



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

***ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA INGENIERÍA
DE VALOR Y LA METODOLOGÍA BIM DURANTE LA
ETAPA DE DISEÑO DEL PROYECTO “CREACIÓN
DEL SERVICIO DE OBSERVATORIO DE
SEGURIDAD CIUDADANA EN LA REGIÓN CUSCO”***

Presentado por:

Rodrigo F. Loayza Gallegos

Para optar por el título profesional de
ingeniero civil

Asesor: Mgt. Ing. Hugo Cana Paullo

CUSCO - PERÚ

2021



Dedicatoria

Dedico la presente investigación a mi familia por apoyarme con la realización de dicha investigación, a mis amigos quienes me orientaron durante este proceso y a mis docentes quienes me instruyeron hasta estos últimos momentos.



Agradecimientos

Agradecimientos especiales a la empresa Autodesk por permitirme usar sus softwares informáticos para la realización del presente trabajo de investigación dándome una licencia de estudiante hasta estos momentos.



Resumen

La ingeniería de valor es una técnica poco usada pero eficaz esta consta de optimizar objetivamente las características de los insumos del proyecto la cual da optimizaciones en los costos importantes ayudando así a su mejor planificación como veremos más adelante, esta es una técnica bastante tediosa dada la cantidad de insumos en un proyecto, por lo cual para aliviar este manejo tan agresivo de información del mismo se optó por la Metodología BIM la cual ha demostrado su valía alrededor del mundo teniendo resultados eficientes dentro de lo que es la gestión de información de los proyectos de construcción, por lo cual se aplicó para verificar la diferencia que existiría entre el uso simple y el uso con la metodología dando resultados satisfactorios y confiables puesto que este es su punto fuerte dado que el control preciso de la información y la personalización que se llega a alcanzar solo depende de la necesidad, solo vista limitada por la capacidad del usuario.



Abstract

Civil engineering is a career that works with high costs, product of a great variety of inputs, which makes necessary an exhaustive planning of all the work, having difficulty by the amount of analysis required, which is minimized and organized in a better way making use of different methodologies supported in various computer packages better managing the vast amount of information and allowing greater customization thus giving greater control, having several alternatives within which the family of Autodesk software was chosen.

These software packages enhance the manageability of the features throughout the development of the project, currently focusing on the design stage of the project, where we started by analyzing the most relevant features of the project, thus focusing on the cost of inputs and detailing the starting point for the corresponding value analysis.

The value analysis is a technique that optimizes certain characteristics objectively according to what is strictly necessary to be fulfilled, giving the current case of the technical specifications and details expressed in the drawings, for which we developed quotations based on these taking into account to optimize the cost, but without any loss of quality.



Introducción

La carrera de Ingeniería civil en Perú data desde 1876, desde entonces ha tenido mejoras considerables en todo su ámbito de influencia, dentro de las que destaca la Metodología BIM, la cual se creó en 1975, y en la actualidad algunos países ya la implementan obligatoriamente durante el desarrollo de proyectos, este es el caso de España en el 2018, por otro lado hacia los años 1940 en los Estados Unidos se desarrolló la técnica de la Ingeniería de Valor denominada en esos tiempos “Análisis de Valor”, esta técnica consistía en la optimización de recursos, teniendo su más amplio desarrollo el uso adecuado del costo, el cual se desarrolló en la aeronáutica dado lo elevado de sus costos como recurso más crítico; basados en lo expuesto podemos concluir que la Metodología BIM y la Ingeniería de Valor son conceptos importantes en la Ingeniería Civil, entonces ¿por qué su implementación no es más frecuente en nuestro medio?, esta pregunta resalta otra interrogante la cual se aborda en esta investigación, la cual es: ¿Cuál es la influencia de estas sobre un proyecto en la etapa de diseño?, para resolver dichas preguntas será necesario indagar diversos conceptos sobre la etapa de diseño, como se desarrolla esta y aplicar las metodologías propuestas, donde se comparará los resultados con y sin la aplicación de las mismas, dando como resultado distintas variaciones en los procesos y resultados durante la etapa de diseño con la finalidad de optimizar los recursos; lo cual será posible dada la eficacia de la Ingeniería de valor al momento de analizar las características necesarias y optimizarlas para generar valor, en adición la metodología BIM permitirá organizar, verificar y personalizar la información total correspondiente al proyecto necesaria para realizar una mejor focalización para la implementación de la Ingeniería de Valor, lo cual es de importancia dado que; según (Chique, Apaza, & Sánchez, 2018, págs. 3-4) al 2017 Cusco aportó 4.6% al Valor Agregado Bruto (VAB) nacional, siendo el tercer departamento en el ranking, teniendo porcentajes como: 48.2% en extracción de petróleo, gas y minerales teniendo una incidencia en construcción; 4.2% en transporte, almacén, correo y mensajería teniendo incidencia en construcción y 6.5% en construcción propiamente dicha, lo cual nos habla de la importancia de este rubro en el Perú y los beneficios que aportaría la adición de valor sobre la actividad constructiva juntamente con la facilidad que aportaría la adición de una nueva metodología como la BIM.



