAD POR ESPECIALIDAD								
	ARQ	EST	IISS	IIEE	IIMM	SEG	TOTAL	%
Incongruencia en planta	0	0	1	0	0	0	1	5%
Incongruencia en corte	0	0	0	0	0	0	0	0%
Incongruencia planta con corte o detalle	2	0	0	2	0	0	4	19%
Incongruencia entre especialidades	1	0	0	0	0	0	1	5%
Interferencia propia de la especialidad	0	0	3	0	0	0	3	14%
Interferencia entre especialidades	0	1	6	1	0	0	8	38%
Falta de información	0	0	0	0	0	1	1	5%
Ingeniería de valor	0	0	1	0	0	0	1	5%
Aclaración	0	0	0	0	0	2	2	10%
TOTAL	3	1	11	3	0	3	21	100%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 Estimación automática de metrados.

Como se mencionó anteriormente para estimar los metrados a partir del modelo se utilizará el complemento BIM-One y el software Cype-Arquímedes. El complemento BIM-One es útil porque permite exportar las tablas de planificación de Revit a Excel. Mientras que el software Cype-Arquímedes permite enlazar directamente los metrados con sus respectivos costos unitarios por medio de las notas claves. Los dos caminos serán de gran ayuda puesto a que con el primer

método se podrá trabajar la información directamente desde Excel. Mientras que el otro camino permitirá establecer el enlace directamente entre modelo y los costos unitarios elaborados en Cype-Arquímedes, lo cual facilita la actualización del presupuesto a partir del modelo BIM-3D. A continuación, se explica como extraer el metrado del modelo BIM-3D de la tarea “CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN” con ayuda del complemento BIM-One.

El primer paso consiste en crear la tabla de planificación, para lo cual se realiza lo siguiente:

Para crear una tabla de planificación, primero se debe dar click en la pestaña “Vista”, luego elegir la opción “Tabla de planificación/Cantidades”, tal y como se muestra en la figura N°6.10.

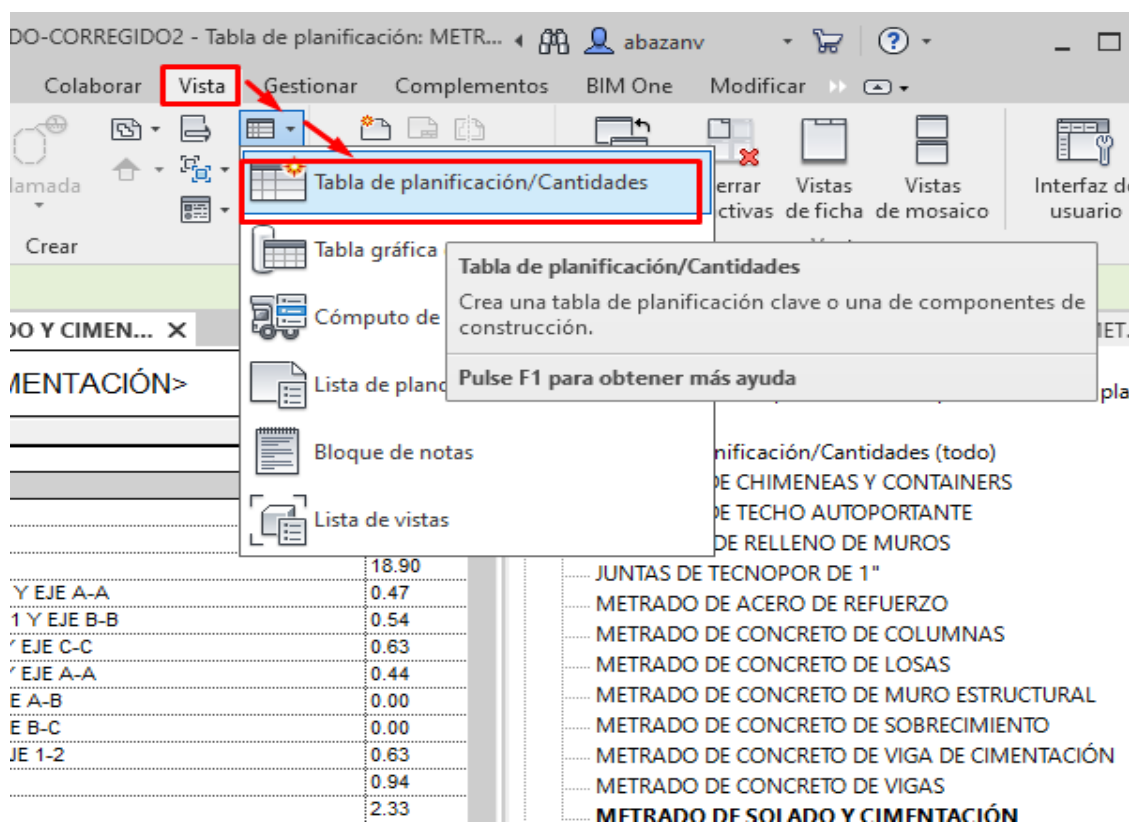


Figura N°6.10 Creación de tabla de planificación.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo paso es colocar el nombre de la tabla de planificación que se desea crear, en este caso el nombre es “METRADO DE CONCRETO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN”, y luego en la columna de categorías se elige “Muros”, esto se debe a que las vigas de cimentación se modelaron según esta categoría.

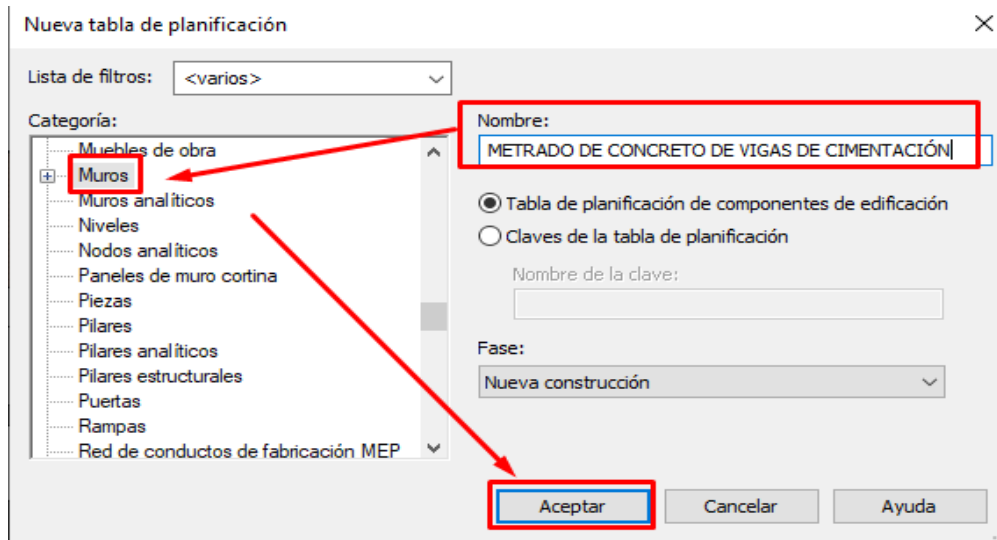


Figura N°6.11 Elección de nombre y Categoría.
Fuente: Elaboración propia.

Luego haber colocado el nombre y elegir la categoría, se procede a seleccionar los parámetros que se mostrarán en la tabla de planificación, para este caso se eligieron los parámetros “EDT”, “ITEM” y “Volumen”. Para realizar este proceso de selección, primero se deben escoger y seleccionar los parámetros del listado de “Campos disponibles” y luego con la flecha verde se añaden dichos parámetros hacia el listado de “Campos de planificación”.

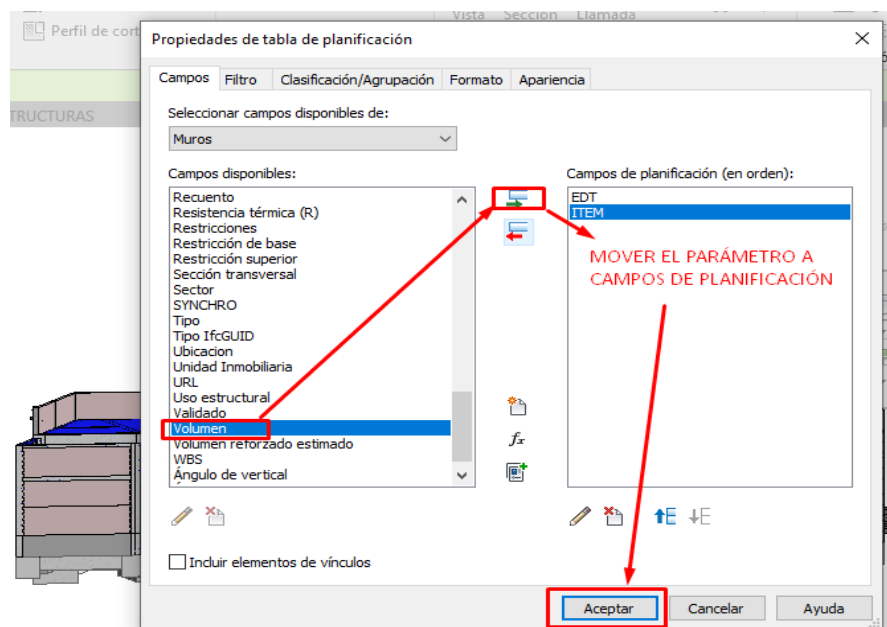


Figura N°6.12 Creación de tabla de planificación.
Fuente: Elaboración propia.

<METRADO DE CONCRETO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN>		
A	B	C
EDT	ITEM	Volumen
1.3.4.3.3.1.1	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE D-E	2.13 m³
1.3.4.3.3.1.2	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE E-F	2.13 m³
1.3.4.3.3.1.3	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE F-G	2.13 m³
1.3.4.3.3.1.4	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE G-H	2.21 m³
1.3.4.3.3.2.1	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE D-E	2.13 m³
1.3.4.3.3.2.2	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE E-F	2.13 m³
1.3.4.3.3.2.3	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE F-G	2.13 m³
1.3.4.3.3.2.4	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE G-H	2.21 m³
1.3.3.3.2.4.1	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE ESTACIONAMIENTO, EJE 1-1/EJE H-J	0.45 m³
1.3.3.3.2.4.2	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE ESTACIONAMIENTO, EJE 4-4/EJE H-I	0.31 m³
1.3.3.3.2.4.3	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO SOBRE CERCO DE ESTACIONAMIENTO, EJE 4-4/EJE I-J	0.34 m³
1.3.3.3.2.1.2	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE PATIO, EJE 1-1/EJE B-C	0.44 m³
1.3.3.3.2.1.1	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE PATIO, EJE 1-1/EJE A-B	0.44 m³
1.3.3.3.2.1.3	CONCRETO DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE PATIO, EJE 1-2/EJE A-A	0.30 m³

Figura N°6.13 Tabla de planificación “Metrado de concreto de vigas de cimentación”.

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla de planificación creada se procede a modificar el formato del parámetro “Volumen”, para lo cual se abre el cuadro de “Propiedades de tabla de planificación”, en la pestaña “Formato” se elige el parámetro “Volumen” y a continuación en “Formato de campo” se procede a modificar el “Símbolo de la unidad” con el objetivo de que, al ser exportado a Excel, las unidades no queden exportadas.

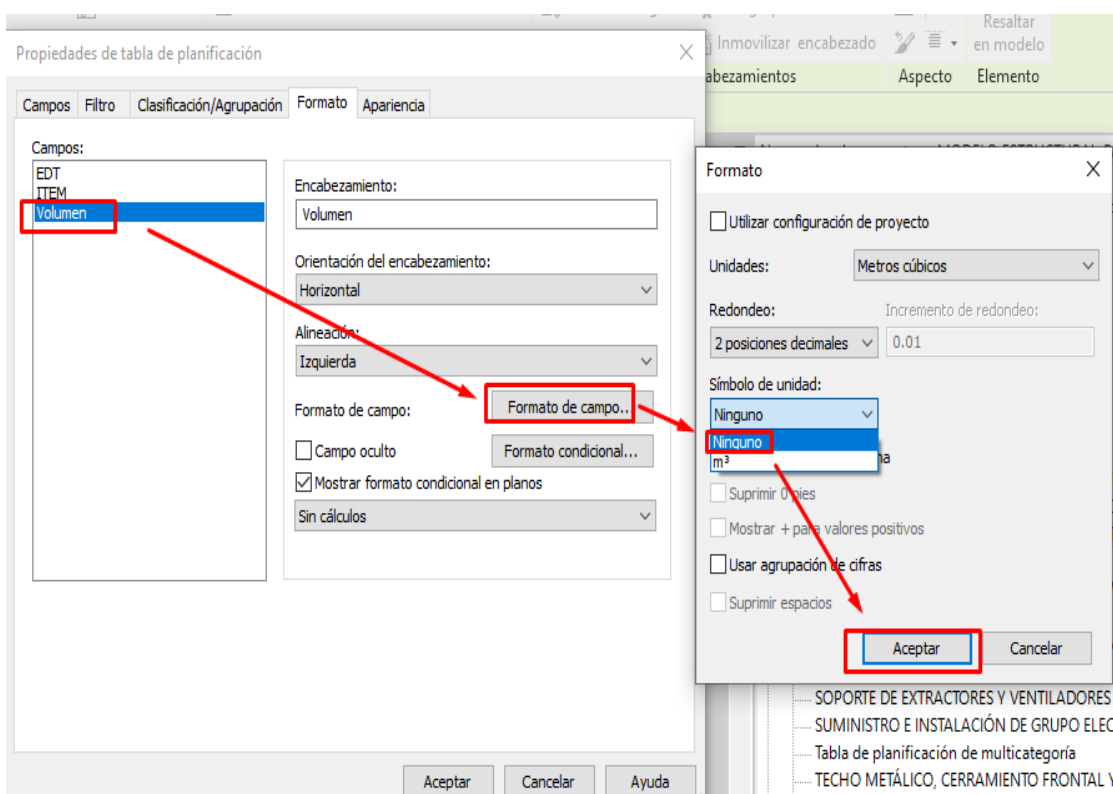


Figura N°6.14 Modificación del formato del parámetro “Volumen”.

Fuente: Elaboración propia.

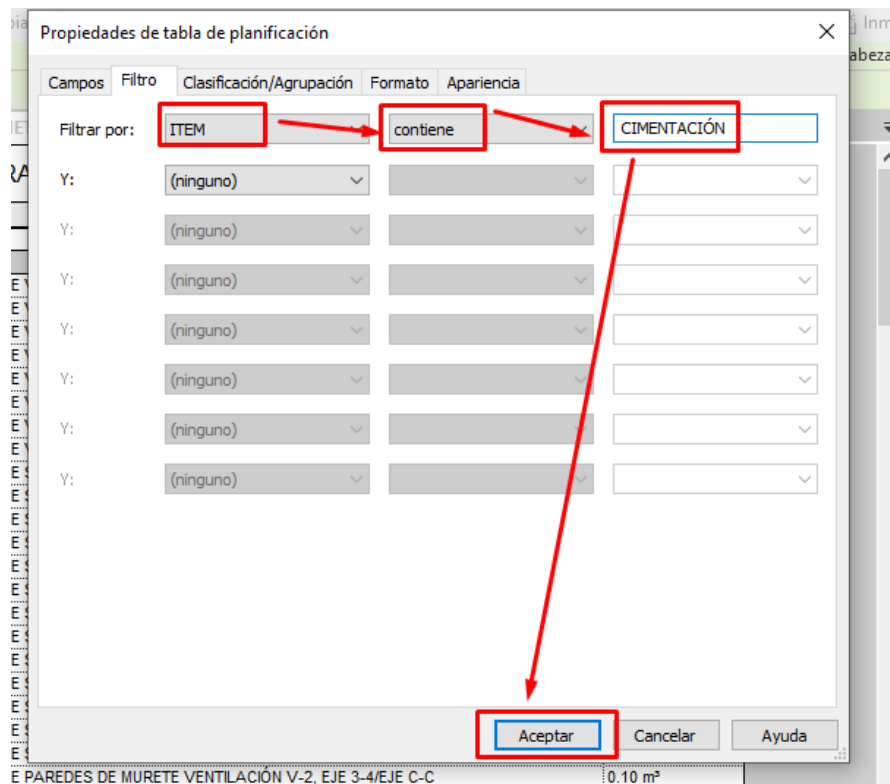


Figura N°6.15 Filtro de los elementos relacionados a Viga de cimentación.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de filtrar la información la tabla de planificación queda tal y como se muestra en la figura N°6.16.

Formato de unidad				Insertar				Ocultar				Insertar				Cambiar tamaño				Fusionar Separar			
Calculado				Suprimir				Mostrar todo				Insertar fila de datos				Suprimir				Insertar imagen			
Combinar parámetros				Cambiar tamaño																Borrar celda			
Parámetros				Columnas				Filas				Títulos y encabezados											
Nueva				Suprimir																			
3D				METRADO DE CONCRETO DE VI...				METRADO DE CONCRETO DE VIGA...															
				<METRADO DE CONCRETO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN>																			
				A				B				C											
				EDT				ITEM				Volumen											
				1.3.4.3.3.1.1				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE D-E				2.13											
				1.3.4.3.3.1.2				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE E-F				2.13											
				1.3.4.3.3.1.3				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE F-G				2.13											
				1.3.4.3.3.1.4				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE G-H				2.21											
				1.3.4.3.3.2.1				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE D-E				2.13											
				1.3.4.3.3.2.2				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE E-F				2.13											
				1.3.4.3.3.2.3				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE F-G				2.13											
				1.3.4.3.3.2.4				CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE G-H				2.21											

Figura N°6.16 Tabla de planificación final de “Metrado de concreto de vigas de cimentación”

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla de planificación creada, se procede a dar click en la pestaña BIM-One y luego en la opción “Export/Import Excel”

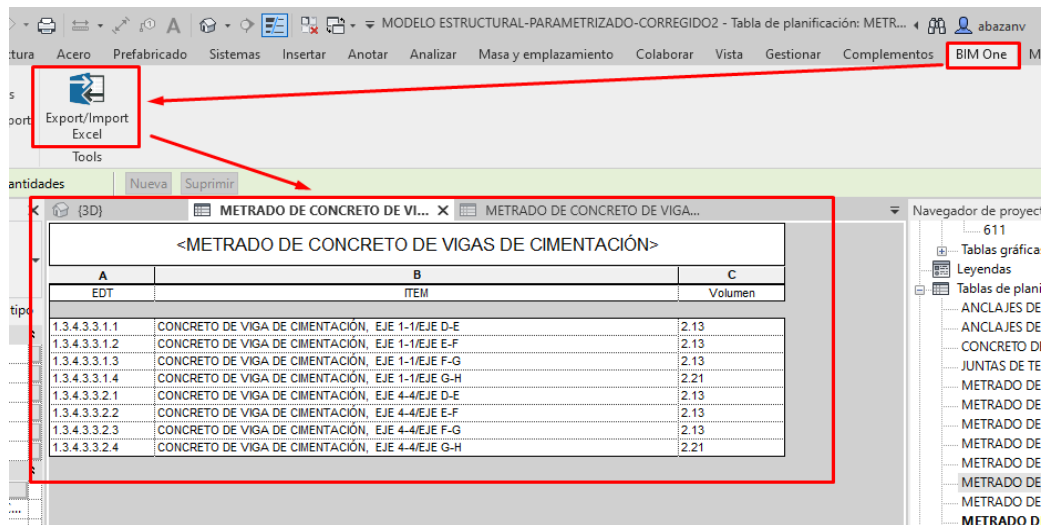


Figura N°6.17 Uso del plugin “BIM-One”.

Fuente: Elaboración propia.

Se eligen las tablas de planificación que se desean exportar a Excel y se da click en la opción “Export”.

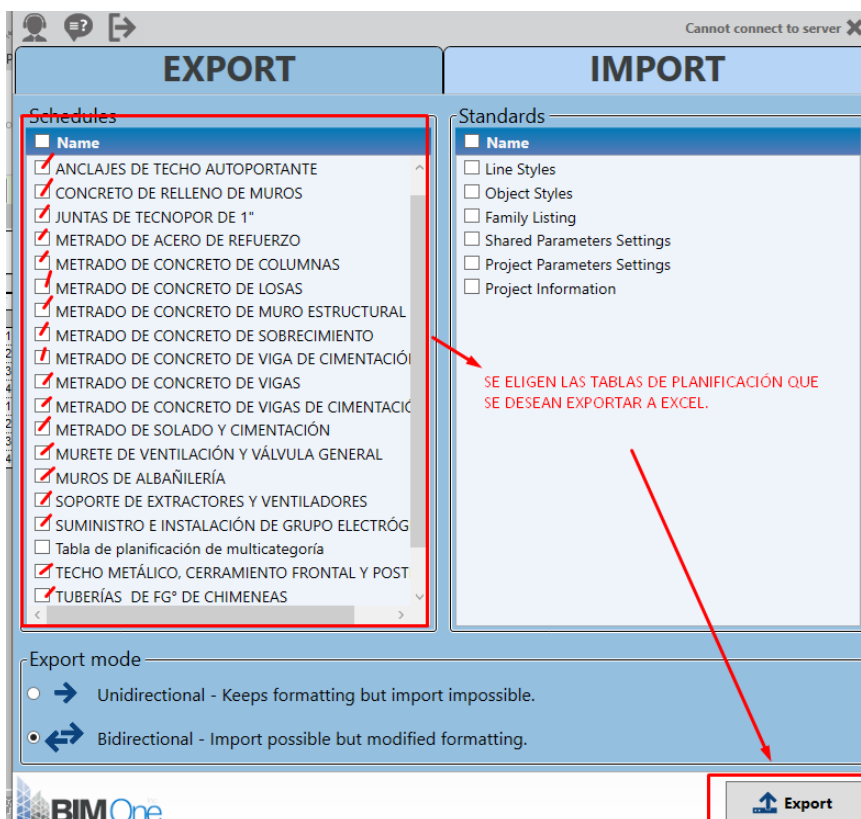


Figura N°6.18 Cuadro de exportación de “BIM-One”

Fuente: Elaboración propia.

Luego se elige la ubicación del archivo de Excel a exportar.

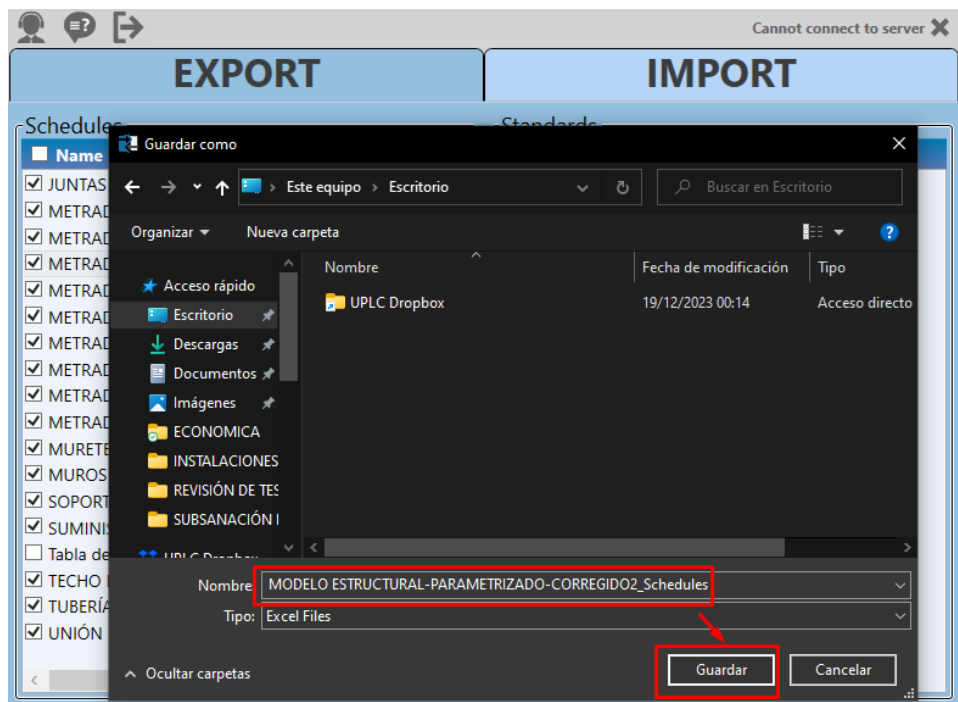


Figura N°6.19 Cuadro de exportación de "BIM-One"

Fuente: Elaboración propia.

Como siguiente paso se realiza la revisión del Excel exportado y se obtiene lo mostrado en la figura N°6.20.

EDT	ITEM	Volumen
1.3.4.3.3.1.1	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE D-E	2.13
1.3.4.3.3.1.2	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE E-F	2.13
1.3.4.3.3.1.3	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE F-G	2.13
1.3.4.3.3.1.4	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 1-1/EJE G-H	2.21
1.3.4.3.3.2.1	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE D-E	2.13
1.3.4.3.3.2.2	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE E-F	2.13
1.3.4.3.3.2.3	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE F-G	2.13
1.3.4.3.3.2.4	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE G-H	2.21
1.3.4.3.3.2.5	CONCRETO DE VIGA DE CIMENTACIÓN, EJE 4-4/EJE H-I	17.19

Figura N°6.20 Excel con las tablas de planificación exportadas.

Fuente: Elaboración propia.

Con la data exportada a excel, se realiza la importación de la información generada por el plugin BIM-One a la plantilla del excel de presupuestos dinámicos (Hoja de cálculo que contiene la metodología de presupuestos dinámicos).

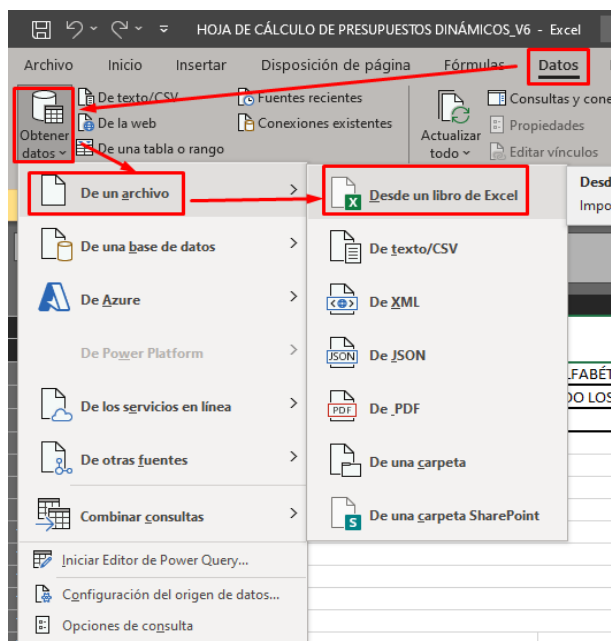


Figura N°6.21 Importación de data generada por el plugin BIM-One.
Fuente: Elaboración propia.

Se eligen todas pestañas que se importarán a las plantilla del excel de presupuesto dinámicos.

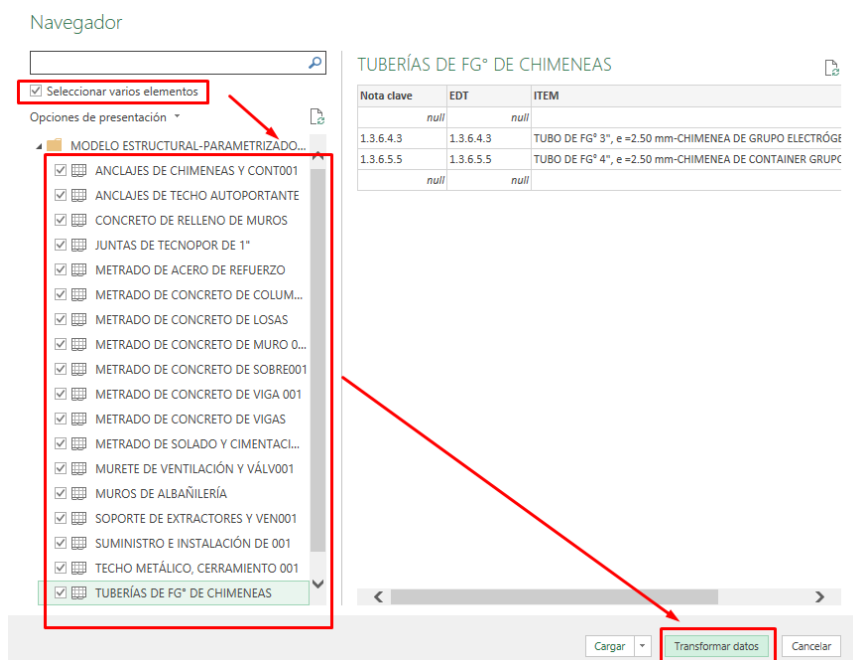


Figura N°6.22 Cuadro de importación de Excel.
Fuente: Elaboración propia.

Al abrirse el editor Power Query se da click en la opción “Cargar y cerrar”.

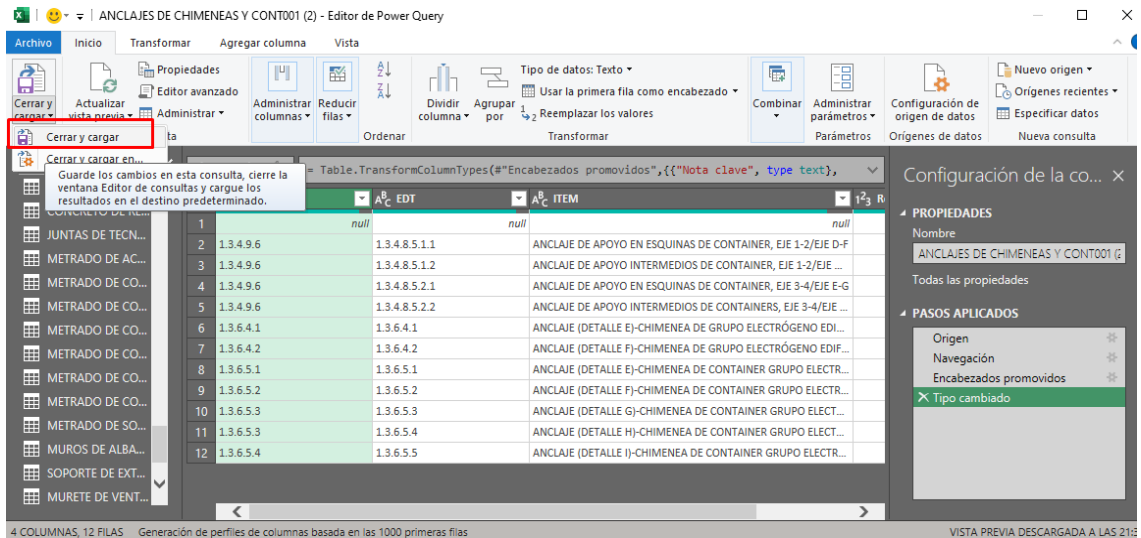


Figura N°6.23 Editor Power Query de Excel.

Fuente: Elaboración propia.

Con la información importada a la plantilla del Excel de presupuestos dinámicos, se trabaja la información netamente en Excel.

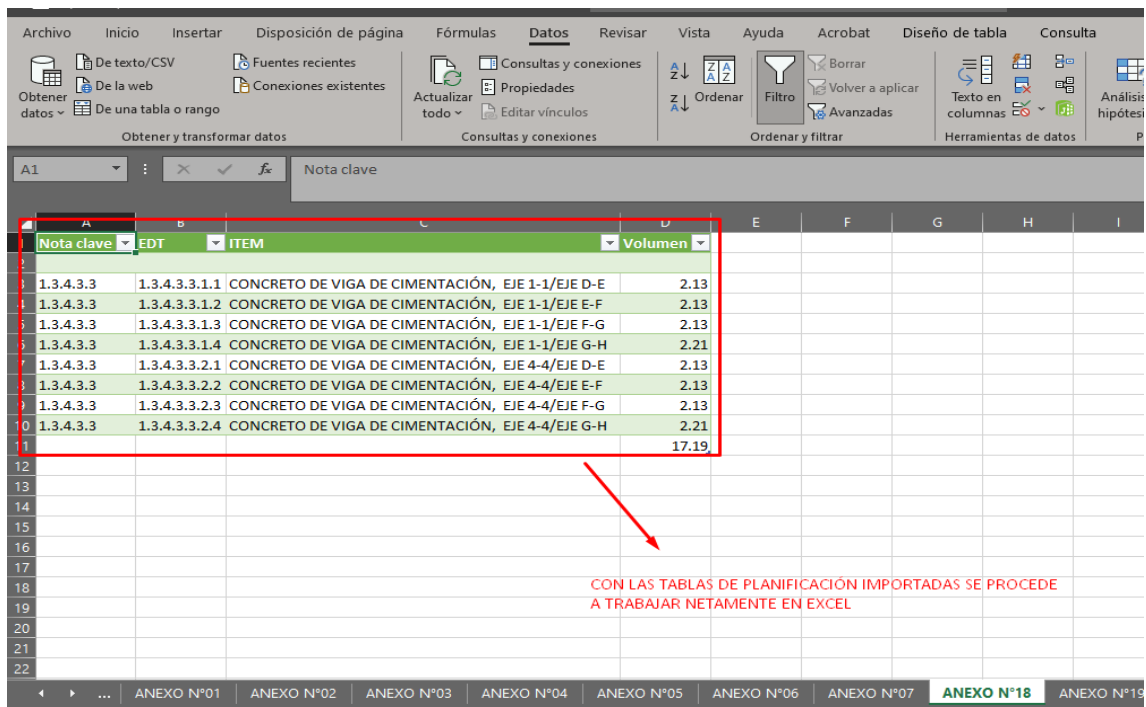


Figura N°6.24 Editor Power Query de Excel.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen (Figura N°6.25) se mostrará el flujo de trabajo que resume el uso del plugin BIM-One.

“GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS”

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

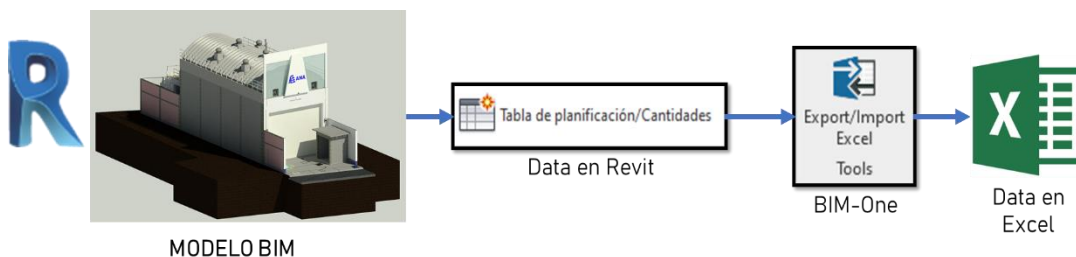


Figura N°6.25 Flujo de trabajo del uso del plugin BIM-One.

Fuente: Elaboración propia.

En comparación a lo realizado anteriormente, es que mediante el plugin med-BIM es posible establecer directamente el enlace entre modelo BIM-3D elaborado Revit, con los costos unitarios elaborados en Cype-Arquímedes, lo cual, a diferencia de otros softwares, evita que se realice el proceso de exportar el modelo BIM-3D a un archivo IFC. A continuación, se explicará el proceso de como establecer el vínculo entre Revit y Cype-Arquímedes con el objetivo de estimar los metrados los cuales servirán para estimar el presupuesto.

El primer paso es parametrizar por medio de las notas claves cada uno de los elementos del modelo BIM-3D, así como también a la par se debe ir armando la estructura del presupuesto del proyecto en Cype- Arquímedes, en función a lo estimado en la EDR y EDC del proyecto.

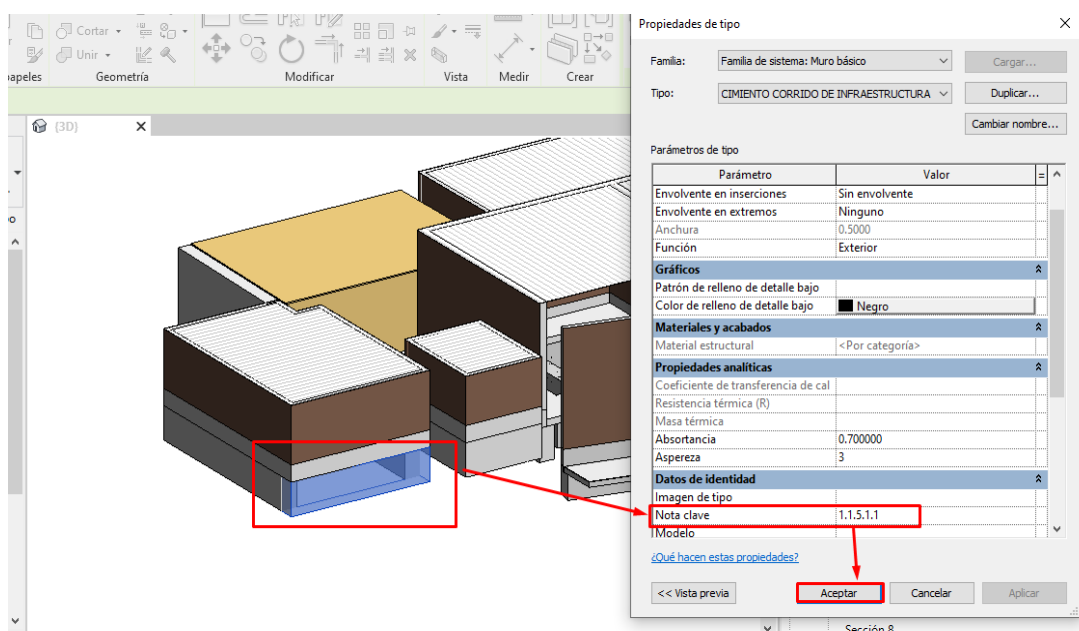


Figura N°6.26 Asignación de notas clave en objetos 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de asignar las notas claves a los elementos 3D del modelo BIM, se procede a verificar en las tablas de planificación que todos los elementos contengan este parámetro, tal y como se muestra en la figura N°6.27.

imacion/cantidades

METRADO DE DESMONTAJE Y D...

<METRADO DE DESMONTAJE Y DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES>

A	B	C	D
Nota clave	ITEM	Área	Volumen
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	24.10	12.05
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	20.11	10.05
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	9.29	4.64
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	25.65	12.82
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE CERCO DE FACHADA, EJE J-J	8.87	4.43
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	12.75	1.91
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	10.75	1.61
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	5.34	0.80
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	13.20	3.30
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE FACHADA EJE J-J	4.51	0.68
1.1.5.1.6	DEMOLICIÓN DE MURO DE ADOBE	10.38	4.26
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	65.53	9.83
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	36.99	5.55
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	15.17	2.28
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	81.83	20.46
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE CERCO DE FACHADA, EJE J-J	31.57	4.74
1.1.5.2.1	DESMONTAJE DE ALMACÉN DE MADERA, EJE 1-2/ EJE F-G	53.03	1.06
1.1.5.3	CORTE DE VEREDA-ZONA LATERAL	0.39	0.01
1.1.5.3	CORTE DE VEREDA-ZONA FRONTAL	1.35	0.03

Figura N°6.27 Verificación de la asignación de notas claves.

Fuente: Elaboración propia.

Para corroborar la importación de la data extraída de Revit a Cype-Arquímedes, se tomará en cuenta la tarea “Demolición de sobrecimiento” la cual tiene como nota clave 1.1.5.1.2.

A	B	C	D
Nota clave	ITEM	Área	Volumen
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	24.10	12.05
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	20.11	10.05
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	9.29	4.64
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	25.65	12.82
1.1.5.1.1	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO DE CERCO DE FACHADA, EJE J-J	8.87	4.43
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	12.75	1.91
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	10.75	1.61
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	5.34	0.80
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	13.20	3.30
1.1.5.1.2	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO DE CERCO DE FACHADA EJE J-J	4.51	0.68
1.1.5.1.6	DEMOLICIÓN DE MURO DE ADOBE	10.38	4.26
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 2-3/EJE F-G	65.53	9.83
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR, EJE 1-1/EJE G-H	36.99	5.55
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE DEPÓSITO, EJE 1-1/EJE G-H	15.17	2.28
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE TALLER, EJE 1-4/EJE G-H	81.83	20.46
1.1.5.1.7	DEMOLICIÓN DE MURO DE LADRILLO DE CERCO DE FACHADA, EJE J-J	31.57	4.74
1.1.5.2.1	DESMONTAJE DE ALMACÉN DE MADERA, EJE 1-2/ EJE F-G	53.03	1.06
1.1.5.3	CORTE DE VEREDA-ZONA LATERAL	0.39	0.01
1.1.5.3	CORTE DE VEREDA-ZONA FRONTAL	1.35	0.03

Figura N°6.28 Notas clave de la tarea “Demolición de sobrecimiento”.

Fuente: Elaboración propia.

Las notas claves serán de mucha utilidad al momento de extraer las mediciones de Revit, puesto a que serán un factor importante para realizar el Automatch entre la nota clave y Cype_CodeMed (el cual se muestra encerrado en el cuadro rojo en la figura N°6.29).

Arquímedes. Versión estudiantes - 2021.g

Archivo BDatos Procesos Mostrar Árbol Ventana

DATA CENTER MÓVIL...

Las notas claves realizarán un AUTOMATCH CON EL CÓDIGO DE LA EDT DEL PRESUPUESTO, LO QUE PERMITIRÁ LA ASOCIACIÓN ENTRE EL METRADO CON SU RESPECTIVO COSTO UNITARIO.

Código	Doc	Pli	Ud	Resumen	Cant	Costo
DATA CENTER MÓVIL				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00	1.151.845,720
1.1				Trabajos preliminares	1,00	58.800,248
1.1.1	Glb			Movilización de equipos	1,00	6.634,480
1.1.2	Glb			Desmovilización de equipos	1,00	3.361,578
1.1.3	Glb			Seguridad y salud en el trabajo	1,00	18.958,830
1.1.4	m2			Limpieza general	249,34	30,997
1.1.5				Demolición y desmontaje	1,00	13.562,007
1.1.5.1				Demolición de concreto/mampostería con maquinaria	1,00	11.796,017
1.1.5.1.1	m3			Demolición de cemento corrido	44,00	76,537
1.1.5.1.2	m3			Demolición de sobrecimiento	8,30	76,537
1.1.5.1.3	m3			Demolición de pedestal de concreto	13,37	74,482
1.1.5.1.4	m3			Demolición de pozo	2,48	73,456
1.1.5.1.5	m2			Demolición de losas de concreto	131,19	17,132
1.1.5.1.6	m2			Demolición de muro de adobe	10,38	17,620
1.1.5.1.7	m2			Demolición de muros de ladrillo	231,08	17,809
1.1.5.1.8	m2			Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j	11,25	6,168
1.1.5.2				Desmontaje	1,00	1.466,638
1.1.5.2.1	m2			Desmontaje de almacén de madera, eje 1-2/ eje f-g	53,02	16,775
1.1.5.2.2	m2			Desmontaje de techo	146,83	3,042

Detalle de cómputo

CantCertOrig	Cant	Diferencia
0,00	44,00	-44,00

Loc Comentario

Fórmula A B C D Par

Figura N°6.29 Estructura del presupuesto a nivel de tareas en Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

Con la estructura del presupuesto definida en Cype-Arquímedes y con el modelo BIM-3D parametrizado, se procede a utilizar el plugin med-BIM, este componente se encontrará ubicado en la pestaña complementos. Luego se ubicar el complemento se procede a dar click y se selecciona la opción de “Vincular con obra de Arquímedes”.

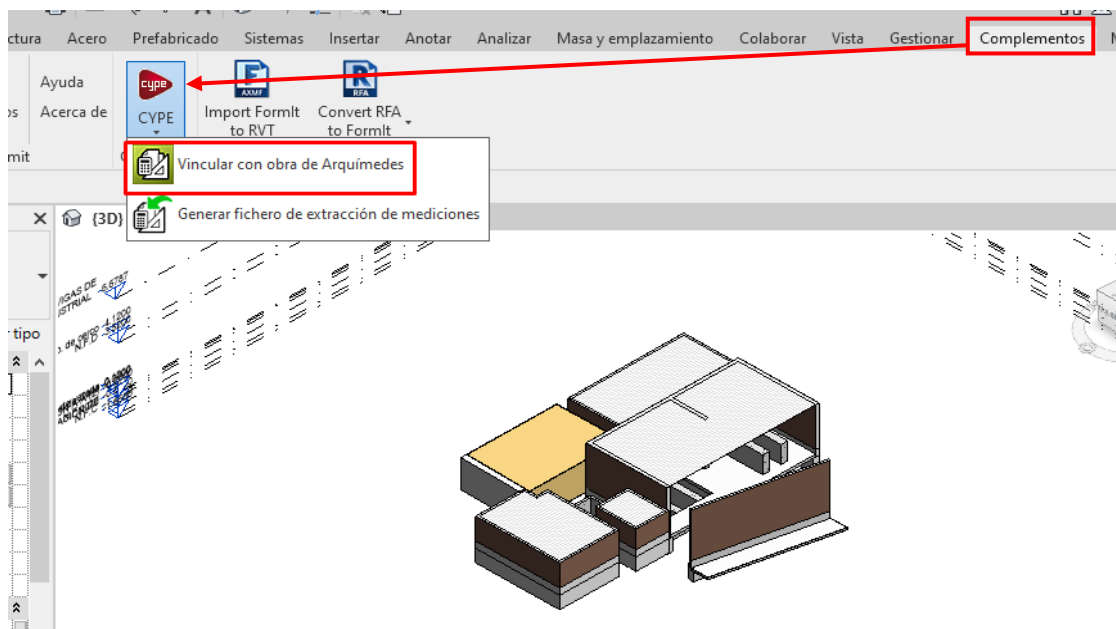


Figura N°6.30 Aplicación del plugin med-BIM de Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

Al establecer el vínculo entre Revit y el software Cype-Arquímedes, se abrirá un cuadro de vinculación, para lo cual se elige la opción “Obra abierta” y luego se da click en “Aceptar”.

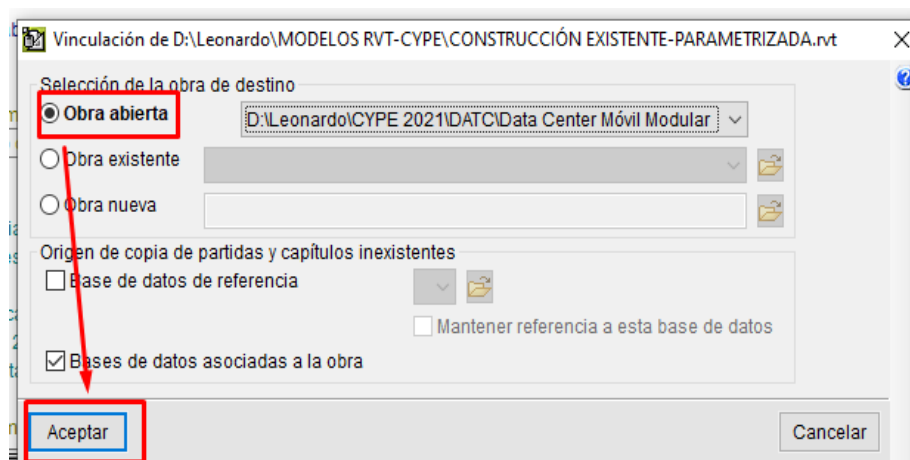


Figura N°6.31 Cuadro de vinculación Revit/Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se abra el cuadro de “Asignación de partidas y extracción de mediciones”, se verificará que los elementos 3D parametrizados por medio de las notas claves del modelo BIM elaborado en Revit queden vinculados con las tareas cuyo código Cype_CodeMed coincida exactamente con la nota clave que le corresponde, lo que permite la asignación automática de los elementos 3D con las respectivas tareas del presupuesto elaborado en Cype-Arquímedes.

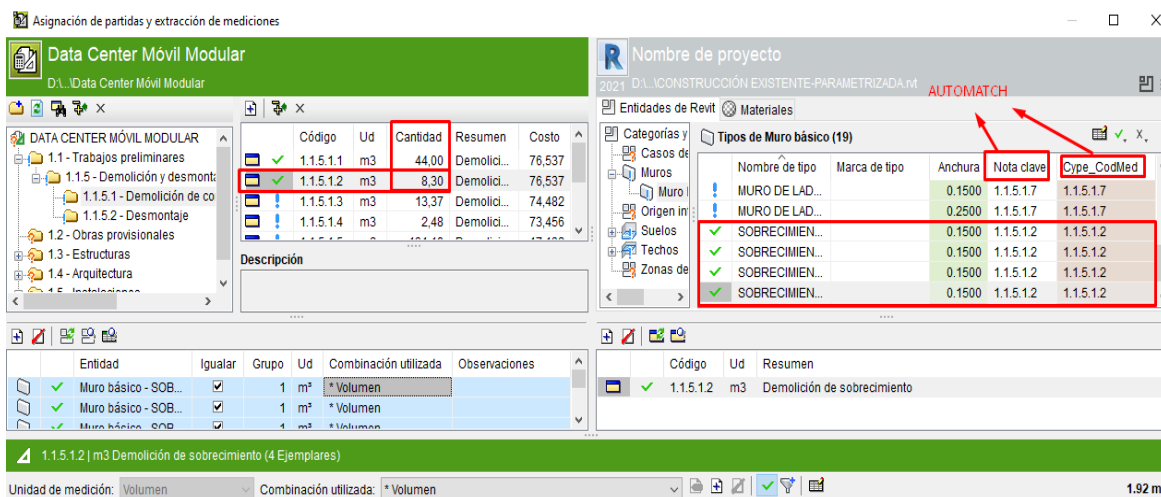


Figura N°6.32 Cuadro de Asignación de partidas y extracción de mediciones.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de verificar que la asignación automática este realizada correctamente, se procede a extraer las mediciones del modelo BIM-3D.

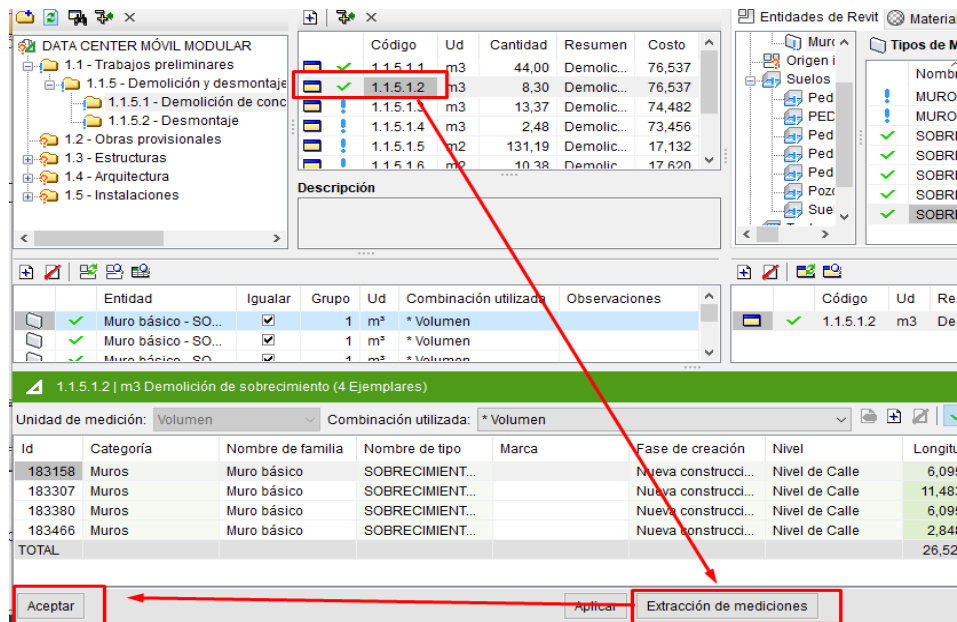


Figura N°6.33 Extracción de mediciones.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de extraer la medición a aparecerá en la estructura principal del presupuesto asociada con su respectiva tarea y su costo unitario.

The screenshot shows a software interface with a tree view on the left, a list of items in the center, and a table of measurements at the bottom. A red box highlights the '1.1.5.1.2' item in the list, and another red box highlights the '1.92' value in the 'Cant' column of the table. A red arrow points from the highlighted item to the highlighted value.

Código	Doc	Pil	Ud	Resumen	Cant	Costo	Importe
1.1				Trabajos preliminares	1,00	1.151.845,720	1.151.845,720
1.1.1				Glb Movilización de equipos	1,00	58.800,248	58.800,248
1.1.2				Glb Desmovilización de equipos	1,00	6.634,480	6.634,480
1.1.3				Glb Seguridad y salud en el trabajo	1,00	3.361,578	3.361,578
1.1.4				m2 Limpieza general	249,34	30,997	7.728,792
1.1.5				Demolición y desmontaje	1,00	13.562,007	13.562,007
1.1.5.1				Demolición de concreto/mampostería con maquinaria	1,00	11.796,017	11.796,017
1.1.5.1.1			m3	Demolición de cimiento corrido	44,00	76,537	3.367,628
1.1.5.1.2			m3	Demolición de sobrecimiento	8,30	76,537	635,257
1.1.5.1.3			m3	Demolición de pedestal de concreto	13,37	74,482	995,824
1.1.5.1.4			m3	Demolición de pozo	2,48	73,456	182,171
1.1.5.1.5			m2	Demolición de losas de concreto	131,19	17,132	2.247,547
1.1.5.1.6			m2	Demolición de muro de adobe	10,38	17,620	182,896
1.1.5.1.7			m2	Demolición de muros de ladrillo	231,08	17,809	4.115,304
1.1.5.1.8			m2	Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j	11,25	6,168	69,390
1.1.5.2				Desmontaje	1,00	1.466,638	1.466,638
1.1.5.2.1			m2	Desmontaje de almacén de madera, eje 1-2/ eje f-g	53,02	16,775	889,411
1.1.5.2.2			m2	Desmontaje de techo	146,43	3,042	577,227

Figura N°6.34 Medida extraída de la tarea “Demolición de sobrecimiento”.
Fuente: Elaboración propia.

Para verificar que el vínculo se ha realizado correctamente, se puede realizar la selección de los elementos 3D asignados a las tareas del presupuesto directamente desde el cuadro de “Asignación de partidas y extracción de

mediciones” de Cype-Arquímedes, tal y como se muestran en las figuras N° 6.35 y N°6.36.

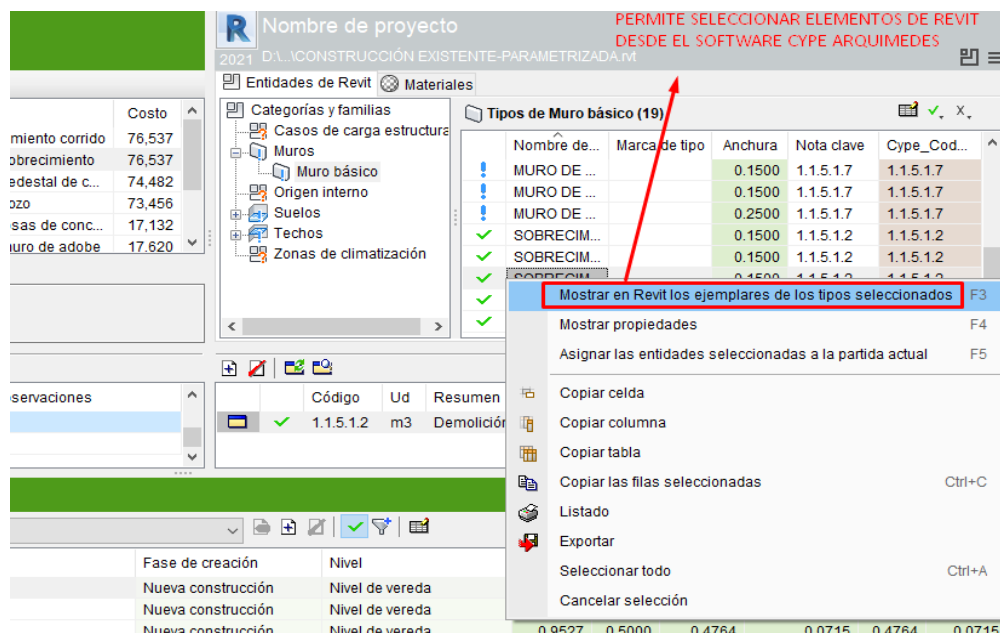


Figura N°6.35 Verificación del Vínculo Revit/Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

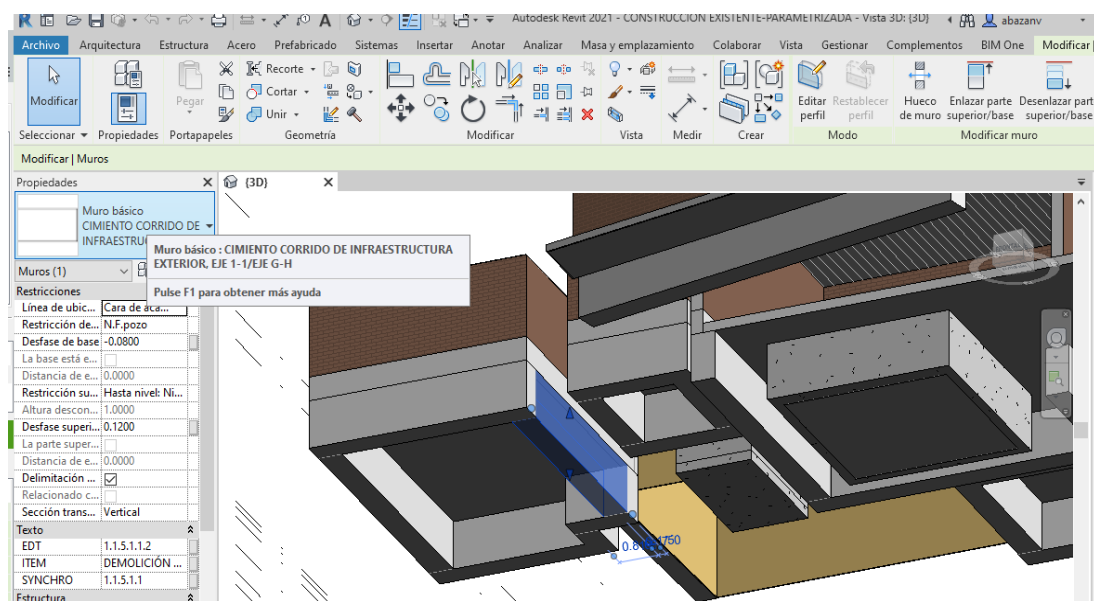


Figura N°6.36 Selección de elementos 3D en Revit desde Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, este proceso se repite para cada una de las tareas hasta que queden asignadas con sus respectivos metrados extraídos del modelo BIM-3D.

Arquímedes. Versión estudiantes - 2021.g

Archivo BDatos Procesos Mostrar Árbol Ventana Ayuda

DATA CENTER MÓVIL MO...