Índice general

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Introducción.....	v
Índice general	vi
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	1
1. Capítulo I: Planteamiento del problema	6
1.1. Identificación del Problema	6
1.1.1. Descripción del Problema.....	6
1.1.1.1. Descripción del problema	6
1.1.1.1. Descripción del proyecto	7
1.1.1.2. Ubicación geográfica	7
1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema	8
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.....	8
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.....	8
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	9
1.2.1. Justificación técnica	9
1.2.2. Justificación Social	9
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	9
1.2.4. Justificación por relevancia.....	9
1.3. Limitaciones	9
1.3.1. Delimitación técnica	9



1.3.2.	Delimitación Espacial	10
1.3.3.	Delimitación Temporal	10
1.4.	Objetivos	10
1.4.1.	Objetivo general.....	10
1.4.2.	Objetivos específicos	10
2.	Capítulo II: Marco teórico de la tesis	11
2.1.	Antecedentes de la Tesis	11
2.1.1.	Antecedentes a Nivel Nacional	11
2.1.2.	Antecedentes a Nivel Internacional	13
2.2.	Aspectos Teóricos Pertinentes	15
2.2.1.	Gestión de Proyectos.....	15
2.2.2.	Costo	16
2.2.2.1.	Metodología de los IUPC.....	16
2.2.3.	Planificación y Programación	18
2.2.3.1.	Planificación de Obras	18
2.2.3.2.	Programación de Obra	19
2.2.3.3.	Control	22
2.2.4.	Constructability.....	23
2.2.1.	Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC).....	24
2.2.1.1.	Definición	24
2.2.1.2.	Aplicaciones en la Construcción.....	24
2.2.1.3.	Modelos 3D.....	24
2.2.2.	Ingeniería de Valor	24
2.2.2.1.	Definición	24
2.2.2.2.	Task team.....	26
2.2.2.3.	Metodología de Búsqueda de Valor.....	26
2.2.2.4.	Técnicas de la Ingeniería de Valor.....	26



2.2.2.5.	Etapas de la Ingeniería de Valor	27
2.2.3.	Metodología BIM (Building Information Modeling)	27
2.2.3.1.	Definición	27
2.2.3.2.	Niveles de Madurez y Dimensiones BIM	28
2.2.3.3.	LOD	29
2.2.3.4.	Diferencias entre CAD y BIM	32
2.2.3.5.	Antecedentes	35
2.2.3.6.	Softwares.....	36
2.3.	Hipótesis.....	39
2.3.1.	Hipótesis general.....	39
2.3.2.	Sub hipótesis	39
2.4.	Definición de Variables.....	39
2.4.1.	Variables Independientes	39
2.4.2.	Variables Dependientes	39
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables.....	40
3.	Capítulo III: Metodología.....	41
3.1.	Metodología de la Investigación	41
3.1.1.	Enfoque de la Investigación.....	41
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación.....	41
3.1.3.	Método de Investigación.....	41
3.2.	Diseño de Investigación	41
3.2.1.	Diseño Metodológico.....	41
3.2.2.	Diseño de Ingeniería	42
3.3.	Población y muestra	43
3.3.1.	Población.....	43
3.3.1.1.	Descripción de la Población.....	43
3.3.1.2.	Cuantificación de la Población	43



3.3.2.	Muestra	43
3.3.2.1.	Descripción de la Muestra	43
3.3.2.2.	Cuantificación de la Muestra	43
3.3.2.3.	Método de Muestreo	43
3.3.2.4.	Criterios de Evaluación de Muestra.....	43
3.3.3.	Criterios de Inclusión.....	43
3.4.	Instrumentos	44
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos.....	44
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería.....	45
3.5.	Procedimientos de Recolección de Datos	48
3.6.	Procedimientos de Análisis de Datos	48
3.6.1.	Ingeniería de Valor	48
3.6.1.1.	Análisis Inicial	48
3.6.1.2.	Cotizaciones.....	51
3.6.1.3.	Análisis de Valor.....	56
3.6.2.	Metodología BIM.....	56
3.6.2.1.	Análisis de Compatibilidad.....	57
3.6.2.2.	Modelado	60
3.6.2.3.	Compatibilidad al Modelar	62
3.6.2.4.	Análisis de Interferencias Navisworks y Simulación de Construcción para verificación	65
3.6.3.	Ingeniería de Valor Sobre Metodología BIM	65
4.	Capítulo IV: Resultados.....	66
4.1.1.	Ingeniería de Valor	66
4.1.2.	Metodología BIM.....	77
4.1.3.	Ingeniería de Valor usando Metodología BIM	100
5.	Capítulo V: Discusión	112



Glosario	113
Conclusiones.....	116
Recomendaciones	117
Referencias	118
Anexos	122
Apéndices	146



Índice de tablas

Tabla 1 <i>Límites de la Obra COER</i>	7
Tabla 2 <i>Cuadro de Operacionalización de Variables Fuente: Elaboración Propia</i>	40
Tabla 3 <i>Tabla de incidencias</i>	44
Tabla 4 <i>Tabla de comparación de insumos</i>	44
Tabla 5 <i>Tabla referencial de Insumos en Revit</i>	45
Tabla 6 <i>Tabla comparativa para recursos</i>	45
Tabla 7 <i>Extracto de tabla de incidencia del precio unitario de los insumos sobre el precio total</i>	48
Tabla 8 <i>Clasificación por porcentaje de Incidencia</i>	49
Tabla 9 <i>Rango de incidencia de precio mayor al 5%</i>	49
Tabla 10 <i>Rango de incidencia de precio entre 3 - 5%</i>	50
Tabla 11 <i>Rango de incidencia de precio entre 1 - 3%</i>	50
Tabla 12 <i>Clasificación por porcentaje de Incidencia habiendo aplicado la ingeniería de valor</i>	66
Tabla 13 <i>Cuadro resumen de comparación de incidencia en valor</i>	67
Tabla 14 <i>Tabla de rendimientos de concreto armado calidad de 210 kg/cm²</i>	70
Tabla 15 <i>Tabla comparativa de rendimientos de concreto armado frente al concreto premezclado</i>	71
Tabla 16 <i>Tabla resumen de calidad de los insumos en estudio</i>	76
Tabla 17 <i>Tabla resumen de caracterización en porcentajes de la calidad de los insumos en estudio</i>	76
Tabla 18 <i>Tabla resumen de verificación de cantidades con BIM del Cemento</i>	100
Tabla 19 <i>Tabla resumen de verificación de cantidades con BIM del Acero</i>	100
Tabla 20 <i>Clasificación por porcentaje de Incidencia habiendo aplicado la ingeniería de valor sobre la Metodología BIM</i>	101
Tabla 21 <i>Tabla resumen de Eficiencia lograda debido al Uso de la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM</i>	111
Tabla 22 <i>Matriz de Consistencia</i>	122
Tabla 23 <i>Relación de Insumos del Proyecto COER</i>	123
Tabla 24 <i>Tabla de Cantidades en Partidas con Acero de Construcción en Obra “COER”</i>	141



Tabla 25 Índices Unificados de Precios para las Seis Áreas Geográficas correspondientes a Abril del 2018	142
Tabla 26 Índices Unificados de Precios para las Seis Áreas Geográficas correspondientes a Abril del 2021	143
Tabla 27 Tabla de Cantidades en Partidas con Cemento Portland tipo IP en Obra “COER”	144



Índice de figuras

Figura 1 <i>Mapa de Ubicación de la Obra COER</i>	8
Figura 2 <i>Cálculo el relativo promedio geométrico de los precios que conforman el correspondiente índice unificado</i>	17
Figura 3 <i>Cálculo del respectivo Índice Unificado del período actual</i>	17
Figura 4 <i>Cálculo para Índices Ponderados</i>	18
Figura 5 <i>Dependencia Directa</i>	20
Figura 6 <i>Dependencia Múltiple</i>	20
Figura 7 <i>Dependencia Compartida</i>	20
Figura 8 <i>Tiempo próximo de Inicio</i>	20
Figura 9 <i>Ejemplo de Cronograma</i>	21
Figura 10 <i>Curva S</i>	22
Figura 11 <i>Control de mano de obra</i>	23
Figura 12 <i>Proceso de Análisis de Valor</i>	26
Figura 13	28
Figura 14 <i>Singapore BIM Guide 2012” v1.0</i>	29
Figura 15 <i>Level Of Development</i>	30
Figura 16 <i>Aplicaciones para crear y gestionar un modelo BIM</i>	33
Figura 17 <i>Años de Experiencia con BIM de contratistas en el mundo</i>	33
Figura 18 <i>Diseño de Ingeniería de Valor</i>	42
Figura 19 <i>Entorno de trabajo de AutoCAD 2020</i>	46
Figura 20 <i>Entorno de trabajo de Project 2019</i>	46
Figura 21 <i>Imagen referencial de Revit 2020</i>	47
Figura 22 <i>Imagen referencial Navisworks 2020</i>	47
Figura 23 <i>Valor representativo de Materiales</i>	49
Figura 24 <i>Página WEB de Esri para cotización de ArcGis</i>	51
Figura 25 <i>Página WEB de Aluvid para cotización de muro cortina</i>	52
Figura 26 <i>Imagen referencial de Computadora de la página WEB Cusco informático</i>	53
Figura 27 <i>Página WEB de Windows para cotización de Sistema operativo</i>	54
Figura 28 <i>Representación de Estructura de Losa segundo Nivel</i>	57
Figura 29 <i>Detalle de Pozo de Luz estructuras</i>	58
Figura 30 <i>Imagen Arquitectónica Losa Segundo Nivel</i>	58