425 DATA CENTER DATA CENTER MÓVIL MODULAR 1.151.845,720

Código	Doc	Pli	Ud	Resumen	Cant	Costo	Importe
DATA CENTER MÓVIL				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00	1.151.845,720	1.151.845,720
1.1				Trabajos preliminares	1,00	58.800,248	58.800,248
1.1.1	Glb			Movilización de equipos	1,00	6.634,480	6.634,480
1.1.2	Glb			Desmovilización de equipos	1,00	3.361,578	3.361,578
1.1.3	Glb			Seguridad y salud en el trabajo	1,00	18.958,830	18.958,830
1.1.4	m2			Limpieza general	249,34	30,997	7.728,792
1.1.5				Demolición y desmontaje	1,00	13.562,007	13.562,007
1.1.5.1				Demolición de concreto/mampostería con maquinaria	1,00	11.796,017	11.796,017
1.1.5.1.1	m3			Demolición de cimiento corrido	44,00	76,537	3.367,628
1.1.5.1.2	m3			Demolición de sobrecimiento	8,30	76,537	635,257
1.1.5.1.3	m3			Demolición de pedestal de concreto	13,37	74,482	995,824
1.1.5.1.4	m3			Demolición de pozo	2,48	73,456	182,171
1.1.5.1.5	m2			Demolición de losas de concreto	131,19	17,132	2.247,547
1.1.5.1.6	m2			Demolición de muro de adobe	10,38	17,620	182,896
1.1.5.1.7	m2			Demolición de muros de ladrillo	231,08	17,809	4.115,304
1.1.5.1.8	m2			Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j	11,25	6,168	69,390
1.1.5.2				Desmontaje	1,00	1.466,638	1.466,638
1.1.5.2.1	m2			Desmontaje de almacén de madera, eje 1-2/ eje f-g	53,02	16,775	889,411

Figura N°6.37 Presupuesto elaborado con Revit y Cype-Arquímedes.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber explicado cada uno de los pasos necesarios para utilizar el plugin medBIM de Cype-Arquímedes, en la siguiente imagen se resume el flujo de trabajo detallado anteriormente.

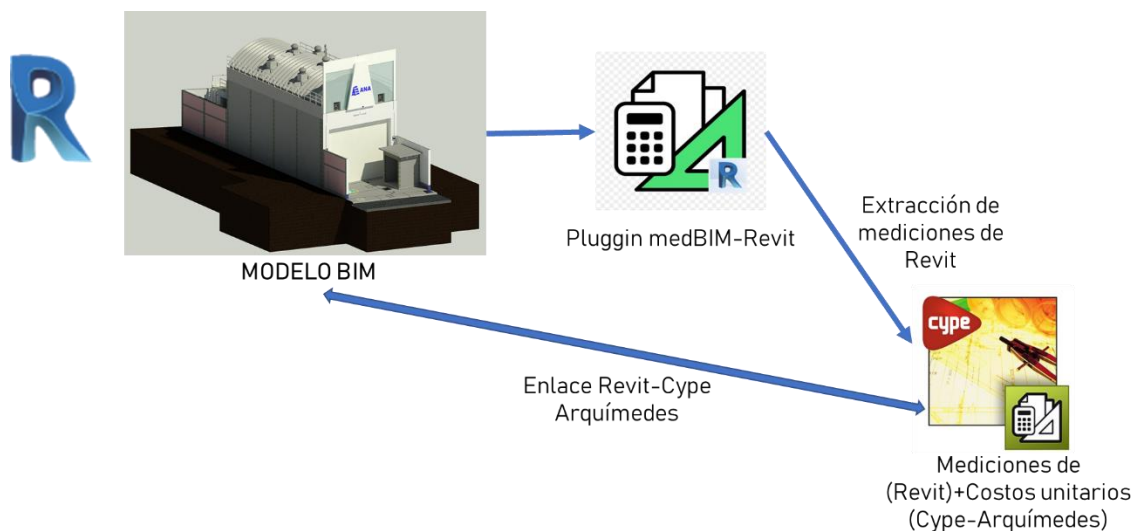


Figura N°6.38 Flujo de trabajo del uso del plugin medBIM.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Elaboración de planos a partir del modelo BIM-3D.

Luego de extraer los metrados y realizar el reporte de detección de incompatibilidades e interferencias, se procede a elaborar los planos del proyecto. Los planos que se realizarán en el software Revit tendrán una ventaja respecto a los planos elaborados en AutoCAD, puesto a que todas las vistas se encuentran enlazadas lo cual facilita su edición en caso de presentarse alguna modificación del proyecto. A continuación, se mostrarán imágenes de algunos de los planos elaborados con Revit, es importante aclarar que se agregarán solo los planos compatibilizados de sanitarias (agua fría y desagüe) en los anexos (Ver Anexo A6) del trabajo de investigación, debido a que la mayor cantidad de incompatibilidades de impacto alto fueron detectadas en esta especialidad.

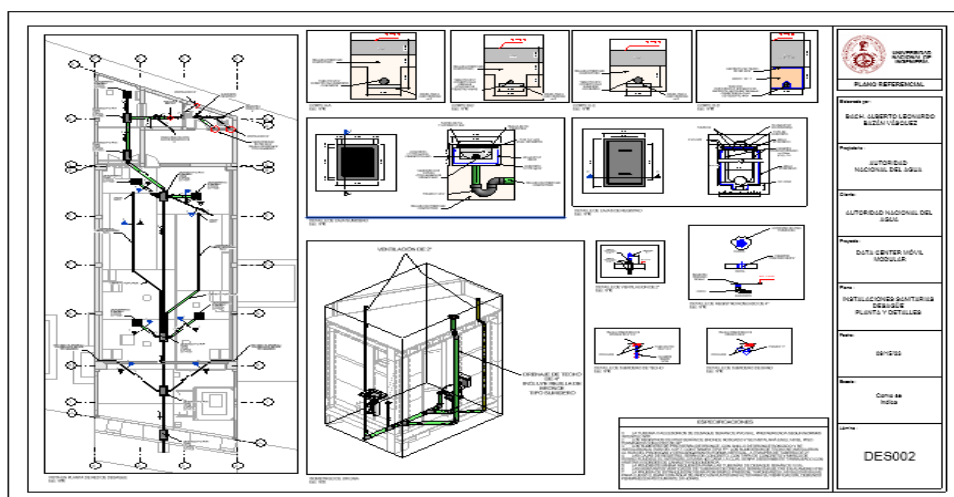


Figura N°6.39 Plano de la especialista de IISS-Desagüe

Fuente: Elaboración propia.

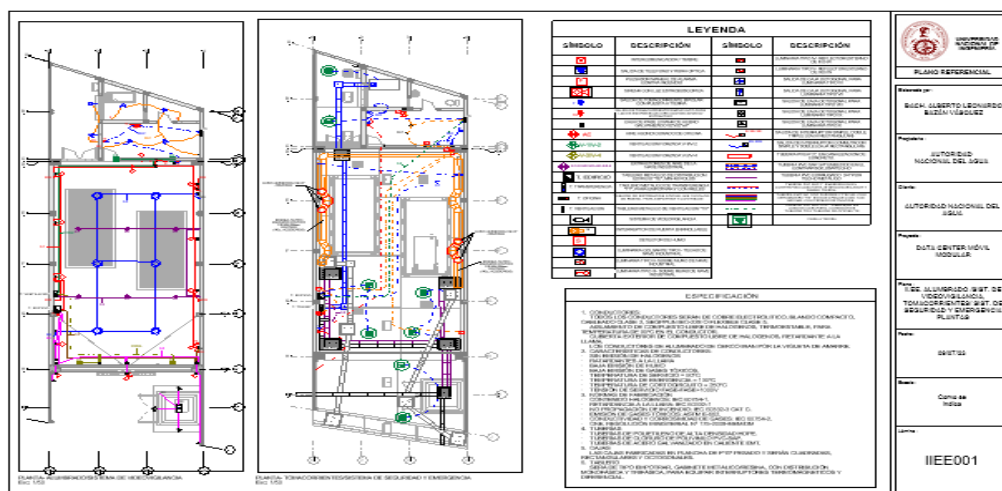


Figura N°6.40 Plano de la especialidad de IIEE.

Fuente: Elaboración propia.

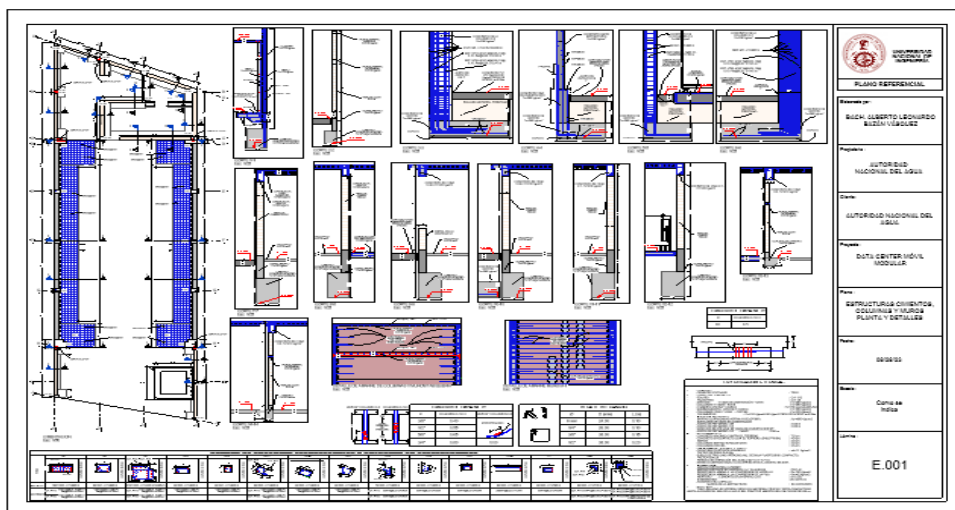


Figura N°6.41 Plano de la especialidad de Estructuras.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 Análisis y estimación unitaria, parcial y total de recursos:

Luego de haber realizado todos los pasos anteriores se procede con el análisis y estimación unitaria, parcial y total de los recursos del proyecto. Para la aplicación de la EDR es importante volver a aclarar que esta herramienta va ligada a la EDT y también a la EDC, pero en este caso se considerará el nivel de desglose de la EDT al nivel de tareas. Dentro del proceso de análisis y estimación de costos directos se mostrará la tabla que fusiona la EDR y EDC del proyecto. A continuación, se mostrará la hoja de recursos de forma parcial obtenida del análisis de recursos del proyecto.

Tabla N°6.10 Hoja de recursos.

HOJA DE RECURSOS				
TIPO DE RECURSO	LISTA DE RECURSOS	UND.	COSTO (S/)	ID
EQUIPOS	EQUIPO PESADO			
	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 Hp	hm	150.53	CRE
	VOLQUETE DE 15 m3	hm	274.71	VOL
	EXCAVADORA SOBRE LLANTA 140 Hp	hm	324.51	EXC
	CAMIÓN SEMITRAYLER DE 35 TON	hm	193.00	CS
	GRUA TELESCOPICA DE 35 TON	hm	342.81	GT
	GRUA TELESCOPICA CON CANASTA	hm	256.70	GTC
	RODILLO LISO VIBRATORIO 2-5 Ton	hm	121.38	RLV
	CAMIÓN CISTERNA (3000 GLNS)	hm	173.50	CC

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7 Estudio de mercado:

Luego de haber estimado los metrados, definir la EDR, elaborar los planos y detectar las incompatibilidades del proyecto se procede a realizar el estudio de mercado del proyecto. Este paso se debe realizar de forma paralela al análisis y estimación de recursos. Se debe priorizar los costos y la calidad de los recursos según las necesidades del cliente. Para la presente investigación se han tenido en cuenta las cotizaciones del suplemento técnico/revista COSTOS de setiembre del 2023, del suplemento técnico/revista CONSTRUCTIVO de setiembre del 2023, y las demás cotizaciones serán de proveedores externos a las revistas. A continuación, se muestra la tabla de forma parcial que reúne la información recopilada del estudio de mercado.

Tabla N°6.11 Estudio de Mercado-Parte 1

TIPO DE RECURSO	LISTA DE RECURSOS	UND.	COSTOS ESTIMADOS DE MANO DE OBRA/ EQUIPOS (S/)	COSTOS DEL SUPLEMENTO TÉCNICO/REVISTA COSTOS-SETIEMBRE 2023 (S/)	COSTOS DEL SUPLEMENTO TÉCNICO/REVISTA CONSTRUCTIVO - SETIEMBRE 2023 (S/)	COSTOS DE PROVEEDOR N°01 (S/)	COSTOS DE PROVEEDOR N°02 (S/)
			COTIZACIÓN N°01	COTIZACIÓN N°02	COTIZACIÓN N°03	COTIZACIÓN N°04	COTIZACIÓN N°05
EQUIPOS	EQUIPO PESADO						
	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 Hp	hm	150.53	161.05	162.60		
	VOLQUETE DE 15 m3	hm	274.71	367.26		305.60	320.40
	EXCAVADORA SOBRE LLANTA 140 Hp	hm	324.51			340.40	332.60
	CAMIÓN SEMITRAYLER DE 35 TON	hm	300.37	350.27	193.00	310.70	315.40
	GRUA TELESCÓPICA DE 35 TON	hm	342.81			356.40	368.30
	GRUA TELESCÓPICA CON CANASTA	hm	260.47			256.70	270.80
	RODILLO LISO VIBRATORIO 2-5 Ton	hm	121.38	137.60	140.00	135.20	127.90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.12 Estudio de Mercado-Parte 2

TIPO DE RECURSO	LISTA DE RECURSOS	EMPRESA Y/O REFERENCIA				
		COTIZACIÓN N°01	COTIZACIÓN N°02	COTIZACIÓN N°03	COTIZACIÓN N°04	COTIZACIÓN N°05
EQUIPOS	EQUIPO PESADO					
	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 Hp	MARKETBOOK.PE	SUP. TÉCN. / REV. COSTOS-SETIEMBRE 2023	SUP. TÉCN. / REV. CONSTRUCTIVO-SETIEMBRE 2023	SERGEMAQ E.I.R.L.	RDRENTAL
	VOLQUETE DE 15 m3	MARKETBOOK.PE	SUP. TÉCN. / REV. COSTOS-SETIEMBRE 2023		HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL
	EXCAVADORA SOBRE LLANTA 140 Hp	MARKETBOOK.PE			HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL
	CAMIÓN SEMITRAYLER DE 35 TON	MARKETBOOK.PE	SUP. TÉCN. / REV. COSTOS-SETIEMBRE 2023	SUP. TÉCN. / REV. CONSTRUCTIVO-SETIEMBRE 2023	HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL
	GRUA TELESCÓPICA DE 35 TON	MARKETBOOK.PE			HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL
	GRUA TELESCÓPICA CON CANASTA	MARKETBOOK.PE			HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL
	RODILLO LISO VIBRATORIO 2-5 Ton	MARKETBOOK.PE	SUP. TÉCN. / REV. COSTOS-SETIEMBRE 2023	SUP. TÉCN. / REV. CONSTRUCTIVO-SETIEMBRE 2023	HRIMA S.A.C.	MATIVRENTAL

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8 Análisis y estimación unitaria, parcial y total de costos directos:

Con la hoja de recursos definida y el estudio de mercado realizado se procede a realizar el análisis y estimación unitaria, parcial y total de los costos directos del proyecto. La herramienta que se usará en esta etapa es la EDC, la cual va de la mano de la EDT y la EDR. A continuación, se muestra de forma parcial la herramienta propuesta por el Ing. Walter Rodríguez la cual ha sido actualizada de forma conjunta en la presente investigación.

Tabla N°6.13 Estructura de descomposición de Recursos (EDR)/Estructura de descomposición de Costos (EDC)-Parte 1

ANÁLISIS UNITARIO, PARCIAL Y TOTAL DE LOS RECURSOS Y COSTOS								
CÓDIGO EDT	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	COSTO UNITARIO (S/)	COSTO PARCIAL (S/)	TIPO	DESCRIPCIÓN RECURSOS	PRODUCCIÓN DIARIA
1.3.4.4.1.3	CONCRETO MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL F'c=280 Kg/cm ²	m3	46.07	504.81	23256.49	EDR	Cuadrilla unitaria	30.00
							Rendimiento y coeficientes	
						EDC	Costo unitario CU x Rend. o Coeficientes	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6.14 Estructura de descomposición de Recursos (EDR)/Estructura de descomposición de Costos (EDC)-Parte 2

COSTO UNITARIO DE RECURSOS	25.85	25.85	20.33	18.39	26.69	6.69	293.67	8.48	1.00	29.8
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE RECURSOS (EDR)/ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE COSTOS (EDC)										
MANO DE OBRA					EQUIPOS	MATERIALES			SERVICIOS	
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	VIBRADOR DE CONCRETO 4Hp (hm)	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280Kg/cm ² (m3)	ADITIVO ACELERANTE (Litros)	HERRAMIENTAS MANUALES (Soles)	SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO (m3)	
0.800	1.000	1.000	6.000	1.000	1.000					
0.213	0.267	0.267	1.600	0.267	0.267	1.050	12.710	1.000	1.000	
25.850	25.850	20.330	18.390	26.690	6.691	293.670	8.480	2.719	29.800	
5.515	6.893	5.421	29.424	7.117	1.784	308.354	107.781	2.719	29.800	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.9 Elaboración de la EDO:

Dentro de los costos indirectos se encuentran los gastos técnicos y administrativos los cuales serán detallados mediante la EDO del proyecto, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

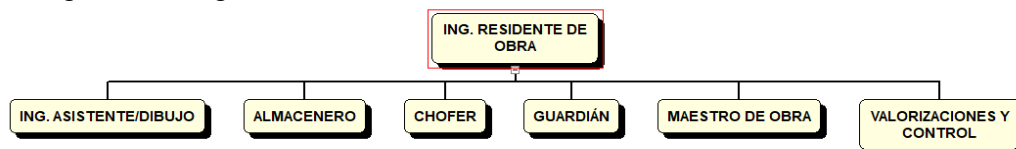


Figura N°6.42 Estructura de Descomposición Organizacional (EDO).

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber identificado los responsables técnicos y administrativos del proyecto se procede a estimar los gastos técnicos y administrativos.

Tabla N°6.15 Gastos técnicos y administrativos.

Item	Descripción	Unidad	N° Veces	Cantidad	P. Unit. (S/.)	Parcial (S/.)
1	COSTOS INDIRECTOS					
1.01	GASTOS VARIABLES (Relacionados con el tiempo)					
01.01.01	GASTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS DE OBRA					
01.01.01.01	ING. RESIDENTE DE OBRA	Mes	1.00	4.00	8,000.00	32,000.00
01.01.01.02	ING. ASISTENTE/DIBUJO	Mes	1.00	3.00	3,000.00	9,000.00
01.01.01.03	ALMACENERO	Mes	1.00	3.00	2,000.00	6,000.00
01.01.01.04	CHOFER	Mes	1.00	3.00	1,300.00	3,900.00
01.01.01.05	GUARDIÁN	Mes	2.00	3.00	1,300.00	7,800.00
01.01.01.06	MAESTRO DE OBRA	Mes	1.00	3.00	2,700.00	8,100.00
01.01.01.07	VALORIZACIONES Y CONTROL	Mes	1.00	4.00	2,700.00	10,800.00
01.01.01.08	BENEFICIOS SOCIALES	Glb	1.00	49.00%	32,000.00	15,680.00
TOTAL GASTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS						93,280.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.10 Hoja de planificación y programación:

Luego de haber estimado los gastos técnicos y administrativos, se debe realizar el cálculo del plazo interno (días útiles) y el buffer del plazo del proyecto (días útiles).

Por las características del caso de estudio (nave industrial) y lo indicado anteriormente en el marco teórico, se puede deducir que la obra es de baja incertidumbre, por lo tanto, el buffer para este tipo de obras de acuerdo a lo expuesto anteriormente se debe encontrar entre el 10% y el 20% del plazo contractual del proyecto en días útiles. Se asumirá para la presente investigación como buffer el 10% del plazo contractual. Para convertir el plazo de días calendarios a días útiles, solo se debe dividir el plazo en días calendario entre 1.20 (1 mes = 30 días calendario/25 días útiles). Dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla N°6.16 Estimación del plazo interno y buffer del proyecto.

PLAZO CONTRACTUAL (dc)	90	días calendarios
PLAZO CONTRACTUAL (du)	75	días útiles
BUFFER (du)- SE CONSIDERA (10% P.C)	7.5	días útiles
PLAZO INTERNO (du)	67.5	días útiles
PLAZO INTERNO (du)	68	días útiles

Fuente: Elaboración propia.

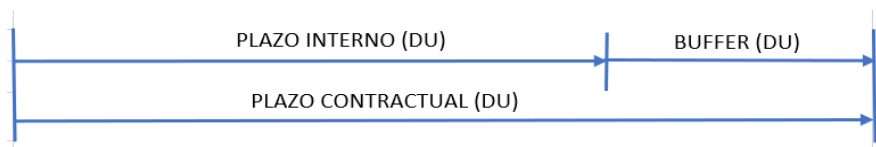


Figura N°6.43 Esquema de cálculo del plazo interno y buffer del plazo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

El valor del plazo interno del proyecto es de 68 días útiles y el buffer del plazo del proyecto, se debe elaborar la hoja de planificación y programación, la cual se mostrará parcialmente a continuación. Esta herramienta servirá para determinar los recursos diarios y las duraciones de las tareas por medio de la teoría de restricciones (TOC).

Tabla N°6.17 Hoja de planificación y programación-Parte 1.

CÓDIGO EDT	DESCRIPCIÓN	UNIDAD ES	METRADO	PRODUCCIÓN DIARIA
1.3.2.1	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	126.90	4.00
1.3.2.3	PERFILADO, NIVELADO Y COMPACTADO DE FUERA DE CIMIENTOS	m2	161.32	26.00
1.3.2.7	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	223.81	20.00
1.3.4.1.3	CONCRETO DE CIMIENTOS DE NAVE INDUSTRIAL F'c=280 Kg/cm2	m3	35.68	32.00
1.3.4.3.1	ENCOFRADO CARAVISTA DE VIGA DE CIMENTACIÓN	m2	85.96	14.00
1.3.4.3.2	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE CIMENTACIÓN FY=4200 Kg/cm2	Kg	1318.66	250.00
1.3.4.4.1.2	ACERO DE REFUERZO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 Kg/cm2	Kg	11237.64	250.00
1.3.4.5.4.5	Acero de refuerzo de columnas de nave industrial	Kg	8679.60	250.00
1.3.4.6.4.4.2	Acero de refuerzo de la viga VC-1 de nave industrial, en el eje C-C/eje 1-4	Kg	2440.87	210.00
1.3.4.6.4.4.3	Acero de refuerzo de la viga VP-1 de nave industrial, en el eje H-H/eje 1-4	Kg	2208.79	210.00
1.3.4.9.3	CURADO DE PAVIMENTO RIGIDO	m2	136.56	15.00
1.3.5.2.2	TECHO AUTOPORTANTE INCLUIDO TRASLUCIDOS	m2	211.03	20.00
1.4.10.3.1	Fabricación de letrero	m2	21.21	1.00
1.5.5.3.2	Conductor LS0H 6.0 mm2	ml	1379.9	60.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.18 Hoja de planificación y programación-Parte 2.

RECURSOS UNITARIOS								
MANO DE OBRA								
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO MEDIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO PESADO (hh)	OPERARIO ESPECIALIZADO (hh)	OPERARIO TOPOGRÁFICO (hh)
0.1000			1.0000					
0.2000	1.0000		1.0000	1.0000				
0.1000			1.0000					
0.6000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000				
0.2500	1.0000	0.5000	1.0000					
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2000	1.0000	1.0000						
0.2500	1.0000	1.0000	0.5000					
0.2500	1.0000	1.0000	0.5000					
0.2000	1.0000	1.0000						
0.5000		1.0000	4.0000			1.0000		
0.1000			1.0000	1.7000				
0.1500	1.0000		0.5000					

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se brindará una explicación de cómo se aplicaron los primeros 3 principios de la Teoría de restricciones, al caso de estudio de la presente investigación.

6.2.10.1 Identificación de la restricción:

Dentro de las 527 tareas, tomando en cuenta las que tenga las horas-hombre calculadas, con la aplicación de la Ley de Pareto (ley 80/20), se tomarán en cuenta solo 105 tareas, de las cuales 14 tareas tienen la mayor incidencia.

Tabla N°6.19 Tareas de mayor incidencia según la cantidad de Horas-hombre

CÓDIGO EDT	DESCRIPCIÓN	HORAS-HOMBRE
1.3.2.1	EXCAVACIÓN MANUAL	279.18
1.3.2.3	PERFILADO, NIVELADO Y COMPACTADO DE FUERA DE CIMIENTOS	158.84
1.3.2.7	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	98.48
1.3.4.1.3	CONCRETO DE CIMIENTOS DE NAVE INDUSTRIAL F'C=280 KG/CM2	67.79
1.3.4.3.1	ENCOFRADO CARAVISTA DE VIGA DE CIMENTACIÓN	135.08
1.3.4.3.2	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE CIMENTACIÓN FY=4200 KG/CM2	92.83
1.3.4.4.1.2	ACERO DE REFUERZO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 KG/CM2	791.13
1.3.4.5.4.5	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNAS DE NAVE INDUSTRIAL	611.04
1.3.4.6.4.4.2	ACERO DE REFUERZO DE LA VIGA VC-1 DE NAVE INDUSTRIAL, EN EL EJE C-C/EJE 1-4	255.71
1.3.4.6.4.4.3	ACERO DE REFUERZO DE LA VIGA VP-1 DE NAVE INDUSTRIAL, EN EL EJE H-H/EJE 1-4	231.40
1.3.4.9.3	CURADO DE PAVIMENTO RIGIDO	160.23
1.3.5.2.2	TECHO AUTOPORTANTE INCLUIDO TRASLUCIDOS	548.68
1.4.10.3.1	FABRICACIÓN DE LETRERO	475.10
1.5.5.3.2	CONDUCTOR LS0H 6.0 MM2	303.58

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de estudio la tarea más restrictiva es la tarea de “ACERO DE REFUERZO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 Kg/cm2” la cual cuenta con un total de 791.13 horas-hombre.

6.2.10.2 Dimensionamiento del tiempo de la tarea restrictiva (segundo principio de la Teoría de Restricciones o explotación de la restricción).

El plazo interno calculado en el paso anterior es de 68 días útiles. Para estimar la dimensión de la duración programada de la tarea restrictiva es importante conocer la secuencialidad de la red, para lo cual antes de llegar al segundo principio de la teoría de restricciones, es necesario que se defina previamente la matriz de precedencias y la ruta crítica del proyecto. Después de definirse las relaciones de precedencias y la ruta crítica del proyecto se procede a estimar los tiempos anteriores y posteriores a la actividad restrictiva. Los cuáles serán de mucha utilidad para calcular la duración de la tarea restrictiva.

Tabla N°6.20 Cálculo de tiempos anteriores y posteriores a la actividad restrictiva.

RESTRICCIÓNES	DESCRIPCIÓN DE TAREA CRÍTICAS	F. I	D	F. F	TIEMPOS ANTERIORES A LA ACTIVIDAD RESTRICTIVA	TIEMPOS POSTERIORES A LA ACTIVIDAD RESTRICTIVA
RESTRICCIÓNES DE INICIO	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	0.00	0.50	0.50	0.00	
	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	0.00	1.00	1.00	0.00	
	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	4.00	1.00	5.00	4.00	
	EXCAVACIÓN MANUAL	13.00	0.50	13.50	9.00	
	PERFILADO, NIVELADO Y APISONADO DE CIMIENTOS	16.00	1.50	17.50	3.00	
	ACERO DE REFUERZO DE CIMIENTOS DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 KG/CM2	16.00	2.50	18.50	0.00	
	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE CIMENTACIÓN FY=4200 KG/CM2	16.00	2.50	18.50	0.00	
TAREA RESTRICTIVA	ACERO DE REFUERZO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL FY=4200 KG/CM2					
RESTRICCIÓNES DE TÉRMINO	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 1-1, TRAMO 1	25.50	4.50	30.00		4.50
	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 4-4, TRAMO 1	25.50	4.50	30.00		4.50
	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 1-1, TRAMO 2	30.00	4.50	34.50		0.00
	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 4-4, TRAMO 2	30.00	4.50	34.50		2.50
	CONCRETO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 1-1, TRAMO 3	36.50	0.50	37.00		0.00
	CONCRETO DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 4-4, TRAMO 3	36.50	0.50	37.00		0.00
	CONCRETO DE COLUMNAS DE NAVE INDUSTRIAL, EN EL EJE 1-1, TRAMO 4	36.50	0.50	37.00		0.00
	CONCRETO DE COLUMNAS DE NAVE INDUSTRIAL, EN EL EJE 4-4, TRAMO 4	36.50	0.50	37.00		2.00
	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 1-1, TRAMO 3	34.50	4.50	39.00		0.00
	ENCOFRADO CARAVISTA DE MURO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL, EJE 4-4, TRAMO 3	34.50	4.50	39.00		0.00
	CONCRETO DE LA VIGA VC-1, EN EL EJE C-C/EJE 1-4, TRAMO 1	38.50	0.50	39.00		7.00
	CONCRETO DE LA VIGA VD-1, EJE 1-1/EJE D-H, TRAMO 1	45.50	0.50	46.00		0.00
	CONCRETO DE LA VIGA VD-1, EJE 4-4/EJE D-H, TRAMO 1	45.50	0.50	46.00		1.50
	ENCOFRADO CARAVISTA DE LA VIGA VC-1, EJE C-C/EJE 1-4, TRAMO 2	42.00	5.50	47.50		0.00
	ENCOFRADO CARAVISTA DE LA VIGA VD-1, EJE 1-1/EJE D-H, TRAMO 1	44.50	3.00	47.50		0.00
	ENCOFRADO CARAVISTA DE LA VIGA VD-1, EJE 4-4/EJE D-H, TRAMO 1	44.50	3.00	47.50		2.50
	ENCOFRADO CARAVISTA DE LA VIGA VD-1, EJE 1-1/EJE D-H, TRAMO 2	47.00	3.00	50.00		0.50
	MURO DE SOGA DE TABIQUERÍA DE OFICINA, TRAMO 1	50.00	0.50	50.50		1.50
	MURO DE SOGA DE TABIQUERÍA DE OFICINA, TRAMO 2	51.50	0.50	52.00		0.30
	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE AMARRE DE LA TABIQUERÍA-OFICINA, EJE 3-3/EJE A-B	52.00	0.30	52.30		0.00
	ACERO DE REFUERZO DE VIGA DE AMARRE DE LA TABIQUERÍA-OFICINA, EJE 3-4/EJE B-B	52.00	0.30	52.30		0.30
	CONCRETO DE VIGA DE AMARRE DE TABIQUERÍA-OFICINA, EJE 3-3/EJE A-B	52.30	0.30	52.60		0.00
	CONCRETO DE VIGA DE AMARRE DE TABIQUERÍA-OFICINA, EJE 3-4/EJE B-B	52.30	0.30	52.60		1.50
	MURO DE SOGA DE TABIQUERÍA DE OFICINA, TRAMO 3	53.60	0.50	54.10		0.20
	CONCRETO DE VIGA DE AMARRE DE TABIQUERÍA-OFICINA, EJE 3-3/EJE A-B	52.30	2.00	54.30		1.20
	CONCRETO DE COLUMNAS DE TABIQUERÍA EN OFICINA	55.10	0.40	55.50		0.00
	ACERO DE REFUERZO EN AMARRES EN MUROS DE ALBAÑILERÍA	54.50	1.00	55.50		0.20
	CONCRETO SIMPLE EN TUBERÍAS DE DESAGÜE F'C=175 KG/CM2	55.50	0.20	55.70		0.30
	ENCOFRADO DE RELLENO DE CONCRETO EN MUROS DE ALBAÑILERÍA	55.50	0.50	56.00		1.00
	LADRILLO DE TECHO 15X30X30 CM	56.70	0.30	57.00		0.10
	ENCOFRADO DE COLUMNAS DE TABIQUERÍA EN OFICINA	55.10	2.00	57.10		0.20
	ACERO DE REFUERZO DE LOSA ALIGERADA DE OFICINA DE FY=4200 KG/CM2	57.00	0.30	57.30		0.20
	CONCRETO LOSA ALIGERADA F'C=210 KG/CM2, H=0.20 M	57.00	0.50	57.50		0.00

"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

CONCRETO DE VIGAS DE MUROS PORTANTES -OFICINA	57.00	0.50	57.50		0.70
ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA DE OFICINA, EJE 2-4/EJE A-C	55.70	2.50	58.20		1.80
TARRAJEO DE TECHO DE GRUPO ELECTRÓGENO	59.50	0.50	60.00		0.00
TARRAJEO DE TECHO DE S.S.H.H DE OFICINA	59.50	0.50	60.00		0.00
TARRAJEO DE TECHO DE OFICINA	59.50	0.50	60.00		1.00
TARRAJEO EXT. DE VIGA V-3 DE OFICINA ADYACENTE A PATIO	60.50	0.50	61.00		0.00
TARRAJEO INT. VIGAS DE GRUPO ELECTRÓGENO	60.50	0.50	61.00		0.00
TARRAJEO INT. DE VIGAS DE OFICINA	60.50	0.50	61.00		0.00
TARRAJEO EXT. DE VIGAS DE OFICINA ADYACENTES A NAVE INDUSTRIAL	60.50	0.50	61.00		0.00
TARRAJEO INT. DE VIGAS DE S.S.H.H DE OFICINA	60.50	0.50	61.00		0.90
VESTIDURA EN DERRAME DE VENTANA V-2	61.60	0.30	61.90		0.00
VESTIDURA EN DERRAME DE PUERTA P-3	61.60	0.30	61.90		0.00
VESTIDURA DE ARISTAS DE PUERTA P-3	61.60	0.30	61.90		0.10
TARRAJEO EN MURO EXT. FROTACHADO DE OFICINA ADYACENTE A PATIO	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO EN MURO INT. FROTACHADO DE GRUPO ELECTRÓGENO	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO PRIMARIO Y RAYADO, C:A 1:5, E=1.5CM	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO EN MURO INT. FROTACHADO DE S.S.H.H DE OFICINA	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO EN MURO INT. FROTACHADO DE OFICINA	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO EN MURO EXT. FROTACHADO DE OFICINA ADYACENTE A NAVE INDUSTRIAL	61.00	1.00	62.00		0.00
TARRAJEO DE COLUMNAS DE OFICINA	61.00	1.00	62.00		0.10
VESTIDURA EN DERRAME DE PUERTA DE GRUPO ELECTRÓGENO	61.60	0.50	62.10		0.00
VESTIDURA EN DERRAME DE PUERTA P-2	61.60	0.50	62.10		0.00
VESTIDURA EN DERRAME DE PUERTA P-4	61.60	0.50	62.10		0.00
VESTIDURA EN DERRAME DE VENTANA V-1	61.60	0.50	62.10		0.30
PINTURA LÁTEX DE TECHO DE GRUPO ELECTRÓGENO	62.20	0.20	62.40		0.00
PINTURA LÁTEX DE TECHO DE S.S.H.H DE OFICINA	62.20	0.20	62.40		0.20
PINTURA LÁTEX DE TECHO DE OFICINA	62.20	0.40	62.60		0.40
PINTURA LÁTEX INT. DE VIGAS DE S.S.H.H DE OFICINA	62.60	0.40	63.00		0.00
PINTURA LÁTEX INT. DE VIGAS DE OFICINA	62.60	0.40	63.00		0.10
PINTURA LÁTEX EXT. DE VIGA V-3 DE OFICINA ADYACENTE A PATIO	62.60	0.50	63.10		0.00
PINTURA LÁTEX INT. DE VIGAS DE GRUPO ELECTRÓGENO	62.60	0.50	63.10		0.00
PINTURA LÁTEX EXT. DE VIGAS DE OFICINA ADYACENTES A NAVE INDUSTRIAL	62.60	0.50	63.10		0.30
PINTURA LÁTEX EN COLUMNAS DE OFICINA	63.10	0.30	63.40		0.20
PINTURA LÁTEX EN MURO EXT. DE OFICINA ADYACENTE A PATIO	63.10	0.50	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN MURO INT. DE GRUPO ELECTRÓGENO	63.10	0.50	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN MURO INT. DE S.S.H.H DE OFICINA	63.10	0.50	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN MURO EXT. DE OFICINA ADYACENTE A NAVE INDUSTRIAL	63.10	0.50	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE PUERTA DE GRUPO ELECTRÓGENO	63.40	0.20	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE PUERTA P-2	63.40	0.20	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE PUERTA P-4	63.40	0.20	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE VENTANA V-1	63.40	0.20	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE VENTANA V-2	63.40	0.20	63.60		0.00
PINTURA LÁTEX EN DERRAME DE PUERTA P-3	63.40	0.20	63.60		0.50
PINTURA LÁTEX EN MURO INT. DE OFICINA	63.10	1.00	64.10		0.70
PUERTA CONTRAPLACADA INCLUIDO MARCO, P-2, E=35 MM (1 HOJA)	64.60	0.20	64.80		0.20
PUERTA CONTRAPLACADA INCLUIDO MARCO, P-3, E=35 MM (1 HOJA)	64.80	0.20	65.00		1.00
REJA METÁLICA DE GRUPO ELECTRÓGENO (2.00X1.50 M)	65.00	1.00	66.00		1.00
PINTURA PARA REJAS/ESCALERA Y BARANDAS, DOS MANOS	66.00	1.00	67.00		0.20
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAPA SUPERFICIAL DE SUELO	67.00	0.20	67.20		0.30
REVEGETACIÓN EN ÁREAS AFECTADAS POR LA OBRA	67.20	0.30	67.50		0.50
DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	67.50	0.50	68.00		0.00
SUMATORIA DE TIEMPOS ANTERIORES Y POSTERIORES A LA ACTIVIDAD RESTRICTIVA				16.00	42.50

Fuente: Elaboración propia.

La fórmula para estimar la duración programada de la actividad restrictiva es sencilla de deducir, la cual es la siguiente:

“GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS”

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

$$T_p = (\text{plazo interno}) - (\sum t_a + \sum t_p)$$

$\sum t_a$ = Sumatoria de tiempos anteriores a la actividad restrictiva.

$\sum t_p$ = Sumatoria de tiempos posteriores a la actividad restrictiva.

T_p = Duración programada de la actividad restrictiva.

Al reemplazar los valores estimados en la fórmula se obtiene lo siguiente.

$$T_p = (68) - (16 + 42.5)$$

$$T_p = 9.5 \text{ días útiles} \approx 10 \text{ días útiles.}$$

6.2.10.3 Dimensión del tiempo de las tareas restantes (tercer principio de la Teoría de Restricciones o subordinación de las tareas restantes).

El tercer principio TOC (principio de subordinación), nos indica que ninguna de las tareas restantes debe tener una duración programada superior a la de la tarea restrictiva. Es decir que a lo mucho las actividades restantes pueden tener una duración programada igual a la de tarea restrictiva. En las siguientes tablas se puede observar que la duración programada de las actividades de mayor incidencia no supera la duración programada de la actividad restrictiva, por lo tanto, se cumple con el tercer principio de la teoría de restricciones.

Tabla N°6.21 Hoja de planificación y programación-Parte 3.

TEORIA DE RESTRICCIONES (TOC)					
Ru	Rendimiento de MO	HH	Tu	Tp	f
4.00	2.20	279.18	31.73	8.00	3.97
26.00	0.98	158.84	6.20	2.00	3.10
20.00	0.44	98.48	11.19	4.00	2.80
32.00	1.90	67.79	1.12	0.30	3.72
14.00	1.57	135.08	6.14	3.00	2.05
250.00	0.07	92.83	5.27	2.50	2.11
250.00	0.07	791.13	44.95	10.00	4.50
250.00	0.07	611.04	34.72	8.00	4.34
210.00	0.10	255.71	11.62	3.00	3.87
210.00	0.10	231.40	10.52	3.00	3.51
15.00	1.17	160.23	9.10	5.00	1.82
20.00	2.60	548.68	10.55	3.00	3.52
1.00	22.40	475.10	21.21	7.00	3.03
60.00	0.22	303.58	23.00	7.00	3.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.22 Hoja de planificación y programación-Parte 4.

RECURSOS DIARIOS								
MANO DE OBRA								
CAPATAZ (hh)	OPERARIO (hh)	OFICIAL (hh)	PEÓN (hh)	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO MEDIANO (hh)	OPERARIO DE EQUIPO PESADO (hh)	OPERARIO ESPECIALIZADO (hh)	OPERARIO TOPOGRÁFICO (hh)
0.397			3.966					
0.620	3.102		3.102	3.102				

0.280			2.798					
2.230	3.717	3.717	14.867	3.717				
0.512	2.047	1.023	2.047					
0.422	2.110	2.110						
0.946	4.732	4.732						
0.868	4.340	4.340						
0.969	3.874	3.874	1.937					
0.877	3.506	3.506	1.753					
0.364	1.821	1.821						
1.759		3.517	14.069			3.517		
0.303			3.030	5.151				
0.493	3.285		1.643					

Fuente: Elaboración propia.

6.2.11 Lógica y secuencialidad de la red:

Este paso se debe realizar antes del segundo principio de la teoría de restricciones, ya que permite definir las relaciones de precedencias de las tareas del proyecto, las cuales son útiles para determinar tanto la ruta crítica como la estimación de los tiempos anteriores y posteriores de la actividad restrictiva, lo cual facilita el cálculo de la duración programada de la actividad restrictiva.

Es importante aclarar que en los anexos (Ver anexo A7) se mostrará solo el diagrama de Gantt elaborada en la presente tesis, la cual resume todo el trabajo realizado en la identificación de las relaciones de precedencias.

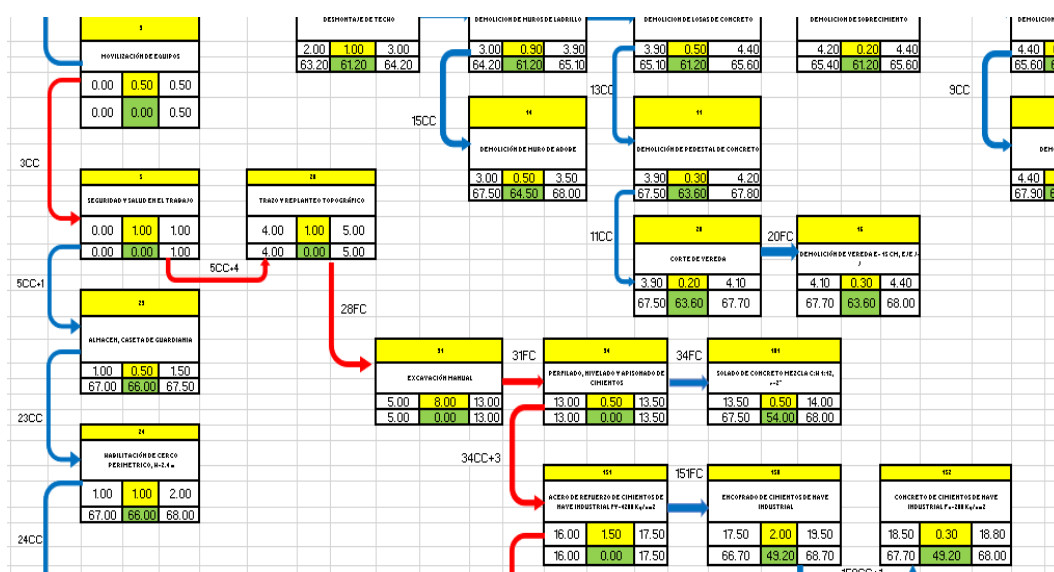


Figura N°6.44 Diagrama de precedencias del caso de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Es cierto que el diagrama o red de precedencias es una herramienta muy útil para determinar la secuencialidad de la red, sin embargo, lo ideal sería acompañar esta herramienta con el uso de un software de simulación 4D/5D como Synchro Pro, el cual permite al gestor de proyectos revisar la red que propone y verificar la

secuencialidad de las actividades que a simple vista no se pueden ver. Es por eso que se plantea en la presente investigación el uso de la herramienta de simulación 4D/5D como Synchro Pro debido a que facilita al gestor de proyectos verificar la lógica y secuencialidad de la red planteada en el cronograma del proyecto de forma visual y asemejar la programación a lo que se desea plasmar en la ejecución en campo, con la finalidad de realizar el aseguramiento de la construcción.

6.2.12 Programación del proyecto:

Luego de haber determinado las respectivas relaciones de precedencias, los recursos diarios y las duraciones de cada una de las tareas del proyecto se procede a elaborar el cronograma del proyecto con ayuda del software Ms Project-2019. Dentro de esta etapa se realiza la asignación de los recursos (Global o diaria) a cada una de las tareas de acuerdo a lo planificado en los pasos anteriores. La asignación global de recursos permitirá la exportación del cronograma sin alterar la asignación de recursos del proyecto en el software Risky Project, mientras que la asignación diaria de recursos será útil para determinar los flujos de caja del proyecto.

Por lo tanto, dentro de la programación se obtendrán dos cronogramas, uno con la asignación global de recursos y otro con la asignación diaria.

6.2.13 Flujo de caja a nivel costos directos:

La documentación necesaria para obtener el flujo de caja a nivel de costos directos son los siguientes: El cronograma valorizado por tareas (ingresos) del proyecto en este caso de forma semanal, y el cronograma valorizado de recursos (egresos). Si el flujo de caja se considera a nivel semanal, se encontrará orientada a la programación interna de la obra. En cambio, si el flujo de caja se considera mensual, se encontrará orientada hacia la Entidad, debido a que las valorizaciones se realizan de forma mensual.

A continuación, se mostrará el flujo de costos a nivel costos directos de forma semanal.

Tabla N° 6.23 Flujo de caja a nivel de costos directos.

TOTAL VALORIZACIONES SEMANALES COSTO DIRECTO	38,951.66	30,011.75	5,994.21	61,308.95	100,357.07	86,552.61	107,527.55	53,261.05	58,056.03	70,975.28	132,228.14	193,783.28	212,838.14	1,151,845.72					
SEMANAS	05/10/2023	12/10/2023	19/10/2023	26/10/2023	02/11/2023	09/11/2023	16/11/2023	23/11/2023	30/11/2023	07/12/2023	14/12/2024	21/12/2024	28/12/2023	04/01/2024	11/01/2024	18/01/2024	25/01/2024	01/02/2024	
FLUJO DE CAJA FINANCIERO COSTO DIRECTO																			
INGRESOS																			
ADELANTO DIRECTO (10%CD)	115,184.57																		
ADELANTO ESPECÍFICO PARA MATERIALES (20%CD)	230,369.14																		
VALORIZACIONES BRUTAS									236,623.64				305,397.24					609,824.84	
AMORTIZACIONES																			
AMORTIZACIÓN POR ADELANTO DIRECTO (10%VB)									23,662.36				30,539.72					60,982.48	
AMORTIZACION POR ADELANTO ESPECÍFICO MATERIALES (20%VB)									47,324.73				61,079.45					121,964.97	
RETENCIÓN FONDO DE GARANTÍA (5%)									11,831.18				15,269.86					30,491.24	
VALORIZACIÓN NETA									153,805.37				198,508.21					396,386.15	
DEVOLUCIÓN FONDO DE GARANTÍA																		57,592.29	
TOTAL INGRESOS	345,553.72								153,805.37				198,508.21					453,978.43	
EGRESOS																			
MANO DE OBRA	4461.89	11097.17	5078.74	14100.27	24986.62	32183.58	36679.11	17285.14	18199.9	21992.45	43193.53	34668.07	24392.09						
EQUIPOS	11207.88	17174.69	417.91	59.73	2500.67	6885.96	1510.63	131.58	3978.81	4086.93	45602.27	10715.67	18592.78						
MATERIALES	15337.22	1210.83	272.03	40796.77	61616.3	44601.72	66439.79	29280.2	32171.66	43539.18	41410.82	146805.63	168682.09						
SERVICIOS	7,735.03	0.00	0.00	1,062.97	593.62	573.95	1,146.70	5,711.26	2,769.08	271.78	0.00	0.00	0.00						
COSTOS FIJOS													28633.02						
TOTAL DE EGRESOS	38,742.02	29,482.69	5,768.68	56,019.74	89,697.21	84,245.21	105,776.23	52,408.18	57,119.45	69,890.34	130,206.62	192,189.37	240,299.98						
BALANCE (INGRESOS SEMANALES- EGRESOS SEMANALES)	306,811.70	-29,482.69	-5,768.68	-56,019.74	-89,697.21	-84,245.21	-105,776.23	-52,408.18	96,685.92	-69,890.34	-130,206.62	-192,189.37	-41,791.77	0.00	0.00	0.00	0.00	453,978.43	
BALANCE ACUMULADO SEMANAL	306,811.70	277,329.01	271,560.33	215,540.59	125,843.38	41,598.17	-64,178.06	-116,586.24	-19,900.33	-89,790.67	-219,997.29	-412,186.66	-453,978.43	-453,978.43	-453,978.43	-453,978.43	-453,978.43	0.00	
TASA SEMANAL PASIVA (0.23% SEMANAL)	706.09	638.24	624.96	496.04	289.61	95.73													2850.67
TASA SEMANAL ACTIVA (0.69% SEMANAL)							-443.09	-804.92	-137.39	-619.93	-1,518.89	-2,845.78	-3,134.32						-9504.32
																		SOBREGIRO BANCARIO DE	-6653.65

Fuente: Elaboración propia.

6.2.14 Análisis y estimación de la utilidad en función al análisis de riesgos:

Luego de haber realizado la programación, el flujo de caja a nivel de costos directos, se procede a estimar la utilidad del proyecto en función al análisis de riesgos para lo cual se aplicarán los siguientes tipos de análisis: El análisis de incertidumbre y el análisis de los eventos de riesgo. Para este análisis se hará uso del cronograma con la asignación global de recursos, debido a que el software Risky Project trabaja de esta manera con los recursos asignados a cada tarea.

6.2.14.1 Análisis de la incertidumbre.

Por medio del análisis de la incertidumbre se determinará la contingencia necesaria que impactará en la Utilidad.

Como se mencionó en un inicio el software que se utilizará para este proceso es el Risky Project. Para realizar el este análisis se debe definir en primer lugar los valores mínimos, valores más probables y valores máximos tanto de la duración como de los costos totales de cada tarea. Para el presente caso de estudio se asumió como el valor mínimo, el 95% del valor más probable y como valor máximo, el 105% del valor más probable. La distribución estadística elegida es la distribución triangular y el número de iteraciones para realizar la simulación es de 10000 iteraciones.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del primer análisis realizado.

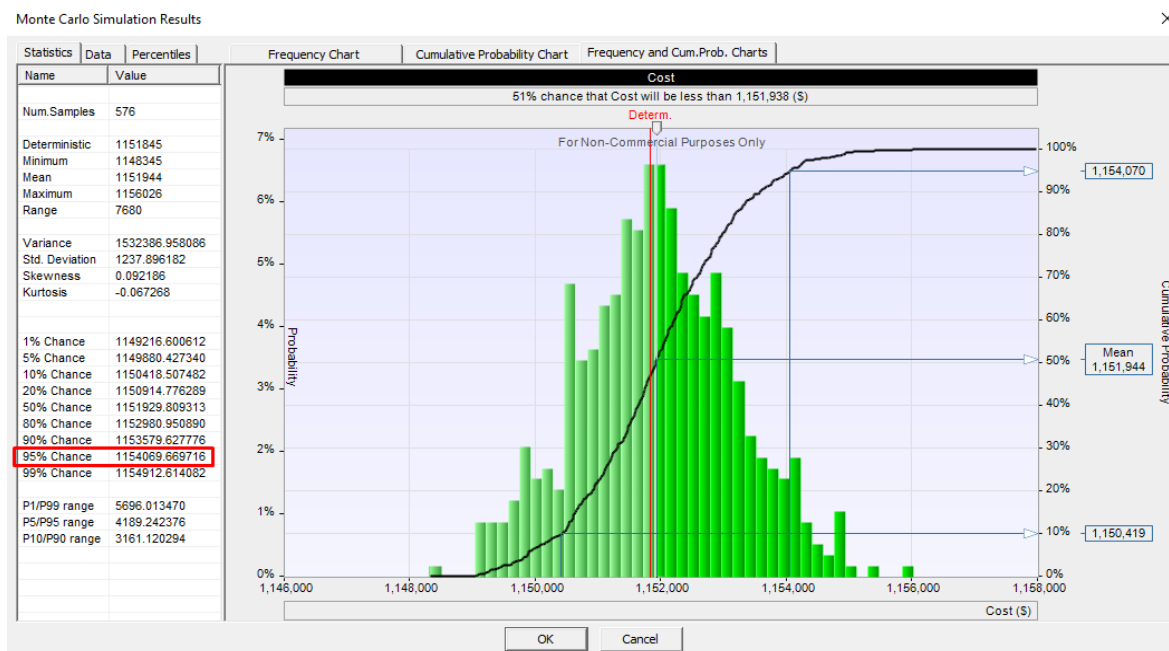


Figura N°6.45 Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de incertidumbre-Presupuesto.

Fuente: Elaboración propia.

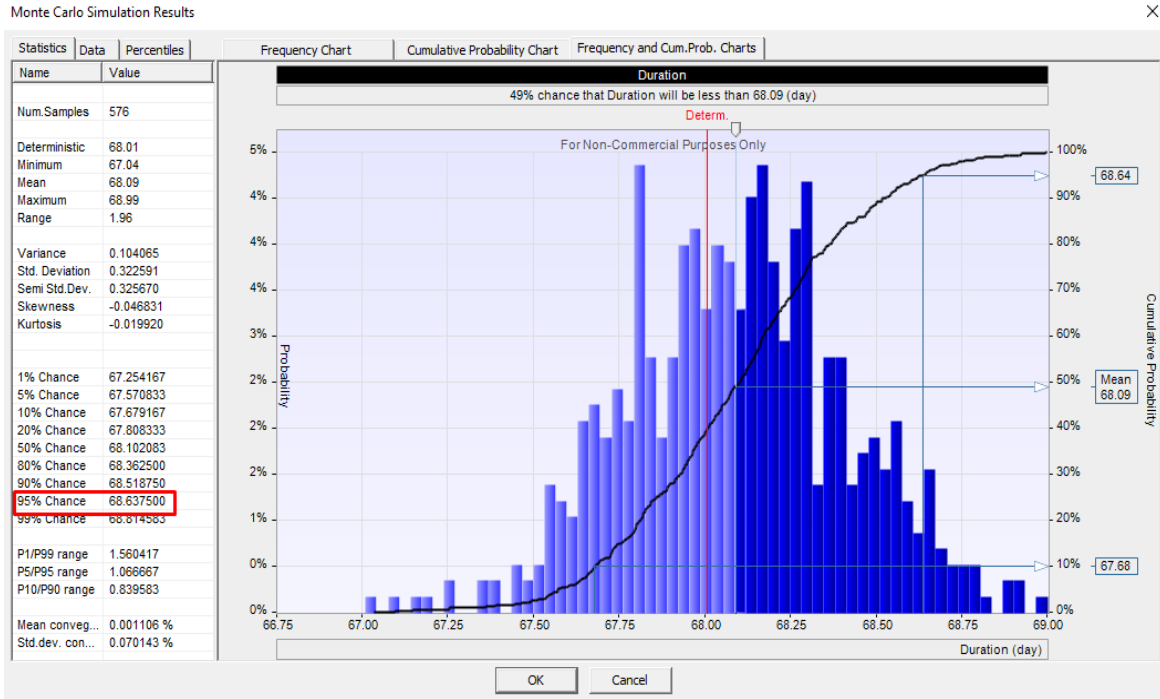


Figura N°6.46 Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de incertidumbre-Plazos.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6.24 Contingencia necesaria al 95% de confianza obtenida del análisis de la incertidumbre.

CONTINGENCIA NECESARIA AL 95% DE CONFIANZA	
ESTIMACIÓN DEL COSTOS DIRECTO AL 95% DE CONFIANZA (S/.)	1,154,069.67
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO ESTIMADO (S/.)	1,151,845.72
CONTINGENCIA NECESARIA AL 95% DE CONFIANZA (S/.)	2,223.95

Fuente: Elaboración propia.

6.2.14.2 Análisis de los eventos de riesgo.

Luego haber realizado el análisis de la incertidumbre del proyecto, se procede a realizar el análisis de los eventos de riesgo.

A continuación, se detallará cada uno procesos considerados en la metodología propuesta.

6.2.14.2.1 Identificación de riesgos.

En esta etapa se realiza la categorización e identificación de cada uno de los eventos de riesgo que afectarán al proyecto. Dentro de las categorías contempladas para el presente caso de estudio se encuentran las siguientes:

Tabla N°6.25 Categorías de los riesgos.

CATEGORIAS DE LOS RIESGOS	
NOMBRE DE LA CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORÍA
Riesgos asociados a la Expectativa del Contratista.	Comprende a todos los riesgos que involucran el cumplimiento o no de las necesidades del contratista.
Riesgos asociados al Impacto Social.	Comprende a todos los riesgos que genera el proyecto en las personas de un determinado lugar y viceversa.
Riesgos asociados a la No Calidad.	Comprende a todos los riesgos que puedan afectar la calidad del proyecto.
Riesgos asociados a la Seguridad en Obra y Salud Ocupacional.	Comprende a todos los riesgos que puedan afectar la integridad física de una persona.
Riesgos asociados a Multas.	Comprende a todos los riesgos con la posibilidad de generar una multa por el incumplimiento de alguna normativa.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de determinar las categorías que se tendrán en cuenta en la identificación de riesgos se procede con elaborar el registro de los eventos de riesgo, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 6.26 Registro de riesgos.

REGISTRO DE RIESGOS						
CÓD.	CAUSAS	CATEGORÍA	NOMBRE DEL RIESGO	DISPARADOR	RESPONSABLE	RESPUESTA AL RIESGO
1	Mala gestión administrativa por parte de la municipalidad	Riesgos asociados a la Expectativa del Contratista.	Demora en el proceso de obtención de licencia de construcción.	Burocracia en los trámites municipales	Administrador del proyecto	MITIGAR
2	Mala gestión administrativa por parte de la Entidad	Riesgos asociados a la Expectativa del Contratista.	Demora en el pago de valorizaciones.	Burocracia de la Entidad licitante	Entidad licitante	EVITAR
3	Los canales clásicos de comunicación no son los adecuados.	Riesgos asociados a la Expectativa del Contratista.	Demora en dar respuesta a los RFI's.	Malestar del ejecutor del proyecto.	Supervisor de obra y residente de obra	MITIGAR
4	Demora en los pagos salariales	Riesgos asociados al Impacto Social.	Huelgas y paralizaciones sindicales.	Malestar de trabajadores	Ing. Residente de obra	MITIGAR
5	El personal clave del proyecto desconoce los requerimientos de la certificación TIA-492	Riesgos asociados a la No Calidad.	Incumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto para la certificación TIA-492.	Notificación de la Entidad de la documentación solicitada para la certificación TIA-492	Ing. Supervisor de obra	MITIGAR
6	Mala evaluación y desarrollo del expediente técnico	Riesgos asociados a la No Calidad.	Error en la estimación de metrados.	Merma en la estimación de cantidades en obra	Entidad licitante	MITIGAR
7	Falta de laboratorios técnicos con certificación de INACAL en la zona del proyecto.	Riesgos asociados a la No Calidad.	Las pruebas y ensayos no cumplen con los estándares de calidad solicitadas por INACAL.	La supervisión de obra no acepta los estudios sin certificación de calidad.	Ing. Residente de obra	EVITAR
8	Uso inadecuado de los EPP's	Riesgos asociados a la Seguridad en Obra y Salud Ocupacional.	Accidentes en el trabajo.	Ocurrencia del accidente	Ing. Residente de obra	MITIGAR

9	Falta de capacitaciones y charlas de inducción de seguridad en obra.	Riesgos asociados a la Seguridad en Obra y Salud Ocupacional.	La empresa no cuenta con una buena cultura de seguridad.	Falta de cultura organizacional en temas de seguridad.	Ing. Residente de obra	MITIGAR
10	Hábitos de trabajo incorrectos	Riesgos asociados a la Seguridad en Obra y Salud Ocupacional.	Lesiones por mala postura y sobreesfuerzo.	Ocurrencia de la lesión	Ing. Residente de obra	MITIGAR
11	Mala gestión del tiempo (deficiente planificación, programación, ejecución y control).	Riesgos asociados a Multas.	Pago de penalidad por entrega tardía del proyecto.	Incumplimiento de hitos	Ing. Residente de obra	MITIGAR
12	El personal clave no cumple con la experiencia y calificación solicitada en el contrato por la Entidad	Riesgos asociados a Multas.	Multa por el incumplimiento con el personal clave.	La Entidad no aprueba la sustitución del personal clave.	Entidad contratista	MITIGAR

Fuente: Elaboración propia.