Figura 31 <i>Detalle de Pozo de Luz arquitectura.....</i>	59
Figura 32 <i>Modelado de estructuras del Proyecto</i>	60
Figura 33 <i>Modelado de arquitectura del Proyecto</i>	61
Figura 34 <i>Modelado de Instalaciones Sanitarias del Proyecto.....</i>	61
Figura 35 <i>Modelado de Instalaciones eléctricas y de comunicaciones del Proyecto ...</i>	62
Figura 36 <i>Imagen referencial de corte del Proyecto para verificación de falso dintel</i>	63
Figura 37 <i>Detalle falso dintel del segundo piso</i>	63
Figura 38 <i>Imagen referencial del falso dintel ubicado en el Proyecto en Revit</i>	64
Figura 39 <i>Extracto de presupuesto general para verificación de muro cortina</i>	64
Figura 40 <i>Extracto de presupuesto general para verificación de Pintura en muros exteriores</i>	64
Figura 41 <i>Extracto de presupuesto general para verificación de tarrajeo en muros exteriores</i>	65
Figura 42 <i>Imagen referencial de programación de Obra en el programa Ms Project.</i>	65
Figura 43 <i>Gráfico circular de cantidad de insumos por rango de incidencia en precio total.....</i>	67
Figura 44 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema de información geográfica.....</i>	68
Figura 45 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo</i>	68
Figura 46 <i>Gráfico circular de valor incrementado del insumo Fierro Co. $F_y=4200$ kg/cm² (grado 60)</i>	69
Figura 47 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo</i>	69
Figura 48 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Cemento Portland Tipo Ip (42.5kg) ”</i>	70
Figura 49 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Plotter.....</i>	71
Figura 50 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru</i>	72
Figura 51 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Terminal de Virtualización</i>	72
Figura 52 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema operativo de Usuario Final.....</i>	73
Figura 53 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Madera corriente.....</i>	73



Figura 54 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante</i>	74
Figura 55 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante</i>	74
Figura 56 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante</i>	75
Figura 57 <i>Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor</i>	75
Figura 58 <i>Imagen de pantalla doble del modelo BIM en fase de gestión de información</i>	77
Figura 59 <i>Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a mala ubicación de tubería pluvial que causa interferencia con la zapata correspondiente al salón</i>	78
Figura 60 <i>Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a tubería para pararrayos mal ubicada (Tubería-Placa)</i>	79
Figura 61 <i>Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a interferencia entre tubería pluvial en Oficinas y viga estructural (viga – Tubería pluvial)</i>	80
Figura 62 <i>Interferencia de Alto Riesgo en Navisworks debido mala distribución de tuberías eléctricas que interfiere con vigas en la losa</i>	81
Figura 63 <i>Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a falta de correlación entre el equipamiento (escenario movible con la tubería de agua pluvial en el Salón)</i> ..	82
Figura 64 <i>Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a error en la cota de la tubería pluvial que causa conflicto con la vereda</i>	83
Figura 65 <i>Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a ubicación de tubería de electricidad debido a poco espacio generando interferencia con el tarrajeo</i>	84
Figura 66 <i>Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks entre especialidades de Instalaciones eléctricas y de comunicaciones debido a mala distribución de las mismas</i>	85
Figura 67 <i>Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a Mala distribución de las cajas octogonales eléctricas que causan interferencias con elementos estructurales como vigas</i>	86



Figura 68 Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a la presencia de muchas tuberías que atraviesan por diversos lugares el sobre cimientto.....	87
Figura 69 Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a la mala distribución de las tuberías eléctricas teniendo una presencia de un codo muy sobresaliente de la losa	88
Figura 70 Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a Interferencia entre sobrecimiento con tubería de comunicaciones (Tubería-Sobre cimientto)	89
Figura 71 Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a escaso espacio para la ubicación de tubería de agua y acero en losa (varilla- Tubería)	90
Figura 72 Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a ubicación de aparatos sanitarios que impedían la ubicación de inodoro (Inodoro- Muro).....	91
Figura 73 Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a intersección entre correas en armado de techo (Correa-Correa).....	92
Figura 74 <i>Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a mala conexión presente en tomacorriente (tubería – tomacorriente)</i>	<i>93</i>
Figura 75 Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a retoque dado por falla en creación de muros (Componente- Losa).....	94
Figura 76 Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a error en la cota de la caja de registro	95
Figura 77 Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a poco espacio para la ubicación del parlante (parlante-Tarrajeo con pintura)	96
Figura 78 Interferencia Tipo Observación en Navisworks debido a empotramiento en muro necesario de tablero de instalaciones eléctricas en salón (Tablero - Muro).....	97
Figura 79 <i>Simulación de construcción</i>	<i>98</i>
Figura 80 <i>Render final del Proyecto Realizado en Navisworks</i>	<i>99</i>
Figura 81 <i>Gráfico circular de cantidad de insumos por rango de incidencia en precio total usando Metodología BIM.....</i>	<i>101</i>
Figura 82 <i>Cuadro resumen de comparación de incidencia en valor</i>	<i>102</i>
Figura 83 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema de información geográfica usando Metodología BIM.....</i>	<i>103</i>
Figura 84 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo usando Metodología BIM</i>	<i>103</i>
Figura 85 <i>Gráfico circular de valor incrementado del insumo Fierro Co. $F_y=4200$ kg/cm² (grado 60) usando Metodología BIM</i>	<i>104</i>