6.2.14.2.2 Análisis cualitativo de riesgos.

Luego de haber identificado y registrado cada uno de los eventos de riesgo del proyecto se procede a realizar el análisis cualitativo de riesgos. Para eso primero debe estar definida la matriz de probabilidad e impacto, la cual se muestra a continuación.

Tabla N°6.27 Matriz de probabilidad e Impacto

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO							
1. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Muy Alta	0.90	0.045	0.090	0.180	0.360	0.720
	Alta	0.70	0.035	0.070	0.140	0.280	0.560
	Moderada	0.50	0.025	0.050	0.100	0.200	0.400
	Baja	0.30	0.015	0.030	0.060	0.120	0.240
	Muy Baja	0.10	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
2. IMPACTO EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA			0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
			Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
3. PRIORIDAD DEL RIESGO					Baja	Moderada	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Con la matriz de probabilidad e impacto definida, se procede a realizar la evaluación cualitativa de los eventos de riesgo tal y como se muestra la siguiente tabla, es importante aclarar que la tabla N°6.28 solo muestra los eventos de riesgo de alto nivel de riesgo, este análisis debe realizarse con todos los eventos de riesgos sin excepción.

Tabla N°6.28 Análisis cualitativo de los eventos de riesgo.

EVALUACIÓN DE RIESGOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)								
	N° DE RIESGOS=	12					BAJO =	1
							MODERADO =	6
							ALTO =	5
CÓDIGO	CATEGORÍA	NOMBRE DEL RIESGO	PROBABILIDAD (P)	IMPACTO (I)	RIESGO (R= P x I)	NIVEL DEL RIESGO	ENTREGABLE AFECTADO	
1	Riesgos asociados a la Expectativa del Contratista.	Demora en el proceso de obtención de licencia de construcción.	0.300	0.600	0.180	0.18	Todo el proyecto	
4	Riesgos asociados al Impacto Social.	Huelgas y paralizaciones sindicales.	0.300	0.800	0.240	0.24	Todo el proyecto	
5	Riesgos asociados a la No Calidad.	Incumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto para la certificación TIA-492.	0.300	0.800	0.240	0.24	Todo el proyecto	
8	Riesgos asociados a la Seguridad en Obra y Salud Ocupacional.	Accidentes en el trabajo.	0.500	0.400	0.200	0.200	CÓDIGO EDT	NOMBRE DE ENTREGABLE
							1.1.5.1.1	Demolición de cimiento corrido
							1.1.5.1.2	Demolición de sobrecimiento
							1.1.5.1.3	Demolición de pedestal de concreto
							1.1.5.1.4	Demolición de pozo
							1.1.5.1.5	Demolición de losas de concreto
							1.1.5.1.6	Demolición de muro de adobe

						1.1.5.1.7	Demolición de muros de ladrillo
						1.1.5.1.8	Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j
						1.3.2.1	Excavación manual
						1.3.4.4.1.1.1.2	Encofrado caravista de muro estructural de nave industrial, eje 1-1, tramo 2
						1.3.4.4.1.1.1.3	Encofrado caravista de muro estructural de nave industrial, eje 1-1, tramo 3
						1.3.4.4.1.1.2.2	Encofrado caravista de muro estructural de nave industrial, eje 4-4, tramo 2
						1.3.4.4.1.1.2.3	Encofrado caravista de muro estructural de nave industrial, eje 4-4, tramo 3
						1.3.4.4.1.2	Acero de refuerzo de muro estructural de nave industrial $f_y=4200$ kg/cm ²
						1.3.4.4.1.3.1.2	Concreto de muro estructural de nave industrial, eje 1-1, tramo 2
						1.3.4.4.1.3.1.3	Concreto de muro estructural de nave industrial, eje 1-1, tramo 3
						1.3.4.4.1.3.2.2	Concreto de muro estructural de nave industrial, eje 4-4, tramo 2
						1.3.4.4.1.3.2.3	Concreto de muro estructural de nave industrial, eje 4-4, tramo 3
						1.3.4.5.2.2	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 2
						1.3.4.5.2.3	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 3
						1.3.4.5.2.4	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 4
						1.3.4.5.2.6	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 2
						1.3.4.5.2.7	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 3
						1.3.4.5.2.8	Encofrado caravista de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 4
						1.3.4.5.4.5	Acero de refuerzo de columnas de nave industrial
						1.3.4.5.7.1.2	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 2
						1.3.4.5.7.1.3	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 3
						1.3.4.5.7.1.4	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 1-1, tramo 4
						1.3.4.5.7.1.6	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 2
						1.3.4.5.7.1.7	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 3

						1.3.4.5.7.1.8	Concreto de columnas de nave industrial, en el eje 4-4, tramo 4
						1.3.4.6.2.1.1	Encofrado caravista de la viga VD-1, eje 1-1/eje D-H, tramo 1
						1.3.4.6.2.1.2	Encofrado caravista de la viga VD-1, eje 1-1/eje D-H, tramo 2
						1.3.4.6.2.2.1	Encofrado caravista de la viga VC-1, eje C-C/eje 1-4, tramo 1
						1.3.4.6.2.2.2	Encofrado caravista de la viga VC-1, eje C-C/eje 1-4, tramo 2
						1.3.4.6.2.3.1	Encofrado caravista de la viga VP-1, eje H-H/eje 1-4, tramo 1
						1.3.4.6.2.3.2	Encofrado caravista de la viga VP-1, eje H-H/eje 1-4, tramo 2
						1.3.4.6.2.4.1	Encofrado caravista de la viga VD-1, eje 4-4/eje d-h, tramo 1
						1.3.4.6.2.4.2	Encofrado caravista de la viga VD-1, eje 4-4/eje d-h, tramo 2
						1.3.4.6.4.4.1	Acero de refuerzo de la viga VD-1 de nave industrial, en el eje 1-1/eje D-H
						1.3.4.6.4.4.2	Acero de refuerzo de la viga VC-1 de nave industrial, en el eje C-C/eje 1-4
						1.3.4.6.4.4.3	Acero de refuerzo de la viga VP-1 de nave industrial, en el eje H-H/eje 1-4
						1.3.4.6.4.4.4	Acero de refuerzo de la viga canal VD-1 de nave industrial, en el eje 4-4/eje D-H
						1.3.4.6.7.1.1.1	Concreto de la viga VD-1, eje 1-1/eje D-H, tramo 1
						1.3.4.6.7.1.1.2	Concreto de la viga VD-1, eje 1-1/eje D-H, tramo 2
						1.3.4.6.7.1.2.1	Concreto de la viga VC-1, en el eje C-C/eje 1-4, tramo 1
						1.3.4.6.7.1.2.2	Concreto de la viga VC-1, en el eje C-C/eje 1-4, tramo 2
						1.3.4.6.7.1.3.1	Concreto de la viga VP-1, eje H-H/eje 1-4, tramo 1
						1.3.4.6.7.1.3.2	Concreto de la viga VP-1, eje H-H/eje 1-4, tramo 2
						1.3.4.6.7.1.4.1	Concreto de la viga VD-1, eje 4-4/eje D-H, tramo 1
						1.3.4.6.7.1.4.2	Concreto de la viga VD-1, eje 4-4/eje D-H, tramo 2
						1.3.4.7.1	ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA DE OFICINA, EJE 2-4/EJE A-C
						1.3.4.7.2	ACERO DE REFUERZO DE LOSA ALIGERADA DE OFICINA DE FY=4200 Kg/cm ²
						1.3.4.7.3	CONCRETO LOSA ALIGERADA F'c=210 Kg/cm ² , H=0.20 m

							1.3.4.7.4	LADRILLO DE TECHO 15x30x30 cm
							1.3.5.1.2	INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA
							1.3.5.2.1	PLACA DE FIJACIÓN INCLUIDO PERNOS
							1.3.5.2.2	TECHO AUTOPORTANTE INCLUIDO TRASLUCIDOS
							1.3.5.2.3	CERRAMIENTO DE TIMPANO FRONTAL Y POSTERIOR
							1.3.6.1	SOPORTE DE EXTRACTORES TIPO 1
							1.3.6.2	SOPORTE DE EXTRACTORES TIPO 2
							1.3.6.3	SOPORTE DE VENTILADOR V-3/V-4
							1.3.6.5.1	ANCLAJE (DETALLE E)-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.2	ANCLAJE (DETALLE F)-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.3	ANCLAJE (DETALLE G)-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.4	ANCLAJE (DETALLE H)-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.5	ANCLAJE (DETALLE I)-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.6	TUBO DE FG° 4", e =2.50 mm-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.7	CODOS DE FG° 4"-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.3.6.5.8	TAPA DE CHIMENEA-CHIMENEA DE CONTAINER GRUPO ELECTRÓGENO
							1.5.6.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VENTILADOR TIPO V1
							1.5.6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VENTILADOR TIPO V2/V3/V4
							1.5.6.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EXTRACTORES
12	Riesgos asociados a Multas.	Multa por el incumplimiento con el personal clave.	0.300	0.600	0.180	0.18	Todo el proyecto	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.14.2.3 Análisis cuantitativo de riesgos.

Luego de haber evaluado cualitativamente los eventos de riesgo, con ayuda del software Risky Project se procederá a realizar el análisis numérico de los eventos de riesgo. Previamente se debe realizar el análisis y la estimación de cada uno de los costos de mitigación de los eventos de riesgo tomando en cuenta los parámetros propuestos en la metodología de presupuestos dinámicos. A continuación, se mostrará la tabla donde se ha realizado la estimación de dichos costos, los cuales impactarán en la Utilidad del proyecto.

Tabla N°6.29 Análisis y estimación de los costos de mitigación.

1) RIESGOS ASOCIADOS A LA EXPECTATIVA DEL CONTRATISTA.		SI 17,100.00
1.1) Demora en el proceso de obtención de licencia de construcción.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Entrega anticipada de la licencia de construcción a la municipalidad
Código	Item	Precio unitario (s/.)
EC01	RESPONSABLE DE LA PRESENTACIÓN Y SEGUIMIENTO TRÁMITES, Y EMISIÓN DE LA LICENCIA DE OBRA	1,000.00
EC02	FORMATOS FUE, ELABORACIÓN Y FIRMAS DE PROFESIONALES LA DOCUMENTACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO	3,000.00
EC03	FACTIBILIDADES (ELETRICIDAD, AGUA, DESAGÜE, ETC.)	500.00
EC04	DERECHO DE REVISIÓN COLEGIO DE ARQUITECTOS	400.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		4,900.00
1.2) Demora en el pago de valorizaciones.		
RESPUESTA AL RIESGO	EVITAR	Puntualidad en el pago de las valorizaciones
Código	Item	Precio unitario (s/.)
EC05	INTERES RELACIONADOS A LA MORA	1,300.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		1,300.00
1.3) Demora en dar respuesta a los RFI's.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Detectar y resolver RFI's previa ejecución del proyecto
Código	Item	Precio unitario (s/.)
EC06	IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE BIM-3D (AUTODESK REVIT)- POR 3 MESES	3,400.00
EC07	SERVICIO DE MODELADO Y DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES E INTERFERENCIAS	7,500.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		10,900.00
2) RIESGOS ASOCIADOS AL IMPACTO SOCIAL		SI 14,800.00
2.1) Huelgas y paralizaciones sindicales.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Realizar reuniones permanentes con los principales interesados externos.
Código	Item	Precio unitario (s/.)
IS01	RESPONSABLE DE MEDIAR CON LAS ORGANIZACIONES SINDICALES (3 MESES)	9,300.00
IS02	LAPTOP PARA ELABORAR REPORTES DIARIOS SOBRE EL ESTADO DE LA OBRA	2,500.00
IS03	ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN Y REUNIONES	3,000.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		14,800.00
3) RIESGOS ASOCIADOS A LA NO CALIDAD		SI 26,400.00

3.1) Incumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto para la certificación TIA-492		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Asesor externo que verifique el cumplimiento de los requerimientos de la certificación.
Código	Item	Precio unitario (s/.)
NC01	ASESOR CERTIFICADO QUE VERIFIQUE LOS REQUERIMIENTOS DE LA CERTIFICACIÓN TIA (1 MES)	3,300.00
NC02	RESPONSABLE DE SOLICITAR LOS ESTUDIOS Y CERTIFICADOS DE CALIDAD DE MATERIALES (1 MES)	3,300.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		6,600.00
3.2) Error en la estimación de metrados.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Realizar la estimación de metrados por medio del modelo 3D del proyecto
Código	Item	Precio unitario (s/.)
NC03	SERVICIO DE ESTIMACIÓN Y EXTRACCIÓN CANTIDADES DEL MODELO 3D	8,700.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		8,700.00
3.3) Las pruebas y ensayos no cumplen con los estándares de calidad solicitadas por INACAL.		
RESPUESTA AL RIESGO	EVITAR	Realizar el control de pruebas en Lima en el laboratorio con certificación de INACAL.
Código	Item	Precio unitario (s/.)
NC04	RESPONSABLE DEL CONTROL DE PRUEBAS Y ENSAYOS (3 MESES)	7,800.00
NC05	CONTROL DE PRUEBAS Y ENSAYOS EN LABORATORIOS DE LIMA (60 VIAJES POR S/60)	3,300.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		11,100.00
4) RIESGOS ASOCIADOS A LA SEGURIDAD EN OBRA Y SALUD OCUPACIONAL.		S/ 17,300.00
4.1) Accidentes en el trabajo.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Identificar, limpiar y señalizar zonas de peligro en obra
Código	Item	Precio unitario (s/.)
SSO01	LIMPIEZA DE LAS ZONAS DE TRABAJO	2,800.00
SSO02	SEÑALIZACIÓN DE ZONAS DE PELIGRO	1,800.00
SSO03	INSPECCIÓN DE ZONAS LIMPIAS Y SEÑALIZADAS	2,850.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		7,450.00
4.2) La empresa no cuenta con una buena cultura de seguridad		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Verificar la aplicación de las medidas de prevención en obra, así como también las capacitaciones.
Código	Item	Precio unitario (s/.)
SSO04	CAPACITACIONES SOBRE MEDIDAS DE SEGURIDAD EN OBRA	850.00
SSO05	INSPECCIÓN DEL CAMBIO DE EPPS	1,500.00
SSO06	SIMULACROS DE EMERGENCIA ANTE EVENTOS DE RIESGO	850.00
SSO07	INSPECCIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	3,000.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		6,200.00
4.3) Lesiones por mala postura y sobreesfuerzo.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Capacitación sobre la importancia de la ergonomía y posturas de trabajo
Código	Item	Precio unitario (s/.)
SSO07	CAPACITACIONES SOBRE ERGONOMÍA EN EL TRABAJO	850.00
SSO08	INSPECCIÓN DEL USO DE FAJAS Y POSTURAS DE TRABAJO	2,800.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		3,650.00

5) RIESGOS ASOCIADOS A MULTAS		SI 22,811.20
5.1) Pago de penalidad por entrega tardía del proyecto.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Entrega anticipada del proyecto.
Código	Item	Precio unitario (s/.)
M01	REPLANTEO DE LA PLANIFICACION Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	2,400.00
M02	MEDIDAS PARA AGILIZAR LA GESTIÓN DE CAMBIOS EN EL PROYECTO	3,000.00
M03	MEDIDAS PARA AGILIZAR LA OBTENCIÓN DE MATERIALES	3,000.00
M04	MULTA GENERADA EN 15 DÍAS (0.1%VR POR DÍA)	2,036.20
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		10,436.20
5.2) Multa por el incumplimiento con el personal clave.		
RESPUESTA AL RIESGO	MITIGAR	Verificar el cumplimiento del personal clave
Código	Item	Precio unitario (s/.)
M05	MULTA POR INCUMPLIMIENTO DEL PERSONAL CLAVE (INGENIERO AMBIENTAL)- (0.5xUIT) POR DÍA	12,375.00
COSTO DE MITIGACIÓN DEL RIESGO		12,375.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los costos de mitigación de los eventos de riesgo estimados y el cronograma con la asignación global de recursos listo, se procede a realizar el análisis cuantitativo de los eventos de riesgo del proyecto con el software Risky Project. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la simulación de Montecarlo realizado por el software Risky Project de los eventos de riesgo.

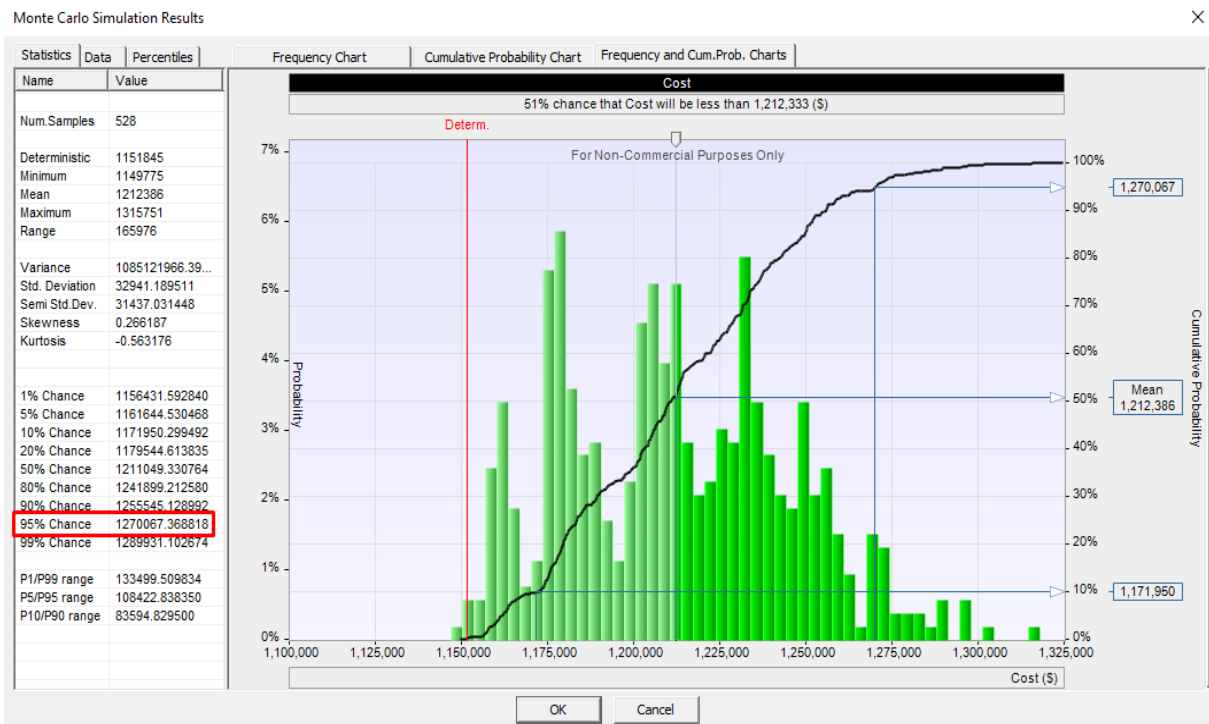


Figura N°6.47 Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de los eventos de riesgos-Presupuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Monte Carlo Simulation Results

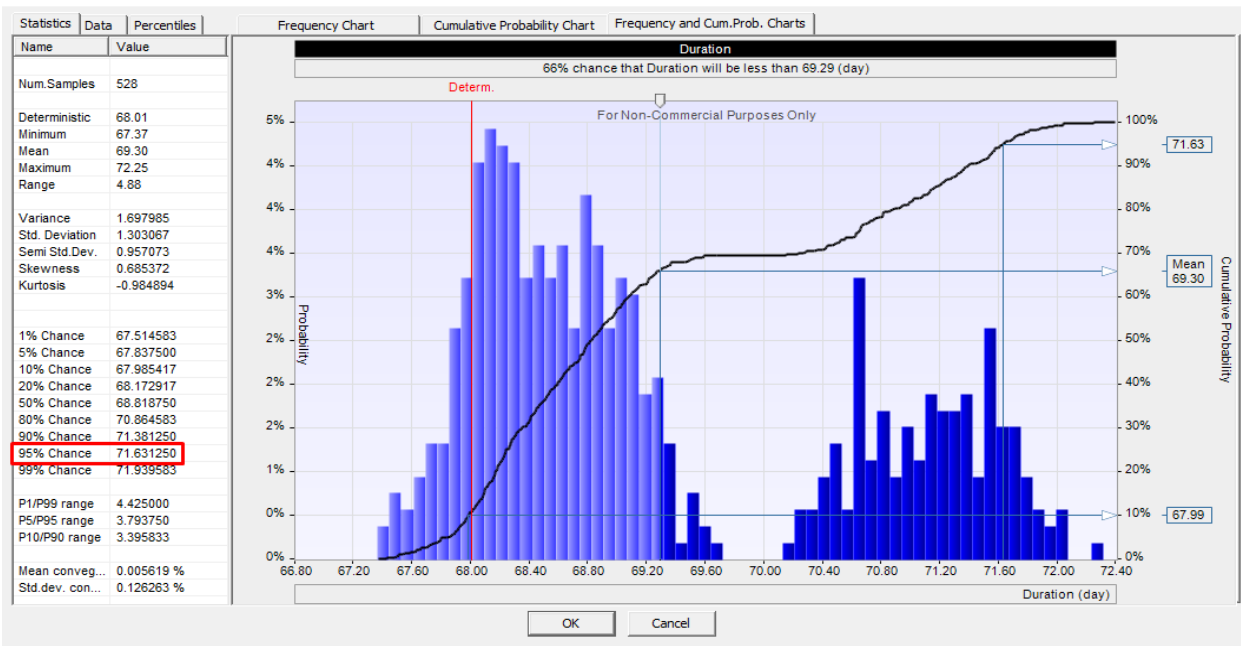


Figura N°6.48 Resultado de la simulación de Montecarlo del análisis de los eventos de riesgos-Plazos.

Fuente: Elaboración propia.

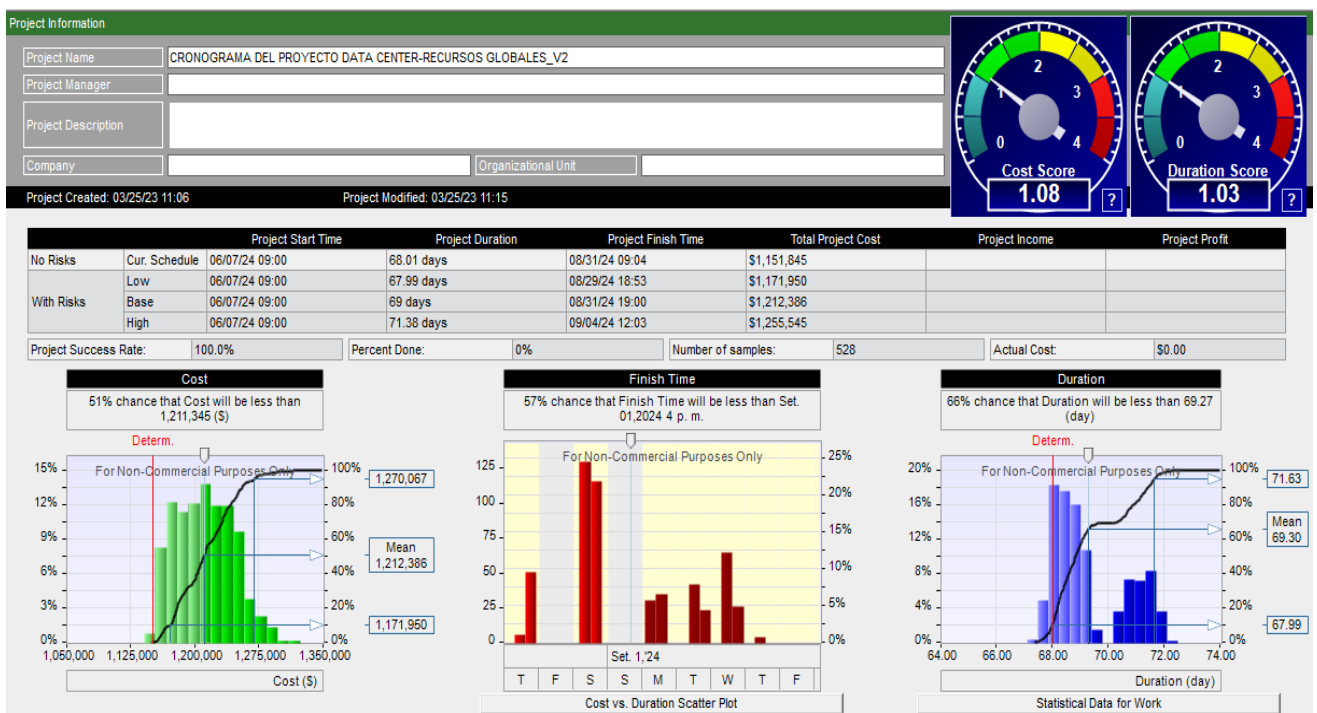


Figura N°6.49 Resumen de resultados de la simulación de Montecarlo con Risky Project.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°6.30 Contingencia necesaria al 95% de confianza obtenida del análisis de los eventos de riesgo.

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS EVENTOS DE RIESGOS	
ESTIMACIÓN DEL (COSTO DIRECTO + CONTINGENCIA) OBTENIDA DE RISKY PROJECT AL 95% DE CONFIANZA (S/.)	1,270,067.37
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO ESTIMADO+CONTINGENCIA AL 95% (S/.)	1,151,845.72
CONTINGENCIA EN FUNCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS EVENTOS DE RIESGOS (S/.)	118,221.65
PLAZO ESTIMADO EN FUNCIÓN AL ANÁLISIS DE RIESGOS (días)	71.63
PLAZO ESTIMADO EN FUNCIÓN AL ANÁLISIS DE RIESGOS (días)	72

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la utilidad se sumarán los resultados obtenidos de los análisis realizados anteriormente.

Tabla N°6.31 Cálculo de la Utilidad del Proyecto.

CONTINGENCIA NECESARIA AL 95% DE CONFIANZA DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES(S/.)	2,223.95
CONTINGENCIA NECESARIA AL 95% DE CONFIANZA DEL ANÁLISIS DE LOS EVENTOS DE RIESGOS (S/.)	118,221.65
TOTAL DE UTILIDAD (S/.)	120,445.60
COSTOS DIRECTOS (S/.)	1,151,845.72
UTILIDAD (%)	10.46%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.15 Análisis de gastos generales:

Luego de haber calculado la Utilidad del proyecto se procede a estimar los gastos generales del proyecto. A continuación, se mostrará la tabla donde se ha realizado la estimación de los gastos generales.

Tabla N°6.32 Análisis de gastos generales

01.01.02	GASTOS FINANCIEROS						
01.01.02.01	GARANTÍA DE FIEL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO	Glb					
	TASA	%	10.00				
	COMISIÓN DEL BANCO	%	2.00				
	PERIODO	Mes	3.00				
	MONTO APLICABLE	S/.			PM		
	COSTO FINANCIERO	%			0.05%		
01.01.02.02	GARANTÍA DEL ADELANTO DIRECTO	Glb					
	TASA	%	10.00				
	COMISIÓN DEL BANCO	%	2.00				
	PERIODO NETO	Mes	3.00				
	MONTO APLICABLE	S/.			PM		
	COSTO FINANCIERO	%			0.05%		
01.01.02.03	GARANTÍA DEL ADELANTO DE MATERIALES	Glb					
	TASA	%	20.00				
	COMISIÓN DEL BANCO	%	2.00				
	PERIODO NETO	Mes	3.00				

	MONTO APLICABLE	S/.			PM		
	COSTO FINANCIERO	%			0.10%		
01.01.02.04	SEGUROS						
01.01.02.04.01	PÓLIZA DE SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN (CAR)						
	TASA	%	0.20%				
	MONTO APLICABLE	S/.			PM		
	COSTO FINANCIERO	%			0.20%		
01.01.02.04.02	SEGURO DE VEHÍCULOS						
	TASA	%	0.04%		PM		
	MONTO APLICABLE	S/.					
	COSTO FINANCIERO	%			0.04%		
01.01.02.04.03	SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO DE RIESGO (SALUD Y PENSIÓN) - PERSONAL TÉCNICO	Glb				3,404.72	
	TASA SALUD	%	2.35				
	TASA PENSIÓN	%	1.30				
	PERIODO NETO	Mes	3.00				
	MONTO APLICABLE	S/.			93,280.00		
01.01.02.04.04	SEGUROS DE VIDA LEY	Glb				932.80	
	TASA	%	4.00				
	PERIODO NETO	Mes	3.00				
	MONTO APLICABLE	S/.			93,280.00		
01.01.02.04.05	EMISIÓN DE TODAS LAS POLIZAS	%	2.00			86.75	
01.01.02.04.06	RESULTADO DEL FLUJO DE CAJA FINANCIERO (SOBREGIRO BANCARIO O AHORRO FINANCIERO)	S/.				2070.52	
TOTAL DE GASTOS FINANCIEROS						0.44%PM +	6,494.93
01.01.03	EQUIPOS NO INCLUIDOS EN LOS COSTOS DIRECTOS					630.00	
01.01.03.01	EQUIPOS DE MECÁNICA DE SUELOS	Mes	1.00	3.00	100.00	300.00	
01.01.03.02	EQUIPOS DE CONCRETO	Mes	1.00	3.00	110.00	330.00	
01.01.04	PRUEBAS DE CALIDAD					3,815.00	
01.01.04.01	CONTROL DE COMPACTACIÓN	Und	1.00	25.00	15.00	375.00	
01.01.04.02	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Und	3.00	1.00	980.00	2,940.00	
01.01.04.03	ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE EN CONCRETO	Und	1.00	100.00	5.00	500.00	
01.01.05	VEHICULOS					40,500.00	
01.01.05.01	CAMIONETA PICK UP 4X4 CON RADIO TRANSMISIÓN	Dias	1.00	270.00	150.00	40,500.00	
01.01.06	EQUIPOS Y MATERIALES DE OFICINA Y LABORATORIO					1,560.00	
01.01.06.01	EQUIPO DE OFICINA	Mes	1.00	3.00	120.00	360.00	
01.01.05.02	MATERIALES DE OFICINA	Mes	1.00	3.00	90.00	270.00	
01.01.05.03	HARDWARE, SOFTWARE Y ACCESORIOS	Mes	1.00	3.00	75.00	225.00	
01.01.05.04	IMPRESIONES (papeles, tinta, cortadora, etc.)	Mes	1.00	3.00	75.00	225.00	
01.01.05.05	MATERIALES FUNGIBLES DE LABORATORIO	Mes	1.00	3.00	80.00	240.00	
01.01.05.06	ARTICULOS DE LIMPIEZA	Mes	1.00	3.00	80.00	240.00	
01.01.06	SERVICIOS Y VARIOS					850.00	
01.01.06.01	PERMISOS Y LICENCIAS	Est	1.00	1.00	100.00	100.00	
01.01.06.02	SERVICIO DE COMUNICACIÓN E INTERNET	Mes	1.00	3.00	150.00	450.00	
01.01.06.03	SERVICIO DE AGUA Y LUZ	Mes	1.00	3.00	100.00	300.00	
01.02	GASTOS FIJOS (No relacionados con el tiempo)						
01.02.01	GASTOS ADMINISTRATIVOS					1,350.00	
01.02.01.01	GASTOS DE LICITACIÓN Y ELABORACIÓN DE PROPUESTA	Est	1.00	1.00	350.00	350.00	
01.02.01.02	GASTOS LEGALES (NOTARIALES)	Est	1.00	1.00	500.00	500.00	
01.02.01.03	COPIAS VARIAS, PLANOS, COMUNICACIÓN	Glb	1.00	1.00	250.00	250.00	
01.02.01.04	TRAMITES DOCUMENTARIOS	Glb	1.00	1.00	250.00	250.00	
01.02.02	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIA					2,010.00	
01.02.02.01	EQUIPOS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO	Pers	2.00	1.00	370.00	740.00	
01.02.02.02	BOTIQUIN DE TOPICO Y PRIMEROS AUXILIOS EN OBRA	Und	1.00	1.00	320.00	320.00	
01.02.02.03	CAMILLA DE EMERGENCIA INCLUIDO FRASADA	Und	1.00	1.00	670.00	670.00	
01.02.02.04	EXTINTORES	Und	1.00	1.00	280.00	280.00	
01.02.03	LIQUIDACIÓN DE OBRA					800.00	
01.02.003.01	FOTOCOPIA PLANOS	Est	1.00	1.00	270.00	270.00	
01.02.003.02	EMPASTADA, ENCUADERNADO, ANILLADOS	Est	1.00	1.00	270.00	270.00	

01.02.003.03	COMUNICACIONES	Est	1.00	1.00	130.00	130.00	
01.02.003.04	MOVILIDAD COORDINACIONES	Est	1.00	1.00	130.00	130.00	
01.02.04	VARIOS					0.2%PM	
01.02.04.01	IMPUESTO SENCICO (0.2% PRESUPUESTO SIN IGV)	%		0.20	PM	0.2%PM	
TOTAL DE GASTOS FIJOS						0.2%PM +	S/. 4,160.00
01.02.05	CONTRIBUCIÓN DE OFICINA CENTRAL (1.85%*CD)	%		1.85%	PM	1.85%PM	
01.02.05.01	ALQUILERES O SERVICIOS						
01.02.05.01.01	ALQUILER DE LOCAL		1.00	3.00	1,500.00	4,500.00	
01.02.05.01.02	ALUMBRADO Y AGUA		1.00	3.00	400.00	1,200.00	
01.02.05.01.03	TELÉFONO E INTERNET		1.00	3.00	700.00	2,100.00	
01.02.05.01.04	CORREO, RADIO Y OTRAS COMUNICACIONES		1.00	3.00	300.00	900.00	
01.02.05.01.05	AMORTIZACIÓN DE EQUIPOS DE OFICINA		1.00	3.00	900.00	2,700.00	
01.02.05.01.06	GASTOS DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS		1.00	3.00	1,000.00	3,000.00	
01.02.05.02	SUSCRIPCIONES Y SEGUROS						
01.02.05.02.01	SUSCRIPCIONES A REVISTAS Y PERIÓDICOS		1.00	3.00	400.00	1,200.00	
01.02.05.02.02	INSCRIPCIÓN A INSTITUCIONES		1.00	3.00	400.00	1,200.00	
01.02.05.02.03	SEGUROS DE PERSONAL, VEHÍCULOS Y OTROS.		1.00	3.00	300.00	900.00	
01.02.05.03	ARTÍCULOS DE CONSUMO			3.00			
01.02.05.03.01	ÚTILES DE OFICINA Y AFINES.		1.00	3.00	100.00	300.00	
01.02.05.03.02	COPIAS DE PLANOS, FOTOCOPIAS, IMPRESIONES Y SIMILARES.		1.00	3.00	200.00	600.00	
01.02.05.03.03	ARTÍCULOS DE LIMPIEZA		1.00	3.00	150.00	450.00	
01.02.05.04	PROYECCIÓN DE LA EMPRESA						
01.02.05.04.01	PROPAGANDA, AVISOS, ETC.		1.00	3.00	100.00	300.00	
01.02.05.04.02	CURSOS SEMINARIOS, ETC.		1.00	3.00	400.00	1,200.00	
01.02.05.04.03	HOMENAJES, CELEBRACIONES, ETC.		1.00	3.00	400.00	1,200.00	
TOTAL DE GASTOS GENERALES						2.49%PM +	S/. 151,309.62

Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores es posible estimar el presupuesto meta del proyecto, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°6.33 Estimación del presupuesto meta.

PRESUPUESTO META (PM)=	(GG y EDO) +UT+CD
UTILIDAD (10.46%CD)	120,445.60
COSTOS DIRECTOS (S/)	1,151,845.72
0.9751PM =	1,423,600.94
PRESUPUESTO META	1,459,933.60

Fuente: Elaboración propia.

6.2.16 Flujo de caja financiero definitivo (Costos directos + Gastos Generales y EDO + Utilidad):

Luego de haber elaborado el flujo de caja a nivel de costos directos, estimado los gastos generales, los gastos administrativos y técnicos, y la utilidad del proyecto, se procede a elaborar el flujo de caja financiero.

A continuación, se mostrará la tabla donde se ha realizado el flujo de caja financiero del proyecto del presente caso de estudio.

Tabla N°6.34 Flujo de caja financiero del proyecto.

TOTAL VALORIZACIONES SEMANALES COSTO DIRECTO	38,951.66	30,011.75	5,994.21	61,308.95	100,357.07	86,552.61	107,527.55	53,261.05	58,056.03	70,975.28	132,228.14	193,783.28	212,838.14						
GASTOS GENERALES (16.29%C.D)	6,345.45	4,889.09	976.49	9,987.58	16,348.74	14,099.92	17,516.86	8,676.53	9,457.66	11,562.28	21,540.72	31,568.41	34,672.55						
UTILIDAD (10.46%C.D)	4,073.08	3,138.25	626.80	6,410.92	10,494.09	9,050.59	11,243.89	5,569.37	6,070.77	7,421.71	13,826.76	20,263.43	22,255.95						
TOTAL DE VALORIZACIONES SEMANALES (C.D+GG+UT)	49,370.19	38,039.09	7,597.50	77,707.45	127,199.90	109,703.12	136,288.29	67,506.96	73,584.46	89,959.27	167,595.63	245,615.12	269,766.64						
VALORIZACIONES SEMANALES ACUMULADAS	49,370.19	87,409.28	95,006.78	172,714.23	299,914.13	409,617.24	545,905.53	613,412.49	686,996.95	776,956.22	944,551.84	1,190,166.96	1,459,933.60						
SEMANAS	05/10/2023	12/10/2023	19/10/2023	26/10/2023	02/11/2023	09/11/2023	16/11/2023	23/11/2023	30/11/2023	07/12/2023	14/12/2024	21/12/2024	28/12/2023	04/01/2024	11/01/2024	18/01/2024	25/01/2024	01/02/2024	
FLUJO DE CAJA FINANCIERO COSTO DIRECTO																			
INGRESOS																			
ADELANTO DIRECTO (10%CD)	145,993.36																		
ADELANTO ESPECÍFICO PARA MATERIALES (20%CD)	291,986.72																		
VALORIZACIONES BRUTAS									299,914.13				387,082.82					772,936.65	
AMORTIZACIONES																			
AMORTIZACIÓN POR ADELANTO DIRECTO (10%VB)									29,991.41				38,708.28					77,293.67	
AMORTIZACION POR ADELANTO ESPECIFICO MATERIALES (20%VB)									59,982.83				77,416.57					154,587.33	
RETENCIÓN FONDO DE GARANTÍA (5%)									14,995.71				19,354.14					38,646.83	
VALORIZACIÓN NETA									194,944.18				251,603.84					502,408.82	
DEVOLUCIÓN FONDO DE GARANTÍA																		72,996.68	
TOTAL INGRESOS	437,980.08								194,944.18				251,603.84					575,405.50	
EGRESOS																			
MANO DE OBRA	4461.89	11097.17	5078.74	14100.27	24986.62	32183.58	36679.11	17285.14	18199.9	21992.45	43193.53	34668.07	24392.09						
EQUIPOS	11207.88	17174.69	417.91	59.73	2500.67	6885.96	1510.63	131.58	3978.81	4086.93	45602.27	10715.67	18592.78						
MATERIALES	15337.22	1210.83	272.03	40796.77	61616.3	44601.72	66439.79	29280.2	32171.66	43539.18	41410.82	146805.63	168682.09						
SERVICIOS	7735.03	0	0	1062.97	593.62	573.95	1146.7	5711.26	2769.08	271.78	0	0	0						
COSTOS FIJOS													28,633.02						
GASTOS GENERALES (16.29%C.D)	6,345.45	4889.086	976.491	9987.58	16348.743	14099.917	17516.855	8676.531	9457.66	11562.28	21540.723	31568.408	34672.554						
UTILIDAD (10.46%C.D)	4,073.08	3138.253	626.799	6410.922	10494.086	9050.588	11243.885	5569.374	6070.773	7421.706	13826.763	20263.429	22255.947						
TOTAL DE EGRESOS	49,160.55	37,510.03	7,371.97	72,418.24	116,540.04	107,395.72	134,536.97	66,654.09	72,647.88	88,874.33	165,574.11	244,021.21	297,228.48						
BALANCE (INGRESOS SEMANALES-EGRESOS SEMANALES)	388,819.53	-37,510.03	-7,371.97	-72,418.24	-116,540.04	-107,395.72	-134,536.97	-66,654.09	122,296.30	-88,874.33	-165,574.11	-244,021.21	-45,624.65	0.00	0.00	0.00	0.00	575,405.50	
BALANCE ACUMULADO SEMANAL	388,819.53	351,309.51	343,937.54	271,519.29	154,979.25	47,583.54	-86,953.43	-153,607.52	-31,311.22	-120,185.54	-285,759.65	-529,780.86	-575,405.50	-575,405.50	-575,405.50	-575,405.50	-575,405.50	0.00	
TASA SEMANAL PASIVA (0.23% SEMANAL)	894.82	808.49	791.53	624.87	356.67	109.51													3585.88
TASA SEMANAL ACTIVA (0.69% SEMANAL)							-600.34	-1,060.52	-216.18	-829.77	-1,972.92	-3,657.67	-3,972.66						-8724.15
																		SOBREGIRO BANCARIO DE	

Fuente: Elaboración propia.

Del flujo a nivel de costos directos y del flujo de caja financiero definitivo se obtiene la siguiente tabla, la cual permitirá estimar si se necesita un préstamo o sobregiro o se ha obtenido un ahorro o incremento bancario.

Tabla N°6.35 Resultado final de los flujos de caja.

SOBREGIRO BANCARIO:	
POR FLUJO DE CAJA A CD. (S/.)	-6653.65
POR FLUJO DE CAJA A CD+GG+UT (S/.)	-8,724.17
INCREMENTO EN EL GASTO FINANCIERO DEL ANÁLISIS DE GG FINAL (S/.)	2070.52

Fuente: Elaboración propia.

6.2.17 Simulación BIM-4D/5D:

Para realizar la simulación BIM-4D/5D, es necesario el cronograma del proyecto con los recursos asignados de forma diaria y el modelo BIM-3D.

Para este proceso se utilizará el software Synchro Pro. Este programa es muy potente en la gestión de proyectos, puesto a que permite al usuario vincular el cronograma y los costos con el modelo BIM-3D, dando origen a simulación BIM-4D/5D. Dentro de los anexos (Ver anexo A2) se añadirá un manual donde se detalla el proceso de elaboración de la simulación BIM-4D/5D. A continuación, se muestra algunas imágenes de la animación realizada por este software.



Figura N°6.50 Simulación 4D/5D-Inicio de obra.
Fuente: Elaboración propia.



Figura N°6.51 Simulación 4D/5D-Semana 2.
Fuente: Elaboración propia.

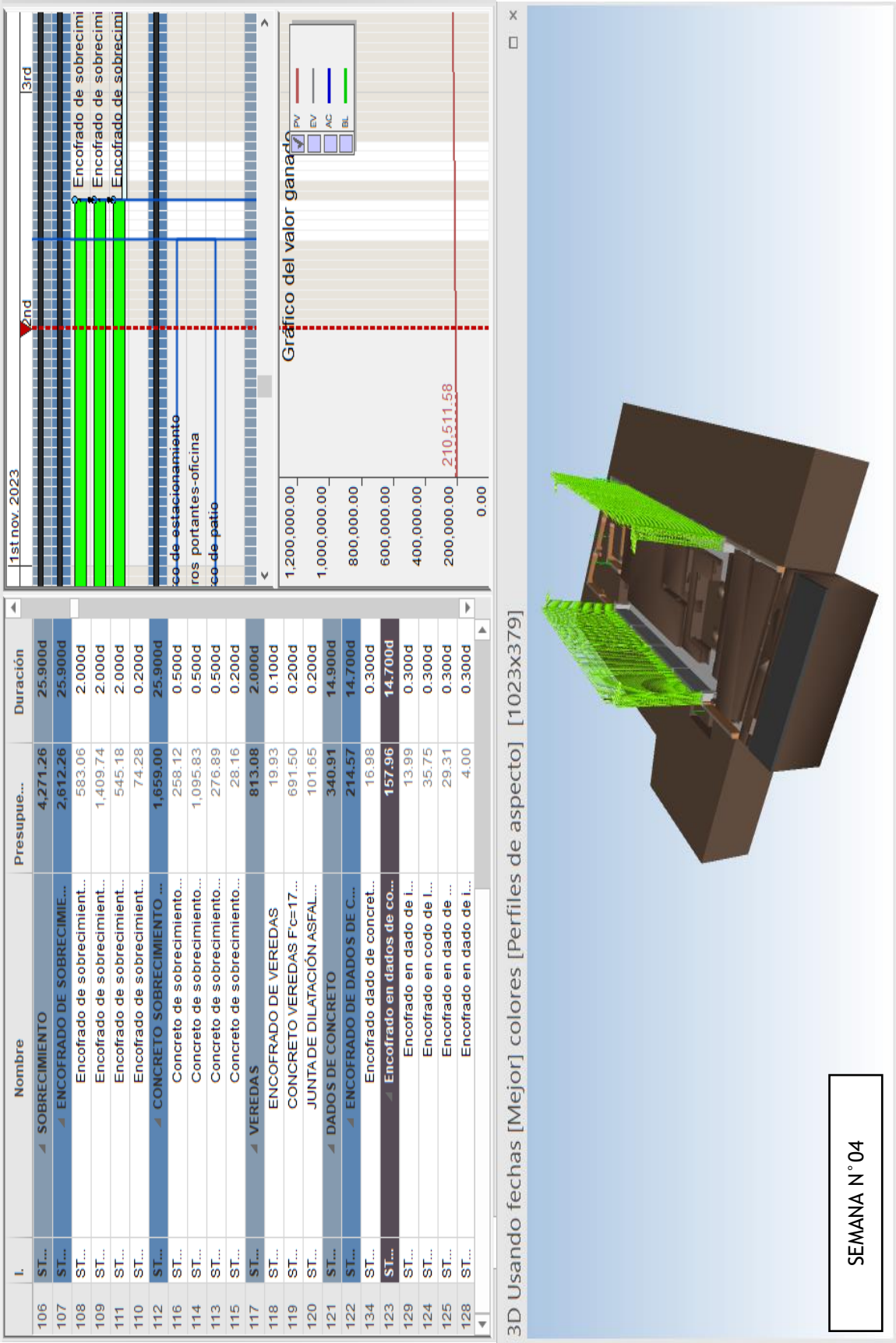


Figura N°6.52 Simulación 4D/5D-Semana 4.
Fuente: Elaboración propia.

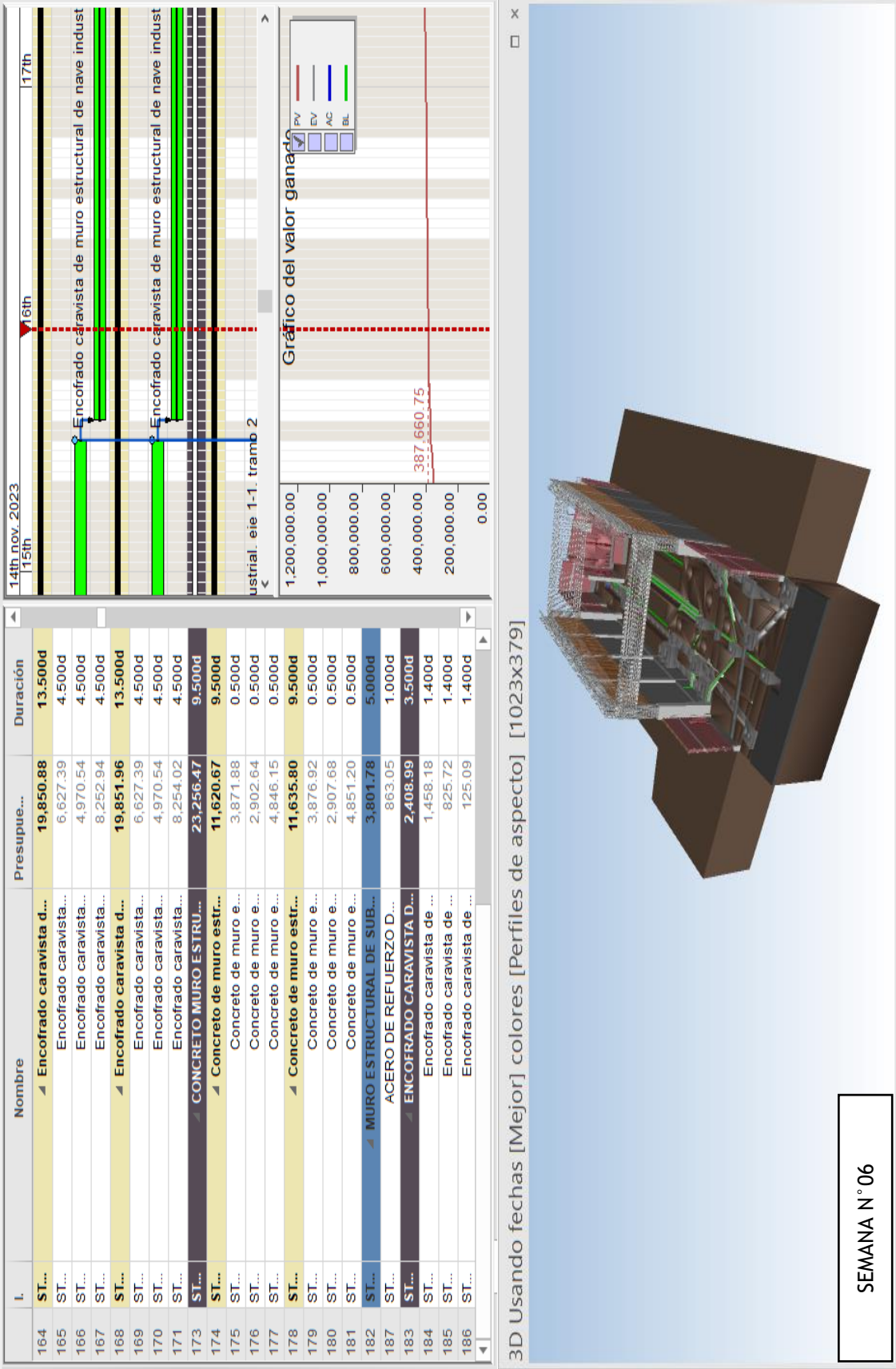
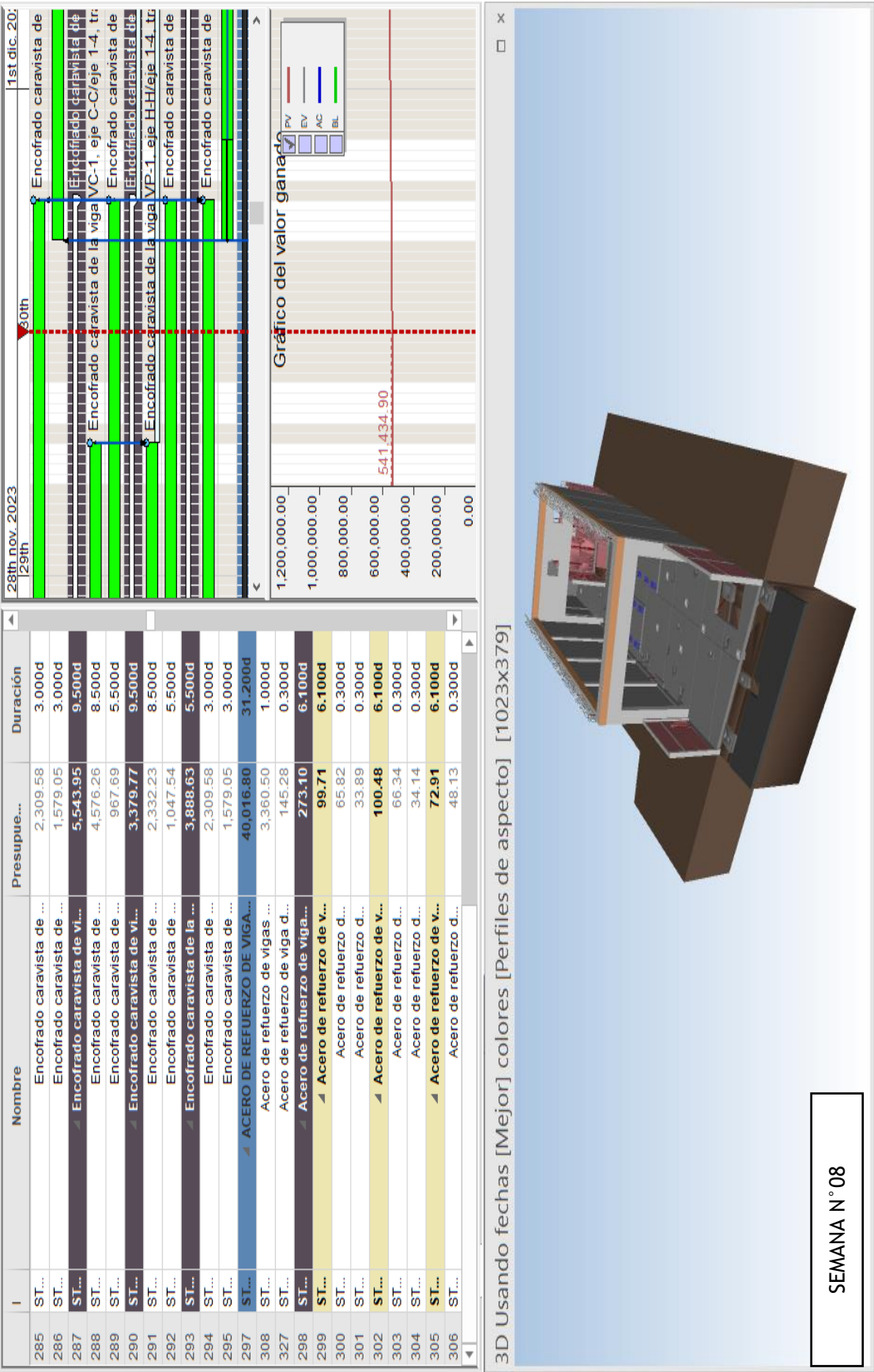
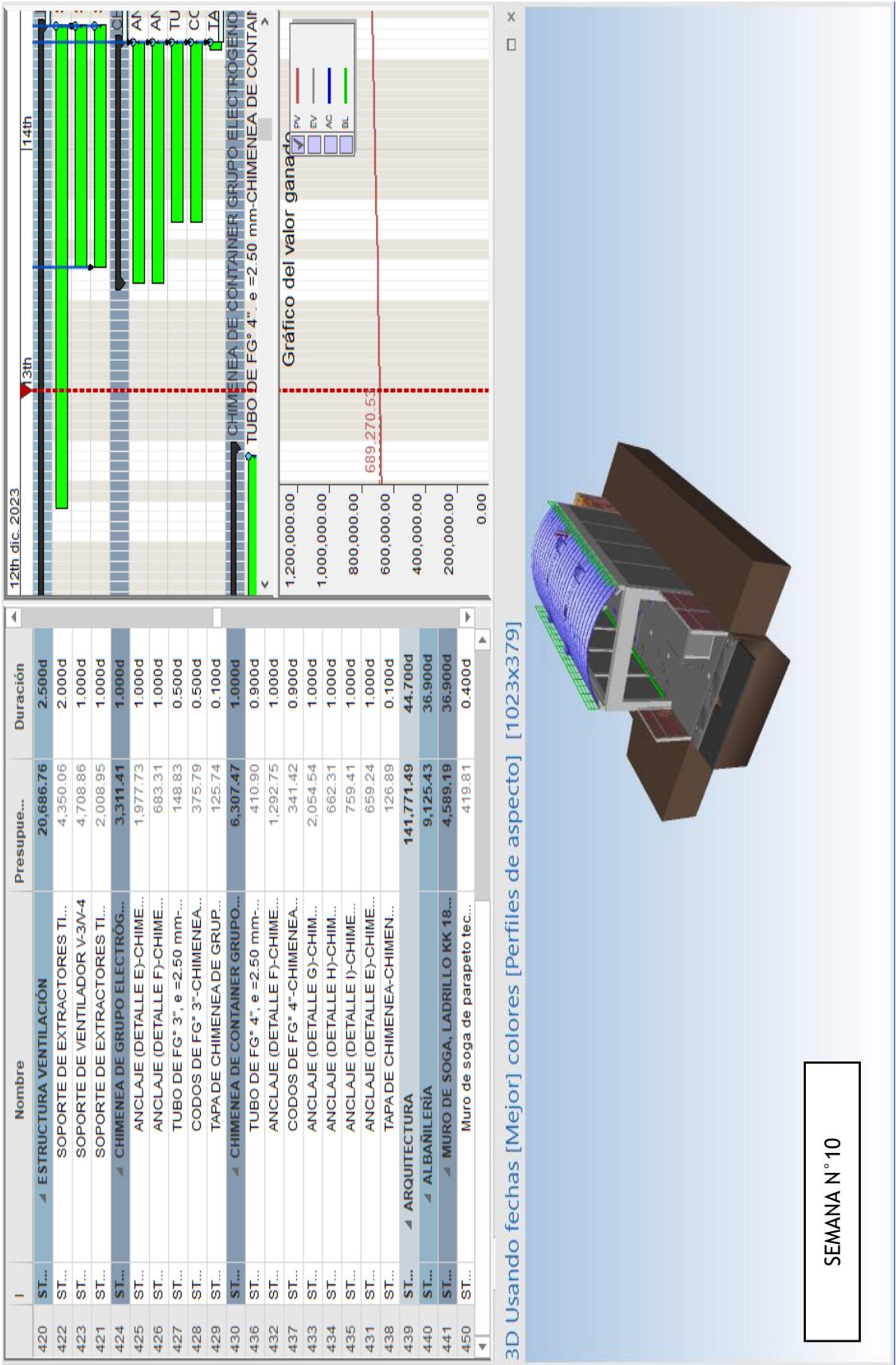


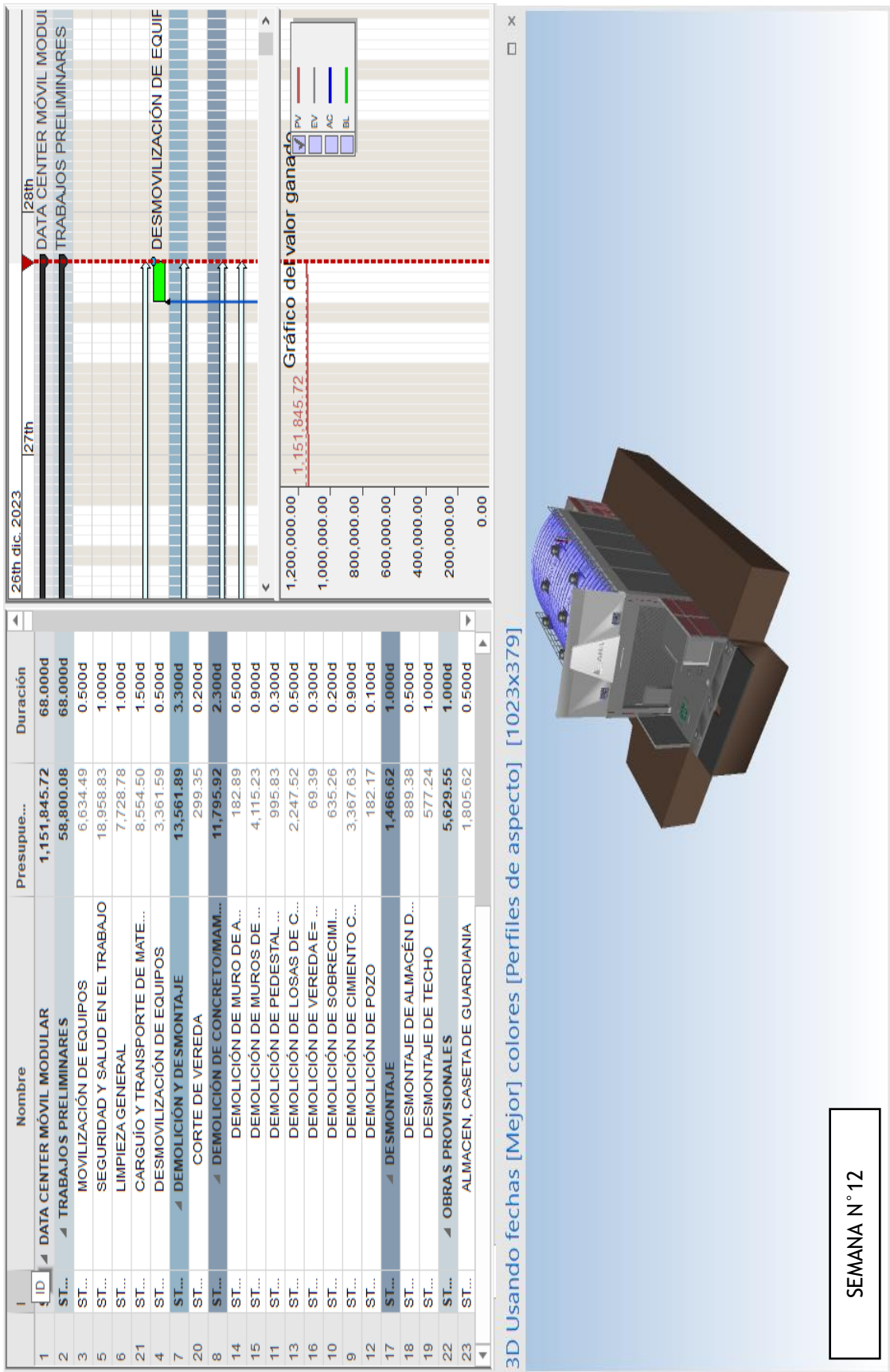
Figura N°6.53 Simulación 4D/5D-Semana 6.
Fuente: Elaboración propia.





"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO
BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"
Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

148



"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO
BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

149

En estas imágenes se puede contemplar en primer lugar que la simulación 4D/5D, estará compuesto básicamente por el listado de tareas, donde se aprecia el costo directo planificado de cada una de estas con su respectiva duración; el timeline, donde se apreciará el diagrama de Gantt; la gráfica del valor ganado donde se observa la simulación de los costos directos planificados a lo largo tiempo, los cuales fueron estimados con la metodología de presupuestos dinámicos. Dentro del gráfico del valor ganado se muestra una leyenda de los cuales el parámetro PV es el “valor planificado”, el cual representa el valor monetario previsto del proyecto; EV es el “valor ganado” del proyecto, el cual representa el valor monetario (calculado en términos del precio presupuestado) del avance real de las actividades que se han desarrollado hasta el día de la fecha de corte; el parámetro AC es el “costo real” del proyecto, el cual representa el costo real del proyecto acumulado para un determinado avance hasta el día de la fecha de corte; finalmente se muestra el parámetro BL el cual representa el costo de la línea base. Para este caso solo se mostrará el valor planificado del proyecto debido a que no se cuentan con datos reales de la ejecución en campo para hacer el control del proyecto.

En la figura N°6.50 se puede apreciar el inicio de la obra el cual se ha tomado como caso hipotético el 05 de octubre del 2023, inicia con las tareas de “Movilización”, “Seguridad y salud en el trabajo”, además se aprecia en el modelo tridimensional de la simulación la construcción existente que será demolida.

En la figura N°6.51 se puede visualizar en la semana 2 que la construcción existente ya fue demolida, así como también en la simulación del proceso constructivo se aprecia que se inició la excavación de la cimentación. El valor planificado para la fecha de corte es de S/ 71,931.18.

En la figura N°6.52 se puede observar en la semana 4 que se han realizado las actividades de excavación de la cimentación, el vaciado del solado, de las zapatas, de la viga de cimentación, el vaciado del primer tramo de las columnas de la nave industrial, así como también se aprecia la ejecución de las tareas de encofrado y concreto de sobrecimiento en las zonas del patio, oficina y estacionamiento, mientras que en la simulación del proceso constructivo se puede apreciar en color verde que se está realizando el armado del acero de refuerzo de

muros y columnas estructurales de la nave industrial. El valor planificado para la fecha de corte es de s/ 210,511.58.

En la figura N°6.53 se puede apreciar en la semana 6 que se ha realizado el armado de acero de refuerzo de los muros, columnas y vigas posterior y de fachada de la nave industrial, así como también es posible apreciar que se ha concluido con el vaciado de concreto de la zapatas, de la viga de cimentación y el vaciado de los muros y columnas de la nave industrial hasta el segundo tramo, mientras que en la simulación se puede observar que también se ha realizado el levantamiento de la albañilería de los cercos perimétricos del proyecto y que la ejecución del encofrado del tercer tramo de los muros y columnas de la nave industrial se encuentran en ejecución. El valor planificado para la fecha de corte es de s/ 387,660.75.

En la figura N°6.54 se puede visualizar que en la semana 8 se ha realizado el montaje del encofrado, el vaciado del concreto de los muros y las columnas de la nave industrial junto con las columnas del cerco perimétrico, también se ha ejecutado el levantamiento de la albañilería de la oficina, además se está preparando el encofrado del primer tramo de las vigas posterior y de fachada de la nave industrial. Otras de las actividades ejecutadas que se pueden apreciar en la simulación son las losas de cimentación y la colocación de los anclajes donde se encontrarán los containers que almacenarán el data center. El valor planificado para la fecha de corte es de s/ 541,434.90.

En la figura N°6.55 es posible visualizar que en la semana 10 se ha realizado la ejecución de todo el casco estructural del proyecto. El valor planificado para la fecha de corte es de s/ 689,270.53.

En la figura N°6.56 se puede apreciar que en la semana 12 para la fecha del 29/08/2024, se ha concretado la ejecución de todo el proyecto. El valor planificado para la fecha de corte es de s/ 1 151,845.72.

Como comentario final de este proceso es importante recalcar que es posible simular distintos escenarios para un mismo proyecto, los cuales pueden servir al gestor de proyectos en la toma de decisiones. Para la presente investigación solo se ha realizado la simulación 4D/5D de lo planificado con la metodología de presupuestos dinámicos, para demostrar la sinergia método-herramienta indicada en las hipótesis al inicio de la presente investigación.

6.3 Fase III: Entregables de la metodología propuesta.

Los entregables restantes que no han sido mostrados durante la aplicación al caso de estudio en el presente capítulo serán mostrados en cada uno de los anexos (Ver anexos del A5 al A7) de la presente investigación.

A continuación, se indicarán los entregables restantes que se mostrarán en los anexos.

6.3.1 Presupuesto meta del proyecto.

Este entregable mostrará el presupuesto a nivel de costos directos elaborado con ayuda de los softwares Cype-Arquímedes y Autodesk Revit. El presente entregable se encuentra en el anexo A5.

6.3.2 Los planos compatibilizados del proyecto.

Este entregable mostrará los planos de las especialidades de Instalaciones sanitarias de agua y desagüe, esto se debe a que estas especialidades concentran las incidencias de nivel alto detectadas en el reporte de interferencias e incompatibilidades.

Este entregable se encuentra en el anexo A6.

6.3.3 Cronograma interno del proyecto.

Este entregable mostrará el cronograma interno del proyecto, el cual se encuentra en el anexo A7.

Capítulo VII: Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se expondrán y analizarán los resultados obtenidos de aplicar la metodología propuesta en el caso de estudio “Data Center Móvil Modular”.

Los resultados se irán analizando de la siguiente manera:

7.1 Gestión del alcance:

Lo primero en analizar será el reporte de incompatibilidades obtenido de la compatibilización de especialidades.

De acuerdo a la tabla N°6.6, la especialidad donde se encontró más incompatibilidades es la de instalaciones sanitarias de las cuales fueron 11 observaciones encontradas, lo cual representa un 52% de incidencia.

De la tabla N°6.7, las incompatibilidades de impacto medio representan el 43% (9 observaciones) de incidencia en el reporte de incompatibilidades detectadas, mientras que las de impacto alto representan el 33% (7 observaciones) de incidencia del total.

Según la tabla N°6.8, el tipo de incompatibilidad que más se ha presentado en el caso de estudio son las interferencias entre especialidades, la cuales tienen un 38% de incidencia (8 observaciones), lo que indica que este tipo es muy común de encontrar en la metodología tradicional debido a que cada involucrado del proyecto trabaja independientemente en su respectiva especialidad.

Después de analizar el reporte de incompatibilidades se procederá a revisar la diferencia de metrados, luego de comparar lo estimado del modelo BIM-3D con lo calculado en el expediente técnico. A continuación, se mostrará una tabla que resume la comparación anteriormente mencionada.

Tabla N°6.36 Análisis comparativo de metrados

Análisis comparativo de metrados	
Metrados estimados en el expediente	Metrados estimados con Revit y metodología propuesta
01. Trabajos preliminares	01. Trabajos preliminares
1) La movilización y desmovilización de equipos se consideran como una sola partida.	1) La movilización y desmovilización se consideran como tareas por eso se encuentran separadas.
2) La demolición de concreto y mampostería se está midiendo en m3.	2) La demolición de concreto y mampostería se está midiendo tanto m3 como en m2, según corresponde a cada elemento.
3) La estimación del cimiento corrido se encuentra mal calculado, debe considerarse 0.50 m de ancho en vez de un 1.00 m, Lo que produce un exceso de 43.51 m3 de cimiento corrido demolido.	3) Se modeló la información según se indican en los planos el cimiento corrido con una sección 1.00m x0.50m.

Análisis comparativo de metrados	
Metrados estimados en el expediente	Metrados estimados con Revit y metodología propuesta
4) El error de cálculo anteriormente mencionado es arrastrado a la partida de carguío y transporte de material demolido y de limpieza.	4) El cálculo del carguío y transporte de material demolido y de limpieza no arrastra el error de cálculo del cimientado demolido.
03. Estructuras	03. Estructuras
1) En excavación manual se calculó un total de 144.79 m ³ .	1) En excavación manual se calculó un total de 126.90 m ³ . Esta diferencia se debe a que se modeló el volumen a excavar descontando parte del volumen que ocupaba la cimentación de la construcción existente en dicha zona.
2) En excavación masiva se estimó 66.23 m ³ .	2) En excavación masiva se estimó 52.15 m ³ . Esto se debe a que se está descontando el volumen ocupado por la cimentación de la construcción existente.
3) En el perfilado, nivelado y compactado de cimentaciones se estimó 44.26 m ² . Dentro de la estimación no se está considerando totalmente el área de la cimentación de la nave, tampoco se está estimando el área de la cimentación del cerco de patio y estacionamiento.	3) En el perfilado, nivelado y compactado de cimentaciones se estimó 84.07 m ² . Esto se debe a que está considerando en la totalidad del metrado, el área ocupada por la cimentación del cerco de patio, los cimientados de la oficina, la cimentación de la nave industrial y el área ocupada por el cimientado del cerco del estacionamiento.
4) El volumen del relleno de préstamo estimado es de 104.27 m ³ .	4) El volumen del relleno de préstamo estimado es de 121.40 m ³ . Esto se debe a que se está considerando también el relleno de las zonas dejadas por la construcción existente que fue demolida.
5) El volumen de acarreo procedente de material de excavaciones estimado es de 263.77 m ³ .	5) El volumen de acarreo procedente de material de excavaciones estimado es de 223.81 m ³ . Esto se debe a que el volumen de excavación estimado es menos a lo calculado en el expediente técnico.
6) El volumen de carguío y transporte de material excedente de excavación estimado es de 211.02 m ³ .	6) El volumen de carguío y transporte de material excedente de excavación estimado es de 179.05 m ³ .
7) El falso piso de mezcla C:H 1:8, e=4" estimado en el modelo tiene un área de 26.40 m ² .	7) El falso piso de mezcla C:H 1:8, e=4" estimado en el modelo tiene un área de 18.90 m ² . De acuerdo a los planos no se está considerando el falso piso en el ambiente del grupo electrógeno, es por eso que el metrado sale menos en el modelo 3D.
8) El acero de refuerzo de las zapatas de la nave industrial estimado en el expediente es de 637.15 kg.	8) El acero de refuerzo de las zapatas de la nave industrial estimado en el modelo 3D es de 597.69 kg. Esta diferencia se ha producido debido que al modelar en 3D la distribución del acero ha variado en dos varillas menos los aceros longitudinales de 1/2" de una longitud de 17.35 m en el cimientado corrido de la nave. Mientras que en la zona de las zapatas se ha reducido en 4 varillas los aceros longitudinales de 1/2" de 1.85 m de longitud.
9) El acero refuerzo estimado en el modelo 3D de la cimentación de la subestación es de 162.87 kg.	9) El acero refuerzo estimado en el modelo 3D de la cimentación de la subestación es de 158.27 kg. Esta diferencia se debe a que se modeló el acero de acuerdo a los planos, descontando el parte del acero que pasa por el buzón de pase.
10) El acero de refuerzo de las vigas de cimentación de la nave industrial estimado en el expediente es de 1300.95 kg.	10) El acero de refuerzo de las vigas de cimentación de la nave industrial estimado en el modelo 3D es de 1318.66 kg. La diferencia del metrado con respecto al expediente se debe a que en los aceros transversales de 1/2" de longitud 4.51 m se están considerando 6 varillas más debido a la distribución geométrica dada en el modelo 3D.

Análisis comparativo de metrados	
Metrados estimados en el expediente	Metrados estimados con Revit y metodología propuesta
11) El acero de refuerzo de los muros estructurales de la nave industrial estimado en el expediente es de 11116.10 kg.	11) El acero de refuerzo de los muros estructurales de la nave industrial estimado en el modelo 3D es de 11237.64 kg. La diferencia del metrado con respecto al expediente se debe a que se están considerando adicionalmente 6 varillas verticales más de 3/4" de longitud 10.32 m respecto a lo estimado en el expediente, debido a la distribución geométrica dada en el modelo 3D.
12) El acero de refuerzo de las columnas de la nave industrial estimado en el expediente es de 10352.86 kg.	12) El acero de refuerzo de las columnas de la nave industrial estimado en el modelo 3D es de 9626.59 kg. Esta diferencia de metrado se debe a que en el expediente se está estimando 140 estribos de 1/2" de más. Mientras en el cálculo del metrado acero de amarre de mampostería estimado en el expediente existe un error de cálculo puesto a que se está considerando como densidad lineal del acero N°08 de 1.108 kg/ml, lo que provoca un error por exceso.
13) El encofrado caravista de las vigas estimado en el expediente es de 181.92 m ² .	13) El encofrado caravista de vigas estimado en el modelo 3D es de 140.14 m ³ . Se observa que el expediente ha sobreestimado este valor.
14) El acero de refuerzo de las vigas de la nave industrial estimado en el expediente es de 7507.13 kg.	14) El acero de refuerzo de las vigas de la nave industrial estimado en el expediente es de 6930.40 kg. Esta diferencia se debe a que en el expediente se está sobreestimando la cantidad de aceros de refuerzo de 1 3/8" en la viga VC-1.
15) El acero de refuerzo de las losas de cimentación estimado en el expediente es de 1975.23 kg.	15) El acero de refuerzo de las losas de cimentación estimado en el modelo 3D es de 1857.29 kg. La diferencia se debe a la distribución geométrica realizada en el modelo.
16) El metrado del encofrado caravista de la caja/murete/losa maciza estimado en el expediente es de 3.96 m ² .	16) El metrado del encofrado caravista de la caja/murete/losa maciza estimado en el expediente es de 13.93 m ² . Esta diferencia entre los metrados se debe a que la estimación realizada en el expediente se encuentra incompleta de acuerdo a lo indicado en los planos, este error se detectó en la elaboración del modelo 3D.
17) El acero de refuerzo de la caja/murete/losa maciza estimado en el expediente es de 30.57 kg.	17) El acero de refuerzo de la caja/murete/losa maciza estimado en el expediente es de 102.83 kg. Esta diferencia entre los metrados se debe a que la estimación realizada en el expediente se encuentra incompleta de acuerdo a lo indicado en los planos, este error se detectó en la elaboración del modelo 3D.
18) El área del techo autoportante incluído traslúcidos estimado en el modelo es de 178.90 m ² .	18) El área del techo autoportante incluído traslúcidos estimado en el modelo es de 211.03 m ² . Esta diferencia con respecto al expediente se debe a que el modelo 3D está estimando el área de la cobertura del techo incluyendo el área de los traslúcidos.
19) Las partidas chimenea del grupo electrógeno edificio y chimenea de container del grupo electrógeno se calcularon de forma global.	19) Se desglosaron las partidas chimenea del grupo electrógeno y chimenea de container del grupo electrógeno en tareas.
04. Arquitectura	04. Arquitectura
1) El área del muro de soga estimado en el expediente es de 63.24 m ² .	1) El área del muro de soga estimado en el modelo 3D es de 71.93 m ² . La diferencia con el expediente se debe a que no se está considerando en el cálculo clásico la totalidad de los muros parapeto del techo de oficina y parte del muro del cerco de estacionamiento.

Análisis comparativo de metrados	
Metrados estimados en el expediente	Metrados estimados con Revit y metodología propuesta
2) El área del muro de cabeza estimado en el expediente es de 52.83 m ²	2) El área del muro de cabeza estimado en el modelo 3D es de 43.07 m ² . La diferencia con el expediente se debe a que en el modelo 3D se está descontando el área ocupada por el concreto de relleno que cubre las tuberías empotradas en los muros de albañilería.
3) El tarrajeo de muros frotachado estimado en el expediente es de 192.08 m ² .	3) El tarrajeo de muros frotachado estimado en el modelo 3D es de 162.49 m ² . Esta diferencia con el valor estimado del expediente se debe a que, en la estimación realizada en el modelo, se está descontando el tarrajeo de las vigas de amarre, así como también el área ocupada por la subestación adyacente al cerco del estacionamiento del eje 4-4.
4) El contrazocalo de cemento pulido H=0.40m (Interior/Exterior) estimado en el expediente es de 22.30 m ² .	4) El contrazocalo de cemento pulido H=0.40m (Interior/Exterior) estimado en el modelo 3D es de 32.83 m ² . La diferencia con el valor estimado en el expediente es que falta considerar parte del contrazocalo de cemento pulido del ambiente del grupo electrógeno.
5) El suministro e instalación de bisagras de fierro de 15cmx8.2cm, e=6mm, estimado en el expediente es de 9 piezas.	5) El suministro e instalación de bisagras de fierro de 15cmx8.2cm, e=6mm, estimado en el modelo 3D es de 25 piezas. Esto se debe a que dentro del cálculo realizado en el modelo se está considerando las bisagras de la puerta P-4 y la puerta de la subestación.
6) La pintura látex exterior e interior en cerco/oficinas, incluido derrames, dos manos estimados en el expediente es de 238.73 m ² .	6) La pintura látex exterior e interior en cerco/oficinas, incluido derrames, dos manos estimados en el modelo 3D es de 189.55 m ² . La pintura se modeló según lo indicado en los planos y especificaciones técnicas, lo cual nos muestra que el metrado en el expediente se encuentra sobreestimado.
7) La pintura esmalte de contrazocalo estimado en el expediente es 8.92 m ² .	7) La pintura esmalte de contrazocalo estimado en el modelo es de 13.03 m ² . Esta diferencia con el expediente se debe a que existe un error de cálculo que proviene del metrado realizado en la forma clásica.
8) El corcho proyectado estimado a partir del expediente es de 145.04 m ² .	8) El corcho proyectado estimado a partir del modelo 3D es de 193.91 m ² . Esta diferencia se debe a que está considerando el área de la cobertura curva del techo de la nave industrial.
05. Instalaciones	05. Instalaciones
1) El valor del del trazo y replanteo tanto para el sistema de agua fría y desagüe suman un total de 469.66 m ² según lo estimado en el expediente.	1) El valor del del trazo y replanteo tanto para el sistema de agua fría y desagüe suman un total de 116.38 m ² . Este valor obtenido se realizó mediante la ayuda de los valores estimados por el modelo 3D y a comparación con lo estimado en el expediente es un valor más aterrizado a lo real.
2) El valor total de la excavación manual en las instalaciones estimado en el expediente es de 105.99 m ³	2) El valor total de la excavación manual estimado en el modelo 3D es de 102.47 m ³ .
3) El valor de relleno manual con material propio estimado en el modelo 3D es de 56.85 m ³ .	3) El valor de relleno manual con material propio estimado en el modelo 3D es de 66.25 m ³ . Este valor a diferencia del estimado en el expediente se modeló con el objetivo de cubrir las zonas excavadas, lo que garantiza la precisión del cálculo.
4) El valor estimado en el expediente del carguío y transporte de material en el movimiento de tierras de las instalaciones resulta 49.14 m ³ .	4) El valor estimado del carguío y transporte de material total en el movimiento de tierras de las instalaciones a partir del modelo 3D resulta 35.08 m ³ . El valor estimado en el expediente se encuentra sobre estimado debido a que el valor del relleno está por lo debajo de lo necesario.

Análisis comparativo de metrados	
Metrados estimados en el expediente	Metrados estimados con Revit y metodología propuesta
5) El valor estimado de los codos F°G° 1/2"x90° en el expediente es de 4 und.	5) Se consideró los 4 codos de F°G° 1/2"x90° dentro de las salidas de agua fría.
6) El metrado de las cajas de registro se realiza de forma global, lo que nos dificulta la estimación de materiales en obra.	6) El metrado de las cajas de registro se realizó por procesos considerando el encofrado, acero de refuerzo, el concreto y el marco de FG de la caja de registro (base, cuerpo, media caña y tapa).
7) La tubería PVC-SAP de 3/4" estimada en el expediente es de 90.30 ml.	7) La tubería PVC-SAP de 3/4" estimada en el modelo 3D con ayuda del diagrama unifilar y los planos es de 167.80 ml. Esta diferencia comparada con el metrado del expediente se debe a que se está considerando en el metrado del modelo 3D las tuberías de seguridad y de la subestación.
8) La tubería EMT de 3/4" estimada en el expediente es de 192.00 ml.	8) La tubería EMT de 3/4" estimada en el modelo 3D con ayuda del diagrama unifilar y los planos es de 229.84 ml.
9) El metrado total de las bandejas es de 80.25 ml.	9) El metrado total de las bandejas es de 52.06 ml. Se modelaron las bandejas de acuerdo a lo indicado en los planos obteniendo el valor mostrado anteriormente por lo que se da a entender que el valor del expediente se encuentra sobre estimado.
10) El metrado del Conductor LS0H 4.0 mm2 estimado a partir del expediente es de 69.19 ml.	10) El metrado del Conductor LS0H 4.0 mm2 estimado a partir del modelo 3D es de 165.72 ml. Se observa que el metrado obtenido en el expediente se encuentra por lo debajo del valor que se necesario, esto significa que se sugiere corregir dicho valor a lo mostrado en el diagrama unifilar y los planos.
11) El metrado del Conductor LS0H 25 mm2 estimado a partir del expediente es de 209.30 ml.	11) El metrado del Conductor LS0H 25 mm2 estimado a partir del modelo 3D es de 229.20 ml. Se observa que el metrado obtenido en el expediente se encuentra por lo debajo del valor que se necesario, esto significa que se sugiere corregir dicho valor a lo mostrado en el diagrama unifilar y los planos.
12) El metrado del Conductor LS0H 35 mm2 estimado a partir del expediente es de 84 ml.	12) El metrado del Conductor LS0H 35 mm2 estimado a partir del modelo 3D es de 103.88 ml. Se observa que el metrado obtenido en el expediente se encuentra por lo debajo del valor que es necesario, esto significa que se sugiere corregir dicho valor a lo mostrado en el diagrama unifilar y los planos.
13) Las partidas de los buzones de pase eléctricos y de comunicación prefabricados se consideran de forman global.	13) Las partidas de los buzones de pase eléctricos y de comunicación prefabricados se desglosaron en dos tareas o procesos, colocación de cama de grava y colocación de buzón prefabricado.

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Gestión del tiempo:

Dentro de la gestión del tiempo el primer punto en analizar es que el plazo interno estimado de acuerdo al análisis por eventos de riesgos es de 72 días útiles al 95% de confianza, como el plazo es de 75 días útiles contractualmente (incluido el buffer) se obtiene una diferencia de 3 días la cual disminuye la probabilidad de ocurrencias de posibles atrasos en el proyecto.

Un punto importante a resaltar de la metodología propuesta es el uso de herramientas BIM-4D para verificar visualmente la lógica y secuencialidad de la red planteada en el cronograma.

La duración de la tarea restrictiva es de 10 días útiles, la cual marcará el ritmo de trabajo de las tareas restantes. Es importante señalar que la presente metodología estimará primero la duración de la tarea restrictiva, luego la duración de las tareas restantes y finalmente el número de cuadrillas en base a la teoría de restricciones, mientras que el método clásico indica primero tantear un valor de acuerdo a la experiencia del gerente de proyectos y luego calcular las duraciones de las tareas.

7.3 Estimación del costo:

Dentro de la gestión del costo, se analizará el presupuesto total del proyecto obtenido tanto del modelo clásico y del modelo propuesto, con la finalidad de determinar el potencial de ahorro en el proyecto. A continuación, se mostrará la tabla donde se realiza la comparación antes mencionada.

Tabla N°6.37 Comparación de presupuestos contractual vs presupuesto meta.

Presupuesto	Modelo clásico de estimación de presupuestos (presupuesto contractual)	Modelo propuesto de estimación de presupuestos dinámicos y tecnología BIM-5D (presupuesto meta)
Fecha del presupuesto	4/10/2023	4/10/2023
Costos directos (S/.)	1,283,989.24	1,151,845.72
Gastos generales (S/.)	132,236.20	187,642.28
Utilidad (S/.)	128,398.92	120,445.60
Presupuesto total (S/.)	1,544,624.36	1,459,933.60
Proyección de ahorro estimado	84,690.76	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anteriormente expuesta, al comparar los valores del presupuesto meta total con el valor del presupuesto contractual total, la proyección de ahorro obtenido dio un valor de s/. 84,690.76. Cabe recalcar que se están comparando el presupuesto contractual total calculado por medio del modelo clásico versus el presupuesto meta total el cual fue estimado por el modelo propuesto (presupuestos dinámicos). Es importante aclarar que los presupuestos comparados anteriormente se han realizado a nivel de planificación es por eso que se menciona como proyección de ahorro estimado, la diferencia de esta comparación.

Conclusiones

De acuerdo a lo indicado en el tercer capítulo de la presente investigación, se puede concluir que la metodología de presupuestos dinámicos cuenta con más beneficios respecto al modelo clásico de costos y presupuestos, debido a que toma como aspecto principal la planificación del presupuesto y luego su elaboración, además brinda un criterio técnico para el cálculo del plazo de la obra. Otro punto a considerar es que automatiza la estimación del número de cuadrillas y recursos diarios con uso de la Teoría de Restricciones y propone el flujo de caja financiero, el cual le da el carácter dinámico a esta metodología ya que integra e interrelaciona de esta forma el costo, el tiempo y el alcance de un proyecto, adicionalmente otro punto a resaltar es la consideración del análisis de incertidumbre y los eventos de riesgos para estimar la Utilidad del proyecto en vez de asumir un factor fijo de los costos directos. Asimismo, es importante añadir que la metodología de presupuestos dinámicos está enfocada a la tecnología BIM en comparación a los modelos clásicos que no están orientados a dichas herramientas, lo cual representa una ventaja competitiva fundamental.

Según lo indicado en el cuarto capítulo de la presente investigación, se puede concluir que la tecnología BIM cuenta con más beneficios respecto a los softwares clásicos de gestión de proyectos, debido a que el modelo de información en 3D facilita tanto la detección de incompatibilidades e interferencias, así como también contribuye con la mejora de la coordinación entre los involucrados del proyecto para poder resolver las incidencias detectadas; a parte permite extraer los metrados y compatibilizar la información contenida en los planos del proyecto previamente a la etapa de ejecución. Respecto a las herramientas de simulación BIM-4D/5D, se cuenta con un gran potencial que puede ser aprovechado por el gestor de proyectos para verificar la lógica y la secuencialidad de la red de forma visual, así como también permite simular el proceso constructivo y los costos directos planificados del proyecto, lo cual brinda el aseguramiento de la construcción.

Del quinto capítulo, se concluye que la propuesta metodológica vincula con éxito la metodología de presupuestos dinámicos y la tecnología BIM-5D estableciendo una sinergia método-herramienta y esto se puede verificar en el sexto capítulo donde se aplica lo propuesto en el caso de estudio "Data center Móvil Modular".

De los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta al caso de estudio “Data center Móvil Modular”, las mejoras brindadas al proyecto en la gestión del alcance es la detección de 21 incompatibilidades y la corrección en la estimación de metrados por medio modelo BIM-3D. Respecto a la gestión del tiempo los beneficios obtenidos en este aspecto es que el plazo interno obtenido al 95% de confianza del análisis de eventos de riesgos es de 72 días útiles el cual se encuentra por debajo del plazo contractual de 75 días útiles, indicando al gestor de proyectos que el tiempo es suficiente para cubrir las eventualidades que puedan generar posibles atrasos en el proyecto. Otra mejora brindada en este aspecto es la estimación del presupuesto meta total del proyecto respecto al presupuesto contractual del cual se ha obtenido una proyección de ahorro de s/.84,690.76, lo cual puede representar una ventaja económica comparada al modelo clásico de estimación de costos y presupuestos. Finalmente, otro de los beneficios obtenidos de la metodología propuesta es la mejora en la calidad de la documentación, esto se refleja en la compatibilización de información contenida en los planos del expediente técnico.

Adicionalmente es importante indicar que los beneficios obtenidos de una empresa pueden ser canalizados también en favor de la comunidad e impactar positivamente a los pobladores del lugar donde se desarrollen dichos proyectos, ya sea por medio de la generación de empleo, el desarrollo de eventos benéficos, incentivo de campañas médicas, el fomento de capacitaciones técnicas en construcción a estudiantes de la comunidad, etc. Todas estas actividades forman parte de la responsabilidad social de la empresa hacia la comunidad.

Recomendaciones

Con el objetivo de mejorar la presente investigación, las recomendaciones más resaltantes son las siguientes:

Actualmente los modelos BIM-3D solo se usan para detectar incompatibilidades y elaborar planos, por lo que se recomienda que, para aplicar la metodología propuesta, el modelo BIM-3D debe encontrarse estrechamente asociado a lo planteado en la EDT con la finalidad no solo de extraer metrados sino de poder simular el proceso constructivo del proyecto.

Respecto a la detección de incompatibilidades e interferencias del proyecto, se sugiere manejarlo mediante un reporte y no solo debe ser usado en la etapa de pre-construcción del proyecto sino también en la fase de ejecución del proyecto. Esta herramienta servirá de sustento legal en cualquier caso de reclamo de parte del cliente.

Se recomienda a las empresas no solo registrar los datos iniciales del análisis de riesgos sino también la data obtenida durante la ejecución del proyecto, con la finalidad obtener lecciones aprendidas y de afinar los rangos de variabilidad, para proyectos posteriores.

Complementariamente a la determinación de la lógica y secuencialidad de tareas, se recomienda el uso de herramientas de simulación BIM-4D con la finalidad de verificar visualmente la lógica y secuencialidad de la red del cronograma proyecto de forma iterativa, hasta que las relaciones de precedencias entre las tareas se encuentren ligadas correctamente.

La metodología propuesta en la presente investigación puede ser aplicado a distintos tipos de proyectos (puentes, carreteras, edificaciones, etc.), así como también puede ser mejorada integrando las demás dimensiones de la tecnología BIM, las cuales son la sexta (sostenibilidad y eficiencia energética), séptima dimensión (gestión del ciclo de vida del activo), así como también se puede incluir la dimensión de seguridad en el proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Alcántara Rojas, P. V. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/3760>
- Delgado Hidalgo, V. D. (2020). *Estudio de parametrización de elementos constructivos digitales para modelos BIM en construcciones civiles* [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla]. Repositorio Institucional US. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93313>
- Murguía, D., Vásquez, C., Culqui, D., Ley, J., Supanta, O., & Yañez, S. (2023). *Tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima*. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Elgohari, T. (2016, marzo 1). *Visual comparison between the traditional and the 4D BIM approach in project management*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/visual-comparison-between-traditional-4d-bim-approach-tamer-elgohari/>
- Galiano La Rosa, H. J. (2018). *Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/17918>
- Guzmán Ganto, G. I. (2019). *Aplicación de herramientas y tecnología BIM en la mejora de la gestión de operación y mantenimiento de una infraestructura deportiva* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/20550>
- Halpin, D. W. (1985). *Financial and cost concepts for construction management*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ley N° 30225. Ley de contrataciones del Estado (2019, marzo 13). *Diario Oficial El Peruano*.
- Lossio Chávez, F., Martínez, A., & Morris Abarca, E. (2016). *La gestión de proyectos en el Perú: Análisis de madurez 2015-2016*. ESAN Ediciones.
- Mata Rojas, L. (2022). *Gerencia de la construcción. Planificación de proyectos de obras y el BIM*. Mata Rojas, L.

- Medina Velásquez, E. R. (2021). *Evaluación comparativa del S10, Delphin Express, Arquímedes y sistema RW7, de los costos y presupuestos del proyecto de construcción del pabellón de ciencias sociales de la UNSAAC Cusco, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5910>
- Morote Ortega, M. K. (2019). *Aseguramiento total de proyectos de infraestructura vial mediante la implementación de presupuestos dinámicos y tecnología BIM - 5D* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/20694>
- Project Management Institute Standards Committee. (2017). *Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos (Guía PMBOK)* (6.^a ed.). Project Management Institute.
- Peña Gregorio, D. S. I. (2021). *Diseño geométrico y modelado 3D utilizando herramientas y metodologías BIM para el estudio definitivo de una carretera de tercera clase* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22226>
- Prince Maldonado, E. G. (2023). *Gestión de costos en proyectos de edificación*. Plataforma Constructivo. <https://plataforma.constructivo.com/gestion-de-costos-en-proyectos-de-edificacion-6467a59504a85>
- Rudolf Innovative Building Spain. (2022, diciembre 28). *Gestión del cambio con Cost-it*. <https://www.rib-software.es/pdf/Notas-técnica/Gestion-del-cambio-con-cost-it-y-Presto-IFC.pdf>
- Ricalde, L. (2023, enero 21). *Contexto BIM en el Perú*. Konstruedu. <https://konstruedu.com/es/blog/contexto-bim-en-el-peru>
- Rodríguez Castillejo, W., & Valdez Cáceres, D. (2008). *Gerencia de proyectos con Ms Project 2007-Tomo 1: Planificación, organización y programación de proyectos*. ISAGRAF SRL.
- Rodríguez Castillejo, W. (2013). *Gerencia de construcción y del tiempo-costo* (2.^a ed.). Empresa Editora Macro.

- Rodríguez Castillejo, W. (2020). *Costos y presupuestos dinámicos en proyectos sin referencias comerciales (Modelo WRC)*. <https://upav-biblioteca.org/site/wp-content/uploads/2020/04/Walter-Rodr%C3%ADguez-Castillejo.pdf>
- Rodríguez Silva Santisteban, F. (2015, marzo 19). *PreGestión*. <http://pregestion.com/estructuras-de-descomposicion-de-proyectos/#>
- Tarancon Melia, M. A. (2019). *Ventajas de la digitalización en la planificación de obras: Cuarta dimensión de BIM* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos]. Repositorio Institucional ETSICCP. <http://hdl.handle.net/2117/179246>
- Vicencio Salazar, G. (2015). *Desarrollo del sistema Último Planificador usando tecnología BIM-4D en proyectos de construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/4058>

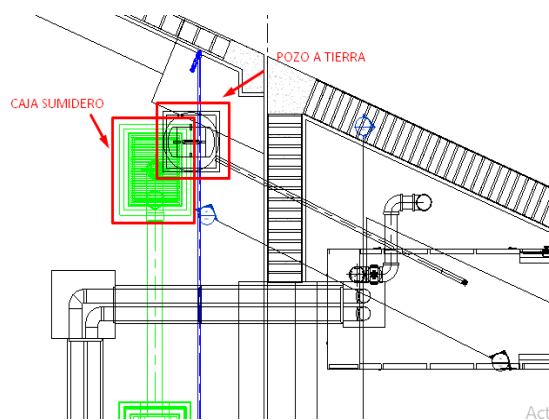
Anexos

A1: Reporte de incompatibilidades e interferencias.....	166
A2: Manual de SYNCHRO PRO.....	172
A3: Manual de CYPE ARQUÍMEDES	187
A4: Manual de RISKY PROJECT	209
A5: Presupuesto meta a nivel de costos directos.....	218
A6: Planos compatibilizados del proyecto.....	232
A7: Cronograma interno del proyecto	235

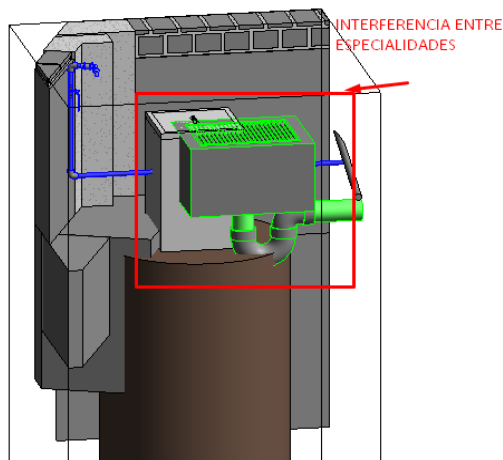
Anexos

A1: Reporte de incompatibilidades e interferencias.

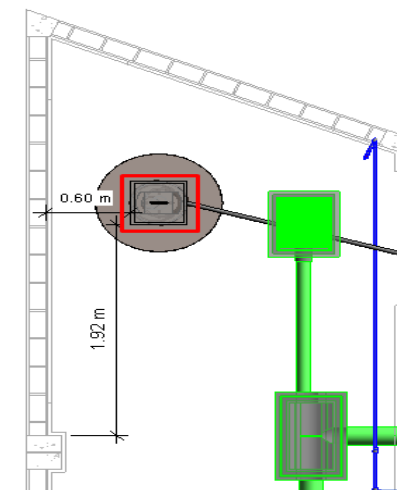
N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
15	IISS	Eje 1-2/Eje A-B	Interferencia entre especialidades.	MODELO BIM 3D: Se observa una interferencia entre la caja sumidero y el pozo a tierra como se muestra en la primera imagen en la zona del patio.	Alto	9/05/2023	Se sugiere reubicar el pozo a tierra 1.92 m de la columna CC-3 y a 0.60 del cerco ubicado en el eje 1-1.	IIEE	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI



PLANTA DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES

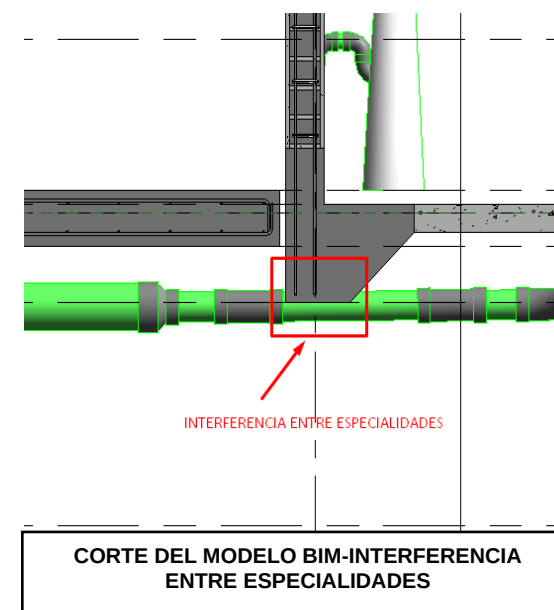
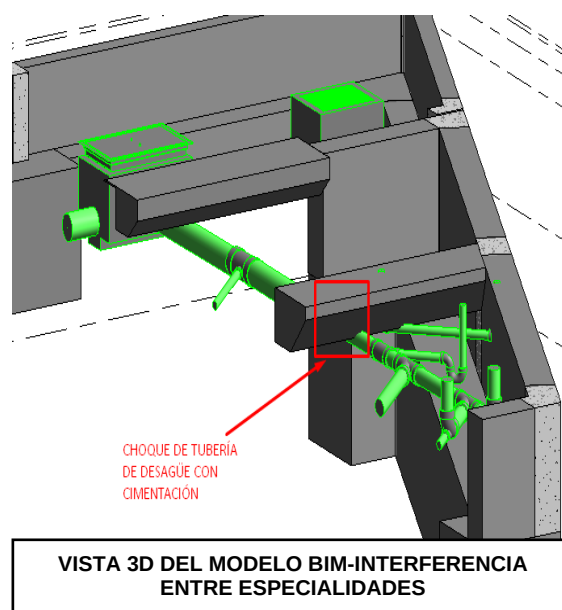
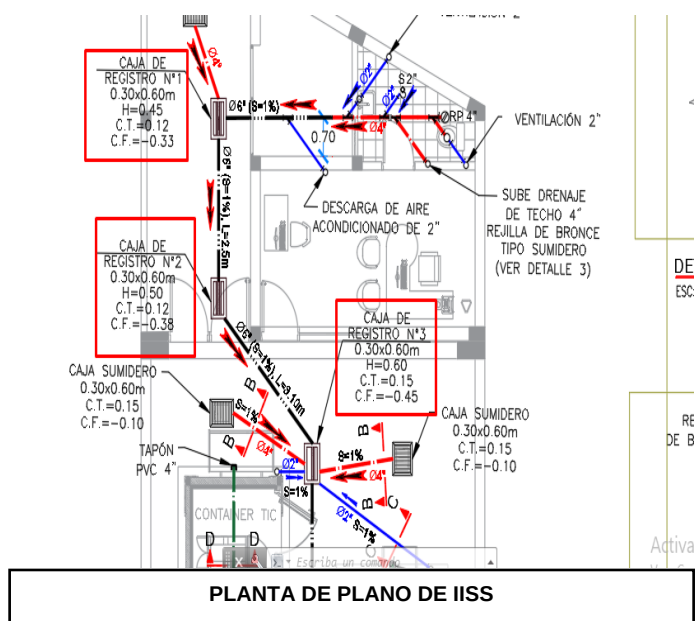


VISTA 3D DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES

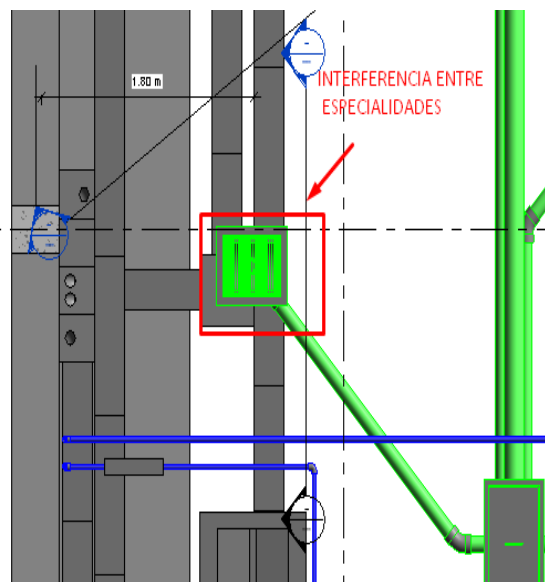


PLANTA DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES SOLUCIONADA

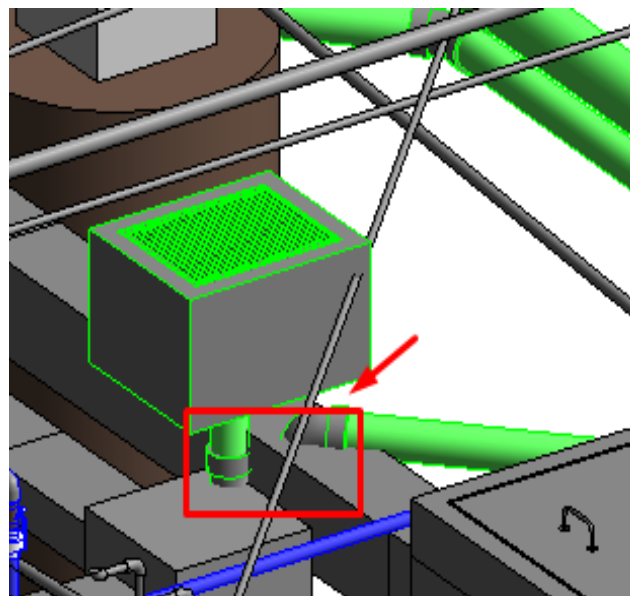
N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
16	IIS (Agua fría)	Eje 1-3/Eje B-E	Interferencia entre especialidades.	MODELO BIM: Existe una interferencia entre la tubería de 4" que se muestra en la segunda imagen con la cimentación alineada al eje 3-3.	Alto	9/05/2023	Se sugiere bajar 10 cm la red de la zona del grupo electrógeno y la oficina, así como también se sugiere corregir los H de las cajas de registro N°01, N°02 y N°03, N°04, N°05 y N°06. H1=0.77 m H2=0.85 m H3=0.92 m H4=1.23 m H5=1.28 m H6=1.36 m	EST	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI



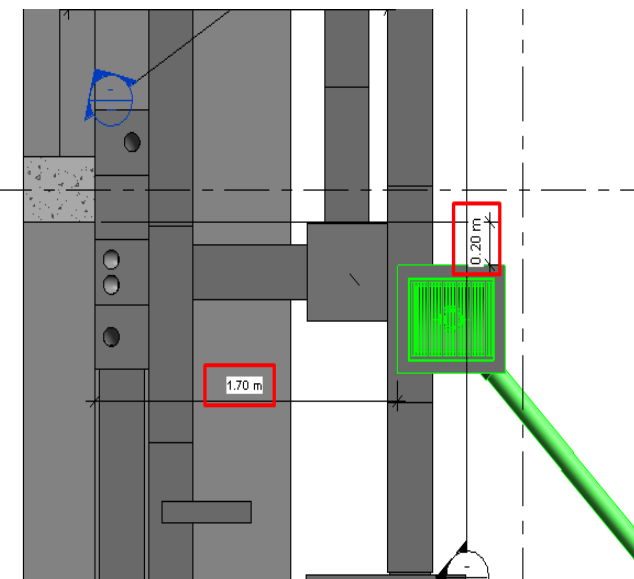
N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
17	IIEE	Eje 1-2/Eje G-G	Interferencia entre especialidades.	MODELO BIM: Existe una interferencia entre la canalización de 4 vías y la trampa "P" de la caja sumidero en la zona del edificio de la nave industrial.	Alto	9/05/2023	Se sugiere reubicar la caja sumidero tal y como se muestra en la tercera imagen, es decir 0.20 m de la cara lateral de la columna C-2 del eje C, y 1.70 m de la cara frontal de la misma columna.	IIEE	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI



PLANTA DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES

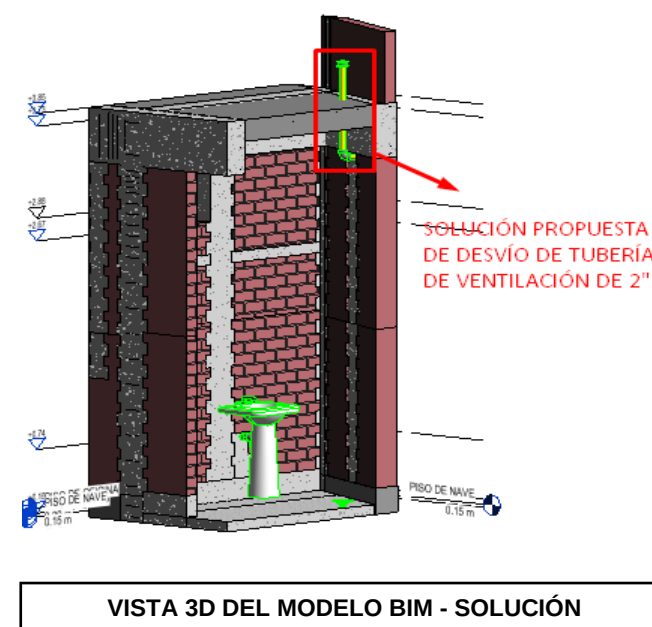
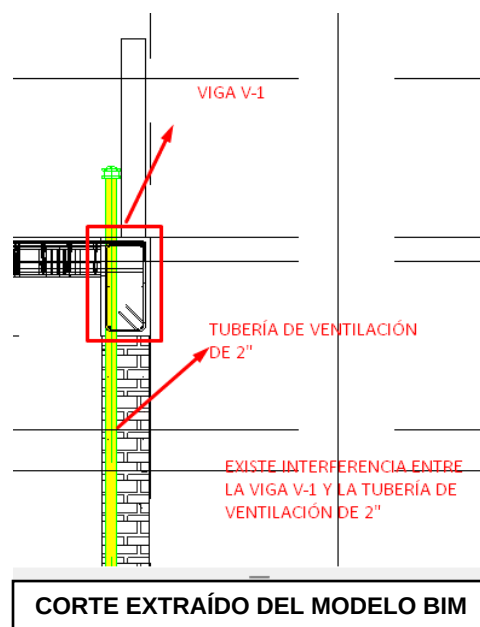
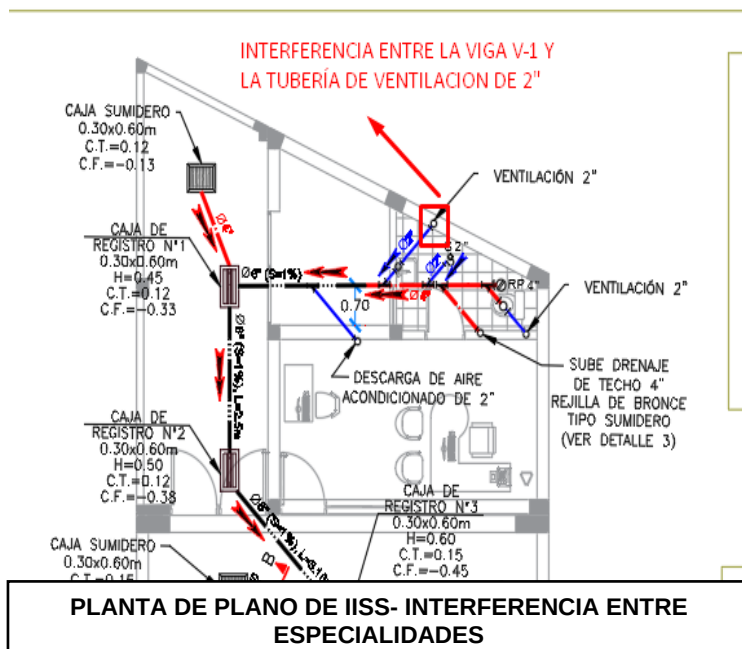


VISTA 3D DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES



PLANTA DE MODELO BIM – INTERFERENCIA ENTRE ESPECIALIDADES SOLUCIONADA

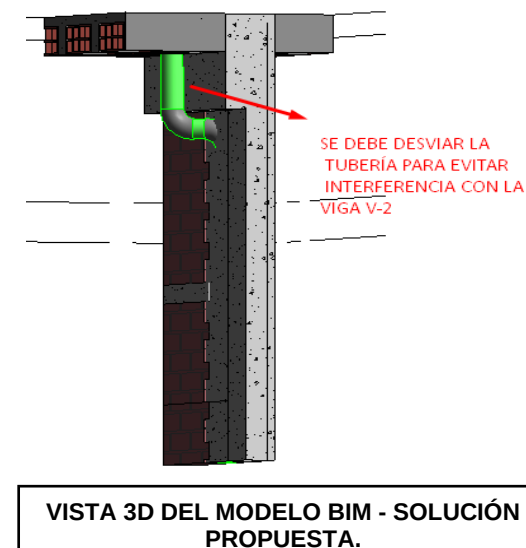
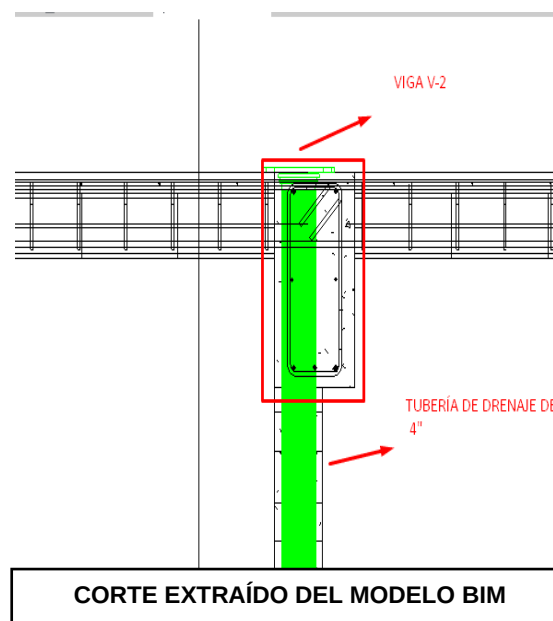
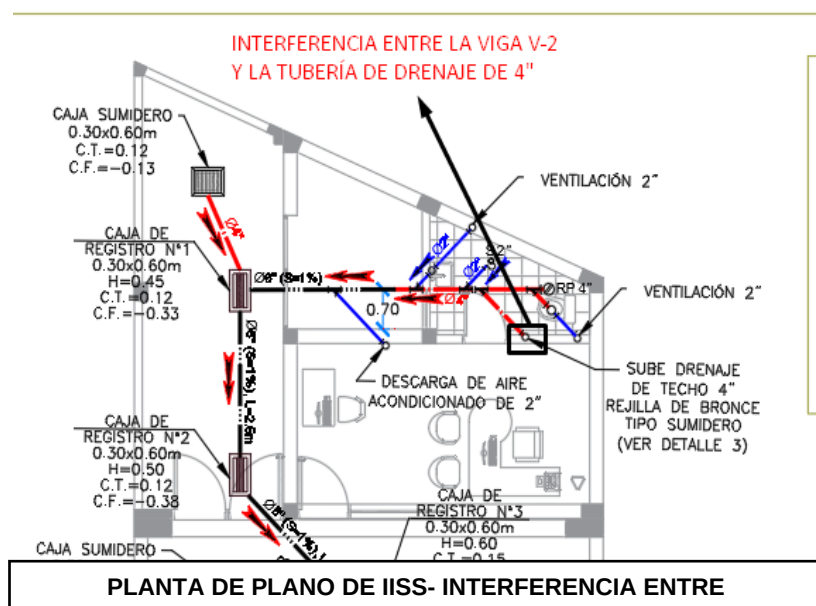
N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
19	IISS (DES)	Eje 3-4/Eje A-A.	Interferencia entre especialidades.	PLANO: *Instalaciones sanitarias: Agua y desagüe. Plantas y detalles. *Modelo BIM. La viga V-1 ubicada a lo largo de los ejes EJE 3-4/EJE A-A que delimita el baño de la oficina interfiere con el montante de desagüe de 4".	Alto	9/05/2023	Se sugiere hacer un desvío de la tubería antes de que cruce la viga como se muestra en la tercera imagen.	EST	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI



"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

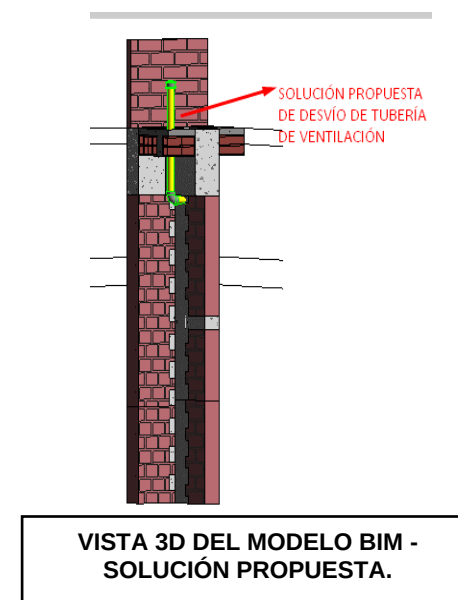
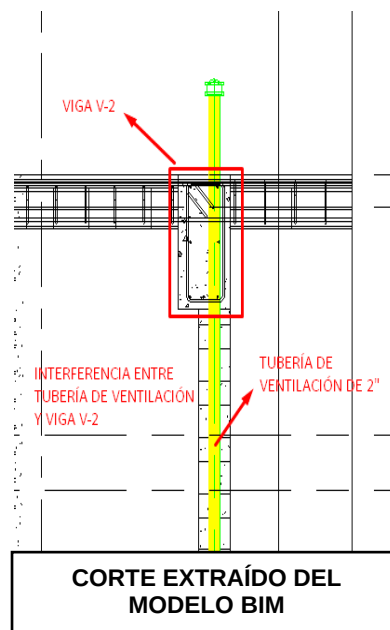
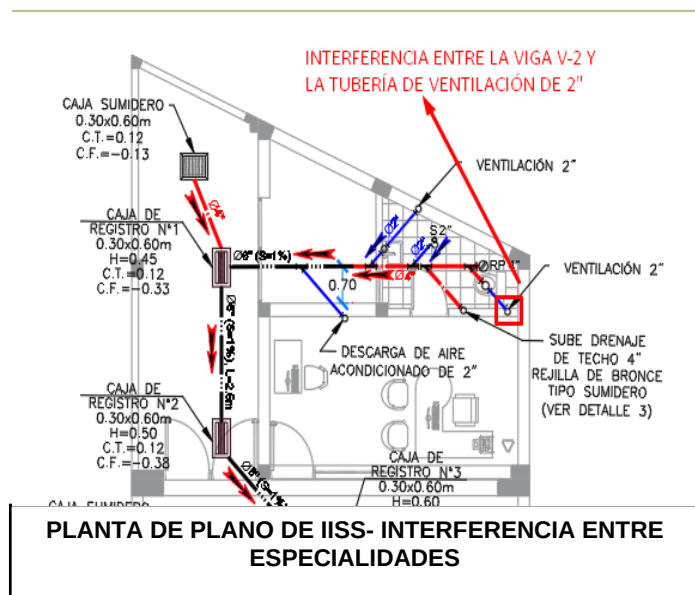
N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
20	IISS (DES)	Eje 3-4/Eje B-B	Interferencia entre especialidades.	PLANO: *Instalaciones sanitarias: Agua y desagüe. Plantas y detalles. *Modelo BIM. La viga V-2 ubicada a lo largo de los ejes EJE 3-4/EJE B-B que delimita el baño de la oficina interfiere con el montante de desagüe de 4".	Alto	9/05/2023	Se sugiere hacer un desvío de la tubería antes de que cruce la viga como se muestra en la tercera imagen.	EST	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI



"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

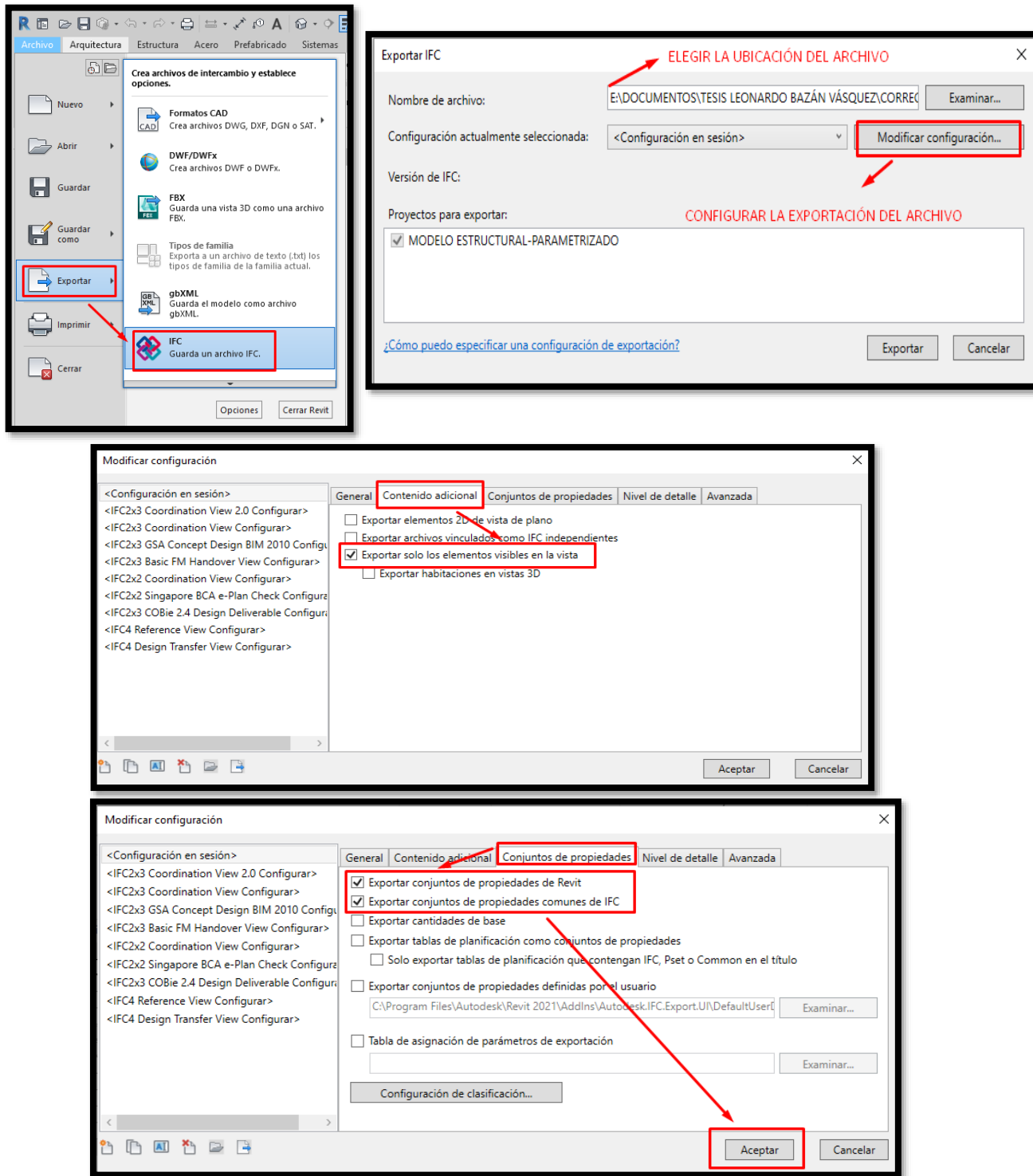
Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

N°	ESP.	EJE	TIPO DE INCOMPATIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	FECHA DETECTADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESPECIALIDAD RELACIONADA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	ESTADO	MODELO ACTUALIZADO
21	IISS (DES)	Eje 3-4/Eje B-B	Interferencia entre especialidades.	PLANO: *Instalaciones sanitarias: Agua y desagüe. Plantas y detalles. *Modelo BIM. La viga V-2 ubicada a lo largo de los ejes EJE 3-4/EJE B-B que delimita el baño de la oficina interfiere con el montante de ventilación de 2".	Alto	9/05/2023	Se sugiere hacer un desvío de la tubería antes de que cruce la viga como se muestra en la tercera imagen.	EST	Se aceptó la solución propuesta.	RESUELTO	SI

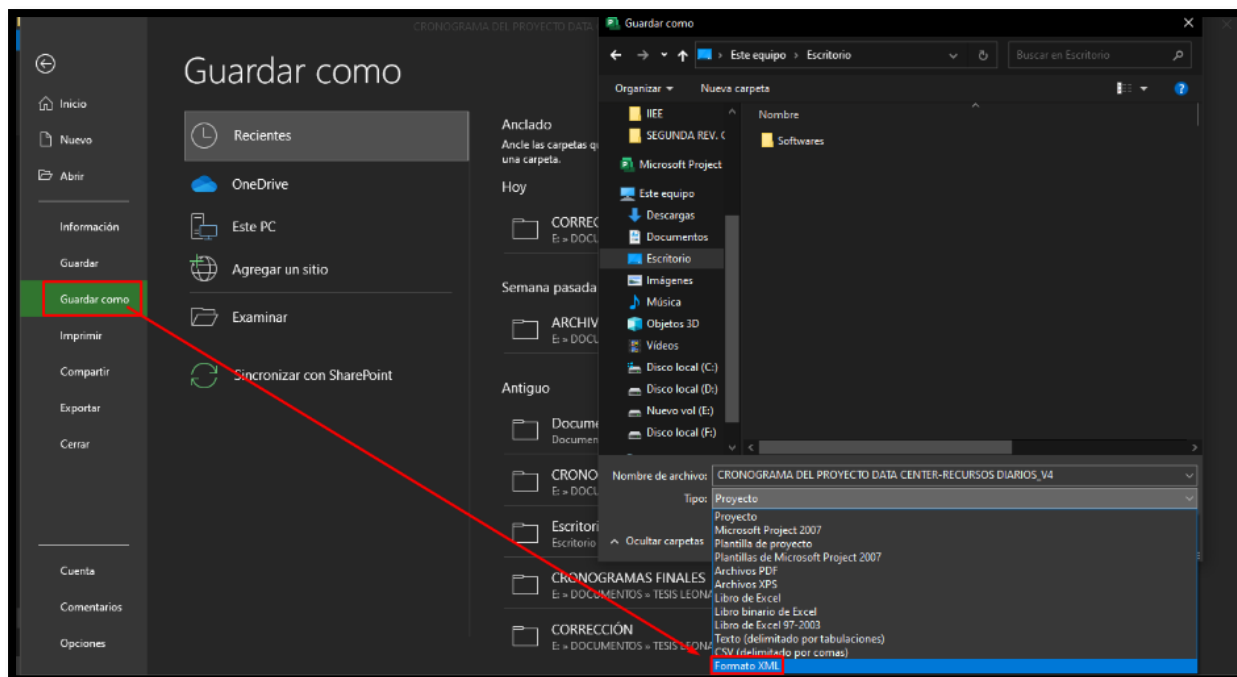


A2: Manual de SYNCHRO PRO.