Figura 86 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo usando Metodología BIM</i>	104
Figura 87 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)” usando Metodología BIM</i>	105
Figura 88 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo “Plotter” usando Metodología BIM.....</i>	105
Figura 89 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru usando Metodología BIM</i>	106
Figura 90 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Terminal de Virtualización usando Metodología BIM</i>	106
Figura 91 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema operativo de Usuario Final usando Metodología BIM</i>	107
Figura 92 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Madera corriente usando Metodología BIM.....</i>	107
Figura 93 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM</i>	108
Figura 94 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM</i>	108
Figura 95 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM</i>	109
Figura 96 <i>Gráfico circular de valor optimizado del insumo Ladrillo de arcilla KK. de 9x13x24 usando Metodología BIM.....</i>	109
Figura 97 <i>Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM respecto al uso solo de la Ingeniería de Valor</i>	110
Figura 98 <i>Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM respecto del Valor Inicial.....</i>	110



1. Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

1.1.1.1. Descripción del problema

Al 2019 la Contraloría General de la República analizó el estado de las obras paralizadas desde el 2018, donde se visualiza como la causa más típica de paralización “incumplimiento contractual/deficiencias técnicas” representando un 39% de una muestra de 867 obras (Contraloría general de la República del Perú, 2019, pág. 5), viendo que la economía cusqueña está basada en tercer lugar por el sector de la construcción teniendo este una incidencia del 7.3% en la economía de la región (Chique, Apaza, & Sánchez, 2020, págs. 3-4); Y sabiendo que, el “incumplimiento contractual/deficiencias técnicas” en su mayoría obedece al sobre tiempo y sobre costo (C. Meján, 2009, pág. 115), y basados en que la planificación y programación de obras buscan el buen uso de recursos de acuerdo a los tiempos establecidos. (Esparza Cruz & Martínez Ramirez, 1997, págs. 9-11). Podemos ver el valor de la construcción en Cusco y decir que una de las causas importantes del “incumplimiento contractual/deficiencias” es la falta de pericia a la hora de realizar una correcta planificación puesto que la falta de correlación entre actividades planificadas, la falta de actividades paralelas para trabajar en caso de dificultades y la falta de priorización de actividades, trae consigo incumplimiento de tiempos y sobre costos debido al mal diseño del cronograma de desembolsos para las adquisiciones de materiales que a su vez aumenta el tiempo de ejecución por la espera de los mismos, dando como resultado un ineficiente uso de recursos, por lo expuesto se propone implementar dos medidas correctivas para dichos problemas, los cuales son muy comunes en todo el mundo, la primera es; la Ingeniería de Valor; esta propone la optimización de recursos en base estrictamente a la necesidad que estos deban suplir, siendo un ejemplo claro el cambio de materiales en la aeronáutica para la optimización de costos y la mejora de calidad; y la segunda es la metodología BIM, esta ayuda a la validación de información, puesto que genera un modelo virtual de todas las áreas y especialidades, la cual demuestra por si sola su valía al ser implementada en países como España y Finlandia, quienes ya se encuentran en el tercer nivel de madurez (fase 2) con miras en el cuarto nivel (fase 3) en contraparte en Perú nos encontramos en el segundo nivel (fase 1) y con una meta de llegar al tercer nivel (fase 2) debido al plan de implementación actual de la metodología BIM. (McGraw Hill Construction, 2014, págs. 17-19)



1.1.1.1. Descripción del proyecto

La obra correspondiente al COER (Creación del Servicio de Observatorio de Seguridad Ciudadana en la Región Cusco), contempla 2,333,506 soles de costo directo presupuestado y un costo directo de acuerdo a la relación de insumos de 2,333,642 soles a ejecutarse en un plazo de ejecución de 150 días, ejecutado por el Gobierno regional Cusco, gerencia regional de Infraestructura, Sub gerencia de obras, elaborada por la modalidad de administración directa y ejecutada del mismo modo.