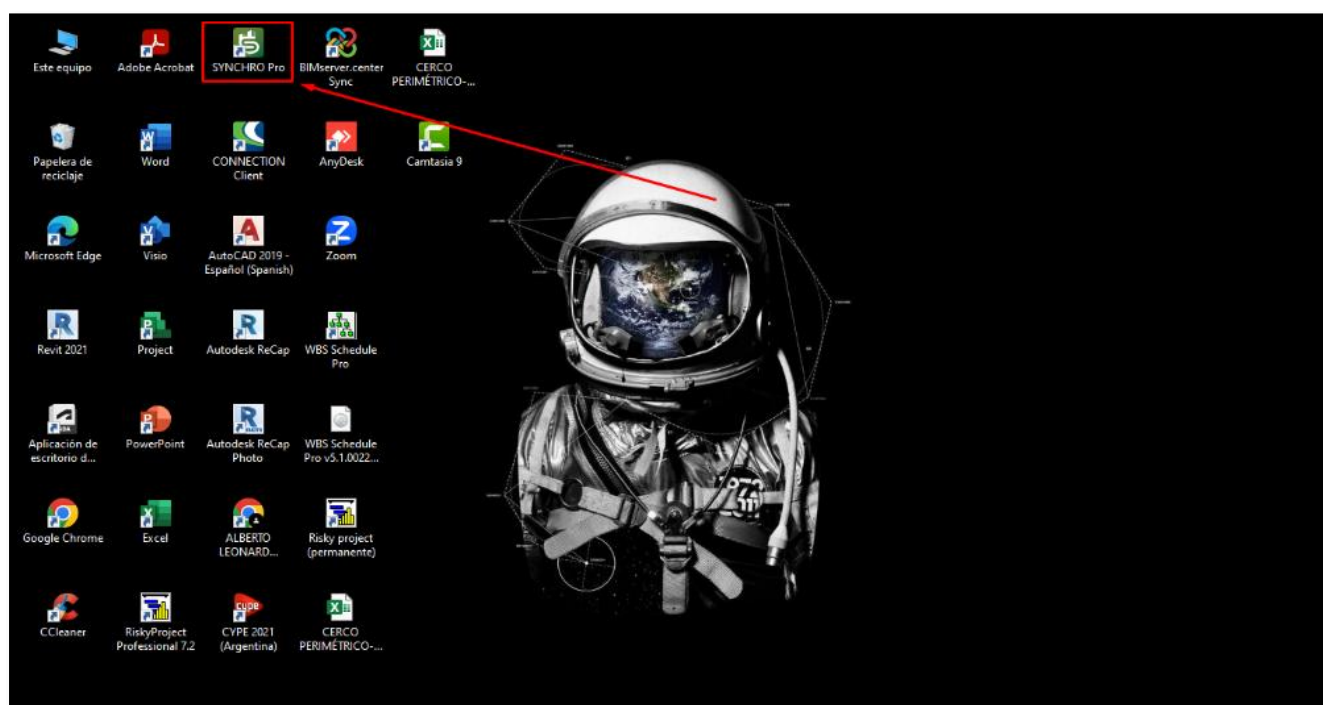
El presente manual se elaboró con la finalidad de facilitar el aprendizaje del uso del software Synchro PRO al lector.

1) Exportación de los archivos de Revit a formato IFC.

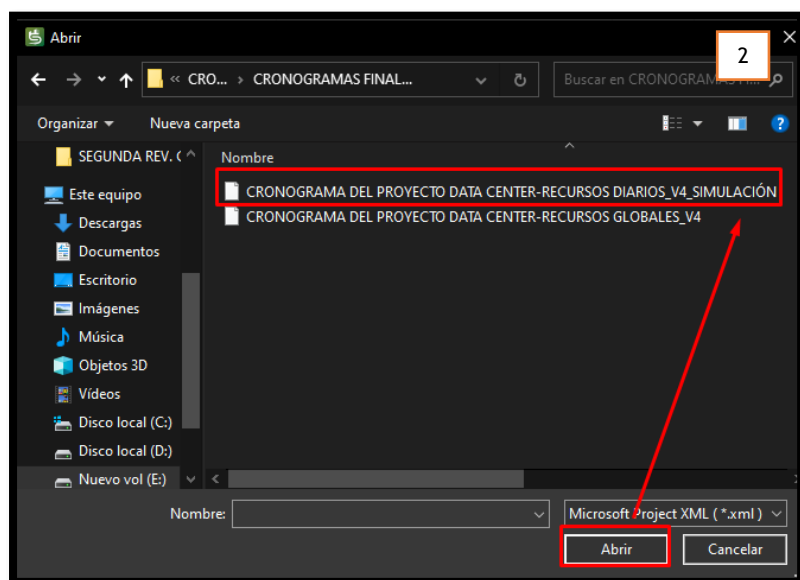
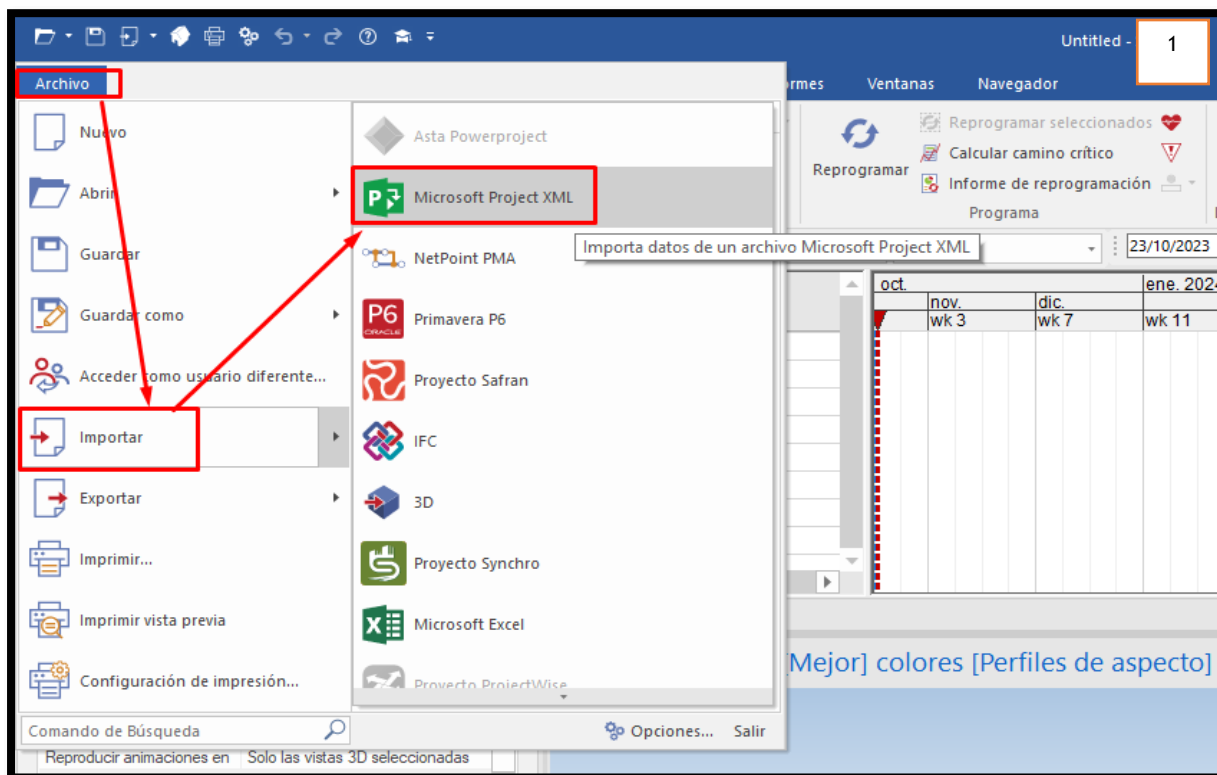
2) Guardar el cronograma en formato XML.

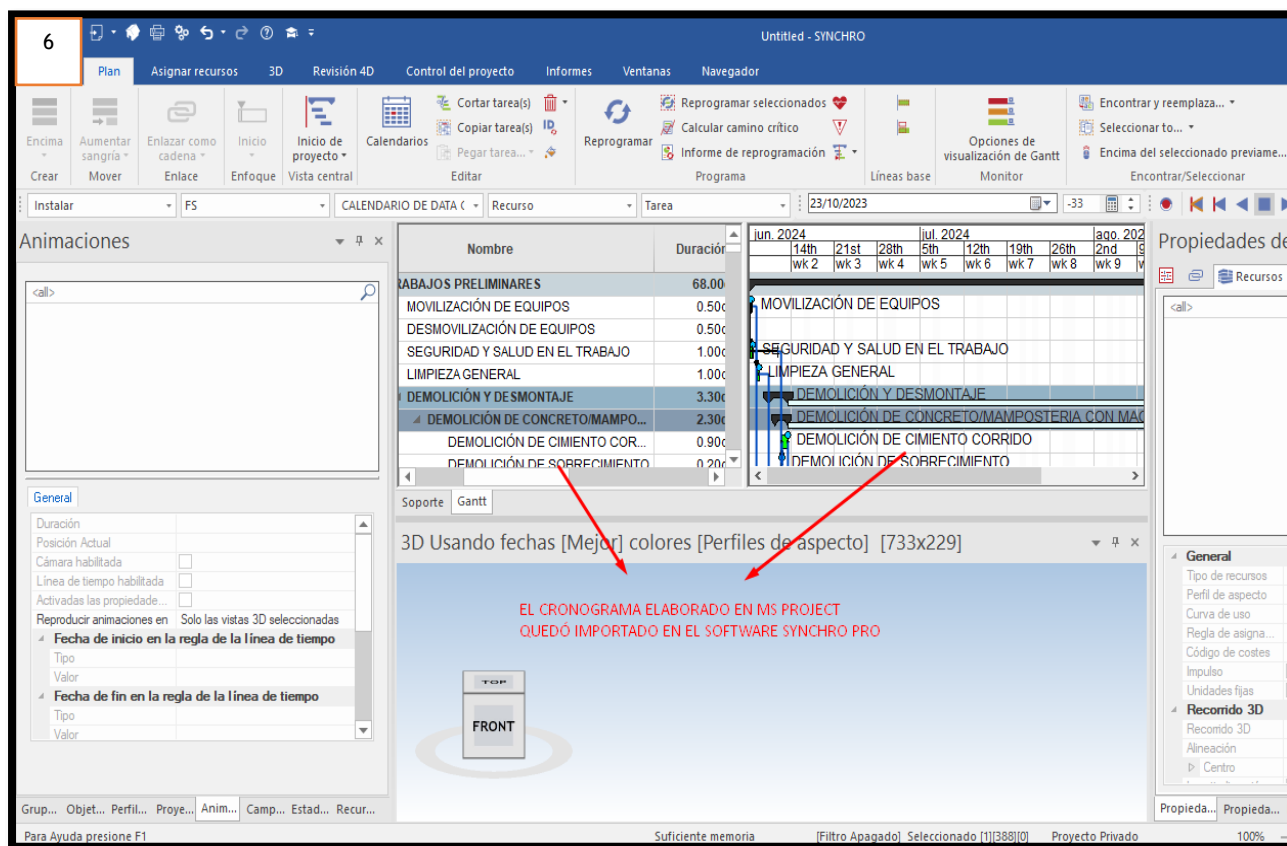
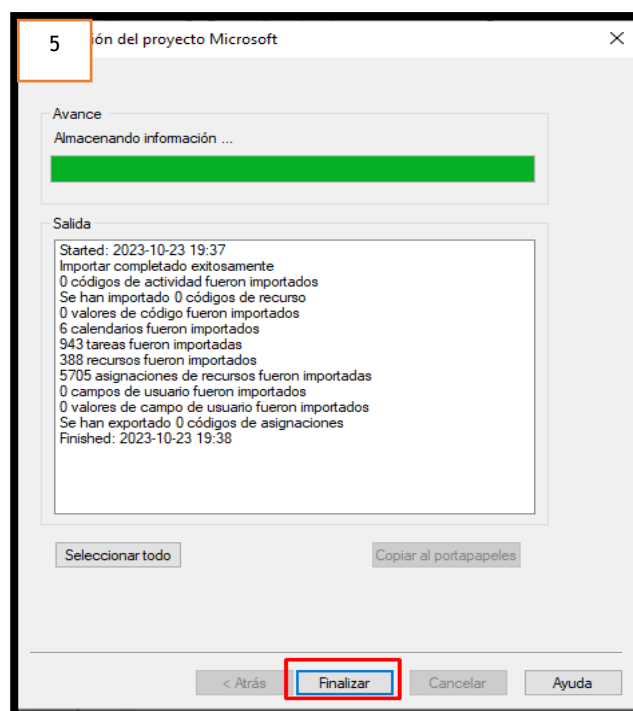
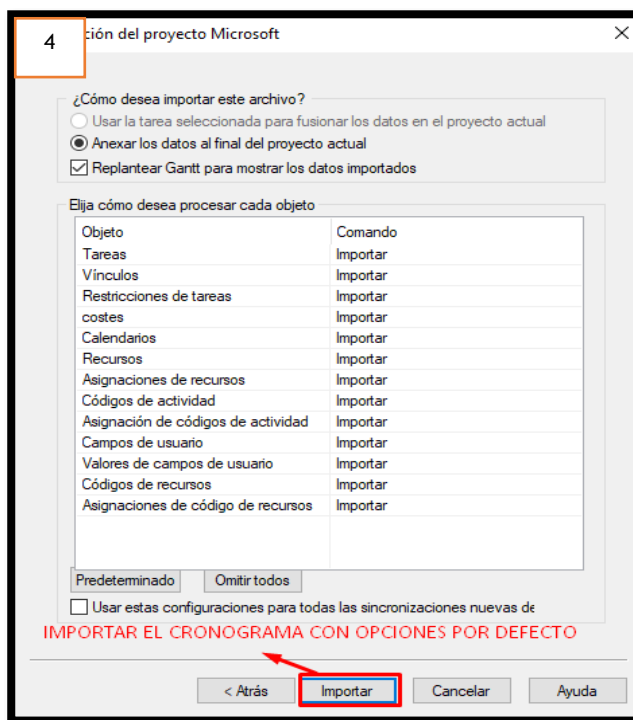


3) Luego de exportar el modelo BIM-3D y el cronograma del proyecto, se procede a abrir el software dando doble click en el ícono que aparece en el escritorio.

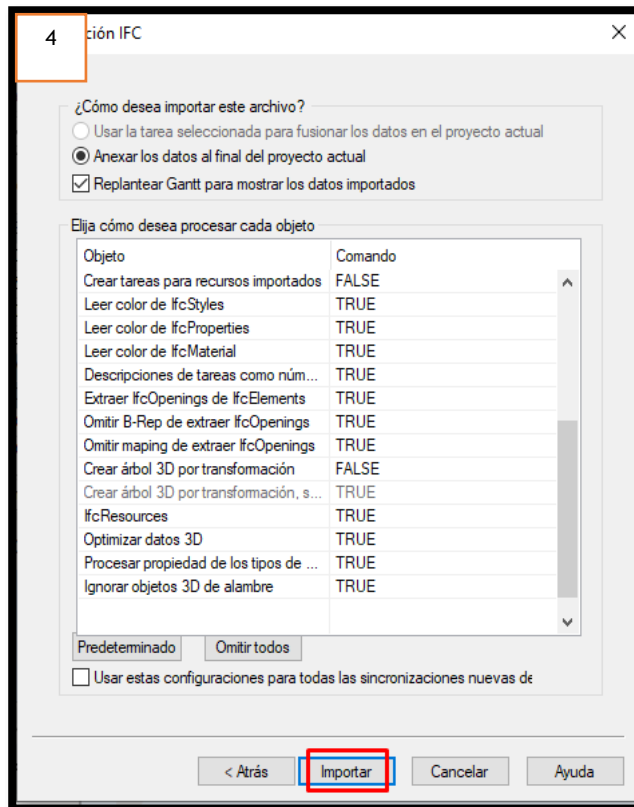
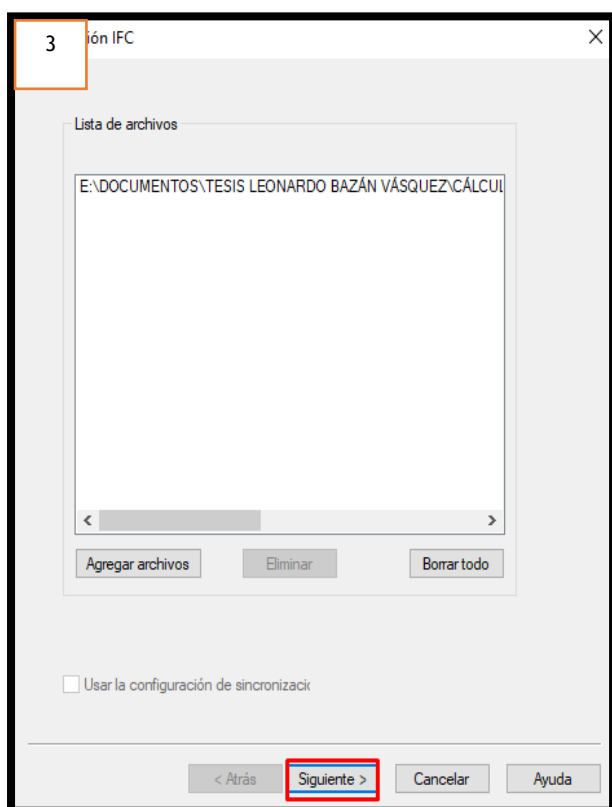
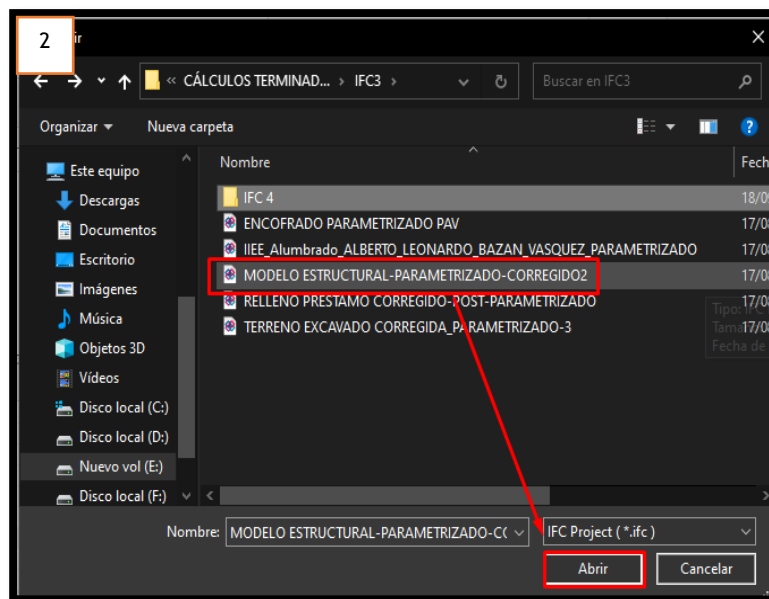
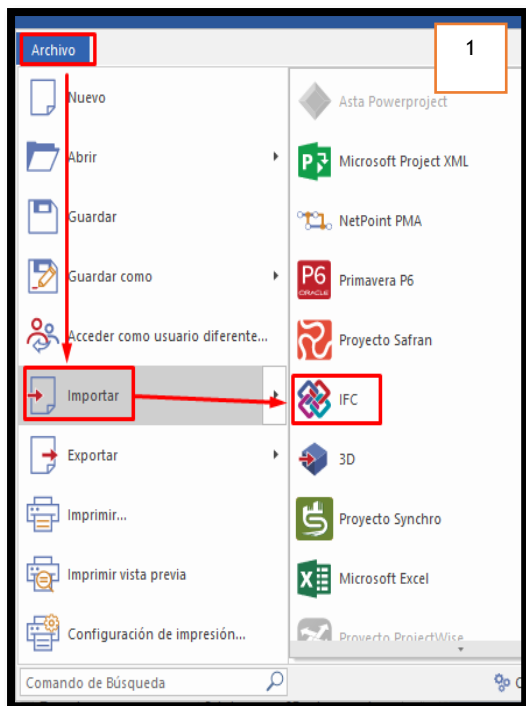


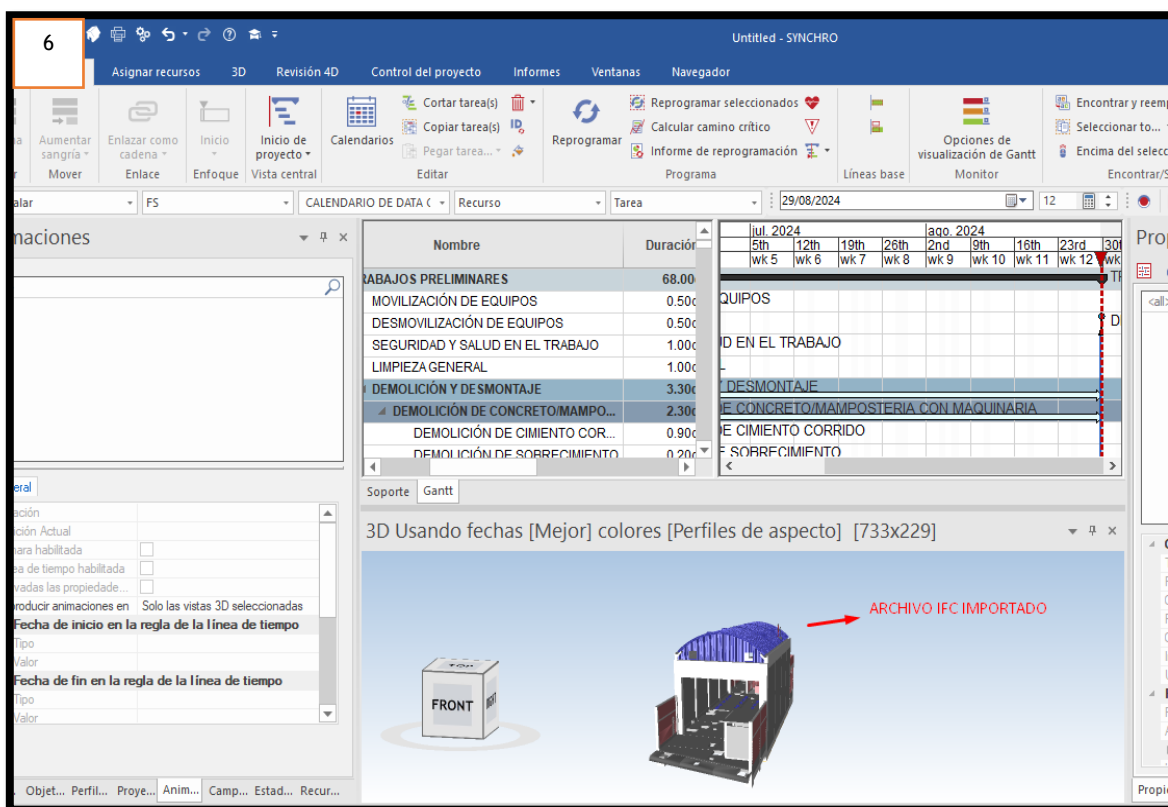
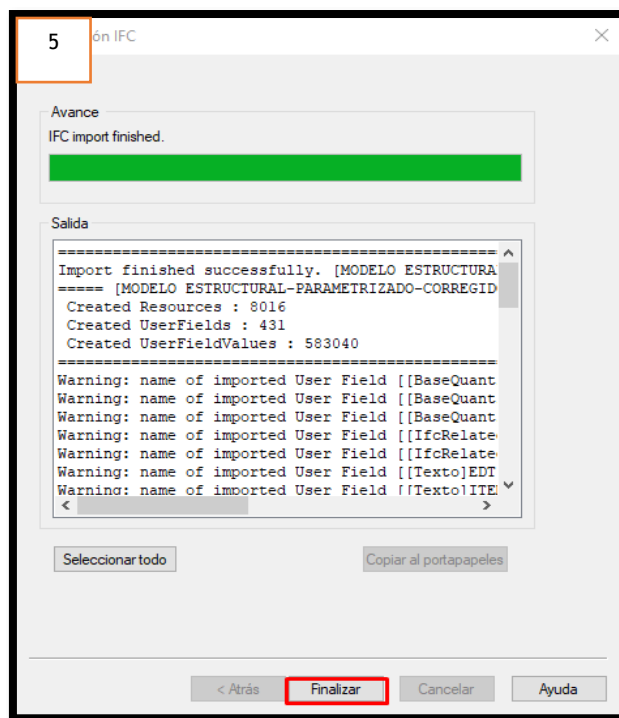
4) En este paso se realiza la importación del cronograma en formato XML.



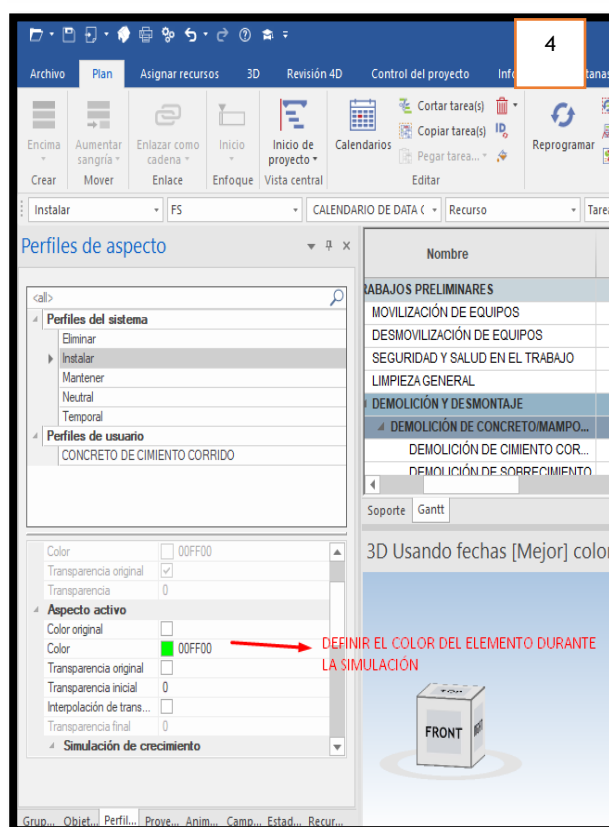
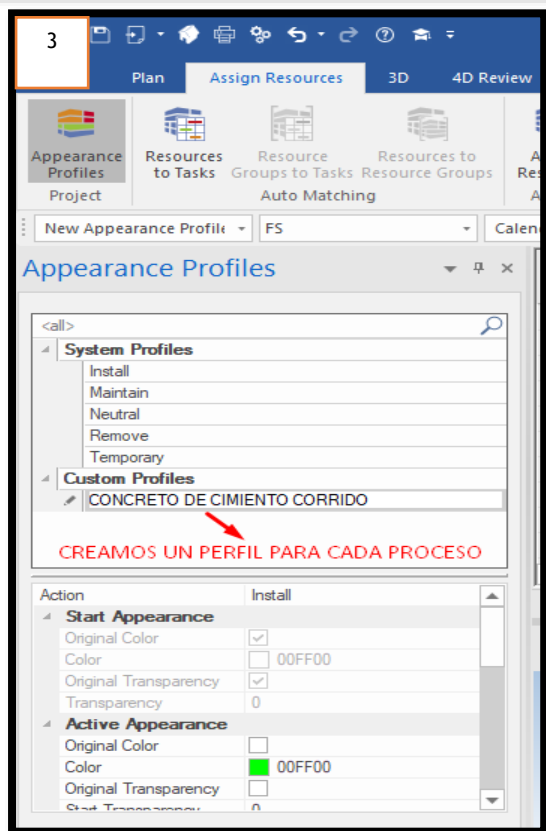
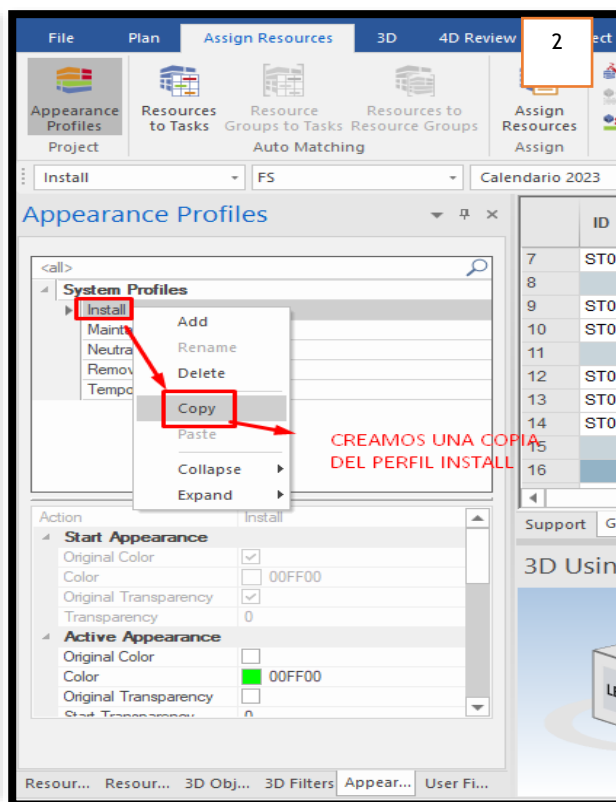
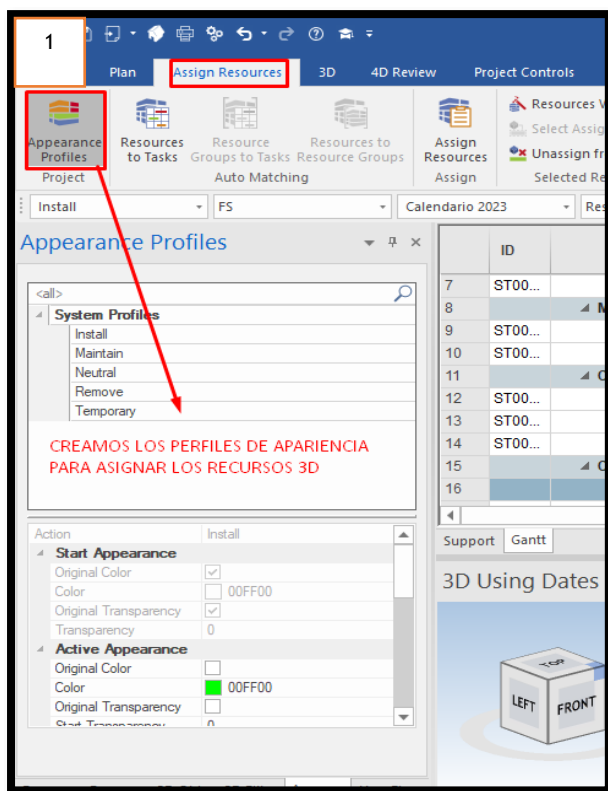


5) Luego se importan cada uno de los archivos IFC del proyecto.



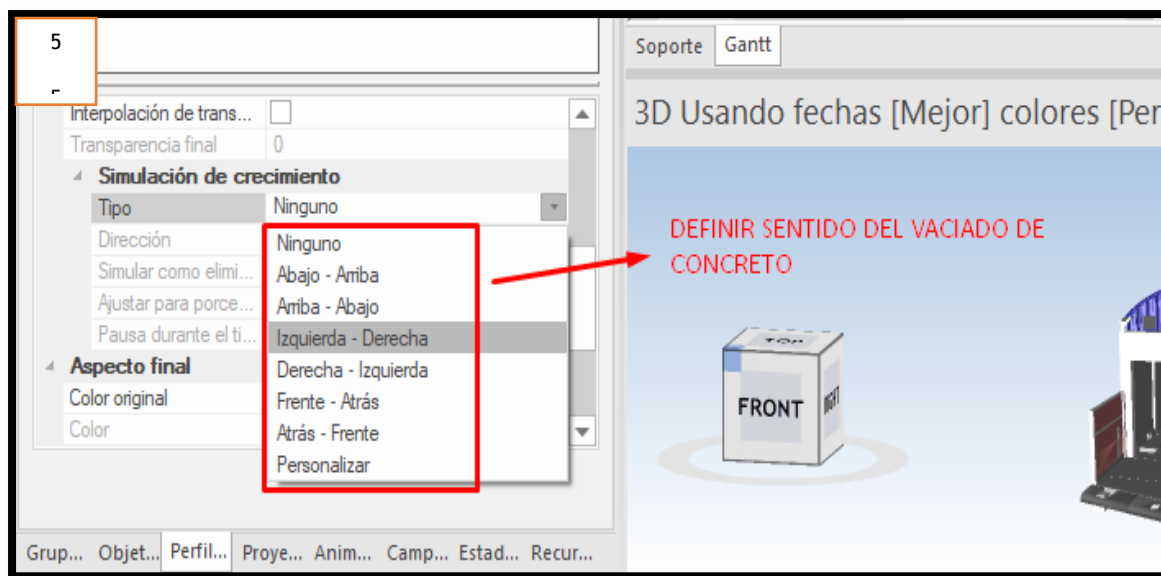


6) Luego de importar los archivos IFC se procede a crear los perfiles de apariencia.

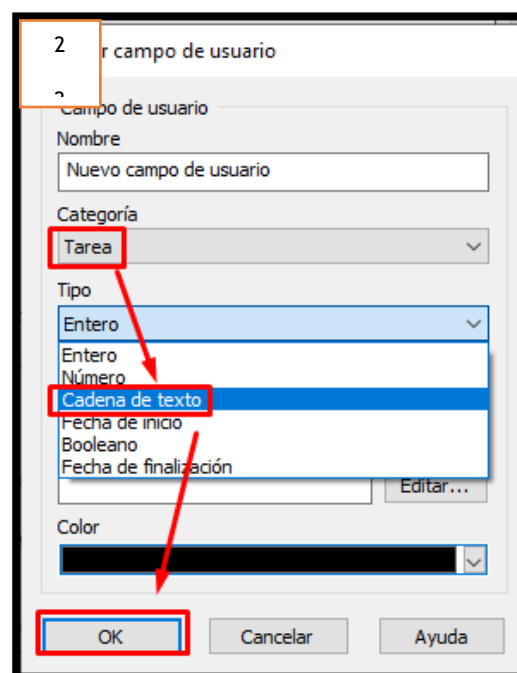
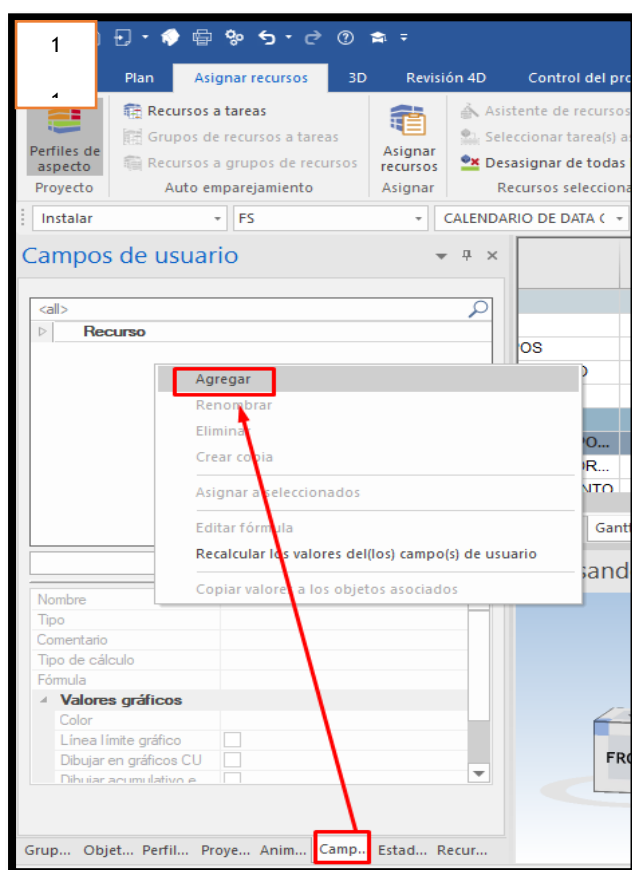


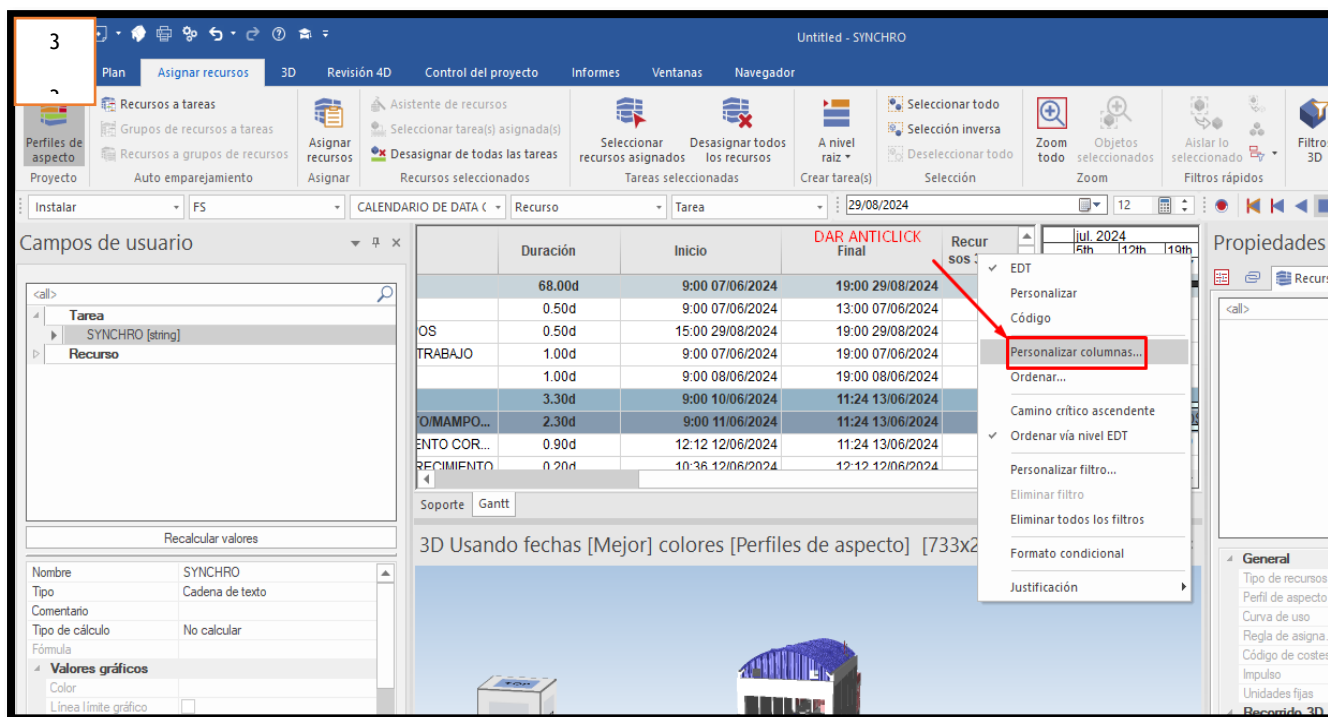
"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

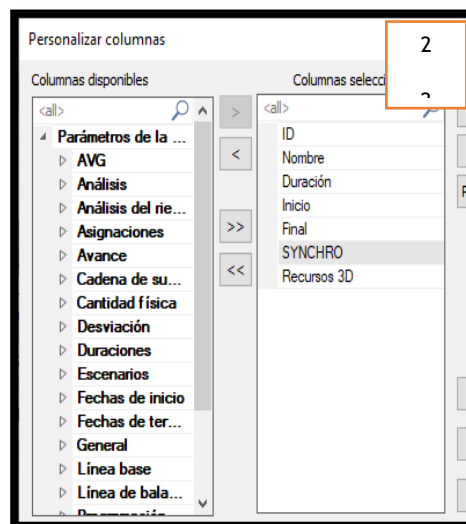
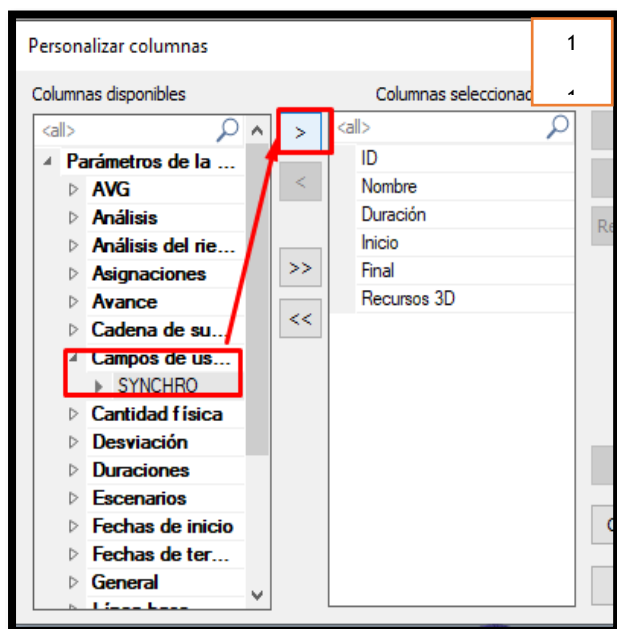


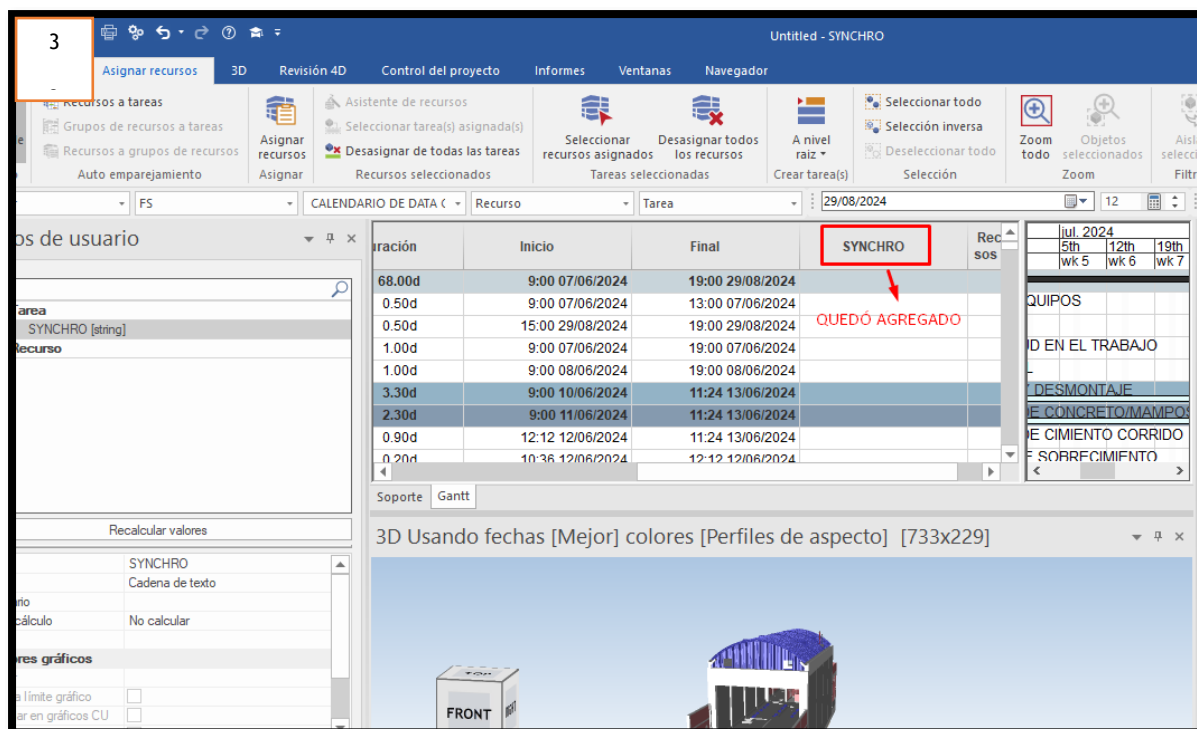
- 7) Después de crear los perfiles de apariencia, se realiza la creación del campo de usuario Synchro.





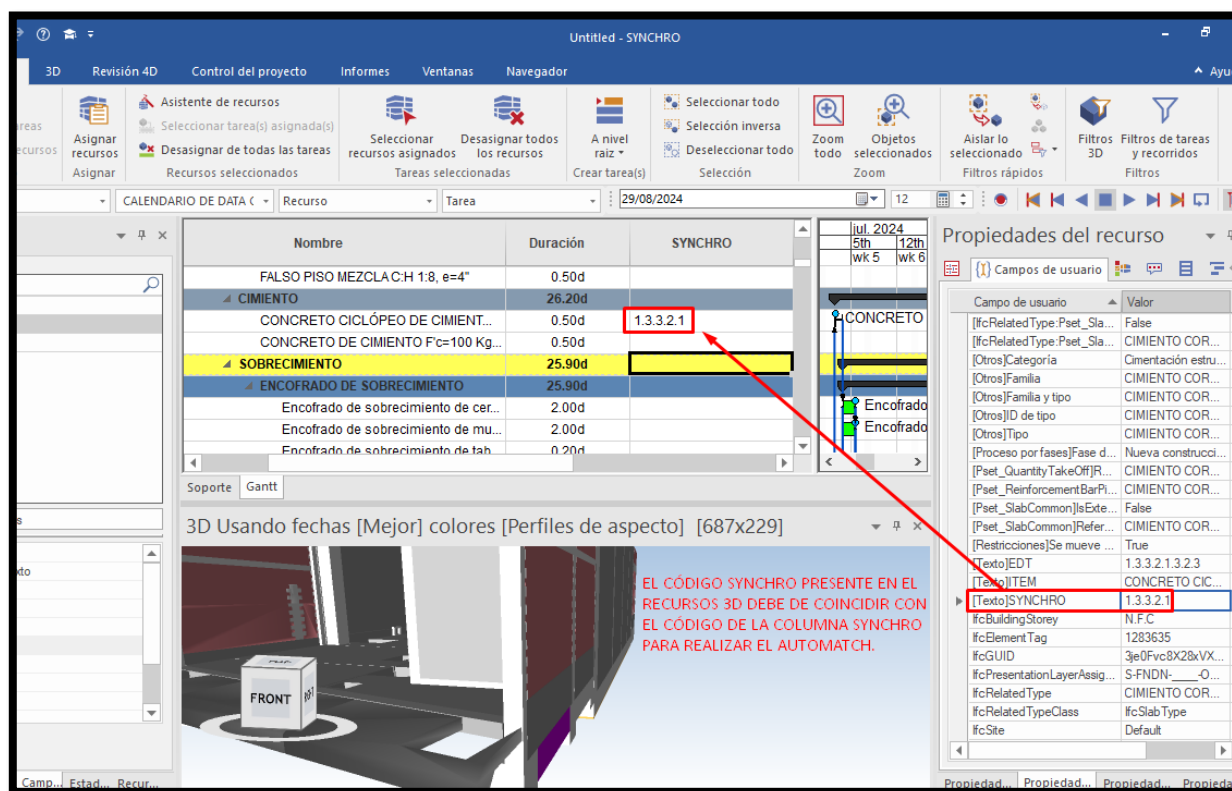
- 8) Se adiciona el campo de usuario creado con el objetivo adicionarlo como un parámetro de las tareas.





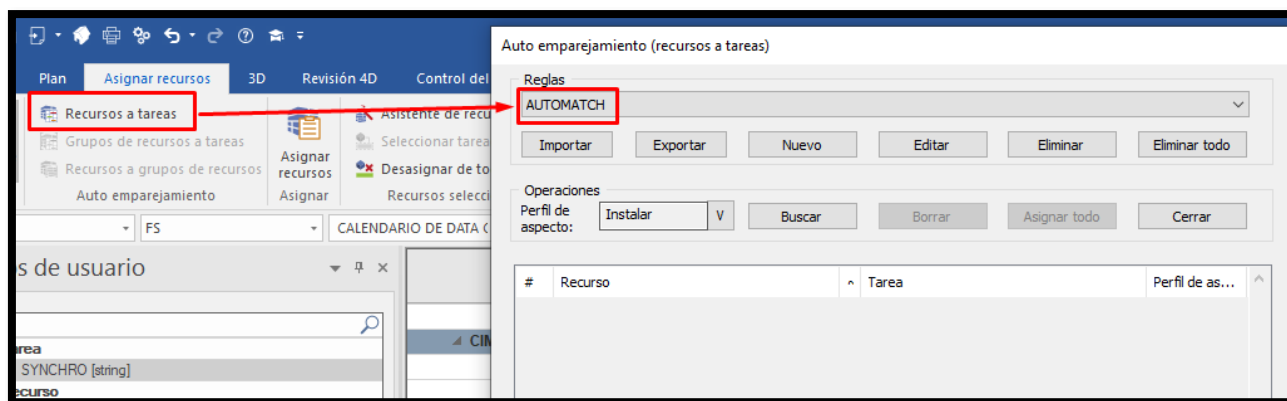
9) Luego para asignar los recursos 3D correspondientes a cada tarea se procederá a utilizar la opción de automatch (autoemparejamiento) de Synchro Pro.

Para eso se debe llenar la información correspondiente al campo de usuario agregado anteriormente.

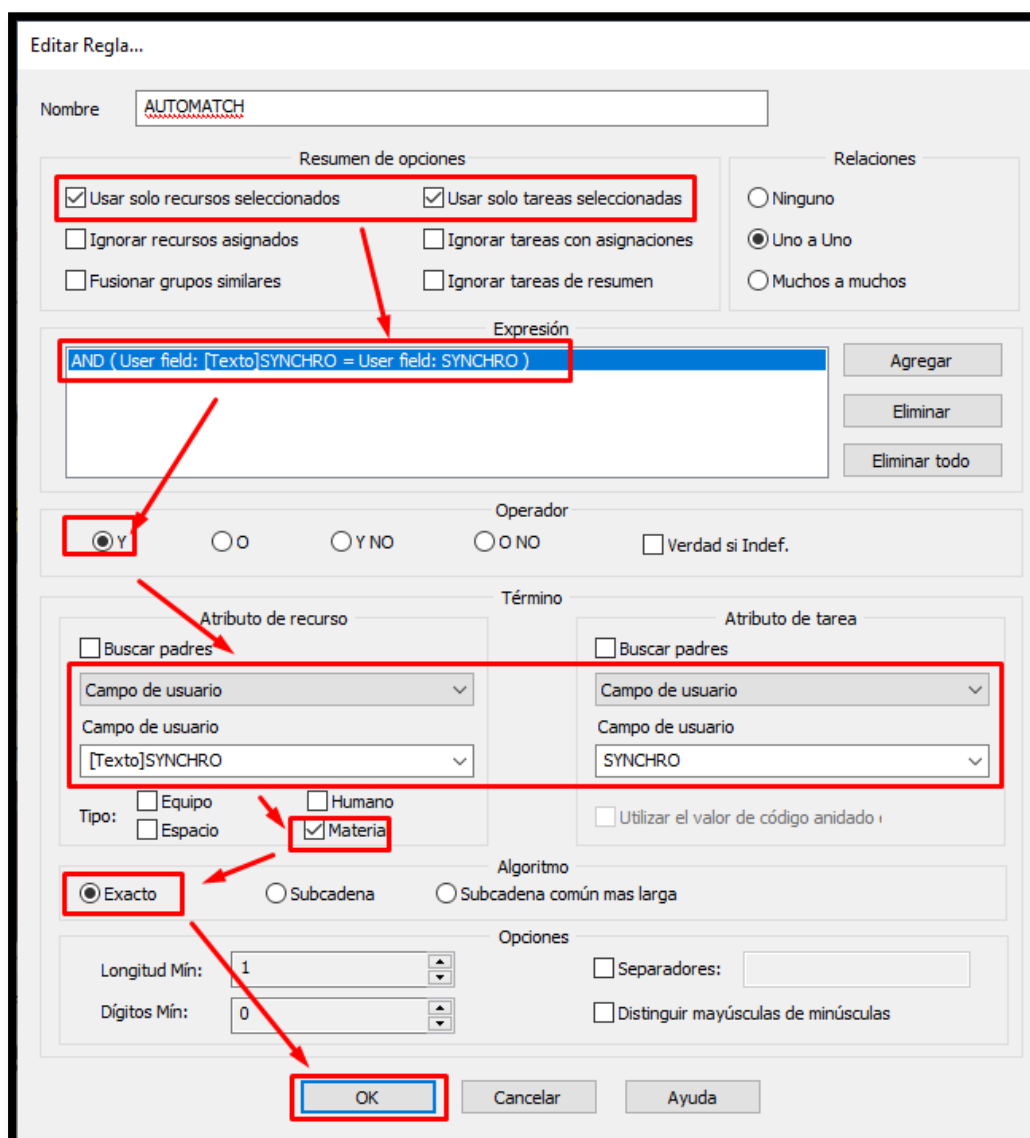


"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

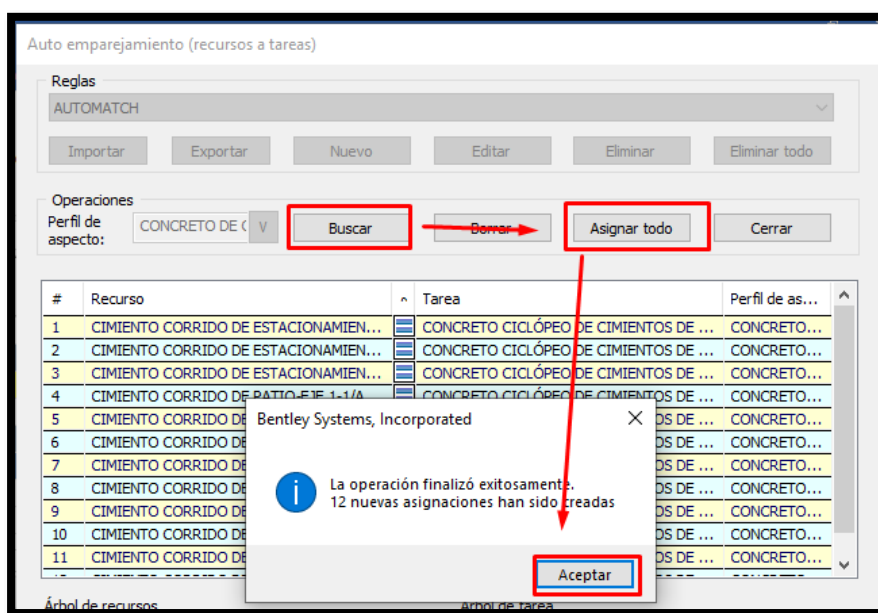
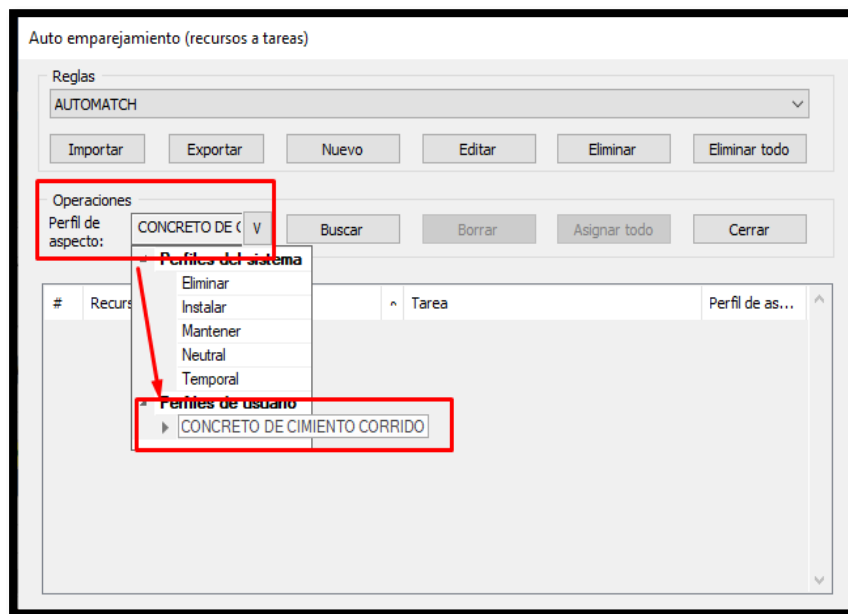
Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo



10) Para crear la regla de automatch (autoemparejamiento) se debe realizar lo siguiente:



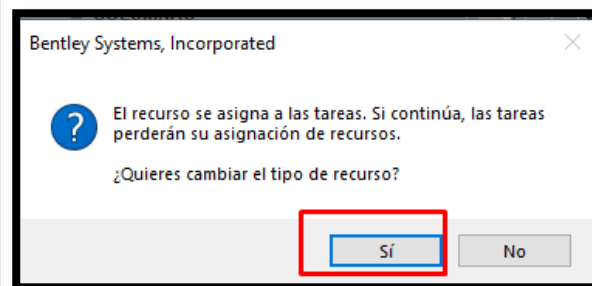
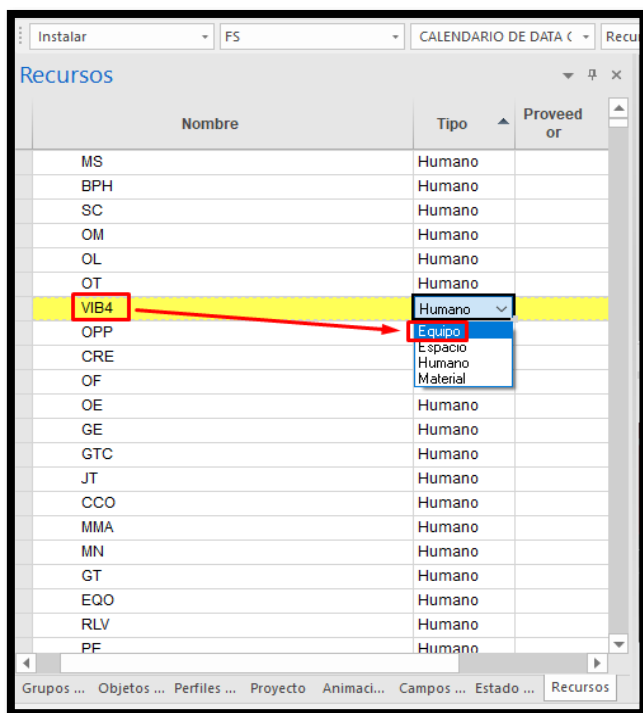
- 11) Luego se elige el perfil de apariencia con el que se desea realizar el automatch recurso a tareas, se da click en buscar y finalmente asignar todo. Previamente debe seleccionarse las tareas y los recursos 3D correspondientes a esta tarea.



Este proceso se debe repetir con todos los recursos 3D importados.

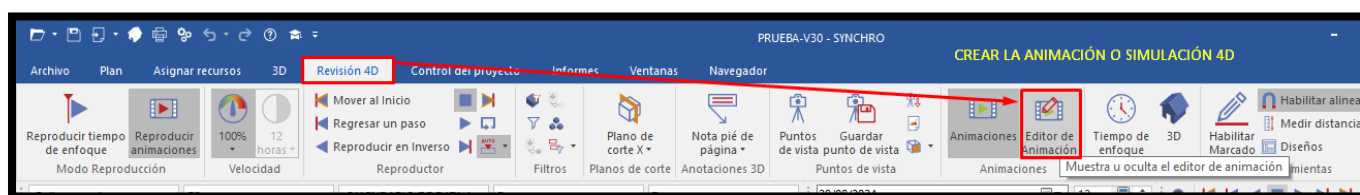
- 12) Con los recursos 3D asignados se procede a corregir los recursos de equipos asignados al cronograma, el problema presentado es que Synchro pro lo reconoce como un recurso de mano de obra (humano). Al cambiar el tipo de recurso de

humano a equipo, automáticamente perderán la asignación de las tareas en las que se encontraban, por lo que se vuelve agregar dicho recurso modificado en ñas tareas que correspondan

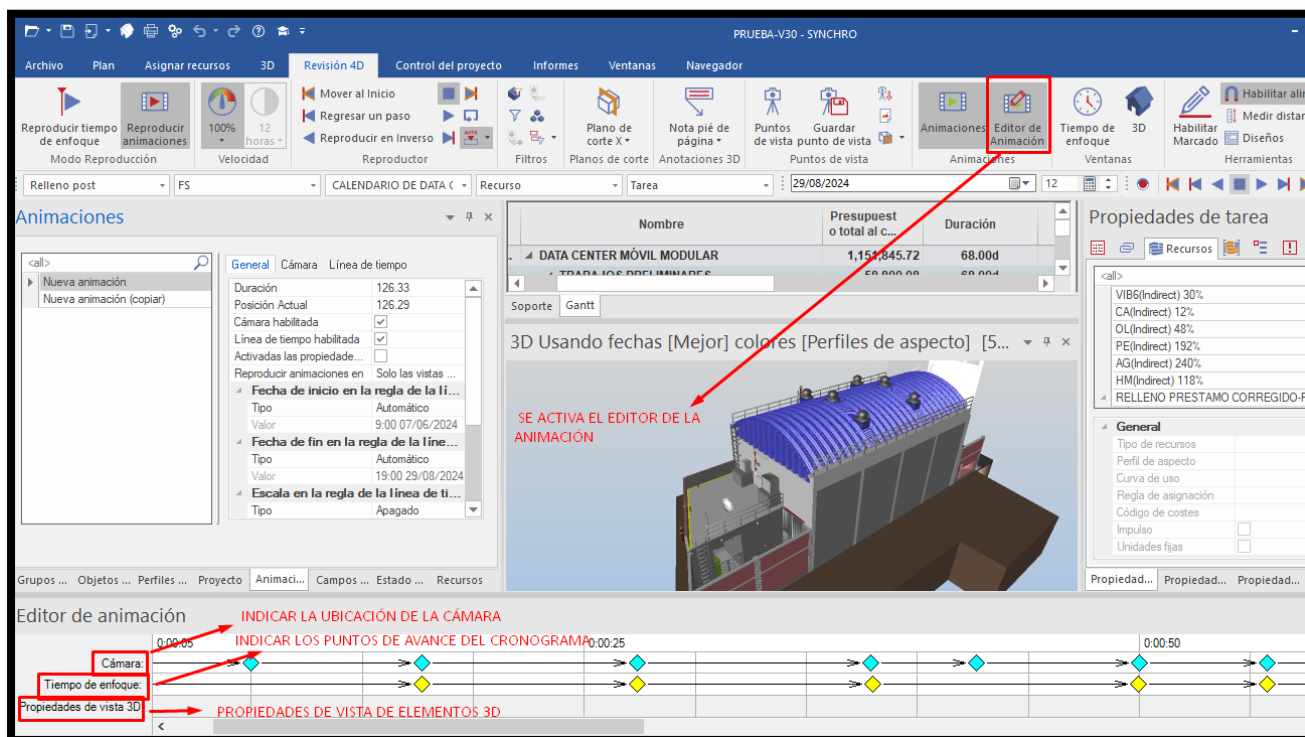


13) Luego de corregir todos los recursos de equipo se procede a volver a asignarlos según lo indicado en el Excel.

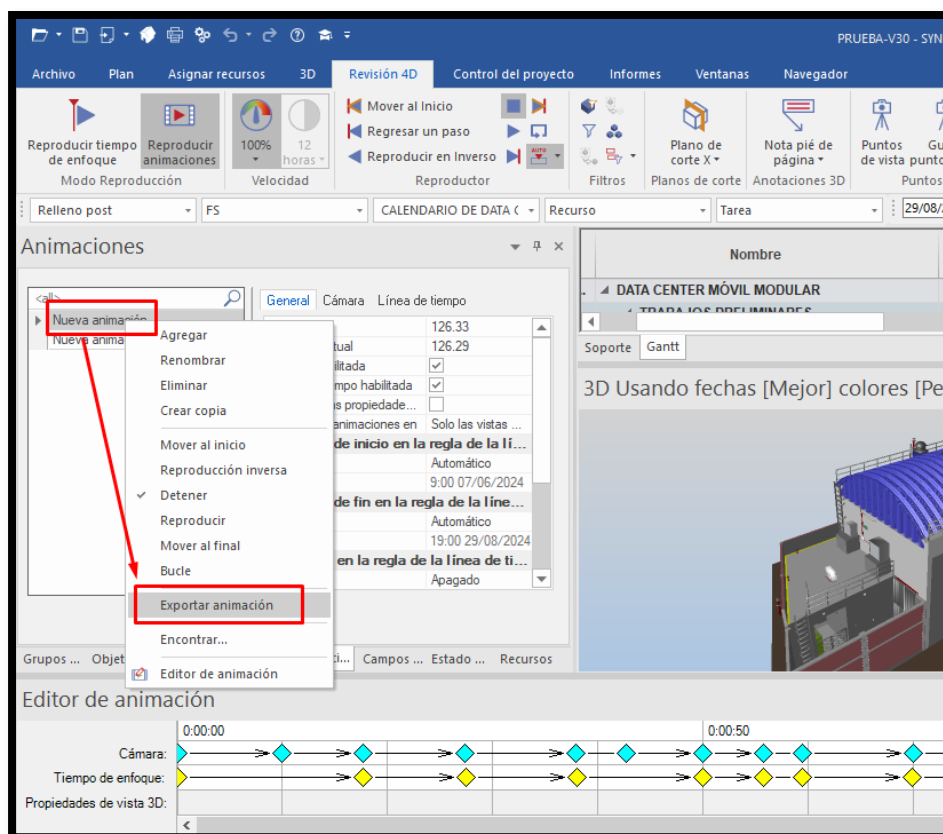
14) Luego de asignar los recursos, se realizará la elaboración de la animación.



15) Para elaborar la animación del proyecto, se debe indicar la ubicación de la cámara y los puntos de avance del cronograma.



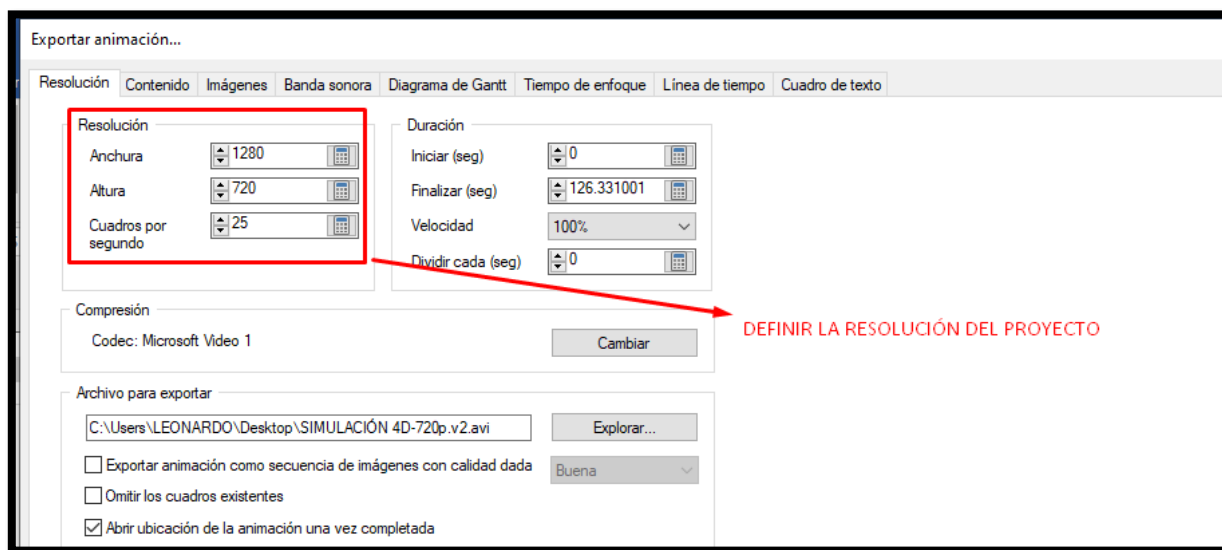
16) Con la animación establecida, se procede a exportar la animación.



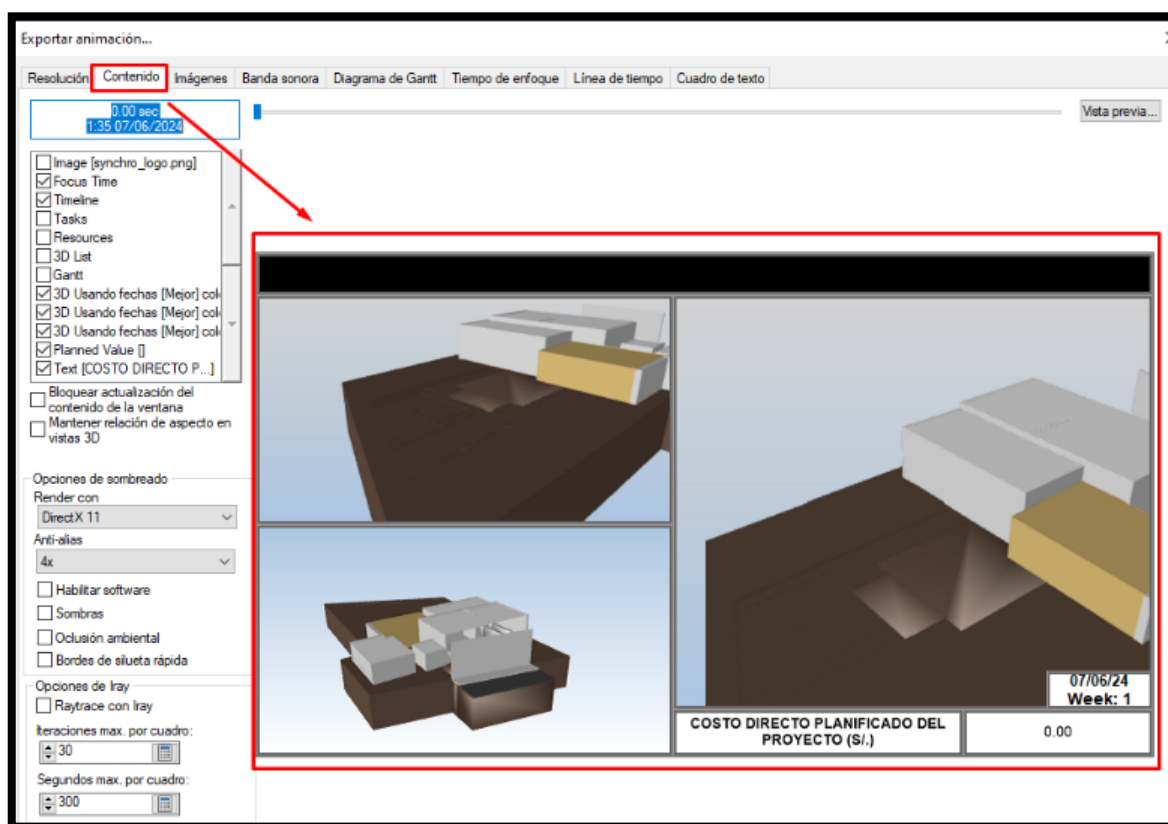
"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

17) Se define la resolución de la animación.

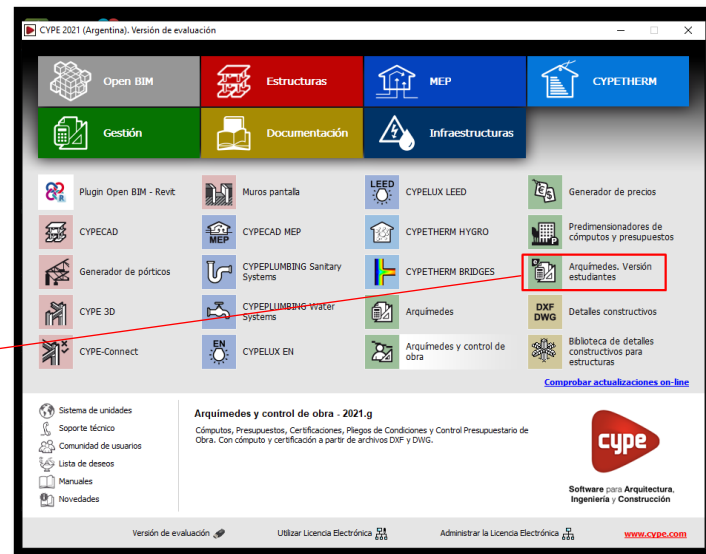
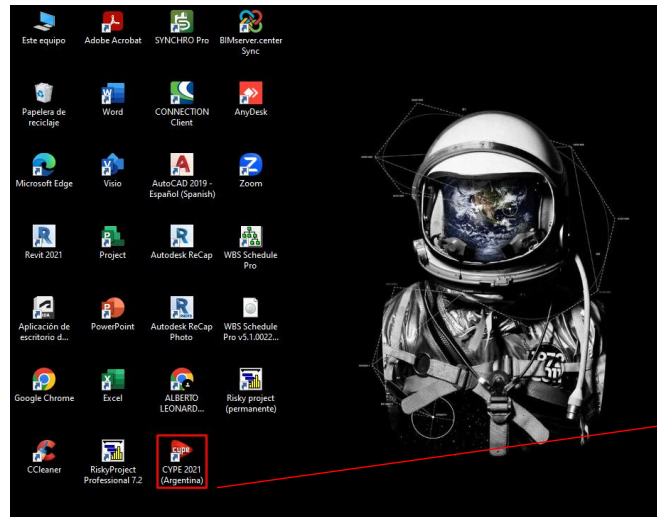


18) Finalmente se define el contenido de la animación y se procede a exportar la simulación 4D/5D.



A3: Manual de CYPE ARQUÍMEDES.

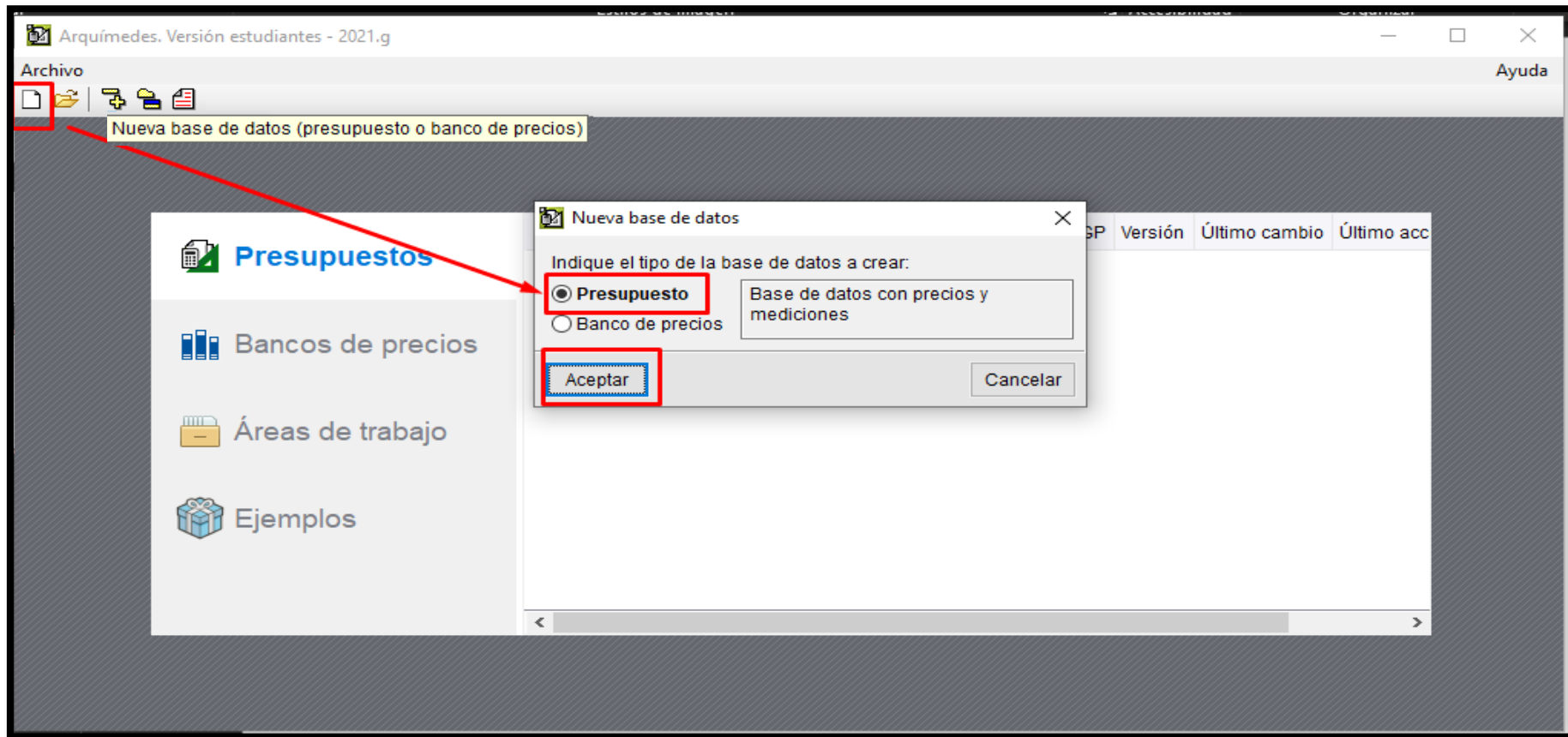
1) Dar doble click en el ícono indicado en la imagen para abrir el software CYPE.



"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

- 2) Luego de abrir el software, se procede a realizar la creación de la base de datos (presupuesto o banco de precios). Para la presente investigación se elegirá la opción de presupuesto.



3) Al elegir la opción de presupuesto, se procede a configurar los datos del presupuesto.

- Tipo de proyecto y decimales.

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquímedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

☐ Banco de precios por defecto 2

Tipo de proyecto | Decimales | Porcentajes | Modo de edición | Análisis de precios sin descomposición | Datos anteprima | Moneda

Tipo de proyecto

☒ Para la Administración Pública

☐ De promoción privada

En los trabajos para la Administración, el Presupuesto de Ejecución Material del proyecto (PEM) se incrementa con los gastos generales de estructura que inciden sobre el contrato, formados por los gastos generales (del 13 al 17 por 100, a fijar por cada departamento ministerial) y el beneficio industrial del contratista (6 por 100), así como por el Impuesto sobre el Valor Añadido, que se aplicará sobre la suma del PEM y los gastos generales de estructura, constituyendo el presupuesto base de licitación. El contratista corrige este presupuesto aplicando una baja según su propio estudio, tanto de precios de ejecución como de gastos generales de la empresa, y su objetivo de beneficio industrial.

En los proyectos de promoción privada, no es costumbre separar los costes derivados de la ejecución material de las unidades de obra de los derivados de los gastos generales y beneficio industrial del contratista, con lo que a los precios estimados en el presupuesto únicamente se les habrá de incrementar con el Impuesto sobre el Valor Añadido.

Estructura de precios para el contrato de ejecución de obra

☒ Estructura de precios del presupuesto

☐ Estructura de precios de venta

Establezca el tipo de estructura de precios para el Contrato de ejecución de obra (CEO) para adaptar las presentaciones de columnas y definir qué precio debe usarse en las certificaciones de la obra.

☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquímedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

☐ Banco de precios por defecto 2

Tipo de proyecto | **Decimales** | Porcentajes | Modo de edición | Análisis de precios sin descomposición | Datos anteprima | Moneda

Decimales cálculos/rendimientos

Columna núm. unidades (DN): Sin redondear 9

Dimensiones cálculos (DD): Redondear 4

Subtotal/Total cálculos (DS): Redondear 2

Rendimiento descomposición (DR): Redondear 5

Decimales porcentaje de margen: Redondear 5

Decimales importes

Rendimiento x precio (DI): Redondear 4

Cálculo x costo (DM): Redondear 3

Decimales precios

Precio de concepto (DP): Redondear 3

Costo análisis de precios (DC): Redondear 3

☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

- Porcentajes y modo de edición.

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquímedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS 2

☐ Banco de precios por defecto

Tipo de proyecto Decimales **Porcentajes** Modo de edición Análisis de precios sin descomposición Datos antefirma Moneda

Costos indirectos de presupuesto: 0,00000

Costos indirectos de venta: 0,00000

Costos indirectos de estudio: 0,00000

Gastos generales: 0,00000

Beneficio industrial: → UTILIDAD 0,00000

Impuestos: 0,00000

Nombre del impuesto: Impuestos diversos IGV

☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquímedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS 2

☐ Banco de precios por defecto

Tipo de proyecto Decimales Porcentajes **Modo de edición** Análisis de precios sin descomposición Datos antefirma Moneda

MANTENER POR DEFECTO

☐ Normal

☒ **inserción** Niveles de rubros 1

☒ Guardar el estado de visualización del árbol

☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

- Análisis de precios sin descomposición y datos de antefirma.

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquimedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

☐ Banco de precios por defecto 2

Tipo de proyecto Decimales Porcentajes Modo de edición **Análisis de precios sin descomposición** Datos antefirma Moneda

MANTENER POR DEFECTO

Aplicar costos indirectos

- ☒ Estructura de precios del presupuesto
- ☒ Estructura de precios de venta
- ☒ Estructura de precios de estudio

Debe figurar en listados del tipo:

- ☒ Cuadro de precios n°1
- ☒ Cuadro de precios n°2
- ☒ Justificación de precios
- ☒ Cómputo

☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

Datos nuevo presupuesto

Directorio: C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquimedes 1

Presupuesto: PRESUPUESTO DE DATA CENTER M ☐ Crear directorio propio

Descripción: CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

☐ Banco de precios por defecto 2

Tipo de proyecto Decimales Porcentajes Modo de edición **Análisis de precios sin descomposición** **Datos antefirma** Moneda

Localidad y fecha del proyecto: LIMA 24 DE SETIEMBRE DEL 2023

Titulación primer firmante: INGENIERO

Nombre del primer firmante: LEONARDO BAZÁN VÁSQUEZ

Bloque para resto de firmas:

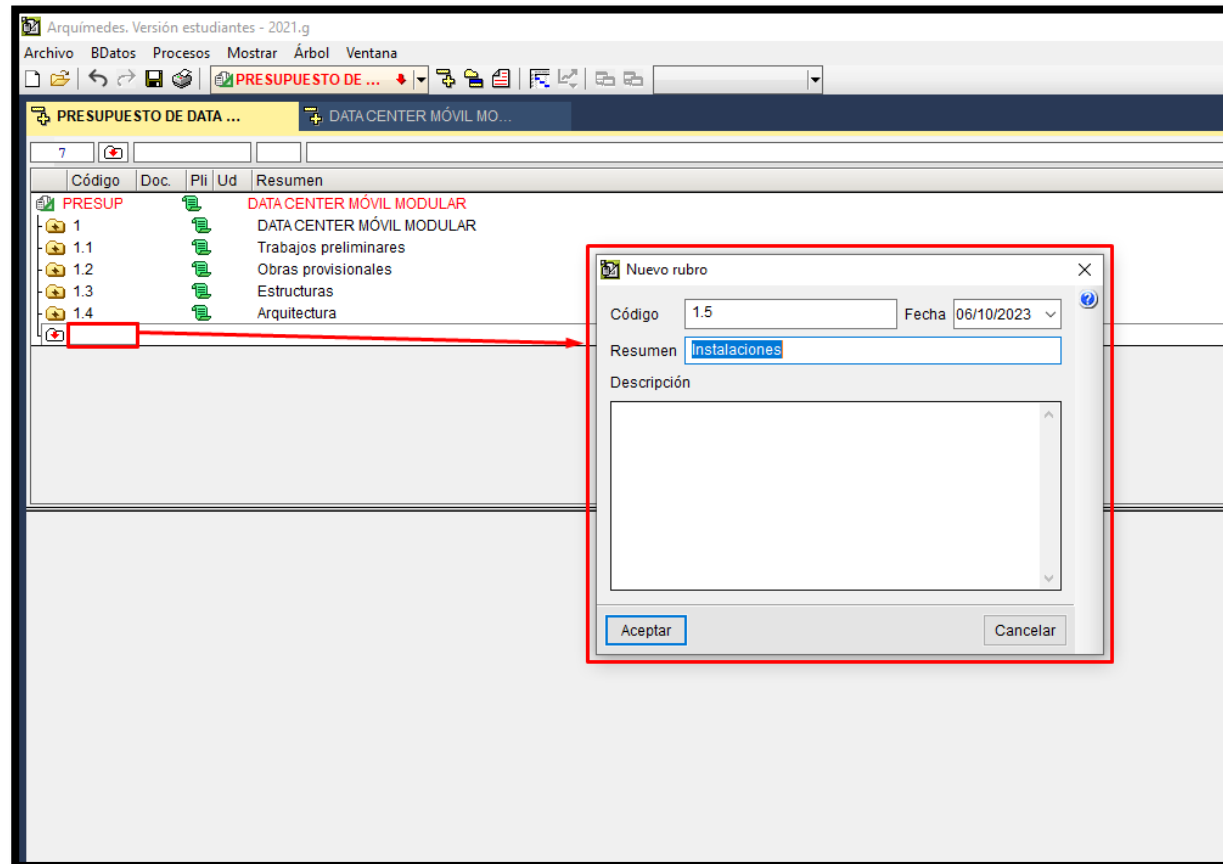
☐ Grabar como opciones por defecto

Aceptar Valores de instalación Cancelar

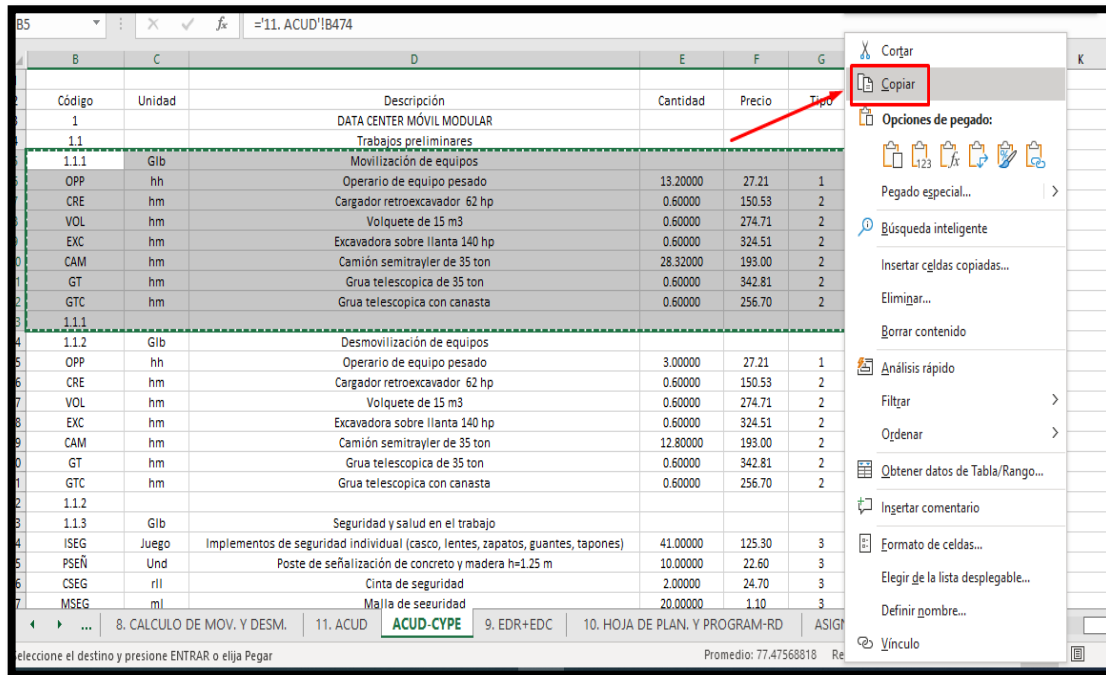
- Moneda.

The screenshot shows a software window titled "Datos nuevo presupuesto". It contains several input fields: "Directorio:" with the path "C:\CYPE Ingenieros\Proyectos\Arquimedes", "Presupuesto:" with "PRESUPUESTO DE DATA CENTER M", and "Descripción:" with "CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS". There are also checkboxes for "Crear directorio propio" and "Banco de precios por defecto". A tabbed interface at the bottom includes "Tipo de proyecto", "Decimales", "Porcentajes", "Modo de edición", "Análisis de precios sin descomposición", "Datos antefirma", and "Moneda". The "Moneda" tab is active, showing a "Seleccione moneda" dropdown menu with "Nuevo Sol peruano (PEN)" selected. Below this are sections for "Moneda Principal" and "Moneda Fraccionaria", each with fields for singular/plural forms and a "Género femenino" checkbox. At the bottom of the dialog are checkboxes for "Grabar como opciones por defecto" and buttons for "Aceptar", "Valores de instalación", and "Cancelar". Red arrows and boxes highlight the "Moneda" tab, the "Seleccione moneda" dropdown, the "Aceptar" button, and the "Género femenino" checkbox in the "Moneda Principal" section.

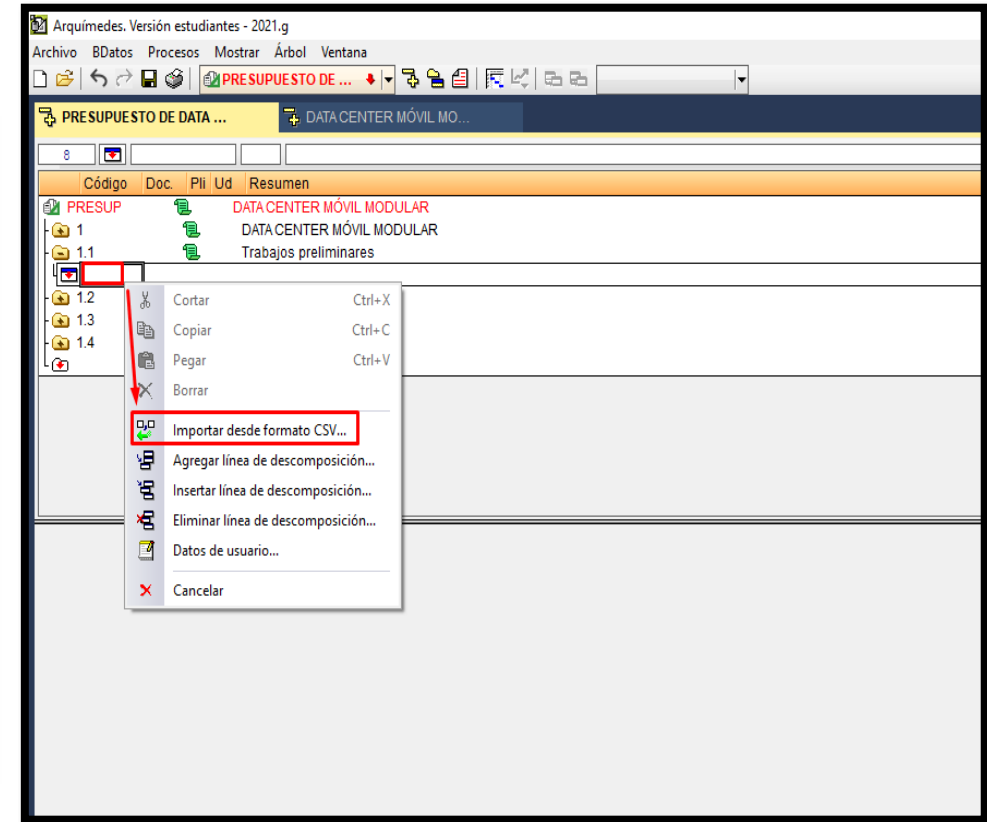
- 4) Luego se abrirá el archivo en blanco y se procede a crear cada uno de los capítulos que conforman el presupuesto. Para iniciar este paso se debe dar doble click en la zona en blanco de la línea de inserción de capítulos y rellenamos la información correspondiente.



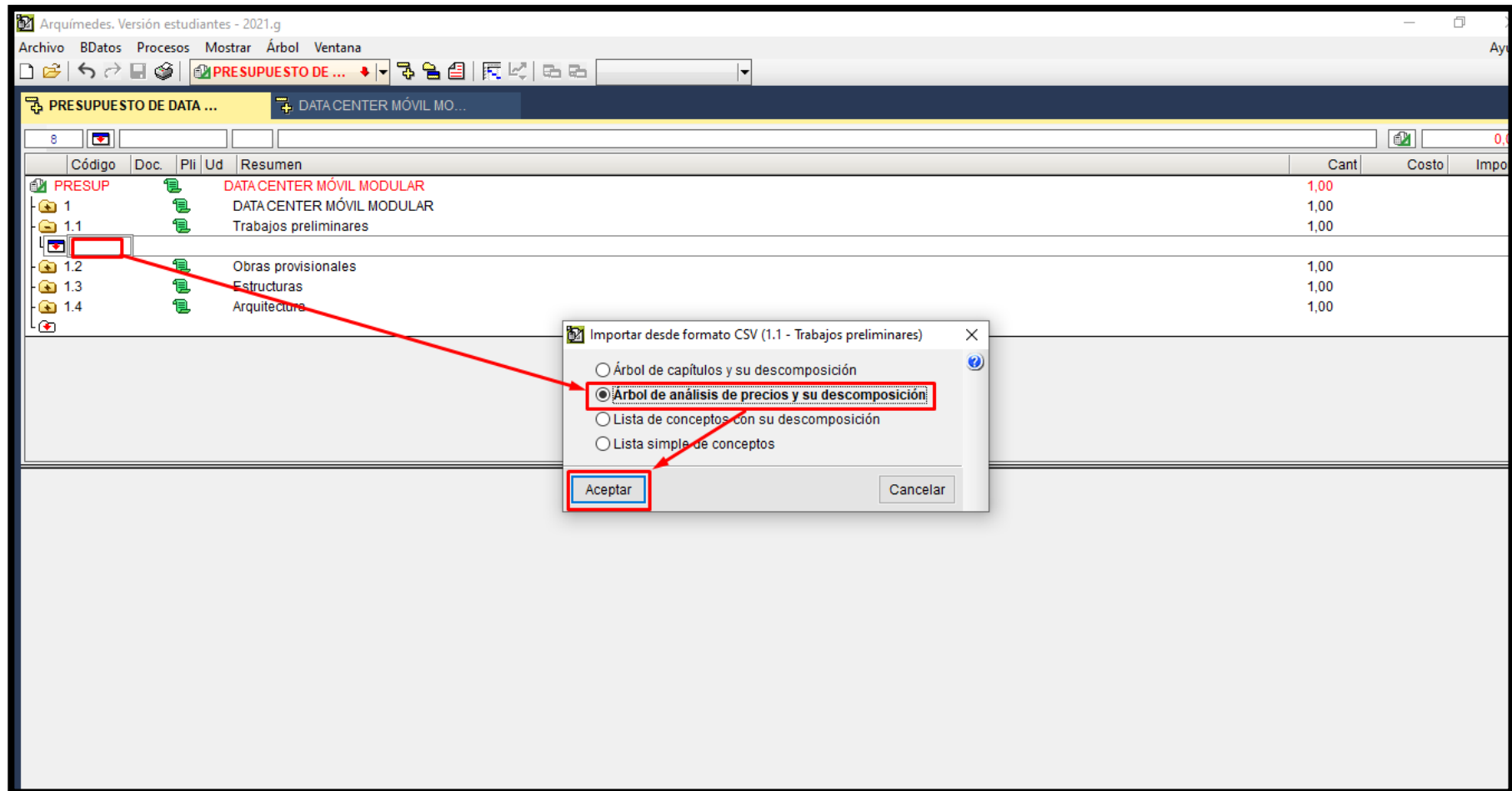
5) Luego se procede a importar el análisis de costos unitarios del presupuesto según lo indicado en Excel.



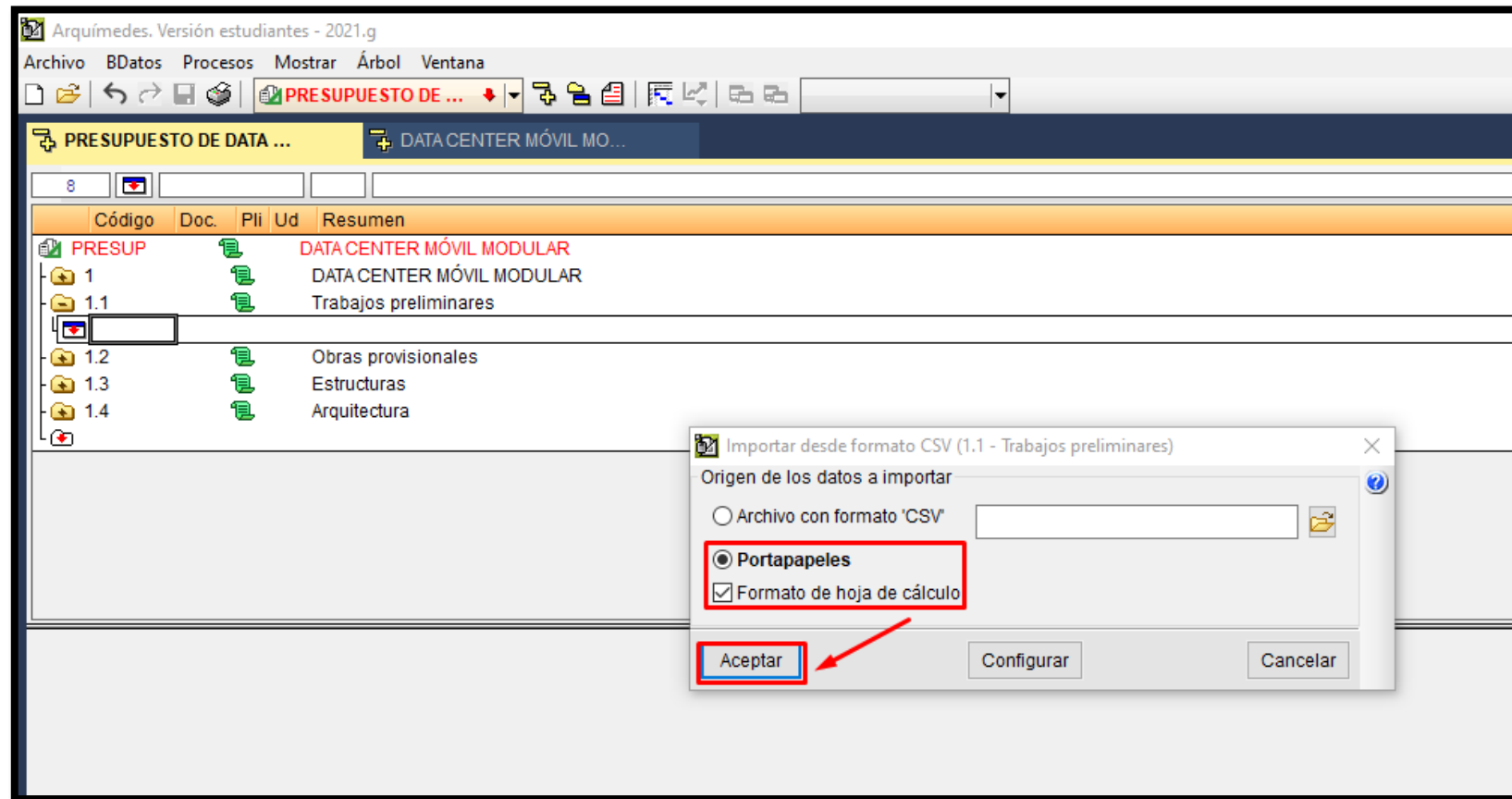
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Tipo
1		DATA CENTER MÓVIL MODULAR			
1.1		Trabajos preliminares			
1.1.1	Glb	Movilización de equipos			
OPP	hh	Operario de equipo pesado	13.20000	27.21	1
CRE	hm	Cargador retroexcavador 62 hp	0.60000	150.53	2
VOL	hm	Volquete de 15 m3	0.60000	274.71	2
EXC	hm	Excavadora sobre llanta 140 hp	0.60000	324.51	2
CAM	hm	Camión semitráiler de 35 ton	28.32000	193.00	2
GT	hm	Grua telescópica de 35 ton	0.60000	342.81	2
GTC	hm	Grua telescópica con canasta	0.60000	256.70	2
1.1.2	Glb	Desmovilización de equipos			
OPP	hh	Operario de equipo pesado	3.00000	27.21	1
CRE	hm	Cargador retroexcavador 62 hp	0.60000	150.53	2
VOL	hm	Volquete de 15 m3	0.60000	274.71	2
EXC	hm	Excavadora sobre llanta 140 hp	0.60000	324.51	2
CAM	hm	Camión semitráiler de 35 ton	12.80000	193.00	2
GT	hm	Grua telescópica de 35 ton	0.60000	342.81	2
GTC	hm	Grua telescópica con canasta	0.60000	256.70	2
1.1.3	Glb	Seguridad y salud en el trabajo			
ISEG	Juego	Implementos de seguridad individual (casco, lentes, zapatos, guantes, tapones)	41.00000	125.30	3
PSEÑ	Und	Poste de señalización de concreto y madera h=1.25 m	10.00000	22.60	3
CSEG	rtl	Cinta de seguridad	2.00000	24.70	3
MSEG	ml	Mancha de seguridad	20.00000	1.10	3



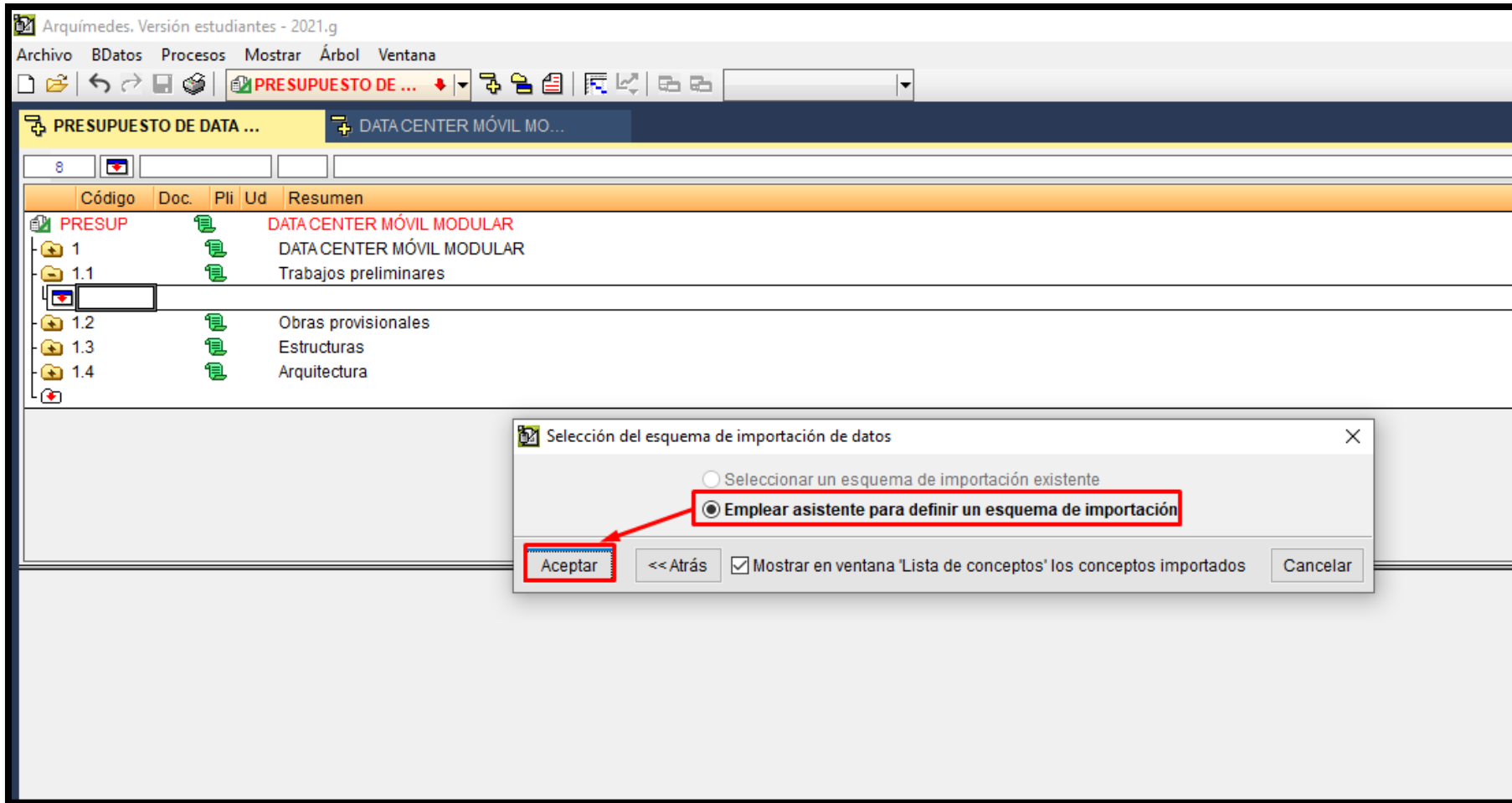
6) Se elige la opción “Árbol de análisis de precios y su descomposición”.



7) Se elige la opción “Portapapeles” y se marca la casilla de formato de hoja de cálculo.



8) Finalmente se debe emplear el asistente para definir el esquema de importación.



9) Con ayuda del asistente se realiza la configuración del esquema de importación de datos.

Edición de esquema de importación de datos

Nombre del esquema

Esquema de importación de datos

Nº filas	Frmt	Tipo de datos	A	B	C	D	E	F
1	#1	Concepto	Código	Unidad	Resumen			
7	#2	Concepto	Código	Unidad	Resumen	Cantid...	Precio	Tipo
1	#3	Pie descomposición	Pie de...					

Formato de fila: Concepto

Columna	Contenido	Comentario
A	Código	Dato asignado por el programa
B	Unidad	Dato asignado por el programa
C	Resumen	Dato asignado por el programa

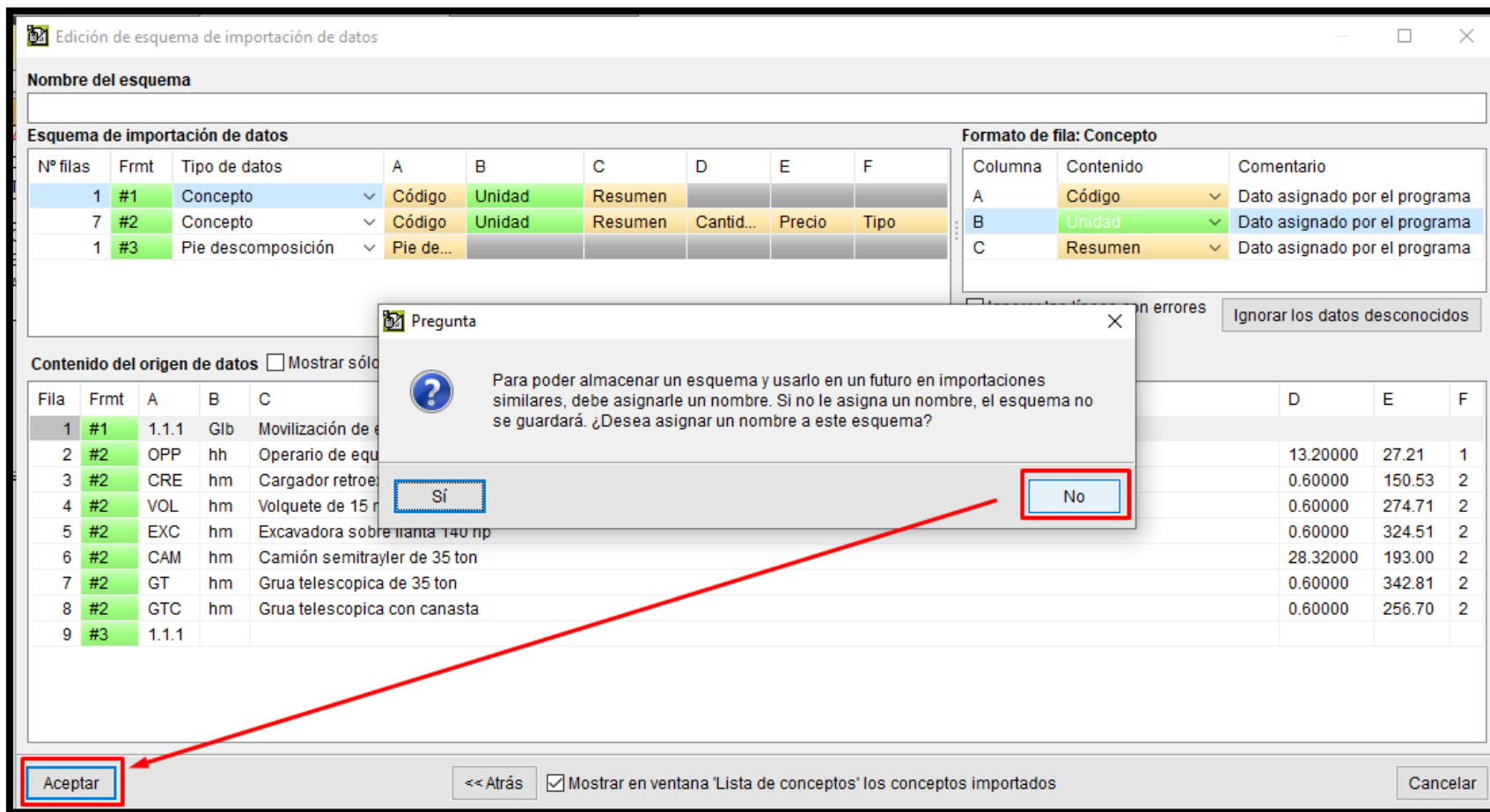
☐ Ignorar las líneas con errores

Contenido del origen de datos ☐ Mostrar sólo las líneas con el formato seleccionado

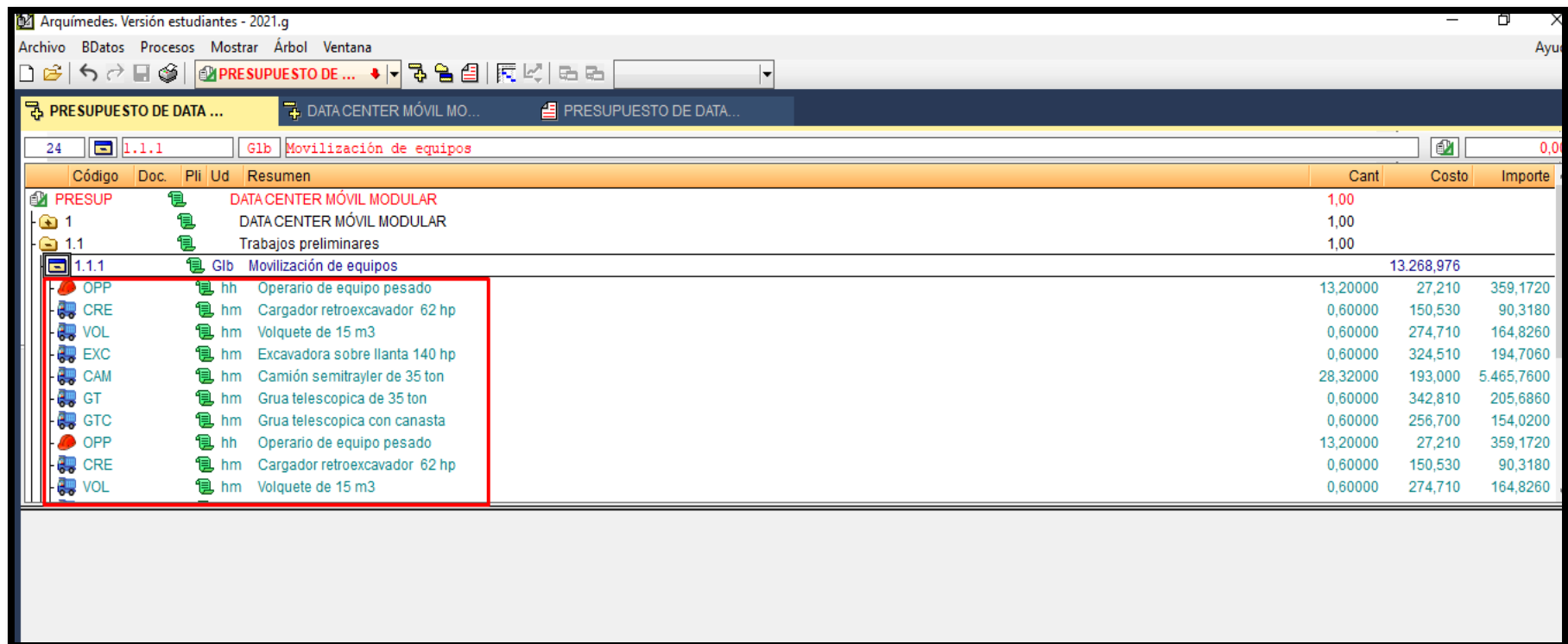
Fila	Frmt	A	B	C	D	E	F
1	#1	1.1.1	Glb	Movilización de equipos			
2	#2	OPP	hh	Operario de equipo pesado	13.20000	27.21	1
3	#2	CRE	hm	Cargador retroexcavador 62 hp	0.60000	150.53	2
4	#2	VOL	hm	Volquete de 15 m3	0.60000	274.71	2
5	#2	EXC	hm	Excavadora sobre llanta 140 hp	0.60000	324.51	2
6	#2	CAM	hm	Camión semitrayler de 35 ton	28.32000	193.00	2
7	#2	GT	hm	Grua telescópica de 35 ton	0.60000	342.81	2
8	#2	GTC	hm	Grua telescópica con canasta	0.60000	256.70	2
9	#3	1.1.1					

☒ Mostrar en ventana 'Lista de conceptos' los conceptos importados

10) Se elige la opción “No” y luego “Aceptar”.