1.1.1.2. Ubicación geográfica

El Observatorio de Seguridad Ciudadana con sede en la Oficina de Gestión de Riesgos y Seguridad, se encuentra al sur de la ciudad de Cusco, distrito de Wanchaq, altitud de 3360 m.s.n.m. Ubicada geográficamente en:

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : Wanchaq

Área : urbana

Altitud : 3 360 m.s.n.m.

Latitud : Entre los paralelos 13° 31' 54.71" sur y 71° 58' 00.03" oeste

LIMITES :

Tabla 1

Límites de la Obra COER

LADO	PROPIETARIO	LONGITUD
NORTE	Con auditorio del C.E. Uriel García	29.55 ml
SUR	Con la Av. Costanera	29.55 ml
ESTE	Con La Av. Velasco Astete	70.05 ml
OESTE	Con calle S/N	69.92 ml

Tomado de: Proyecto de la Obra COER

Área del terreno : 405.47 m²

Perímetro : 86.54 ml

Figura 1

Mapa de Ubicación de la Obra COER



Tomado de: Proyecto de la Obra COER

El acceso esta dado en la Avenida Velasco Astete, pavimentada, garantizando el traslado de materiales y la consecuente ejecución de obra.

1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es la influencia de la Ingeniería de valor y la metodología BIM en el proceso de diseño de la construcción de una edificación?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema Especifico 1:

¿Cómo influye la ingeniería de valor en el proceso de diseño de la construcción de una edificación?

Problema Especifico 2:

¿Cómo influye la metodología BIM en el proceso de diseño de la construcción de una edificación?

Problema Especifico 3:

¿Cuál es la relación que existe entre la ingeniería de Valor y la metodología BIM?



1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

Durante el proceso de diseño de edificaciones la verificación es parte importante para la posterior realización de la misma lo cual se da con bastante exactitud teniendo modelos 3D que se asemejen a la realidad, teniendo como agregado que una de las características más resaltantes es el costo lo cual se podría optimizar haciendo uso de la Ingeniería de Valor.

1.2.2. Justificación Social

La presente investigación sirvió como sustento de enseñanza de nuevas metodologías para las futuras generaciones, así como también revalidó la importancia de la Ingeniería de valor en nuestro medio.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La presente investigación es óptima puesto que los softwares a implementar son accesibles debido a mi condición de estudiante y las características necesarias para su uso son adquiribles.

1.2.4. Justificación por relevancia

El sector de la construcción es uno de los más influyentes dentro de la economía nacional, mayorando su valor debido al desarrollo latente en nuestro medio y dado que las optimizaciones de recursos se aprecian entre mayor sea la cantidad de estos, siendo beneficioso usar la Ingeniería de Valor dentro de la Ingeniería Civil, promoviendo análisis detallados de los recursos y generando ahorros para realizar futuras obras. Complementando, la Metodología BIM demostró su utilidad en países extranjeros como base de datos versátil validando visual y técnicamente la información con el fin de lograr un nivel más real de correlación y análisis entre especialidades, verificando así la construcción más detallada y pudiéndose visualizar mejor el proceso de construcción, ayudando a la expresión de transparencia del mismo, la cual se afianzo al avance tecnológico, debido a la diversidad de paquetes informáticos desarrollados para la construcción y sus afines.

1.3. Limitaciones

1.3.1. Delimitación técnica

- El análisis de valor se remitió a especificaciones dadas en el expediente técnico y no posibles mejoras en cuanto a diseño por temas de cálculos fidedignos.



- El uso de software informático está restringido a Revit 2020, AutoCAD 2020, Civil 3D 2020, y Navisworks 2020 por la complejidad del detallado del tema de investigación.
- El modelado se basó simplemente en lo especificado en los planos mas no contempló partidas intangibles o no especificadas, tal es el caso de los accesorios en las IS, las salidas en las IE, señalizaciones, etc.
- El análisis de valor se realizó en 3 modalidades teniendo en cuenta un mínimo del 1% de incidencia en el precio total de la obra para su correspondiente análisis y existiendo excepciones por su correlación con otros menores.
- El análisis de valor se realizó únicamente tomando en cuenta la única obra ya mencionada no sus similares o la entidad ejecutora.
- Las cotizaciones realizadas se basan en cotizaciones particulares, puesto que las cotizaciones institucionales la ejecutan las personas acreditadas por cada institución bajo los parámetros y canales internos de cada entidad y no se tuvo acceso a los costos finales de la ejecución del proyecto por parte del Gobierno Regional Cusco.

1.3.2. Delimitación Espacial

La presente investigación es sobre el Proyecto de Infraestructura COER Ubicado en la Avenida Velasco Astete N°312 a un costado del Coliseo del Colegio Uriel García.

1.3.3. Delimitación Temporal

La investigación se dio a fines del presente año 2020 en el mes de noviembre, terminando a comienzo del Año 2021 en el mes de febrero.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la Ingeniería de valor y la metodología BIM durante el proceso de diseño de la construcción de una edificación.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo Especifico 1:

Determinar la influencia de la Ingeniería de valor en el proceso de diseño de la construcción de una edificación.

Objetivo Especifico 2:



Determinar la influencia de la Metodología BIM en el proceso de diseño de la construcción de una edificación.

Objetivo Especifico 3:

Determinar la relación entre la Ingeniería de valor y la Metodología BIM.

2. Capítulo II: Marco teórico de la tesis

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

- a) Implementación del análisis de ingeniería de valor aplicado a proyectos inmobiliarios bajo la plataforma BIM en la fase de diseño, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Mirko Herless León Elescano, Germán Bertoni Salazar Orosco, Lima, 2013.

La tesis mencionada trata sobre cómo optimizar costos en la etapa de diseño mediante el uso de la Ingeniería de Valor, teniendo en cuenta la objetividad como factor más relevante de la investigación, para lo cual se consideró el proyecto de una empresa inmobiliaria y dos proyectos de empresas reconocidas, estos fueron sometidos a un análisis de costos para determinar el material más predominante dentro del costo general en cada proyecto, luego se comparó las necesidades que se debían suplir con cada recurso con las bondades de los mismos, así como de otros recursos con características similares, teniendo así como conclusiones más relevantes:

- En el caso del Proyecto A, se pudo generar una reducción de costos de S/. 280,333.67 el cual en % es alrededor del 4.37% del costo inicial, solo en la etapa de diseño de elementos verticales.
- En el caso del Proyecto B, se pudo generar una reducción de costos de S/. 204,471.18 el cual en % es alrededor del 18.17% del costo inicial de la partida de aislamiento sísmico.
- En el caso del Proyecto C, se pudo generar una reducción de costos de S/. 103,309.90 el cual en % es alrededor del 17.95% del costo inicial de la partida de Suministro e Instalación de Materiales Locales del Sistema de Extracción de CO.

(León Elescano & Salazar Orosco, 2017, págs. 135-139)



- b) Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Paul Vladimir Alcántara Rojas, Lima, 2013.

La investigación mencionada analiza e identifica las deficiencias en el proceso de diseño y trata de suplirlas utilizando la metodología BIM, teniendo como una de sus conclusiones la siguiente:

- El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad entre las distintas instalaciones que operan de forma dependiente. A demás permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando. (Alcántara Rojas., 2013, págs. 121-122)
- c) Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Héctor Jesús Galiano La Rosa, Lima, 2018.

En esta investigación se puede visualizar el estudio de un proyecto realizado con metodología BIM donde se analizan las bondades de los paquetes informáticos utilizados y se resalta las mejoras con respecto de los modelos tradicionales, teniendo como conclusiones más relevantes las siguientes:

- Se logró obtener automáticamente los metrados de los elementos estructurales que se necesitaron para crear el presupuesto y la programación a partir del modelamiento 3D estructural de la ampliación del proyecto IIFIC.
- La planificación y programación de la ejecución de obra en base al modelo virtual utilizando la metodología del Tiempo-Camino permitió determinar las tareas que se estaban ejecutando en base al tiempo y espacio. (Galiano La Rosa, 2018, págs. 129-130)



- d) Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Jaime Espinoza Rosado, Roberto Martin Pacheco Echevarría, Lima, 2014.

Esta investigación estudia como optimizar costos en la etapa de diseño usando la metodología BIM verificando la constructabilidad para poder proponer mejores soluciones a un mejor costo, observando beneficios durante la recolección de información al realizar el modelado de una obra que no poseía el diseño con metodología BIM, teniendo como conclusiones más relevantes para la investigación las siguientes:

- De nuestro trabajo de investigación, en la etapa de revisión inicial de la constructabilidad del proyecto en estudio, tiene como resultado la poca aplicación de los principios de la constructabilidad por debajo del 20% en promedio general, es decir, que el proyecto no se ha planificado en la etapa de pre construcción.
- La mayor cantidad de problemas encontrados en el proyecto, corresponde a arquitectura y estructura, 20 y 13 respectivamente, de un total de 37 identificados. Dichas especialidades son las que tienen mayor incidencia en el proyecto, es de suma importancia no tener variabilidad en el proyecto.
- Como resultado general del desarrollo de nuestra propuesta, aplicando herramientas BIM logramos aumentar el porcentaje de constructabilidad en un 84%, es decir, que se ha revisado de manera virtual el proyecto en todas sus especialidades, se ha corregido las incompatibilidades, se ha analizado los puntos críticos del proyecto. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, págs. 102-103)

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

- a) Benefits of building information modeling for construction managers, Worcester Polytechnic Institute, Mehmet F. Hergunsel, Worcester, 2011.