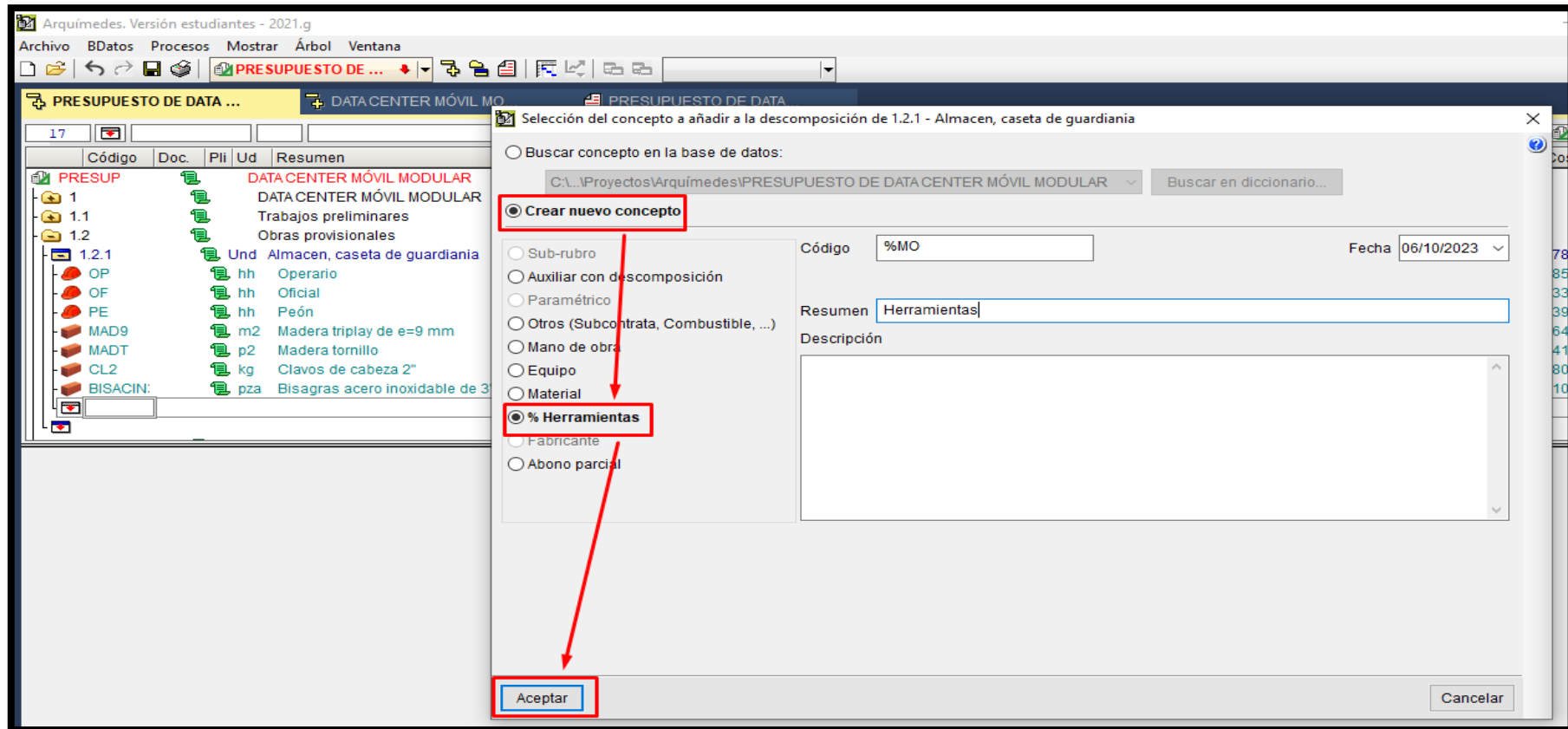


- 11) En la siguiente imagen se observa la información importante en la tarea de “Movilización de equipos”. Este proceso debe repetir para todas las tareas en su extensión, para facilitar el proceso se debe copiar todo indicado en el paso 5 y repetir el proceso de importación. Es importante tener en cuenta que las tareas donde exista el ítem de herramientas se deben agregar manualmente en el software CYPE-Arquímedes para evitar errores en la importación y estimación de costos unitarios.

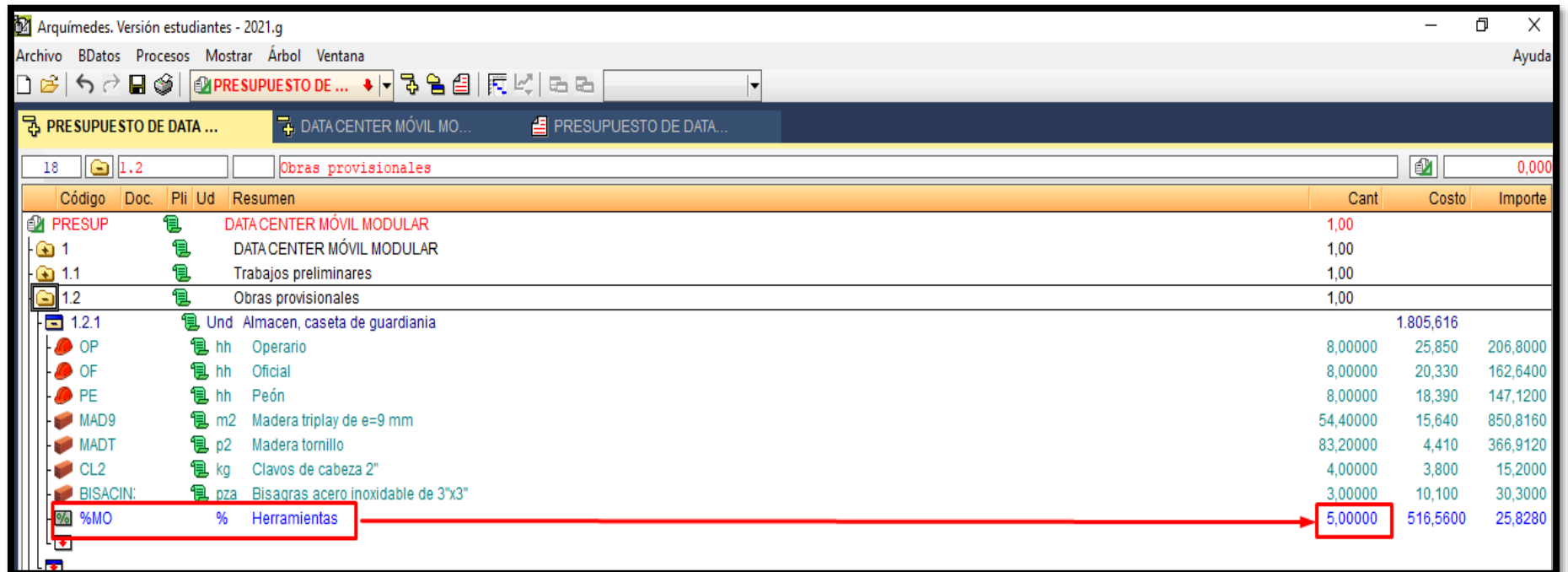


Código	Doc.	Pli	Ud	Resumen	Cant	Costo	Importe
PRESUP				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00		
1				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00		
1.1				Trabajos preliminares	1,00		
1.1.1		Glb		Movilización de equipos		13.268,976	
OPP		hh		Operano de equipo pesado	13,20000	27,210	359,1720
CRE		hm		Cargador retroexcavador 62 hp	0,60000	150,530	90,3180
VOL		hm		Volquete de 15 m3	0,60000	274,710	164,8260
EXC		hm		Excavadora sobre llanta 140 hp	0,60000	324,510	194,7060
CAM		hm		Camión semitrayler de 35 ton	28,32000	193,000	5.465,7600
GT		hm		Grua telescópica de 35 ton	0,60000	342,810	205,6860
GTC		hm		Grua telescópica con canasta	0,60000	256,700	154,0200
OPP		hh		Operario de equipo pesado	13,20000	27,210	359,1720
CRE		hm		Cargador retroexcavador 62 hp	0,60000	150,530	90,3180
VOL		hm		Volquete de 15 m3	0,60000	274,710	164,8260

12) Para crear un recurso, se da doble click en el espacio en blanco donde irá el recurso, luego se crea un nuevo concepto, para este caso se elige herramientas y se da click en aceptar.



13) En la siguiente imagen se puede corroborar lo indicado en el paso anterior.



Arquímedes. Versión estudiantes - 2021.g

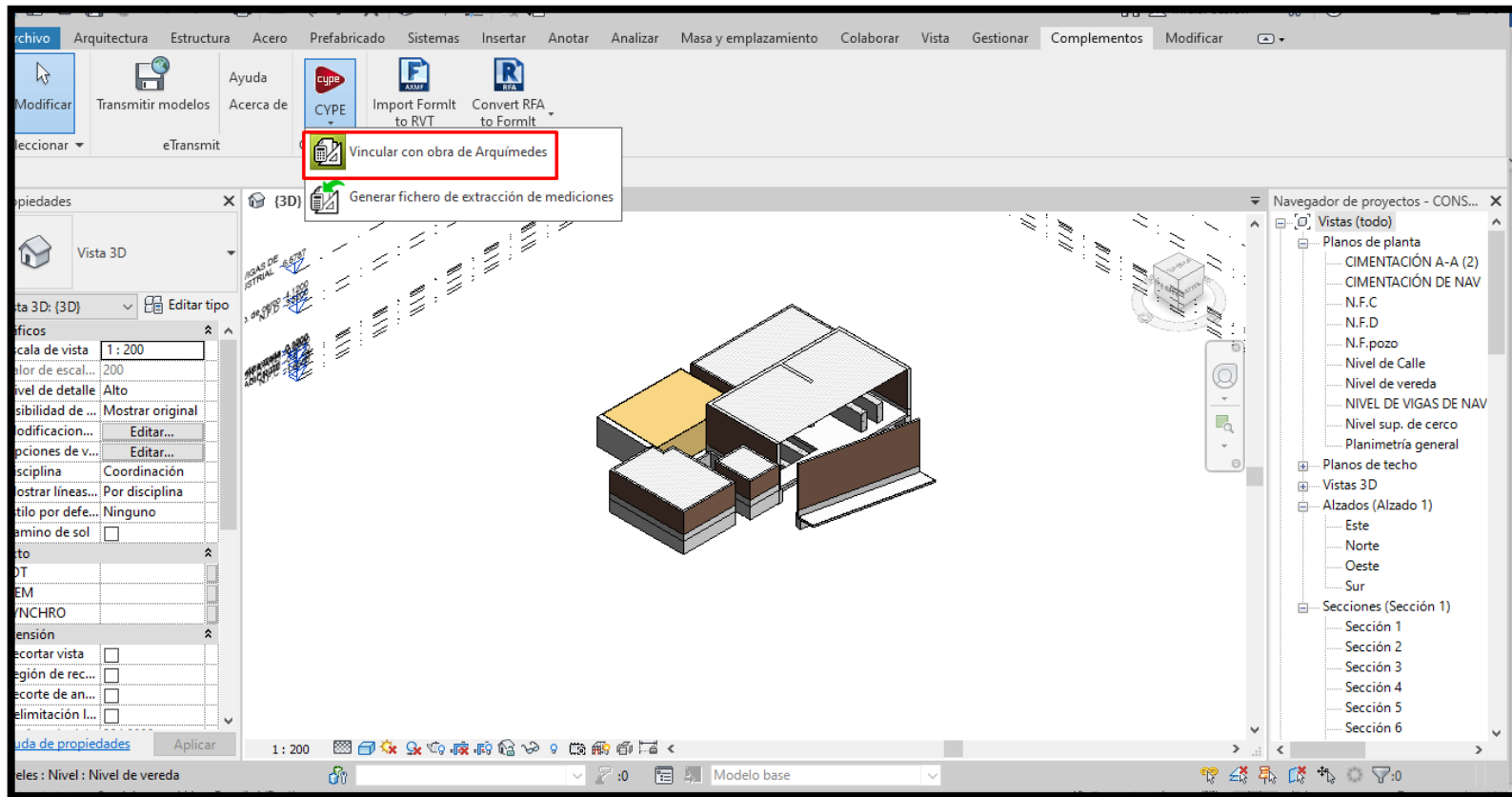
Archivo BDatos Procesos Mostrar Árbol Ventana Ayuda

PRESUPUESTO DE DATA ... DATA CENTER MÓVIL MO... PRESUPUESTO DE DATA...

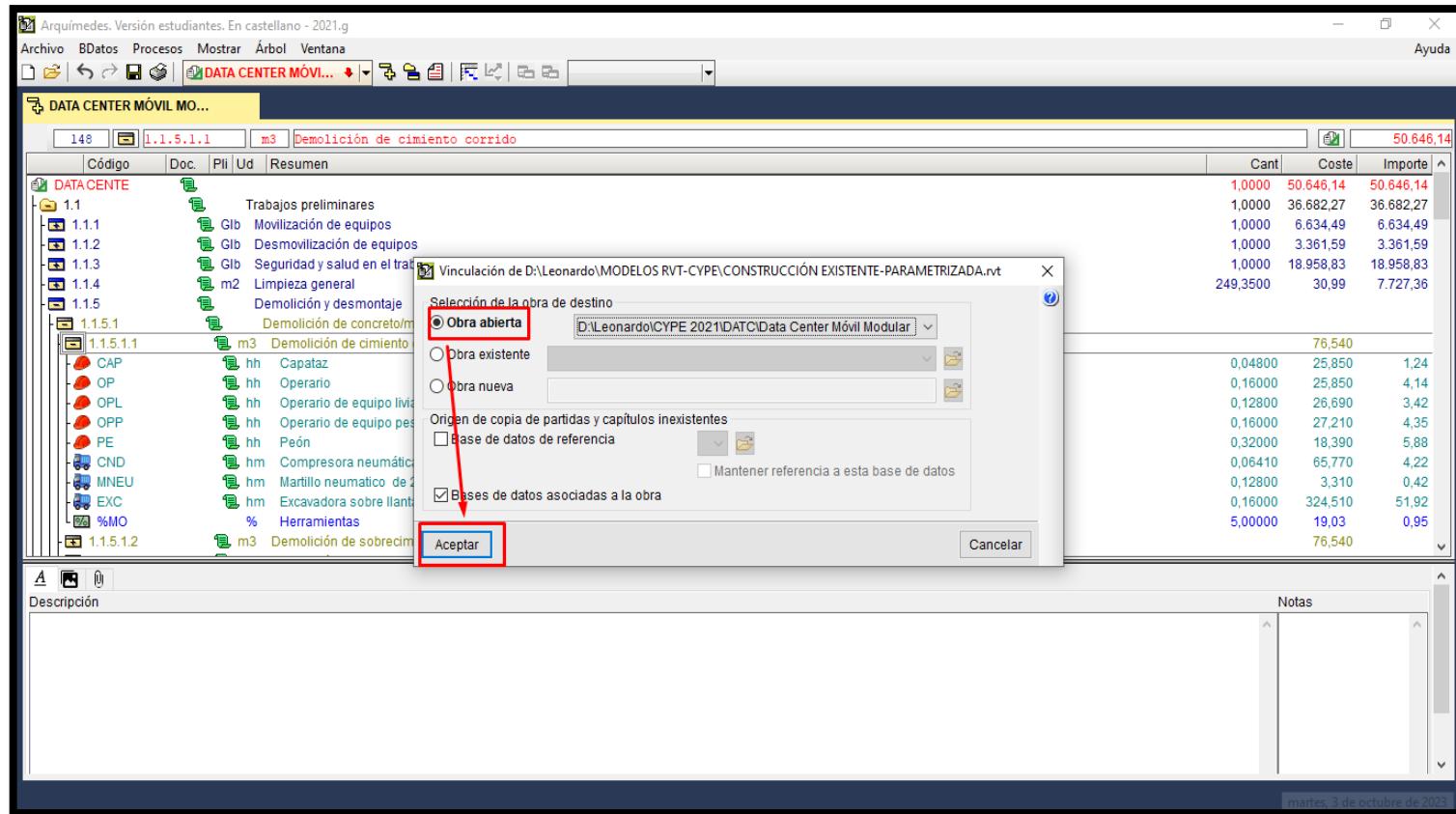
18 1.2 Obras provisionales 0,000

Código	Doc.	Pli	Ud	Resumen	Cant	Costo	Importe
PRESUP				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00		
1				DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1,00		
1.1				Trabajos preliminares	1,00		
1.2				Obras provisionales	1,00		
1.2.1			Und	Almacen, caseta de guardiania		1.805,616	
OP		hh		Operario	8,00000	25,850	206,8000
OF		hh		Oficial	8,00000	20,330	162,6400
PE		hh		Peón	8,00000	18,390	147,1200
MAD9		m2		Madera triplay de e=9 mm	54,40000	15,640	850,8160
MADT		p2		Madera tornillo	83,20000	4,410	366,9120
CL2		kg		Clavos de cabeza 2"	4,00000	3,800	15,2000
BISACIN:		pza		Bisagras acero inoxidable de 3"x3"	3,00000	10,100	30,3000
%MO		%		Herramientas	5,00000	516,5600	25,8280

14) Luego de haber realizado la importación de los costos unitarios, se procede a establecer el vínculo entre el software Cype-Arquímedes y el software Revit, esto se logrará con ayuda del plugin indicado en la imagen, el cual permite realizar esta conexión entre ambos softwares, lo cual representa una ventaja para la extracción de mediciones a partir del modelo BIM-3D.



15) El paso siguiente es elegir, la opción “Obra abierta” y luego se da click en “Aceptar”.



16) Por medio de las notas claves se realiza la asignación de los recursos 3D de Revit con su respectivo costo unitario en CYPE-Arquímedes.

Asignación de partidas y extracción de mediciones

Data Center Móvil Modular
D:\Leonardo\CYPE 2021\DATCL\...Data Center Móvil Modular

Nombre de proyecto
2021 D:\Leonardo\CONSTRUCCIÓN EXISTENTE-PARAMETRIZADA.rvt

Entidades de Revit **Materiales**

Categorías y familias
Casos de carga estructural
Muros
Muro básico

Tipos de Muro básico (19)

Nombre de tipo	Marca de tipo	Anchura	Nota clave	Cype_CodMed
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1

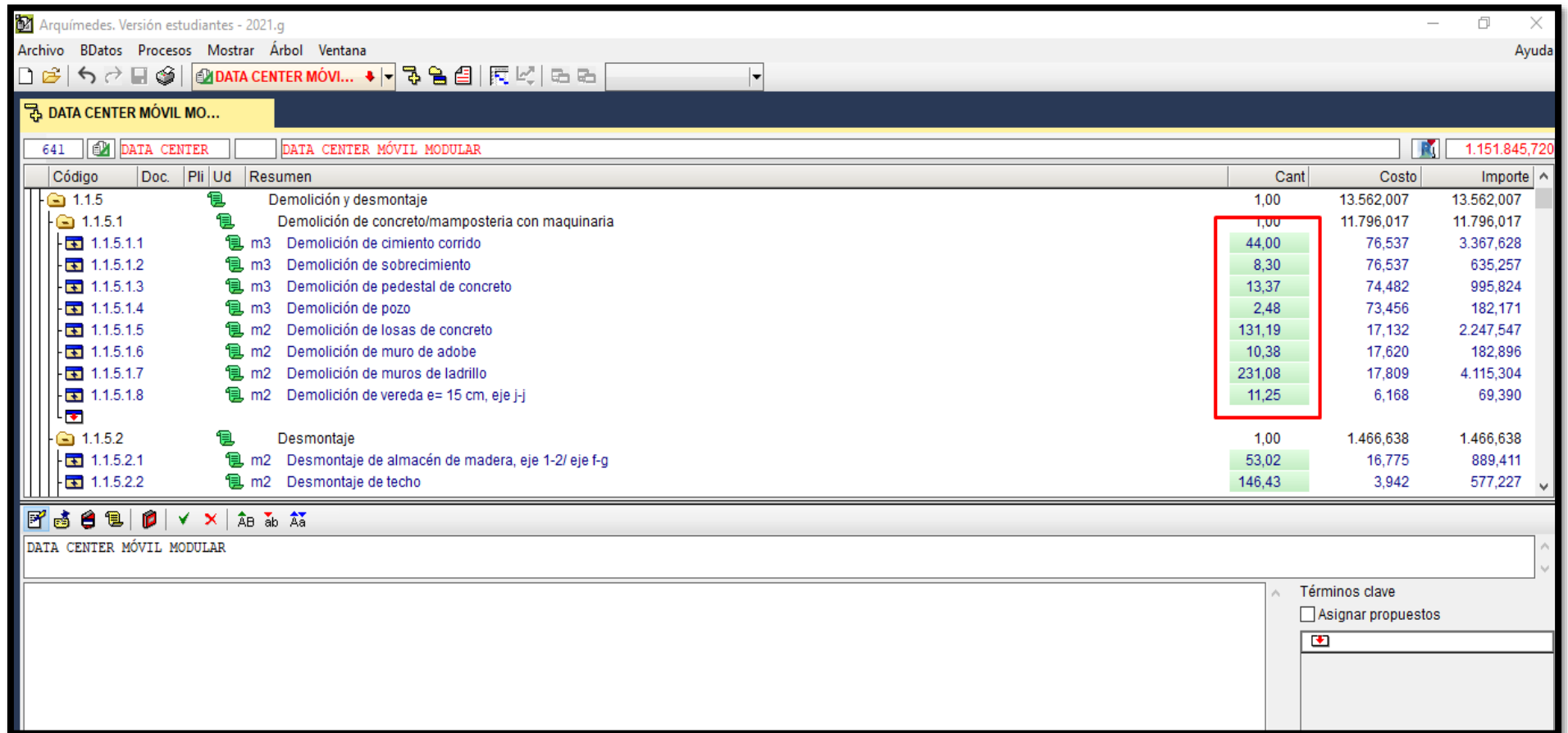
1.1.5.1.1 | m3 Demolición de cemento corrido (4 Ejemplares)

Unidad de medición: Volumen Combinación utilizada: * Volumen **12.04 m³**

Comentario	Comentario2	Id	A	B	Parcial	Subtotal
Muros: Muro básico						
✓ Nueva construcción		184143	1,000000000	2,0626	2,06	
✓ Nueva construcción		184205	1,000000000	4,2289	4,23	
✓ Nueva construcción		184260	1,000000000	1,7945	1,79	
✓ Nueva construcción		184311	1,000000000	3,9622	3,96	
					12,04	12,04
					12,04	12,04

Aceptar Aplicar Extracción de mediciones Cancelar

17) Se puede observar en la siguiente imagen los metrados extraídos del modelo BIM-3D.



Código	Doc.	Pli	Ud	Resumen	Cant	Costo	Importe
1.1.5				Demolición y desmontaje	1,00	13.562,007	13.562,007
1.1.5.1				Demolición de concreto/mampostería con maquinaria	1,00	11.796,017	11.796,017
1.1.5.1.1			m3	Demolición de cemento corrido	44,00	76,537	3.367,628
1.1.5.1.2			m3	Demolición de sobrecimiento	8,30	76,537	635,257
1.1.5.1.3			m3	Demolición de pedestal de concreto	13,37	74,482	995,824
1.1.5.1.4			m3	Demolición de pozo	2,48	73,456	182,171
1.1.5.1.5			m2	Demolición de losas de concreto	131,19	17,132	2.247,547
1.1.5.1.6			m2	Demolición de muro de adobe	10,38	17,620	182,896
1.1.5.1.7			m2	Demolición de muros de ladrillo	231,08	17,809	4.115,304
1.1.5.1.8			m2	Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j	11,25	6,168	69,390
1.1.5.2				Desmontaje	1,00	1.466,638	1.466,638
1.1.5.2.1			m2	Desmontaje de almacén de madera, eje 1-2/ eje f-g	53,02	16,775	889,411
1.1.5.2.2			m2	Desmontaje de techo	146,43	3,942	577,227

18) Para verificar la conexión entre ambos softwares, se puede realizar lo siguiente:

Asignación de partidas y extracción de mediciones

Data Center Móvil Modular
D:\Leonardo\CYPE 2021\DATC\...\Data Center Móvil Modular

Nombre de proyecto
2021 D:\Leonardo\...\CONSTRUCCIÓN EXISTENTE-PARAMETRIZADA.rvt

Entidades de Revit Materiales

Categorías y familias
Casos de carga estructural
Muros
Muro básico

Tipos de Muro básico (19)

Nombre de tipo	Marca de tipo	Anchura	Nota clave	Cype_CodMed
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1
✓ CIMENTO CORRIDO DE...		0.5000	1.1.5.1.1	1.1.5.1.1

Código	Ud	Cantidad	Resumen	Costo
1.1.5.1.1	m3	44,00	Demolición de cemento corrido	76,537
1.1.5.1.2	m3	8,30	Demolición de sobrecimiento	76,537
1.1.5.1.3	m3	12,37	Demolición de pedestal de concreto	74,492

Descripción

Entidad	Igualar	Grupo	Ud	Combinación utilizada	Observaciones
✓ Muro básico - CIMENT...	✓	1	m³	* Volumen	
✓ Muro básico - CIMENT...	✓	1	m³	* Volumen	
✓ Muro básico - CIMENT...	✓	1	m³	* Volumen	

1.1.5.1.1 | m3 Demolición de cemento corrido (4 Ejemplares)

Unidad de medición: Volumen Combinación utilizada: * Volumen

Comentario	Comentario2	
Muros: Muro básico		
	Nueva construcción	
	Nueva construcción	
	Nueva construcción	
	Nueva construcción	
		184311
		1,000000000
		3,9622
		12,04
		12,04

Mostrar en Revit los ejemplares de los tipos seleccionados F3

Mostrar propiedades F4

Asignar las entidades seleccionadas a la partida actual F5

Copiar celda

Copiar columna

Copiar tabla

Copiar las filas seleccionadas Ctrl+C

Listado

Exportar

Seleccionar todo Ctrl+A

Cancelar selección

12.04 m³

Parcial Subtotal

2,06

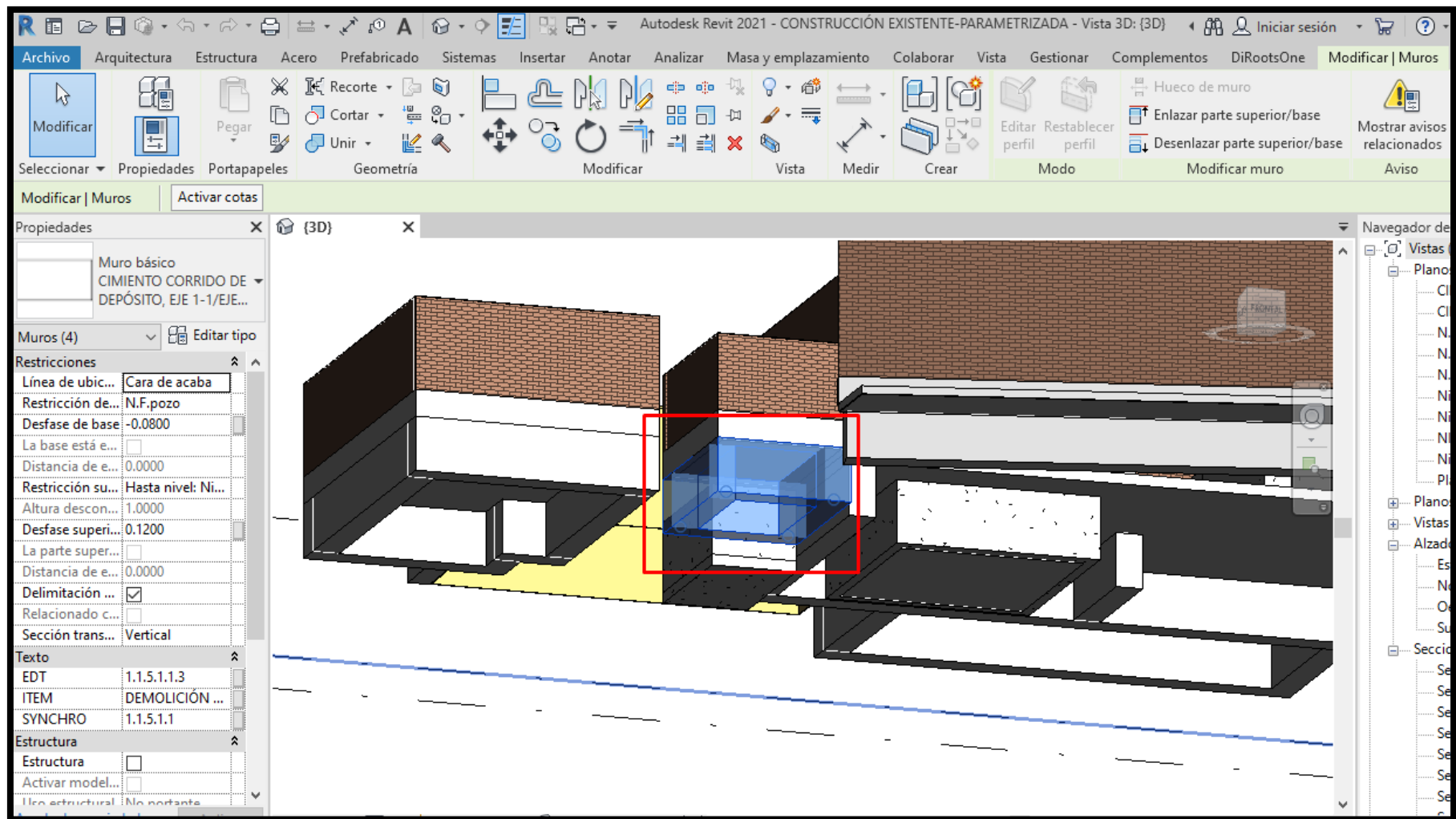
4,23

1,79

3,96

12,04 12,04

12,04 12,04



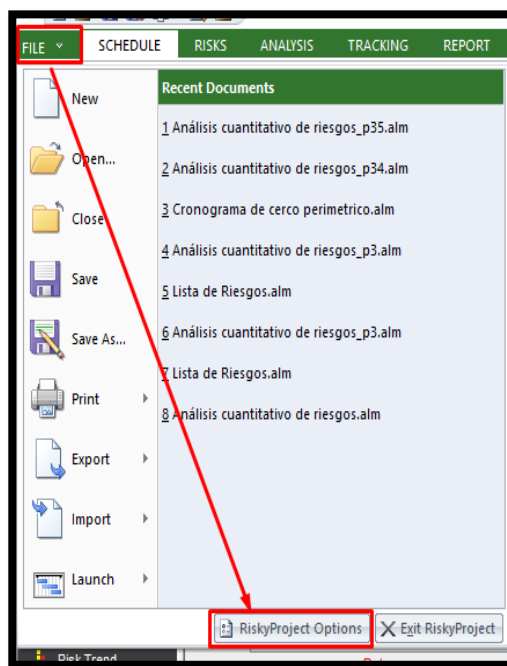
"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

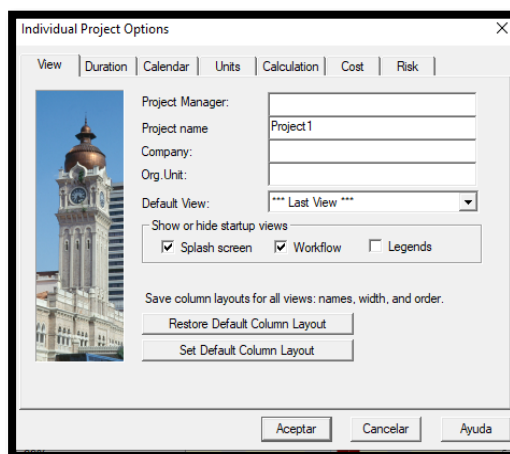
A4: Manual de RISKY PROJECT.

A. Análisis de incertidumbre.

Antes de iniciar es importante aclarar algunos puntos sobre la configuración de las opciones en el software RiskyProject. Para iniciar la configuración se primero se elige la opción “File”, luego en la parte inferior de la ventana desplegable se da click en “RiskyProject Options”.

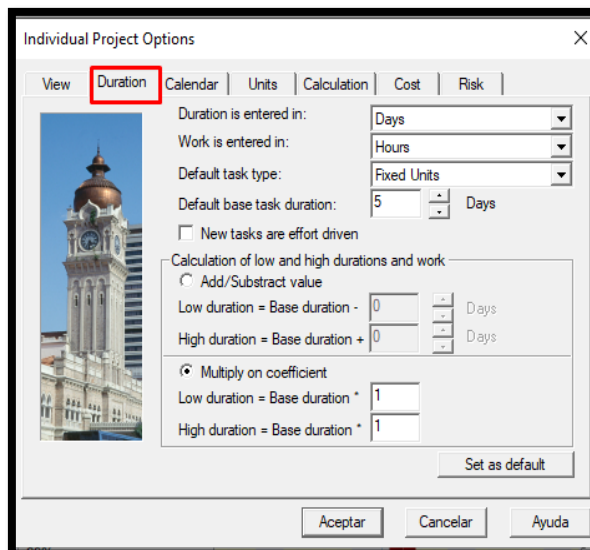


Al dar click en dicha opción se abrirá la siguiente ventana.

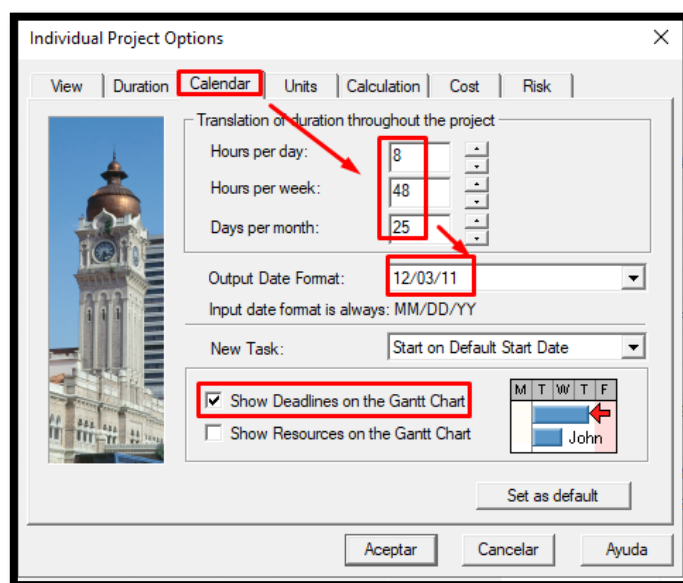


Para configurar las características de la duración se da click en la pestaña “Duration” de dicha ventana.

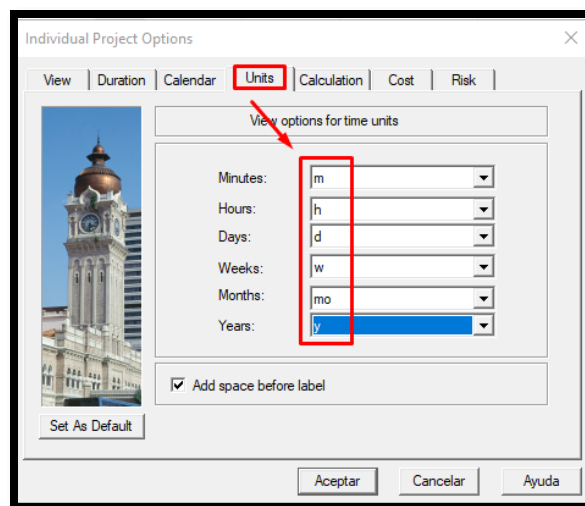
En esta pestaña se puede configurar las unidades de medición de la duración, así como también elegir los coeficientes multiplicadores del “Low duration” y “High duration”.



En la pestaña “**Calendar**”, se debe configurar la información tal y como se muestra en la siguiente imagen. Se cambia las horas de 40 horas semanales a 48 horas semanales, y luego de 20 días por mes a 25 días por mes.



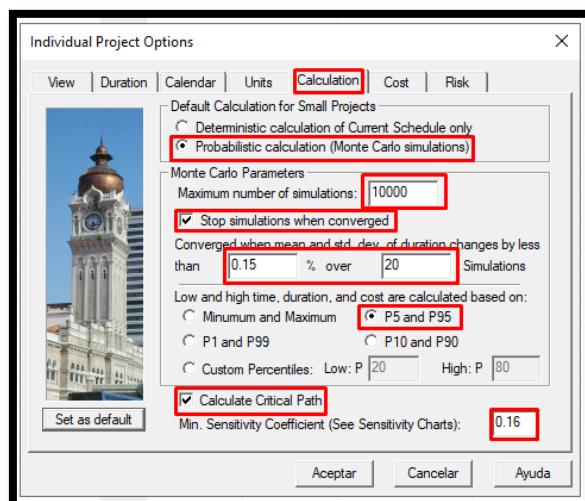
En la pestaña “**Units**”, se cambia las unidades tal y como se muestra en la siguiente imagen.



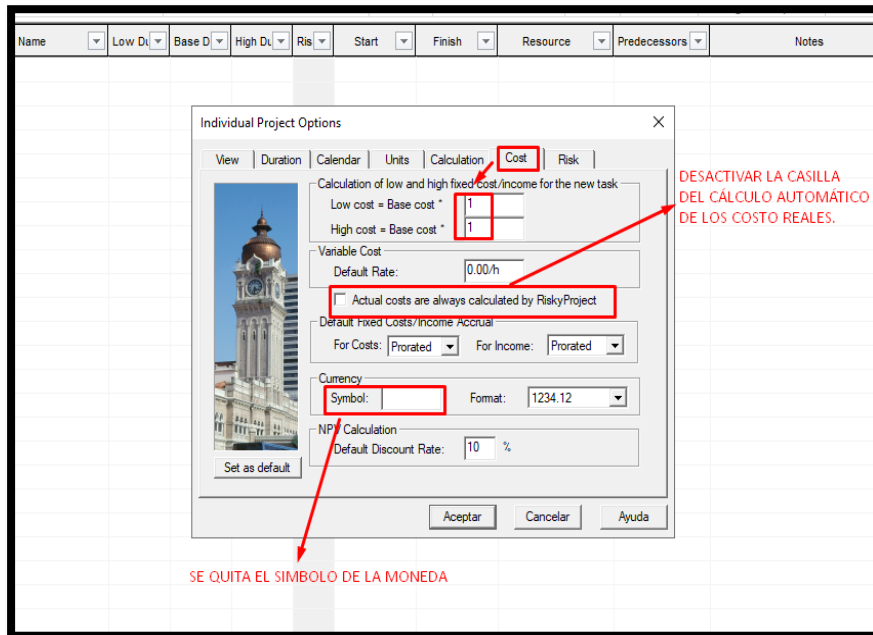
En la pestaña “**Calculation**” aparece por defecto activada la opción de la simulación de Montecarlo. En los parámetros de Monte Carlo se puede elegir el número máximo de simulaciones, por defecto siempre aparece 600, sin embargo, este número se puede modificar a criterio del especialista que analiza el riesgo. El valor que se recomienda colocar en esta casilla es 10000 iteraciones. Luego la casilla de “**detener las simulaciones cuando la media y la desviación estándar de la duración varíen menos de 0.15 % sobre las 20 simulaciones**” se debe dejar estos valores por defecto.

Así como también se puede elegir los percentiles sobre los cuales se calcularán la duración y el costo. Se recomienda dejar los percentiles **P5 y P95**.

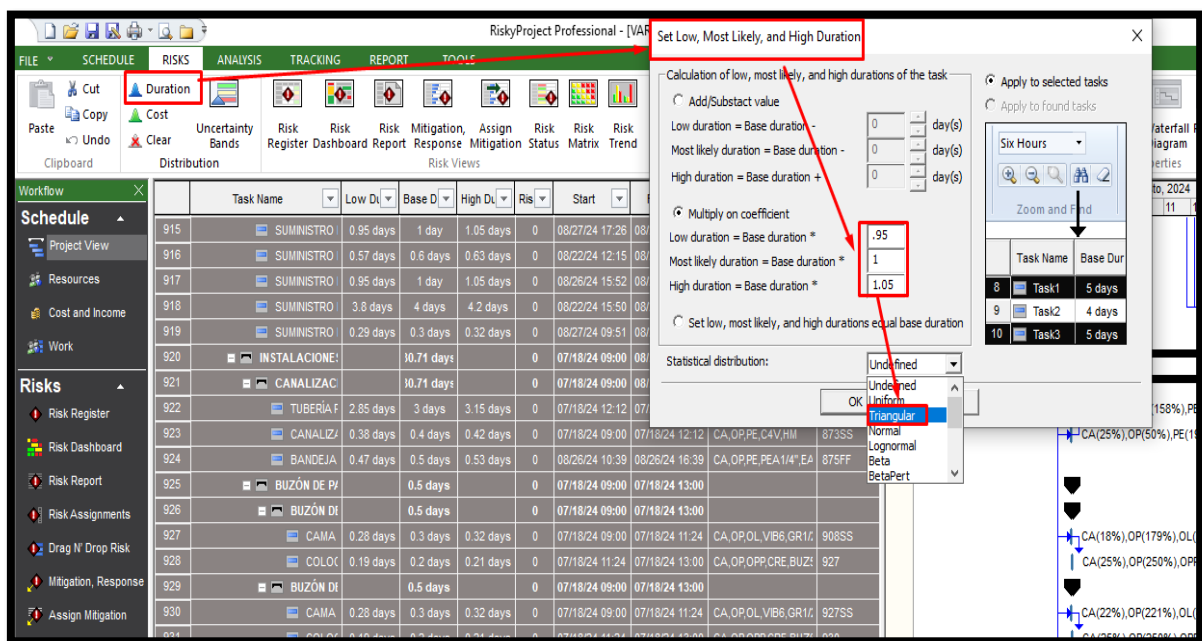
Luego se activa la Casilla de la ruta crítica y se deja el coeficiente de sensibilidad en **0.16**.



En la pestaña “**Cost**” se puede ingresar al igual que en las duraciones los coeficientes multiplicadores para definir “**Low cost**” y el “**High cost**”. Aquí se puede cambiar el símbolo de la moneda.

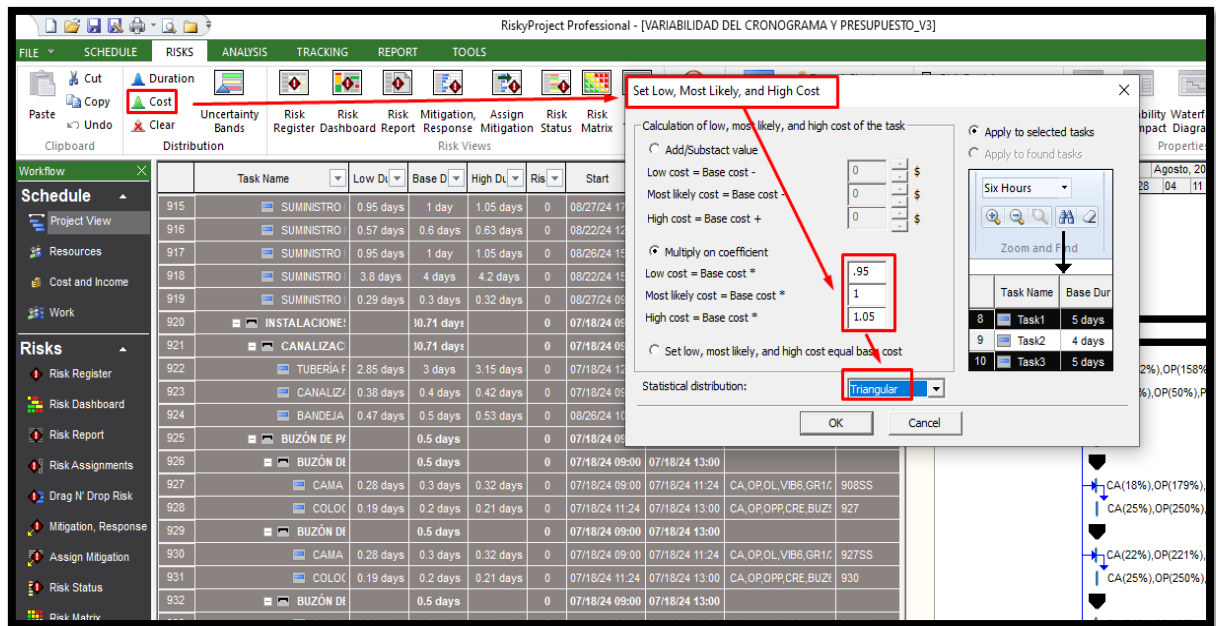


Para realizar el análisis de incertidumbre se deben seleccionar todas las tareas del cronograma, luego se deben elegir los valores mínimos, valores más probables y valores máximos tanto de la duración como de los costos totales de cada tarea seleccionada con su respectiva distribución estadística, tal y como se indica en la metodología propuesta.

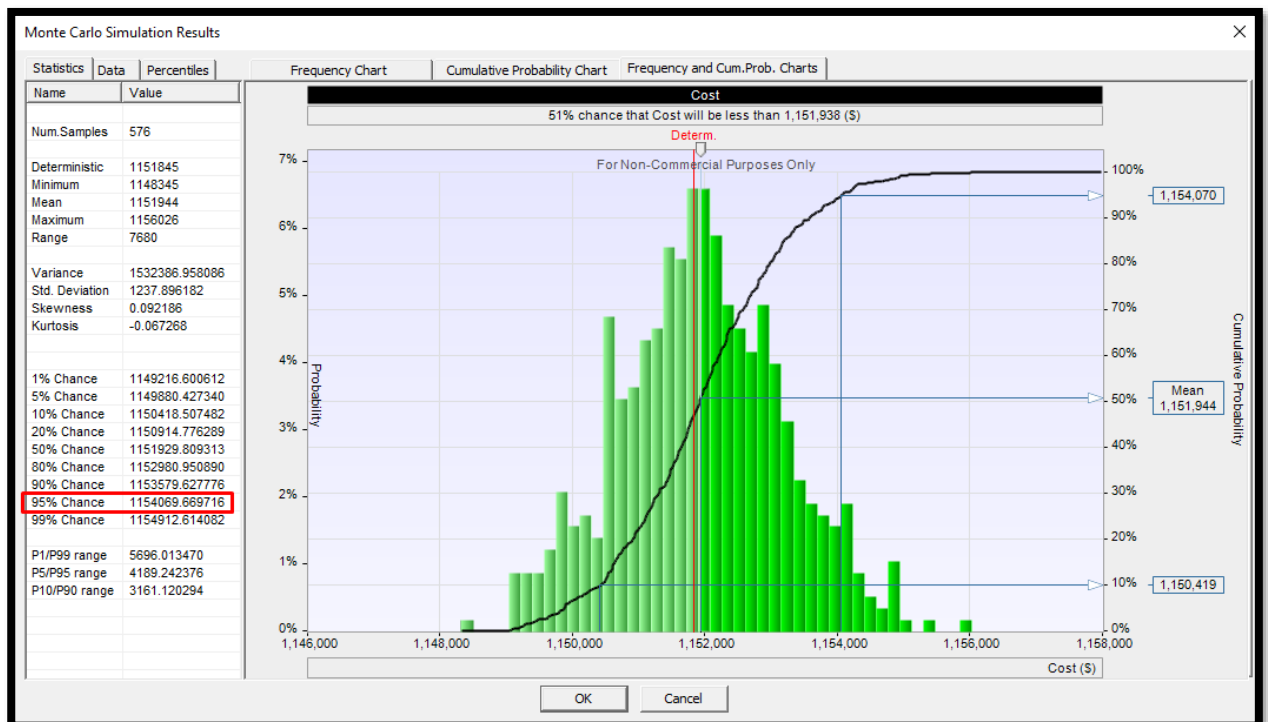


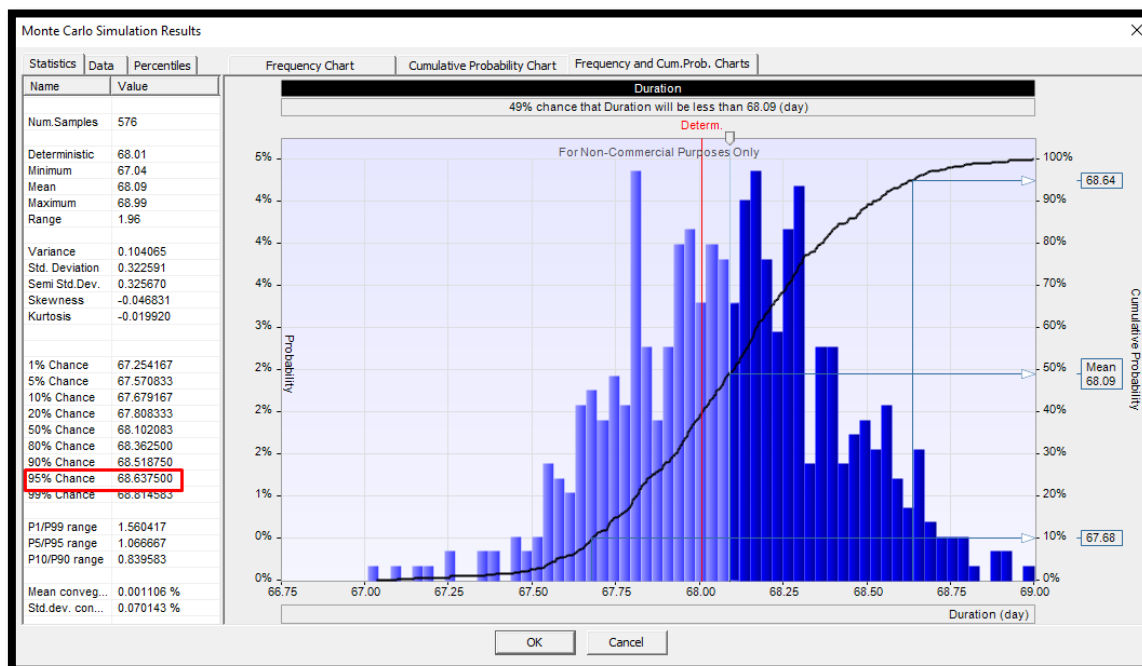
“GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS”

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo



Luego de establecer dichos valores y definir la distribución estadística, se procede a realizar la simulación, dando como resultado lo siguiente.





B. Análisis de eventos de riesgos.

Los pasos iniciales de importación y configuración de parámetros son similares al análisis de la incertidumbre.

Antes de determinar los valores mínimos, más probables y máximos, se deben definir los eventos de riesgos por medio del análisis cualitativo de riesgos, y luego registrarlos en el software. Para asignar los valores de la probabilidad e impacto se procede a dar doble click en la numeración del riesgo al que se desea agregar dicha información. Resultado de dar doble click se abre la ventana Risk Information.

RiskyProject Professional - [ANÁLISIS DE RIESGOS-DATA CENTER_V3]

FILE | SCHEDULE | RISKS | ANALYSIS | TRACKING | REPORT | TOOLS

Workflow | Schedule | Project View | Resources | Cost and Income | Work

Risks | Risk Register | Risk Dashboard | Risk Report | Risk Assignments | Drag N Drop Risk | Mitigation, Response | Assign Mitigation

Filter | Show All | Hierarchy based on: No Hierarchy

DAR DOBLE CLICK PARA ABRIR LA VENTANA DONDE AGREGAR LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO

	Risk Name	Oper	Risk/Issu	Threat/C	Risk Assigned To	Probability (Pre)	Im
1	Accidentes en el trabajo.	Open	Risk	Threat	Assigned to 69 tasks/resourc		
2	Demora en dar respuesta a los RFIs	Open	Risk	Threat	Assigned to 17 tasks/resourc		
3	Demora en pago de valoraciones.	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
4	Demora en el proceso de obtención de licencia de construcción	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
5	Error en la estimación de mercados	Open	Risk	Threat	Assigned to 157 tasks/resou		
6	Huelgas y paralizaciones sindicales	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
7	Incumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto para la certificación TIA-492	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
8	La empresa no cuenta con una buena cultura de seguridad.	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
9	Las pruebas y ensayos no cumplen con los estándares de calidad solicitados por INACAL.	Open	Risk	Threat	Assigned to 135 tasks/resou		
10	Lesiones por mala postura y sobreesfuerzo.	Open	Risk	Threat	Assigned to 69 tasks/resourc		
11	Multa por el incumplimiento con el personal clave.	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		
12	Pago de penalidad por entrega tardía del proyecto.	Open	Risk	Threat	Assigned to 700 tasks/resou		

Risk Information

PRIMERA PESTAÑA

Risk Form | Assign to tasks or resources | Custom Properties | Mitigation | Risk Review | History | Risk in Different Baselines

Risk name: Huelgas y paralizaciones sindicales | Risk ID: R00000004 | Edit Risk Form Layout

Open/Closed Risks: Open | Risk Lifecycle: Risk

Risk Statement: Categoría del riesgo: Riesgos asociados al Impacto Social. Descripción del riesgo: Huelgas y paralizaciones sindicales. Causa: Demora en los pagos salariales. Disparador o Trigger: Malestar de trabajadores.

Assumptions: Suposición: Los pagos salariales se realizan a tiempo.

Risk Ownership: Risk Owner: Ing. Residente de obra | Risk Manager: Ing. Residente de obra

Management Strategy: Threat Strategy: Mitigate | Opportunity Strategy: Accept

Timeline: Start Date: 03/20/23 00:00 | End Date: 03/20/24 00:00

Cost before mitigation: Potential Loss: \$15,100 | Probability before mitigation: 30.0 % | Expected Loss: \$0.00

Cost of Mitigation from Waterfall tab: Cost of Response Plan: \$0.00 | Cost of Residual Risk: \$0.00 | Probability After Mitigation: 30.0 % | Expected Loss: \$0.00

Auto calculation of expected loss (from Monte Carlo): No

Response Plan: | Trigger: Risk: Huelgas y paralizaciones sindicales

Cause: Causa: Demora en los pagos salariales.

LLENAR INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL RIESGO

SUPOSICIÓN

Risk Information

Risk Form: **Assign to tasks or resources** | Custom Properties | Mitigation | Risk Review | History | Risk in Different Baselines

Risk name: Huelgas y paralizaciones sindicales | Risk ID: R00000004 | How to assign risk

Select a task to which you want to assign this risk:

ID	Task Name
1	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS
2	DESMOBILIZACIÓN DE EQUIPOS
3	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
4	LIMPIEZA GENERAL
5	DEMOLICIÓN DE CIMENTO CORRIDO
6	DEMOLICIÓN DE SOBRECIMIENTO
7	DEMOLICIÓN DE PEDESTAL DE CONCRETO
8	DEMOLICIÓN DE POZO
9	DEMOLICIÓN DE LOSAS DE CONCRETO
10	DEMOLICIÓN DE MURO DE ADOBE
11	DEMOLICIÓN DE MUROS DE LADRILLO

... or select a resource to which you want to assign this risk:

ID	Resource Name
----	---------------

Enter probability and outcome for task MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

Alt.	Chance	Outcome Type	Outcome	Parti	Start	Most Likely	Finish	Mo
1	30.0 %	Relative cost increase	80.0 %	☐	0.00 %		100.0 %	

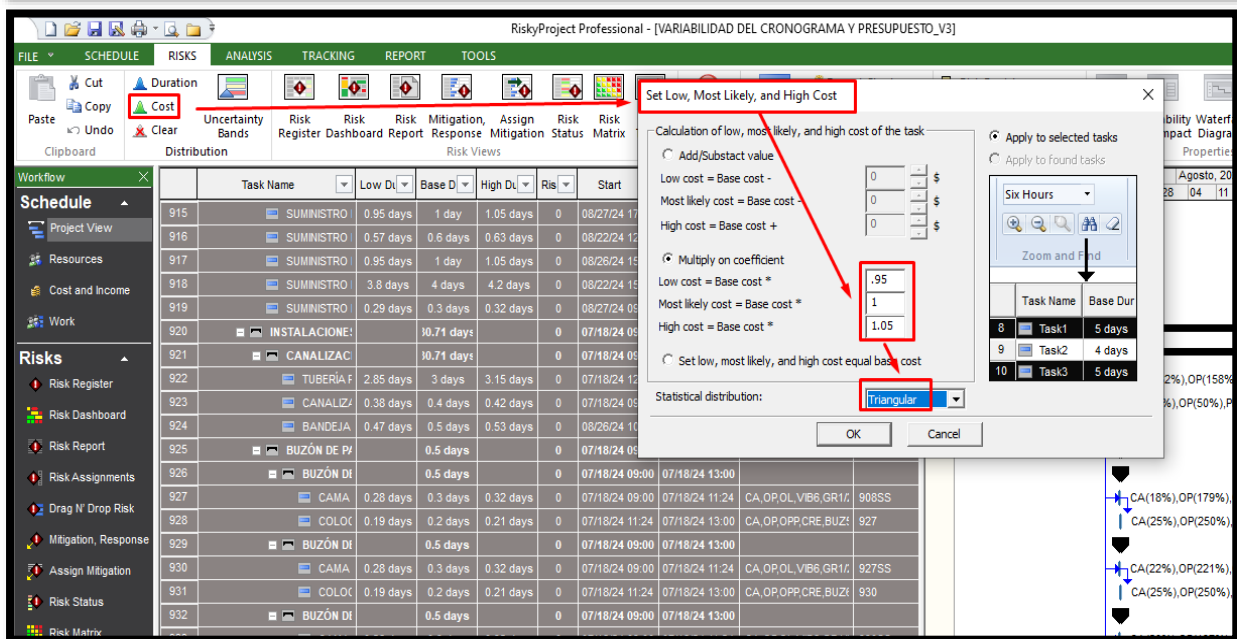
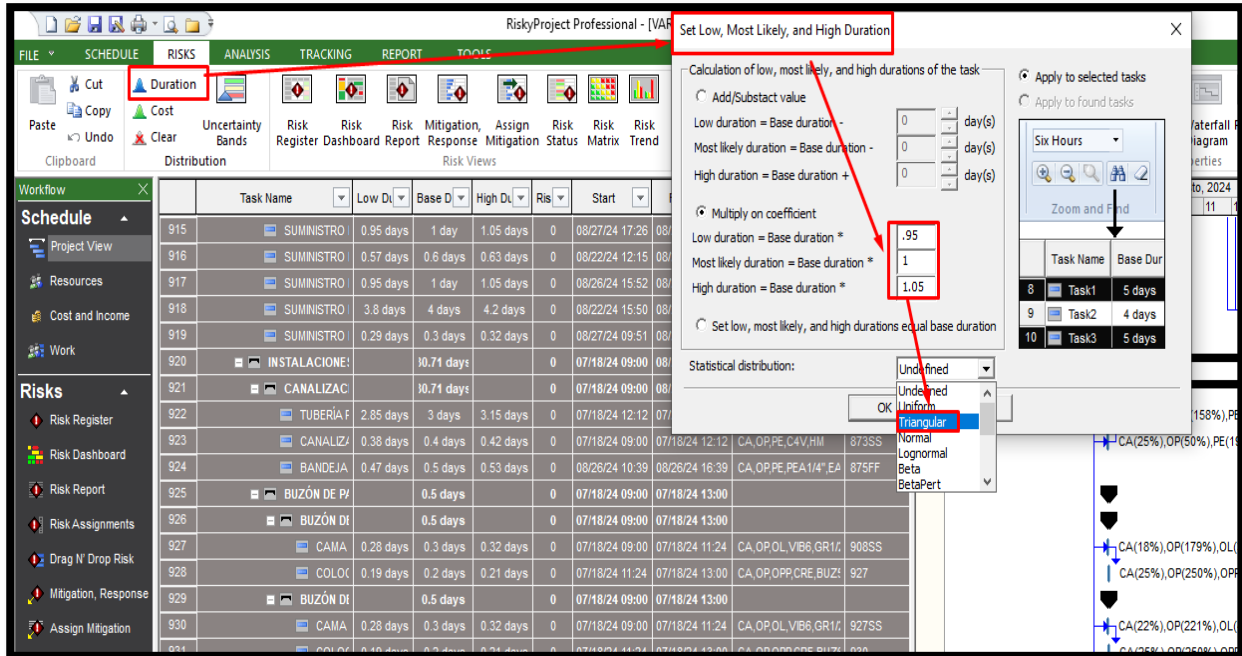
SE DEFINE EL VALOR DE LA PROBABILIDAD, DEL IMPACTO Y EL TIPO DE IMPACTO.

Mutually exclusive alternatives:

- No Risk: Chance 70.0%
- 30.00% chance of Relative cost increase : 80.0 %

TAREAS DONDE EL RIESGO SE ENCUENTRA ASIGNADO

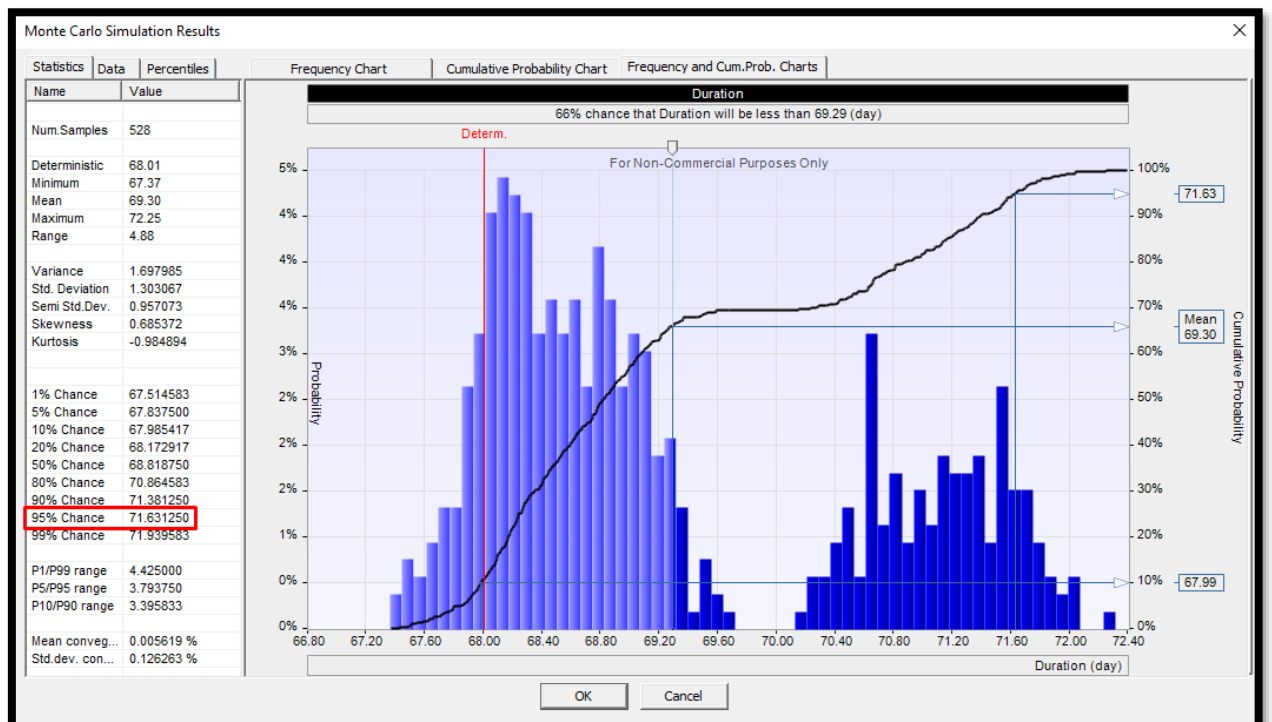
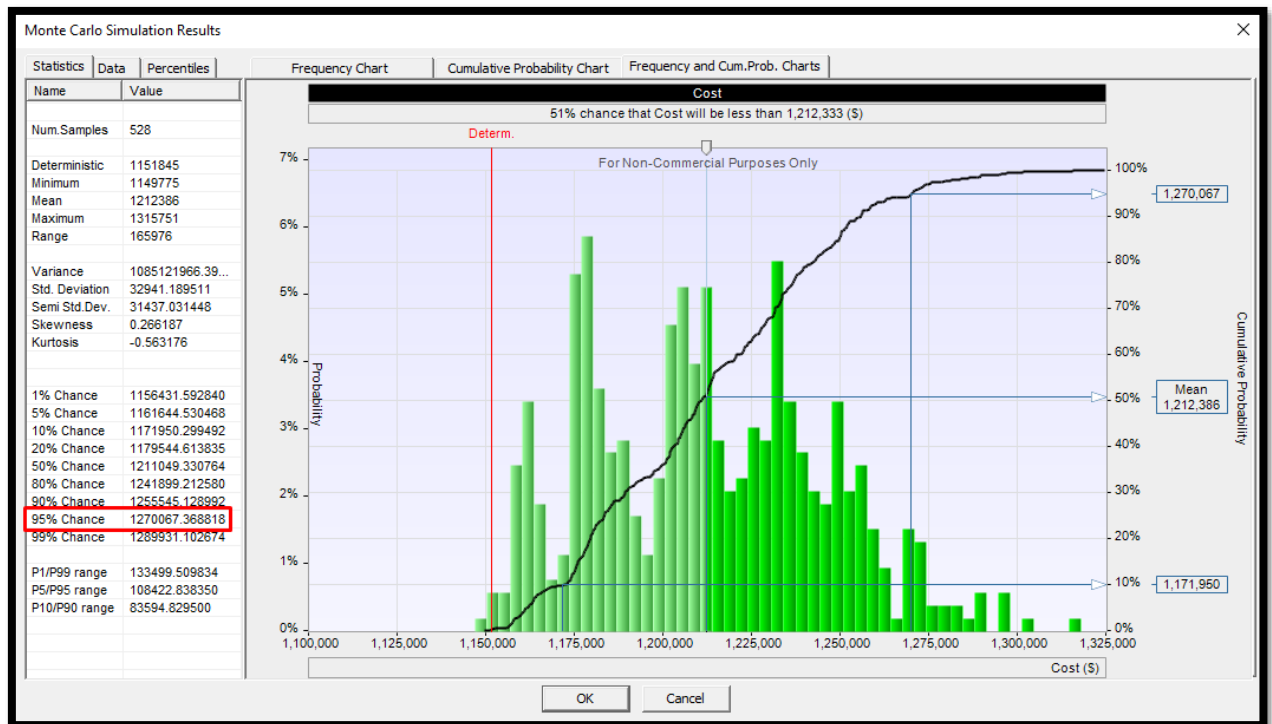
Luego de asignar los riesgos en las tareas de acuerdo al análisis cualitativo indicado en el capítulo de la aplicación al caso de estudio. Se procede a definir los valores mínimos, valores más probables y valores máximos tanto de la duración como de los costos totales de cada tarea con su respectiva distribución estadística.



Luego de haber establecido los rangos de los valores mínimos y máximos con su respectiva distribución estadística, se procede a realizar la simulación de lo cual se obtiene los siguientes resultados.

"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo



A5: Presupuesto meta a nivel de costos directos.

Código	Ud	Resumen	Cant	Costo (S/.)	Importe (S/.)
1		DATA CENTER MÓVIL MODULAR	1	1,151,845.72	1,151,845.72
1.1		Trabajos preliminares	1	58,800.25	58,800.25
1.1.1	Glb	Movilización de equipos	1	6,634.48	6,634.48
1.1.2	Glb	Desmovilización de equipos	1	3,361.58	3,361.58
1.1.3	Glb	Seguridad y salud en el trabajo	1	18,958.83	18,958.83
1.1.4	m2	Limpieza general	249.34	30.997	7,728.79
1.1.5		Demolición y desmontaje	1	13,562.01	13,562.01
1.1.5.1		Demolición de concreto/mampostería con maquinaria	1	11,796.02	11,796.02
1.1.5.1.1	m3	Demolición de cimiento corrido	44	76.537	3,367.63
1.1.5.1.2	m3	Demolición de sobrecimiento	8.3	76.537	635.257
1.1.5.1.3	m3	Demolición de pedestal de concreto	13.37	74.482	995.824
1.1.5.1.4	m3	Demolición de pozo	2.48	73.456	182.171
1.1.5.1.5	m2	Demolición de losas de concreto	131.19	17.132	2,247.55
1.1.5.1.6	m2	Demolición de muro de adobe	10.38	17.62	182.896
1.1.5.1.7	m2	Demolición de muros de ladrillo	231.08	17.809	4,115.30
1.1.5.1.8	m2	Demolición de vereda e= 15 cm, eje j-j	11.25	6.168	69.39
1.1.5.2		Desmontaje	1	1,466.64	1,466.64
1.1.5.2.1	m2	Desmontaje de almacén de madera, eje 1-2/ eje f-g	53.02	16.775	889.411
1.1.5.2.2	m2	Desmontaje de techo	146.43	3.942	577.227
1.1.5.3	ml	Corte de vereda	11.61	25.784	299.352
1.1.6	m3	Carguío y transporte de material demolido y de limpieza	270.09	31.673	8,554.56
1.2		Obras provisionales	1	5,629.58	5,629.58
1.3		Estructuras	1	516,286.03	516,286.03
1.3.1		Trabajos preliminares	1	9,351.93	9,351.93
1.3.1.1	m2	Trazo y replanteo topográfico	286.18	5.48	1,568.27
1.3.1.2	Und	Instalación de andamios provisionales	20	389.183	7,783.66
1.3.2		Movimiento de tierras	1	29,698.60	29,698.60
1.3.2.1	m3	Excavación manual	126.91	44.048	5,590.13
1.3.2.2	m3	Excavación masiva	52.14	11.157	581.726
1.3.2.3	m2	Perfilado, nivelado y compactado de fuera de cimientos	161.32	33.222	5,359.37
1.3.2.4	m2	Perfilado, nivelado y apisonado de cimientos	84.08	16.64	1,399.09
1.3.2.5	m3	Relleno con material de prestamo	122.56	67.615	8,286.89
1.3.2.6	m3	Relleno de plataforma lateral	42.49	49.241	2,092.25
1.3.2.7	m3	Acarreo de material procedente de excavaciones	223.8	8.81	1,971.68
1.3.2.8	m3	Carguío y transporte de material excedente de excavación	179.04	24.673	4,417.45
1.3.3		Concreto simple o ciclópeo	1	11,204.08	11,204.08
1.3.3.1		Solado y falso piso	1	1,620.66	1,620.66
1.3.3.1.1	m2	Solado de concreto mezcla c:h 1:12, e=2"	59.45	18.53	1,101.61

"GESTIÓN DEL COSTO, TIEMPO Y ALCANCE DEL PROYECTO DATA CENTER MÓVIL MODULAR, UTILIZANDO BIM-5D Y PRESUPUESTOS DINÁMICOS"

Bach. Bazán Vásquez, Alberto Leonardo

1.3.3.1.2	m2	Falso piso mezcla c:h 1:8, e=4"	18.9	27.463	519.051
1.3.3.2		Cimiento	1	4,157.92	4,157.92
1.3.3.2.1	m3	Concreto ciclópeo de cimientos de f'c=175 kg/cm2 +25%pm	20.59	196.315	4,042.13
1.3.3.2.2	m3	Concreto de cimiento f'c=100 kg/cm2	0.58	199.648	115.796
1.3.3.3		Sobrecimiento	1	4,271.26	4,271.26
1.3.3.3.1	m2	Encofrado de sobrecimiento	70.33	37.143	2,612.27
1.3.3.3.2	m3	Concreto sobrecimiento f'c=100 kg/cm2	7.07	234.653	1,659.00
1.3.3.4		Veredas	1	813.073	813.073
1.3.3.4.1	m2	Encofrado de veredas	0.63	31.637	19.931
1.3.3.4.2	m3	Concreto veredas f'c=175 kg/cm2	2.21	312.896	691.5
1.3.3.4.3	ml	Junta de dilatación asfáltica de 1"	15.2	6.687	101.642
1.3.3.5		Dados de concreto	1	341.165	341.165
1.3.3.5.1	m2	Encofrado de dados de concreto	6.45	33.303	214.804
1.3.3.5.2	m3	Concreto dados f'c=175 kg/cm2	0.58	217.863	126.361
1.3.4		Concreto estructural	1	365,078.49	365,078.49
1.3.4.1		Cimientos de nave industrial	1	17,860.86	17,860.86
1.3.4.1.1	m2	Encofrado de cimientos de nave industrial	29.02	41.873	1,215.15
1.3.4.1.2	Kg	Acero de refuerzo de cimientos de nave industrial fy=4200 kg/cm2	597.69	5.026	3,003.99
1.3.4.1.3	m3	Concreto de cimientos de nave industrial f'c=280 kg/cm2	35.68	382.335	13,641.71
1.3.4.2		Cimiento de subestación	1	1,643.77	1,643.77
1.3.4.2.1	m2	Encofrado caravista de losa de cimentación, eje 3-4/eje h-j (borde de losa)	4.2	66.209	278.078
1.3.4.2.2	Kg	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 de losa de cimentación	158.27	5.026	795.465
1.3.4.2.3	m3	Concreto losa de cimentación f'c=210 kg/cm2	1.84	309.904	570.223
1.3.4.3		Viga de cimentación	1	19,155.13	19,155.13
1.3.4.3.1	m2	Encofrado caravista de viga de cimentación	85.96	68.645	5,900.72
1.3.4.3.2	kg	Acero de refuerzo de viga de cimentación fy=4200 kg/cm2	1,318.66	5.026	6,627.59
1.3.4.3.3	m3	Concreto viga de cimentación f'c=280 kg/cm2	17.2	385.28	6,626.82
1.3.4.4		Muro estructural	1	123,240.99	123,240.99
1.3.4.4.1		Muro estructural de nave industrial	1	119,439.20	119,439.20
1.3.4.4.1.1	m2	Encofrado caravista de muro estructural de nave industrial	367.83	107.938	39,702.84
1.3.4.4.1.2	Kg	Acero de refuerzo de muro estructural de nave industrial fy=4200 kg/cm2	11,237.54	5.026	56,479.88
1.3.4.4.1.3	m3	Concreto muro estructural de nave industrial f'c=280 kg/cm2	46.08	504.698	23,256.48
1.3.4.4.2		Muro estructural de subestación	1	3,801.80	3,801.80
1.3.4.4.2.1	m2	Encofrado caravista de muro estructural de subestación	34.28	70.274	2,408.99
1.3.4.4.2.2	Kg	Acero de refuerzo de muro estructural de subestación fy=4200 kg/cm2	171.72	5.026	863.065
1.3.4.4.2.3	m3	Concreto de muro estructural de subestación f'c=210 kg/cm2	1.72	307.989	529.741
1.3.4.5		Columnas	1	72,851.06	72,851.06
1.3.4.5.1	m2	Encofrado de columnas	62.29	72.941	4,543.50
1.3.4.5.2	m2	Encofrado caravista de columnas de nave industrial	95.36	107.617	10,262.36

1.3.4.5.3	m2	Encofrado caravista de columnas de subestación	7.61	79.78	607.126
1.3.4.5.4	Kg	Acero de refuerzo de columnas $f_y=4200$ kg/cm ²	9,626.52	5.026	48,382.89
1.3.4.5.5	m3	Concreto columnas $f_c=175$ kg/cm ²	2.35	280.924	660.171
1.3.4.5.6	m3	Concreto columnas $f_c=210$ kg/cm ²	3.37	340.054	1,145.98
1.3.4.5.7	m3	Concreto columnas $f_c=280$ kg/cm ²	14.36	504.808	7,249.04
1.3.4.6		Vigas	1	72,023.66	72,023.66
1.3.4.6.1	m2	Encofrado de vigas	35.37	83.35	2,948.09
1.3.4.6.2	m2	Encofrado caravista de vigas de nave industrial	140.13	119.182	16,700.97
1.3.4.6.3	m2	Encofrado caravista de viga de subestación	4.44	86.333	383.319
1.3.4.6.4	Kg	Acero de refuerzo de vigas $f_y=4200$ kg/cm ²	6,930.52	5.774	40,016.82
1.3.4.6.5	m3	Concreto vigas de amarre $f_c=175$ kg/cm ²	0.69	277.507	191.48
1.3.4.6.6	m3	Concreto vigas $f_c=210$ kg/cm ²	3.91	344.898	1,348.55
1.3.4.6.7	m3	Concreto vigas $f_c=280$ kg/cm ²	26.85	388.619	10,434.42
1.3.4.7		Losa aligerada	1	4,479.85	4,479.85
1.3.4.7.1	m2	Encofrado de losa aligerada de oficina, eje 2-4/eje a-c	25.54	75.74	1,934.40
1.3.4.7.2	Kg	Acero de refuerzo de losa aligerada de oficina de $f_y=4200$ kg/cm ²	226.14	5.026	1,136.58
1.3.4.7.3	m3	Concreto losa aligerada $f_c=210$ kg/cm ² , $h=0.20$ m	2.18	300.665	655.45
1.3.4.7.4	Und	Ladrillo de techo 15x30x30 cm	217	3.472	753.424
1.3.4.8		Losa de cimentación	1	21,247.24	21,247.24
1.3.4.8.1	m2	Encofrado caravista de losa de cimentación	17.54	61.762	1,083.31
1.3.4.8.2	Kg	Acero de refuerzo de losa de cimentación $f_y=4200$ kg/cm ²	1,857.29	5.026	9,334.74
1.3.4.8.3	m3	Concreto losa de cimentación $f_c=210$ kg/cm ²	17.93	475.461	8,525.02
1.3.4.8.4	m2	Curado de losa de concreto	43.65	30.256	1,320.67
1.3.4.8.5	Und	Anclaje de apoyo de containers	100	9.835	983.5
1.3.4.9		Pavimento rígido	1	28,742.78	28,742.78
1.3.4.9.1	m2	Encofrado de pavimento	27.94	51.717	1,444.97
1.3.4.9.2	m3	Concreto $f_c=210$ kg/cm ² +30 kg/m ³ fibra de acero, $e=0.25$ m	34.14	597.464	20,397.42
1.3.4.9.3	m2	Curado de pavimento rígido	136.56	30.255	4,131.62
1.3.4.9.4	ml	Junta transversal de separación	33	51.218	1,690.19
1.3.4.9.5	ml	Junta de construcción asfáltica de 1"x0.25m	133.42	8.084	1,078.57
1.3.4.10		Caja/murete/losa maciza	1	1,551.92	1,551.92
1.3.4.10.1	m2	Encofrado caravista caja/murete losa maciza	13.93	46.644	649.751
1.3.4.10.2	Kg	Acero de refuerzo caja/murete/losa maciza $f_y=4200$ kg/cm ²	102.83	5.026	516.824
1.3.4.10.3	m3	Concreto $f_c=175$ kg/cm ²	1.13	307.226	347.165
1.3.4.10.4	m2	Acabado de cemento pulido	1.25	30.544	38.18
1.3.4.11		Losa maciza de techo de subestación	1	2,089.76	2,089.76
1.3.4.11.1	m2	Encofrado caravista de losa maciza de techo de subestación	11.16	99.33	1,108.52
1.3.4.11.2	Kg	Acero de refuerzo de losa maciza de techo de subestación $f_y=4200$ kg/cm ²	131.83	5.026	662.578
1.3.4.11.3	m3	Concreto de losa maciza de techo de subestación $f_c=210$ kg/cm ²	1	318.661	318.661
1.3.4.12		Otros	1	191.479	191.479

1.3.4.12.1	m2	Junta tecnopor 1"	11.3	16.945	191.479
1.3.5		Estructura metálica	1	80,266.70	80,266.70
1.3.5.1		Estructura fachada	1	17,742.63	17,742.63
1.3.5.1.1	Glb	Fabricación de estructura metálica	1	7,819.17	7,819.17
1.3.5.1.2	Glb	Instalación de estructura metálica	1	9,923.46	9,923.46
1.3.5.2		Techo metálico	1	62,524.07	62,524.07
1.3.5.2.1	Und	Placa de fijación incluido pernos	52	28.409	1,477.27
1.3.5.2.2	m2	Techo autoportante incluido traslucidos	211.03	253.04	53,399.03
1.3.5.2.3	m2	Cerramiento de timpano frontal y posterior	26.34	290.348	7,647.77
1.3.6		Estructura ventilación	1	20,686.24	20,686.24
1.3.6.1	Und	Soporte de extractores tipo 1	2	1,004.48	2,008.95
1.3.6.2	Und	Soporte de extractores tipo 2	4	1,087.52	4,350.06
1.3.6.3	Und	Soporte de ventilador v-3/v-4	2	2,354.44	4,708.87
1.3.6.4		Chimenea de grupo electrógeno edificio	1	3,310.91	3,310.91
1.3.6.4.1	Glb	Anclaje (detalle e)-chimenea de grupo electrógeno edificio	3	659.243	1,977.73
1.3.6.4.2	Glb	Anclaje (detalle f)-chimenea de grupo electrógeno edificio	1	683.309	683.309
1.3.6.4.3	ml	Tubo de fg° 3", e =2.50 mm-chimenea de grupo electrógeno edificio	3.66	40.529	148.336
1.3.6.4.4	Und	Codos de fg° 3"-chimenea de grupo electrógeno edificio	8	46.974	375.792
1.3.6.4.5	Und	Tapa de chimenea de grupo electrógeno edificio	1	125.744	125.744
1.3.6.5		Chimenea de container grupo electrógeno	1	6,307.44	6,307.44
1.3.6.5.1	Glb	Anclaje (detalle e)-chimenea de container grupo electrógeno	1	659.243	659.243
1.3.6.5.2	Glb	Anclaje (detalle f)-chimenea de container grupo electrógeno	2	646.374	1,292.75
1.3.6.5.3	Glb	Anclaje (detalle g)-chimenea de container grupo electrógeno	3	684.834	2,054.50
1.3.6.5.4	Glb	Anclaje (detalle h)-chimenea de container grupo electrógeno	1	662.316	662.316
1.3.6.5.5	Glb	Anclaje (detalle i)-chimenea de container grupo electrógeno	1	759.407	759.407
1.3.6.5.6	ml	Tubo de fg° 4", e =2.50 mm-chimenea de container grupo electrógeno	8.96	45.861	410.915
1.3.6.5.7	Und	Codos de fg° 4"-chimenea de container grupo electrógeno	7	48.774	341.418
1.3.6.5.8	Und	Tapa de chimenea-chimenea de container grupo electrógeno	1	126.894	126.894
1.4		Arquitectura	1	141,770.98	141,770.98
1.4.1		Albañilería	1	9,125.44	9,125.44
1.4.1.1	m2	Muro de soga, ladrillo kk 18 huecos, c:c:a 1:0.5:5	71.93	63.801	4,589.21
1.4.1.2	m2	Muro de cabeza, ladrillo kk 18 huecos, c:c:a 1:0.5:5	43.08	105.298	4,536.24
1.4.2		Revoques y revestimientos	1	10,018.97	10,018.97
1.4.2.1	m2	Tarrajeo primario y rayado, c:a 1:5, e=1.5cm	13.84	26.797	370.87
1.4.2.2	m2	Tarrajeo en muros frotachado, c:c:a 1:1:6, e=1.5cm	162.49	28.832	4,684.91
1.4.2.3	m2	Tarrajeo columnas, c:c:a 1:1:6, e=1.5cm	19.6	38.919	762.812
1.4.2.4	m2	Tarrajeo vigas, c:c:a 1:1:6, e=1.5cm	26.53	53.166	1,410.49
1.4.2.5	m2	Tarrajeo cielo raso, c:c:a 1:1:6, e=1.5cm	25.01	43.191	1,080.21
1.4.2.6	ml	Vestidura de derrames ancho=0.25m mortero c:c:a 1:1:6,e=1.5cm	24.64	27.331	673.436
1.4.2.7	ml	Vestidura de derrames ancho=0.15m mortero c:c:a 1:1:6,e=1.5cm	8.94	27.311	244.16

1.4.2.8	ml	Vestidura de aristas	99.47	7.963	792.08
1.4.3		Pisos y pavimentos	1	4,049.29	4,049.29
1.4.3.1	m2	Contrapiso de e=40mm para recibir cerámico o porcelanato	49.49	22.058	1,091.65
1.4.3.2	m2	Piso cerámico 30x30 cm	4.36	76.72	334.499
1.4.3.3	m2	Piso de cemento pulido	29.27	42.706	1,250.01
1.4.3.4	m2	Piso porcelanato 60x60 cm	15.59	88.078	1,373.14
1.4.4		Zocalos, contrazocalo y mesas	1	2,670.76	2,670.76
1.4.4.1	ml	Contrazocalo porcelanato h=0.15m (interior)	13.73	32.423	445.168
1.4.4.2	ml	Contrazocalo de cemento pulido h=0.40m (interior/exterior)	32.83	32.623	1,071.01
1.4.4.3	m2	Zocalo de cerámico de 30x30 cm	13.57	85.083	1,154.58
1.4.5		Carpintería de madera	1	1,146.60	1,146.60
1.4.5.1	Und	Puerta contraplacada incluido marco, p-2, e=35 mm (1 hoja)	1	602.63	602.63
1.4.5.2	Und	Puerta contraplacada incluido marco, p-3, e=35 mm (1 hoja)	1	543.97	543.97
1.4.6		Carpintería metálica	1	23,824.98	23,824.98
1.4.6.1	m2	Puerta metálica de patio, incl. marco, p-4 (dos hojas)	7.88	662.554	5,220.93
1.4.6.2	m2	Reja metálica de grupo electrógeno (2.00x1.50 m)	3	376.177	1,128.53
1.4.6.3	ml	Escalera de gato	8.35	268.582	2,242.66
1.4.6.4	m2	Puerta de subestación (2.35x2.50 m)	5.88	655.621	3,855.05
1.4.6.5	m2	Ventanas de subestación (2.075x0.40 m)	1.66	947.51	1,572.87
1.4.6.6	ml	Barandas de seguridad	40.58	241.62	9,804.94
1.4.7		Ventanas	1	21,947.23	21,947.23
1.4.7.1	Und	Ventana c/cristal templado incoloro de e=8 mm, v-1 (1.8x2.15m)	1	1,232.88	1,232.88
1.4.7.2	Und	Ventana c/cristal templado incoloro de e=6 mm, v-2 (0.7x0.6m)	1	252.537	252.537
1.4.7.3	m2	Muro cortina c/policarbonato de e=6 mm, fachada tipo stick	24.26	843.438	20,461.81
1.4.8		Cerrajería	1	4,012.04	4,012.04
1.4.8.1	pza	Suministro e instalación de cerradura tres golpes y tranca puerta p-1	1	304.88	304.88
1.4.8.2	pza	Suministro e instalación de cerradura tres golpes puerta p-2	1	148.68	148.68
1.4.8.3	pza	Suministro e instalación de perilla puerta p-3	1	99.51	99.51
1.4.8.4	pza	Suministro e instalación de cerradura tres golpes puerta p-4	1	136.29	136.29
1.4.8.5	pza	Suministro e instalación de bisagras de fierro de 15cmx8.2cm, e=6 mm	25	100.166	2,504.15
1.4.8.6	pza	Suministro e instalación de bisagras de fierro de 12cmx6.5cm, e=5 mm	5	89.986	449.93
1.4.8.7	pza	Suministro e instalación de bisagras de acero inoxidable de 4" x 4"	7	52.657	368.599
1.4.9		Pintura	1	11,801.49	11,801.49
1.4.9.1	m2	Pintura latex en muros, columnas y vigas, dos manos	189.54	13.173	2,496.81
1.4.9.2	m2	Pintura latex en viga de cimentación, muros, columnas y vigas caravista, dos manos	346.66	18.279	6,336.60
1.4.9.3	m2	Pintura latex cielo raso, dos manos	25.01	14	350.14
1.4.9.4	m2	Pintura latex en derrames ancho=0.25m, dos manos	6.66	11.074	73.753
1.4.9.5	m2	Pintura latex en derrames ancho=0.15m, dos manos	1.74	11.097	19.309
1.4.9.6	m2	Pintura esmalte para contrazocalo	13.02	7.389	96.205

1.4.9.7	m2	Pintura para puertas de madera, dos manos	11.38	67.078	763.348
1.4.9.8	m2	Pintura para puerta metálica p-4, dos manos	18.78	17.423	327.204
1.4.9.9	m2	Pintura de puerta y ventanas de subestación, dos manos	18.76	16.858	316.256
1.4.9.10	m2	Pintura para rejas/escalera y barandas, dos manos	43.29	19.557	846.623
1.4.9.11	m2	Pintura en bordes de containers y grupo electrogeno	3.96	44.253	175.242
1.4.10		Letrero/ cobertura de techo y fachada	1	51,974.29	51,974.29
1.4.10.1	m2	Cobertura con corcho proyectado e=4.0 mm	193.91	59.049	11,450.19
1.4.10.2	m2	Cobertura de fachada con aluminio compuesto pac	24.59	596.357	14,664.42
1.4.10.3		Letrero de la ana	1	25,859.68	25,859.68
1.4.10.3.1	m2	Fabricación de letrero	21.21	1,074.32	22,786.26
1.4.10.3.2	m2	Pintado de letrero	21.21	80.342	1,704.05
1.4.10.3.3	Glb	Instalación de letrero	1	1,369.36	1,369.36
1.4.11		Señalización de seguridad	1	1,199.90	1,199.90
1.4.11.1	Und	Señalización de emergencia y evacuación	39	14.894	580.866
1.4.11.2	m2	Pintura fotoluminiscente	6.01	103	619.03
1.5		Instalaciones	1	429,358.88	429,358.88
1.5.1		Trabajos preliminares	1	463.658	463.658
1.5.1.1	m2	Trazo y replanteo topográfico de las instalaciones	116.38	3.984	463.658
1.5.2		Movimiento de tierras	1	4,982.66	4,982.66
1.5.2.1	m3	Excavación manual de las instalaciones	67.49	44.048	2,972.80
1.5.2.2	m3	Excavación manual de pozos a tierra	14.81	44.048	652.351
1.5.2.3	ml	Perfilado y nivelado de zanja	109.29	1.678	183.389
1.5.2.4	m3	Relleno manual con material propio de las instalaciones	43.76	11.671	510.723
1.5.2.5	m3	Carguo y transporte de material excedente de excavación	37.65	17.62	663.393
1.5.3		Sistema de agua fría	1	3,567.01	3,567.01
1.5.3.1	ml	Colocación de cama de apoyo en tuberías de agua	47.7	1.658	79.087
1.5.3.2		Salida de agua fría	1	78.72	78.72
1.5.3.2.1		Salida de agua fría con tubería pvc 1/2", clase 10	1	78.72	78.72
1.5.3.2.1.1	pto	Salida de agua fría con tubería pvc 1/2", clase 10, inodoro	1	38.88	38.88
1.5.3.2.1.2	pto	Salida de agua fría con tubería pvc 1/2", clase 10, lavatorio	1	39.84	39.84
1.5.3.3		Tuberías	1	1,175.38	1,175.38
1.5.3.3.1	ml	Suministro e instalación de tubería 1" clase 10	30.71	23.283	715.021
1.5.3.3.2	ml	Suministro e instalación de tubería pvc 3/4" clase 10	7.68	22.8	175.104
1.5.3.3.3	ml	Suministro e instalación de tubería pvc 1/2" clase 10	12.79	22.303	285.255
1.5.3.4	ml	Prueba hidráulica para tubería de agua	51.18	1.825	93.404
1.5.3.5		Cajas de registro	1	193.04	193.04
1.5.3.5.1	Und	Caja de registro de válvula compuerta 1"	1	96.85	96.85
1.5.3.5.2	Und	Caja de registro de válvula compuerta 1/2"	1	96.19	96.19
1.5.3.6		Suministro y colocación de valvulas, accesorios y aparatos	1	1,009.87	1,009.87
1.5.3.6.1	Und	Tee pvc c-10 sap 1/2"	1	13.48	13.48

1.5.3.6.2	Und	Tee pvc c-10 sap 3/4"	1	14.29	14.29
1.5.3.6.3	Und	Tee pvc c-10 sap 1"	1	14.91	14.91
1.5.3.6.4	Und	Codo pvc c-10 sap 1/2"	9	13.1	117.9
1.5.3.6.5	Und	Codo pvc c-10 sap 3/4"	1	13.91	13.91
1.5.3.6.6	Und	Codo pvc c-10 sap 1"	7	15.14	105.98
1.5.3.6.7	Und	Reducción pvc c-10 sap 1" a 1/2"	1	18.27	18.27
1.5.3.6.8	Und	Reducción pvc c-10 sap 1" a 3/4"	1	18.46	18.46
1.5.3.6.9	Und	Reducción pvc c-10 sap 3/4" a 1/2"	2	18.07	36.14
1.5.3.6.10	pza	Válvula compuerta de bronce 1"	1	127.11	127.11
1.5.3.6.11	pza	Válvula compuerta de bronce 1/2"	3	90.87	272.61
1.5.3.6.12	pza	Válvula esférica de bronce 1/2"	2	84.29	168.58
1.5.3.6.13	pza	Llave de lavatorio convencional 1/2"	1	88.23	88.23
1.5.3.7		Conexión	1	937.512	937.512
1.5.3.7.1	m3	Excavación manual	7.5	44.048	330.36
1.5.3.7.2	ml	Colocación de cama de apoyo	5	1.942	9.71
1.5.3.7.3	m3	Relleno manual con material propio	7.5	11.674	87.555
1.5.3.7.4	ml	Colocación de tubería pvc 1"	5	11.807	59.035
1.5.3.7.5	pto	Conexión a la red pública	1	450.852	450.852
1.5.4		Sistema de desagüe	1	19,050.91	19,050.91
1.5.4.1	ml	Colocación de cama de apoyo en tuberías de desagüe	61.56	1.943	119.611
1.5.4.2		Salida de desagüe	1	213.99	213.99
1.5.4.2.1	pto	Salida de desagüe con tubería 2", lavatorio	1	45.53	45.53
1.5.4.2.2	pto	Salida de desagüe con tubería 4", inodoro	1	54.9	54.9
1.5.4.2.3	pto	Salida de ventilación con tubería 2", lavatorio	1	56.78	56.78
1.5.4.2.4	pto	Salida de ventilación con tubería 2", inodoro	1	56.78	56.78
1.5.4.3		Tuberías	1	4,138.19	4,138.19
1.5.4.3.1	ml	Suministro e instalación de tubería pvc 6" sal	26.26	56.528	1,484.43
1.5.4.3.2	ml	Suministro e instalación de tubería pvc 4" sal	26.33	36.558	962.572
1.5.4.3.3	ml	Suministro e instalación de tubería pvc 2" sal	34.71	29.26	1,015.62
1.5.4.3.4	m2	Encofrado de relleno de concreto en muros de albañilería	7.4	43.166	319.428
1.5.4.3.5	m3	Concreto simple en tuberías de desagüe f'c=175 kg/cm2	0.68	385.723	262.292
1.5.4.3.6	ml	Prueba hidráulica para tubería de desagüe	69.07	1.28	88.41
1.5.4.3.7	m2	Cama de apoyo de grava de 1/2" para cajas de registro, e=1"	0.17	32.059	5.45
1.5.4.3.8		Cajas de registro/sumidero	1	9,026.16	9,026.16
1.5.4.3.8.1		Construcción de caja de registro n°01	1	583.838	583.838
1.5.4.3.8.1.1		Base de caja de registro n°01	1	35.578	35.578
1.5.4.3.8.1.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°01	0.14	38.338	5.367
1.5.4.3.8.1.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°01 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.1.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°01	0.03	239.735	7.192
1.5.4.3.8.1.2		Cuerpo de caja de registro n°01	1	250.028	250.028

1.5.4.3.8.1.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°01	2.55	38.143	97.265
1.5.4.3.8.1.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°01 fy=4200 kg/cm2	12.64	5.026	63.529
1.5.4.3.8.1.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°01	0.09	286.074	25.747
1.5.4.3.8.1.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°01, c:a 1:5, e=1.5cm	1.22	26.065	31.799
1.5.4.3.8.1.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°01, c:a 1:5, e=1.5cm	1.22	25.974	31.688
1.5.4.3.8.1.3		Media caña en caja de registro n°01	1	2.933	2.933
1.5.4.3.8.1.3.1	m2	Encofrado de media caña en caja de registro n°01	0.06	22.948	1.377
1.5.4.3.8.1.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°01, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	25.937	1.556
1.5.4.3.8.1.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°01	1	18.231	18.231
1.5.4.3.8.1.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°01	4.4	62.97	277.068
1.5.4.3.8.2		Construcción de caja de registro n°02	1	621.011	621.011
1.5.4.3.8.2.1		Base de caja de registro n°02	1	35.578	35.578
1.5.4.3.8.2.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°02	0.14	38.338	5.367
1.5.4.3.8.2.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°02 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.2.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°02	0.03	239.735	7.192
1.5.4.3.8.2.2		Cuerpo de caja de registro n°02	1	287.195	287.195
1.5.4.3.8.2.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°02	2.9	38.149	110.632
1.5.4.3.8.2.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°02 fy=4200 kg/cm2	14.97	5.027	75.254
1.5.4.3.8.2.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°02	0.11	269.265	29.619
1.5.4.3.8.2.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°02, c:a 1:5, e=1.5cm	1.38	26.02	35.908
1.5.4.3.8.2.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°02, c:a 1:5, e=1.5cm	1.38	25.929	35.782
1.5.4.3.8.2.3		Media caña en caja de registro n°02	1	2.94	2.94
1.5.4.3.8.2.3.1	m2	Encofrado de media caña en caja de registro n°02	0.06	23.006	1.38
1.5.4.3.8.2.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°02, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	26.008	1.56
1.5.4.3.8.2.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°02	1	18.23	18.23
1.5.4.3.8.2.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°02	4.4	62.97	277.068
1.5.4.3.8.3		Construcción de caja de registro n°03	1	645.807	645.807
1.5.4.3.8.3.1		Base de caja de registro n°03	1	35.578	35.578
1.5.4.3.8.3.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°03	0.14	38.338	5.367
1.5.4.3.8.3.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°03 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.3.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°03	0.03	239.735	7.192
1.5.4.3.8.3.2		Cuerpo de caja de registro n°03	1	311.991	311.991
1.5.4.3.8.3.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°03	3.2	38.147	122.07
1.5.4.3.8.3.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°03 fy=4200 kg/cm2	15.52	5.027	78.019
1.5.4.3.8.3.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°03	0.12	274.498	32.94
1.5.4.3.8.3.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°03, c:a 1:5, e=1.5cm	1.52	26.02	39.55
1.5.4.3.8.3.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°03, c:a 1:5, e=1.5cm	1.52	25.929	39.412
1.5.4.3.8.3.3		Media caña en caja de registro n°03	1	2.94	2.94

1.5.4.3.8.3.3.1	m2	Encofrado de media caña en caja de registro n°03	0.06	23.006	1.38
1.5.4.3.8.3.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°03, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	26.008	1.56
1.5.4.3.8.3.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°03	1	18.23	18.23
1.5.4.3.8.3.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°03	4.4	62.97	277.068
1.5.4.3.8.4		Construcción de caja de registro n°04	1	772.891	772.891
1.5.4.3.8.4.1		Base de caja de registro n°04	1	35.578	35.578
1.5.4.3.8.4.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°04	0.14	38.338	5.367
1.5.4.3.8.4.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°04 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.4.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°04	0.03	239.735	7.192
1.5.4.3.8.4.2		Cuerpo de caja de registro n°04	1	439.075	439.075
1.5.4.3.8.4.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°04	4.57	38.146	174.327
1.5.4.3.8.4.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°04 fy=4200 kg/cm2	21.4	5.026	107.556
1.5.4.3.8.4.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°04	0.17	276.832	47.061
1.5.4.3.8.4.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°04, c:a 1:5, e=1.5cm	2.12	26.02	55.162
1.5.4.3.8.4.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°04, c:a 1:5, e=1.5cm	2.12	25.929	54.969
1.5.4.3.8.4.3		Media caña en caja de registro n°04	1	2.94	2.94
1.5.4.3.8.4.3.1	m2	Encofrado de media caña en caja de registro n°04	0.06	23.006	1.38
1.5.4.3.8.4.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°04, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	26.008	1.56
1.5.4.3.8.4.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°04	1	18.23	18.23
1.5.4.3.8.4.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°04	4.4	62.97	277.068
1.5.4.3.8.5		Construcción de caja de registro n°05	1	791.262	791.262
1.5.4.3.8.5.1		Base de caja de registro n°05	1	35.584	35.584
1.5.4.3.8.5.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°05	0.14	38.338	5.367
1.5.4.3.8.5.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°05 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.5.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°05	0.03	239.921	7.198
1.5.4.3.8.5.2		Cuerpo de caja de registro n°05	1	457.405	457.405
1.5.4.3.8.5.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°05	4.79	38.146	182.719
1.5.4.3.8.5.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°05 fy=4200 kg/cm2	21.79	5.027	109.538
1.5.4.3.8.5.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°05	0.18	276.832	49.83
1.5.4.3.8.5.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°05, c:a 1:5, e=1.5cm	2.22	26.017	57.758
1.5.4.3.8.5.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°05, c:a 1:5, e=1.5cm	2.22	25.928	57.56
1.5.4.3.8.5.3		Media caña en caja de registro n°05	1	2.94	2.94
1.5.4.3.8.5.3.1	m2	Encofrado de media caña en caja de registro n°05	0.06	23.006	1.38
1.5.4.3.8.5.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°05, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	26.008	1.56
1.5.4.3.8.5.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°05	1	18.23	18.23
1.5.4.3.8.5.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°05	4.4	62.978	277.103
1.5.4.3.8.6		Construcción de caja de registro n°06	1	809.566	809.566
1.5.4.3.8.6.1		Base de caja de registro n°06	1	35.578	35.578
1.5.4.3.8.6.1.1	m2	Encofrado de base de caja de registro n°06	0.14	38.338	5.367

1.5.4.3.8.6.1.2	kg	Acero de refuerzo de base de caja de registro n°06 fy=4200 kg/cm2	4.58	5.026	23.019
1.5.4.3.8.6.1.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de registro n°06	0.03	239.735	7.192
1.5.4.3.8.6.2		Cuerpo de caja de registro n°06	1	475.75	475.75
1.5.4.3.8.6.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de registro n°06	5.01	38.147	191.116
1.5.4.3.8.6.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de registro n°06 fy=4200 kg/cm2	22.19	5.025	111.505
1.5.4.3.8.6.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de registro n°06	0.19	276.843	52.6
1.5.4.3.8.6.2.4	m2	Tarrajeo interno en cuerpo de caja de registro n°06, c:a 1:5, e=1.5cm	2.32	26.021	60.369
1.5.4.3.8.6.2.5	m2	Acabado cemento pulido en cuerpo de caja de registro n°06, c:a 1:5, e=1.5cm	2.32	25.931	60.16
1.5.4.3.8.6.3		Media caña en caja de registro n°06	1	2.94	2.94
1.5.4.3.8.6.3.1		Encofrado de media caña en caja de registro n°06	0.06	23.006	1.38
1.5.4.3.8.6.3.2	m2	Acabado de cemento pulido en media caña de caja de registro n°06, c:a 1:5, e=1.5cm	0.06	26.008	1.56
1.5.4.3.8.6.4	Und	Tapa prefabricada de concreto de caja de registro n°06	1	18.23	18.23
1.5.4.3.8.6.5	ml	Marco de fierro fundido de 2"x2"x3/16" de caja de registro n°06	4.4	62.97	277.068
1.5.4.3.8.7		Construcción de caja sumidero	1	4,801.78	4,801.78
1.5.4.3.8.7.1		Base de caja sumidero	1	82.58	82.58
1.5.4.3.8.7.1.1	m2	Encofrado de base de caja de sumidero	1.1	37.327	41.06
1.5.4.3.8.7.1.2	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de base de caja de sumidero	0.15	276.802	41.52
1.5.4.3.8.7.2		Cuerpo de caja sumidero	1	71.608	71.608
1.5.4.3.8.7.2.1	m2	Encofrado de cuerpo de caja de sumidero	1.1	41.245	45.37
1.5.4.3.8.7.2.2	kg	Acero de refuerzo de cuerpo de caja de sumidero fy=4200 kg/cm2	2.96	5.02	14.859
1.5.4.3.8.7.2.3	m3	Concreto f'c=175 kg/cm2 de cuerpo de caja de sumidero	0.04	284.485	11.379
1.5.4.3.8.7.3	ml	Marco de fg de 1"x1"x1/8" (perfil t-perimetral)	11	72.869	801.559
1.5.4.3.8.7.4		Rejilla de fg removible	66.01	58.149	3,838.42
1.5.4.3.8.7.5	m2	Acabado de cemento pulido, c:a 1:5, e=1.5cm	0.29	26.274	7.619
1.5.4.3.9		Suministro y colocación de aparatos y accesorios	1	2,285.25	2,285.25
1.5.4.3.9.1	pza	Inodoro blanco comercial y accesorios	1	410.65	410.65
1.5.4.3.9.2	pza	Lavatorio de manos	1	261.72	261.72
1.5.4.3.9.3	pza	Sumidero de bronce de 2" de baño	1	68.12	68.12
1.5.4.3.9.4	pza	Sumidero de bronce de 2" de techo de nave industrial	2	56.015	112.03
1.5.4.3.9.5	pza	Sumidero de bronce de 4" de techo de oficina	1	66.51	66.51
1.5.4.3.9.6	pza	Registro de bronce roscado de 4" (incl. salida)	1	66.51	66.51
1.5.4.3.9.7	Und	Yee pvc sal 4"x4"	2	38.35	76.7
1.5.4.3.9.8	Und	Yee pvc sal 6"x2"	1	75.75	75.75
1.5.4.3.9.9	Und	Yee pvc sal 4"x2"	2	35.94	71.88
1.5.4.3.9.10	Und	Codo 45° pvc 2"	5	27.27	136.35
1.5.4.3.9.11	Und	Codo 90° pvc 2"	6	27.27	163.62
1.5.4.3.9.12	Und	Codo 45° pvc 4"	5	31.218	156.09
1.5.4.3.9.13	Und	Codo 90° pvc 4"	4	32.388	129.552
1.5.4.3.9.14	Und	Codo 45° pvc 6"	2	73.64	147.28

1.5.4.3.9.15	Und	Trampa p. pvc sal 2"	1	35.74	35.74
1.5.4.3.9.16	Und	Trampa p. pvc sal 4"	5	51.728	258.64
1.5.4.3.9.17	Und	Reducción pvc de 6" a 4"	1	48.11	48.11
1.5.4.4		Subdrenaje	1	1,764.11	1,764.11
1.5.4.4.1		Ramal container data center	1	887.815	887.815
1.5.4.4.1.1	ml	Tubo pvc desagüe sal 4"	6.47	41.487	268.421
1.5.4.4.1.2	m2	Geotextil no tejido 180 gr/m2	19.84	24.472	485.524
1.5.4.4.1.3	Und	Codo pvc 45° / 4"	1	31.22	31.22
1.5.4.4.1.4	Und	Tapón pvc 4"	1	30.34	30.34
1.5.4.4.1.5	m3	Grava de 1/2"	0.94	76.926	72.31
1.5.4.4.2		Ramal container grupo electrogeno	1	876.292	876.292
1.5.4.4.2.1	ml	Tubo pvc desagüe sal 4"	6.38	41.488	264.693
1.5.4.4.2.2	m2	Geotextil no tejido 180 gr/m2	19.59	24.465	479.269
1.5.4.4.2.3	Und	Codo pvc 45° / 4"	1	31.22	31.22
1.5.4.4.2.4	Und	Tapón pvc 4"	1	30.34	30.34
1.5.4.4.2.5	m3	Grava de 1/2"	0.92	76.924	70.77
1.5.4.5		Conexión	1	1,503.60	1,503.60
1.5.4.5.1	m3	Excavación manual	15	44.048	660.72
1.5.4.5.2	ml	Colocación de cama de apoyo	5	1.942	9.71
1.5.4.5.3	m3	Relleno manual con material propio	15	11.674	175.11
1.5.4.5.4	ml	Colocación de tubería pvc -u 160 mm	5	43.958	219.79
1.5.4.5.5	pto	Conexión a la red pública	1	438.27	438.27
1.5.5		Instalaciones eléctricas	1	137,273.00	137,273.00
1.5.5.1		Salidas para alumbrado, tomacorriente	1	8,877.46	8,877.46
1.5.5.1.1	pto	Salida para centro de luz techo grupo electrógeno	1	44.91	44.91
1.5.5.1.2	pto	Salida para centro de luz techo s.s.h.h. de oficina	1	45.38	45.38
1.5.5.1.3	pto	Salida para centro de luz techo de oficina n°01	1	44.91	44.91
1.5.5.1.4	pto	Salida para centro de luz techo de oficina n°02	1	45.85	45.85
1.5.5.1.5	pto	Salida para centro de luz pared exterior grupo electrógeno/patio	1	44.44	44.44
1.5.5.1.6	pto	Salida para centro de luz pared exterior oficina/patio	1	45.38	45.38
1.5.5.1.7	pto	Salida para centro de luz techo nave industrial	6	554.9	3,329.40
1.5.5.1.8	pto	Salida para centro de luz pared nave industrial	9	66.19	595.71
1.5.5.1.9	pto	Salida para toma de teléfono, cable e intercomunicador	3	46.41	139.23
1.5.5.1.10	pto	Salida para interruptor simple/doble empotrado	4	53.99	215.96
1.5.5.1.11	pto	Salida para interruptor simple interior c/ caja	3	61.62	184.86
1.5.5.1.12	pto	Salida para interruptor simple interior conmutador c/ caja	2	63.12	126.24
1.5.5.1.13	pto	Salida para interruptor doble interior conmutador c/ caja	4	63.12	252.48
1.5.5.1.14	pto	Salida para interruptor triple interior c/ caja	1	64.22	64.22
1.5.5.1.15	pto	Salida p/tomacorriente con toma a tierra empotrado	7	51.47	360.29
1.5.5.1.16	pto	Salida p/tomacorriente elevado con toma a tierra empotrado	3	81.47	244.41

1.5.5.1.17	pto	Salida p/tomacorriente con toma a tierra c/caja protección	3	98.07	294.21
1.5.5.1.18	pto	Salida p/tomacorriente elevado con toma a tierra c/caja protección	3	81.47	244.41
1.5.5.1.19	pto	Salida de intercomunicador	3	49.24	147.72
1.5.5.1.20	pto	Salida de interruptor de puerta enrollable p-1	1	105.57	105.57
1.5.5.1.21	pto	Salida centro de luz techo interior subestación (s8)	1	52.42	52.42
1.5.5.1.22	pto	Salida centro de luz techo exterior subestación (s9)	2	51.48	102.96
1.5.5.1.23	pto	Salida centro de luz techo interior subestación (s10)	1	51.48	51.48
1.5.5.1.24	pto	Caja de pase	19	110.264	2,095.02
1.5.5.2		Canalización, tuberías y accesorios	1	45,087.15	45,087.15
1.5.5.2.1	ml	Tubería pvc -sap de 3/4"	167.8	11.09	1,860.90
1.5.5.2.2	ml	Tubería pvc -sap de 1"	53.75	12.419	667.521
1.5.5.2.3	ml	Tubería pvc -sap de 1 1/2"	22.12	16.264	359.76
1.5.5.2.4	m2	Encofrado de relleno de concreto en muros de albañilería	14.1	43.18	608.838
1.5.5.2.5	m3	Concreto simple de relleno en muros de albañilería de f'c=175 kg/cm2	1.3	439.294	571.082
1.5.5.2.6	ml	Tubería pvc corrugada de 3/4" para extractores en techo	23.38	88.277	2,063.92
1.5.5.2.7	ml	Tubería pvc-p c-10 de 3"	186.29	38.747	7,218.18
1.5.5.2.8	ml	Tubería emt de 3/4"	193.92	88.11	17,086.29
1.5.5.2.9	ml	Tubería imc de 3/4"	39.36	27.741	1,091.89
1.5.5.2.10	ml	Tubería imc de 1"	3.27	29.578	96.72
1.5.5.2.11	ml	Tubería imc de 1 1/2"	0.76	43.54	33.09
1.5.5.2.12	ml	Tubería imc de 3"	43.8	90.556	3,966.35
1.5.5.2.13	ml	Canalización de concreto dos vías de f=90mm	31.56	21.934	692.237
1.5.5.2.14	ml	Canalización de concreto cuatro vías de f=90mm	29.52	28.443	839.637
1.5.5.2.15	ml	Bandeja fg tipo escalera 400x100mm, incl. accesorios	25.11	315.84	7,930.74
1.5.5.3		Conductores de energía	1	19,534.88	19,534.88
1.5.5.3.1	ml	Conductor ls0h 4.0 mm2	165.72	7.504	1,243.56
1.5.5.3.2	ml	Conductor ls0h 6.0 mm2	1,379.92	8.574	11,831.43
1.5.5.3.3	ml	Conductor ls0h 25mm2	229.2	18.969	4,347.70
1.5.5.3.4	ml	Conductor ls0h 35mm2	103.88	20.333	2,112.19
1.5.5.4		Luminarias	1	6,299.79	6,299.79
1.5.5.4.1	Und	Luminaria tipo i	6	463.978	2,783.87
1.5.5.4.2	Und	Luminaria tipo ii	9	172.95	1,556.55
1.5.5.4.3	Und	Luminaria tipo iii	2	238.4	476.8
1.5.5.4.4	Und	Luminaria tipo iv	2	179.75	359.5
1.5.5.4.5	Und	Luminaria tipo v	1	230.37	230.37
1.5.5.4.6	Und	Luminaria tipo vi	2	120.26	240.52
1.5.5.4.7	Und	Luminaria tipo vii	4	90.798	363.192
1.5.5.4.8	Und	Luminaria tipo viii	1	55.07	55.07
1.5.5.4.9	Und	Luminaria tipo ix	2	69.297	138.594
1.5.5.4.10	Und	Luminaria tipo x	1	95.33	95.33

1.5.5.5		Tableros principales	1	31,423.92	31,423.92
1.5.5.5.1	Und	Tablero general de transferencia tta-nave industrial	1	8,452.84	8,452.84
1.5.5.5.2	Und	Tablero general del edificio te	1	9,360.80	9,360.80
1.5.5.5.3	Und	Tablero general de oficina ts	1	4,955.80	4,955.80
1.5.5.5.4	Und	Tablero general de ventilación tv	1	8,654.48	8,654.48
1.5.5.6		Buzón de pase prefabricado	1	11,371.23	11,371.23
1.5.5.6.1		Buzón de pase prefabricado n°01	1	5,914.03	5,914.03
1.5.5.6.1.1	m2	Cama de grava de 1/2"	6.07	109.756	666.219
1.5.5.6.1.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°01	3	1,749.27	5,247.81
1.5.5.6.2		Buzón de pase prefabricado n°02	1	1,680.73	1,680.73
1.5.5.6.2.1	m2	Cama de grava de 1/2"	1.38	109.755	151.462
1.5.5.6.2.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°02	1	1,529.27	1,529.27
1.5.5.6.3		Buzón de pase prefabricado n°03	1	1,920.98	1,920.98
1.5.5.6.3.1	m2	Cama de grava de 1/2"	2.02	109.759	221.713
1.5.5.6.3.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°03	1	1,699.27	1,699.27
1.5.5.6.4		Buzón de pase prefabricado n°04	1	1,855.49	1,855.49
1.5.5.6.4.1	m2	Cama de grava de 1/2"	4.43	109.756	486.219
1.5.5.6.4.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°04	1	1,369.27	1,369.27
1.5.5.7		Pozo a tierra	1	14,678.56	14,678.56
1.5.5.7.1	Und	Pozo a tierra r<5 ohms, incl. prueba con malla	4	1,845.57	7,382.28
1.5.5.7.2	Und	Pozo a tierra r<8 ohms, incl. prueba sin malla	4	1,824.07	7,296.28
1.5.6		Instalaciones electromecánicas	1	211,144.49	211,144.49
1.5.6.1	Glb	Suministro e instalación de ventilador tipo v1	1	9,812.51	9,812.51
1.5.6.2	Glb	Suministro e instalación de ventilador tipo v2/v3/v4	1	19,696.79	19,696.79
1.5.6.3	Glb	Suministro e instalación de extractores	1	45,637.34	45,637.34
1.5.6.4	Glb	Suministro e instalación de grupo eléctrico de edificio	1	63,235.80	63,235.80
1.5.6.5	Glb	Suministro e instalación de puerta enrollable p-1	1	67,623.10	67,623.10
1.5.6.6	Glb	Suministro e instalación de sistema de aire acondicionado	1	5,138.95	5,138.95
1.5.7		Instalaciones de comunicación	1	23,724.60	23,724.60
1.5.7.1		Canalización, tuberías y accesorios	1	4,338.88	4,338.88
1.5.7.1.1	ml	Tubería pvc-p c-10 de 3"	95.03	45.658	4,338.88
1.5.7.2		Canalización de concreto cuatro vías de f=90mm	23.76	28.444	675.829
1.5.7.3	ml	Bandeja fg tipo escalera 400x100mm, incl. accesorios	26.95	315.845	8,512.02
1.5.7.4		Buzón de pase prefabricado	1	10,197.87	10,197.87
1.5.7.4.1		Buzón de pase prefabricado n°05	1	3,352.66	3,352.66
1.5.7.4.1.1	m2	Cama de grava de 1/2"	2.68	109.75	294.122
1.5.7.4.1.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°05	2.00	1,529.27	3,058.54
1.5.7.4.2		Buzón de pase prefabricado n°06	1.00	3,462.93	3,462.93
1.5.7.4.2.1	m2	Cama de grava de 1/2"	3.32	109.76	364.39
1.5.7.4.2.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°06	2.00	1,549.27	3,098.54

1.5.7.4.3		Buzón de pase prefabricado n°07	1.00	3,382.28	3,382.28
1.5.7.4.3.1	m2	Cama de grava de 1/2"	2.95	109.74	323.74
1.5.7.4.3.2	Und	Colocación de buzón de pase prefabricado n°07	2.00	1,529.27	3,058.54
1.5.8		Equipamiento de emergencia/seguridad y comunicación	1	22,415.60	22,415.60
1.5.8.1	Glb	Suministro e instalación de equipos de emergencia	1	6,665.67	6,665.67
1.5.8.2	Glb	Suministro e instalación de equipos seguridad	1	8,500.28	8,500.28
1.5.8.3	Glb	Suministro e instalación de equipos de comunicación	1	7,249.65	7,249.65
1.5.9		Mitigación ambiental	1	6,736.95	6,736.95
1.5.9.1	Glb	Mitigación Ambiental	1	6,736.95	6,736.95
1.5.9.1.1	m2	Riego de agua con camión cisterna para evitar levantamiento de polvo	249.35	16.968	4,230.98
1.5.9.1.2	m2	Suministro y colocación de capa superficial de suelo	111.08	8.544	949.068
1.5.9.1.3	m2	Revegetación en áreas afectadas por la obra	111.08	14.016	1,556.90

A6: Planos compatibilizados del proyecto.

A7: Cronograma interno del proyecto.