En esta investigación vemos los beneficios de múltiples paquetes informáticos para la integración de datos en proyectos de infraestructura, los cuales poseen sus diversas ventajas, funcionalidades, beneficios y dificultades, viendo así distintos parámetros de comparación entre dichos paquetes informáticos, tomando como punto de inicio de la presente investigación las conclusiones observadas en los distintos proyectos, las que son:



- Se recomienda encarecidamente el uso de BIM en comparación con el modelado 2D porque el modelo paramétrico niega la superposición de los elementos y no hay errores, omisiones o conflictos de información en diferentes vistas.
 - El usuario debe usar los elementos disponibles actualmente y modificarlos para crear nuevos elementos porque Revit Architecture requiere tiempo e inversión para construir elementos nuevos desde cero.
 - Cuando se modela un proyecto, se considerarán las actividades de programación y se utilizará la opción de división cuando sea necesario. (Hergunsel, 2011, págs. 61-65)
- b) Implementación de la metodología BIM, orientada a la gestión de proyectos inmobiliarios. Caso de aplicación: Edificio de pasajeros Ecuador – Centro binacional de atención en frontera Rumichaca (CEBAF), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Marco Nolivos, Quito, 2019.

La tesis mencionada analiza la implementación de la Metodología BIM verificando las bondades que esta presenta en el desarrollo de un proyecto de Infraestructura en función a la generación de una base de Datos integrada consiguiendo las siguientes conclusiones:

- La coordinación 4D permite, mediante el cronograma general que se ha señalado como parte de los documentos que se entregará, estimar las actividades que deberán tomarse como antecedentes y procedentes, es una simulación realista de lo que se va a esperar en campo por lo que se deberá considerar parte fundamental del proceso de construcción.
- Durante la primera revisión del modelo en el proceso de detección de incoherencias entre las disciplinas: estructuras - hidrosanitaria se encontraron un total de 51 incoherencias.

Se resolvió con los miembros de la empresa clasificar estos errores como se especifica en el plan maestro de entrega de información o Máster Information Delivery plan (MIDP), quedando de la siguiente manera:

Alpha: cruces entre tuberías y losas (no necesita segunda revisión) 50%.

Beta: cruces parciales entre elementos de disciplinas (necesita revisión de la corrección) 25%.

Gama: cruces totales de objetos hidrosanitarios por elementos estructurales (necesita tomar decisión entre partes responsables de la información y posterior corrección) 25%. (Nolivos, 2019, págs. 154-157)



- c) Aplicación de Ingeniería de Valor al Proyecto de Vivienda Social “Los Capulies”, Universidad del Azuay, Vladimir Eugenio Carrasco Castro, Cuenca, 2018.

La tesis mencionada analizó la implementación de la ingeniería de valor durante la etapa final de un proyecto en construcción dando así diversas alternativas para los recursos más influyentes teniendo en cuenta lo que estos cambios requerirían, dando así las siguientes conclusiones:

- De acuerdo al análisis ejecutado sobre las diferentes alternativas constructivas, tomando en cuenta distintos factores, entre los cuales están, costo mano de obra, costo de materiales, tiempo de ejecución, en lo que respecta a mampostería, es el Steel Frame, ya que es un material versátil, de fácil manipulación, menos desperdicio dentro de la obra, por lo cual se tiene una zona de trabajo mucho más limpia.
- Por otra parte, en cuanto al rubro de ventanería, la opción más económica será siempre en aluminio, sin embargo, el costo dependerá del subcontratista al cual se le pida la cotización, ya que, en este caso, la propuesta del constructor es la más acertada. (Jaramillo Suárez, 2018, págs. 66-67)

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Gestión de Proyectos

Según el PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE® (PMI), la gestión de proyectos es el conjunto de acciones que aseguran la realización de un proyecto de acuerdo a diversas especificaciones del mismo, las cuales abarcan todos los aspectos que se puedan considerar de acuerdo a la información que se pueda recolectar, uno de los parámetros más importantes que se deben de controlar es el tiempo de culminación del proyecto, para lo cual se diferencian 5 fases de la gestión de proyectos, las que son:

1. Iniciación del Proyecto, esta fase da inicio con la venta donde se delimita el problema y se llega a un acuerdo conceptual sobre el mismo.
2. Planificación detallada del Trabajo a realizar, en esta fecha se termina de definir la estructura del trabajo, así como los plazos, elaborando así el cronograma de realización del proyecto teniendo como base una amplia investigación sobre este para evitar posibles eventos inesperados y contemplar todo lo posible en su elaboración.



3. Ejecución del Proyecto, en esta fase se produce la materialización de lo planificado, teniendo en cuenta que de ocurrir eventos inesperados habrá que actualizar fehacientemente el cronograma de la manera más optima posible para evitar mayores variaciones, de existir estas se deben actualizar en la planificación.
4. Seguimiento y control del trabajo, puesto que los proyectos son muy dinámicos se tiene que realizar un continuo seguimiento de todo lo que se pueda dar en el mismo para poder verificar mejorar y de poderse optimizar tomando decisiones que ayudaran a la realización del proyecto.
5. Cierre del Proyecto, es la culminación del trabajo establecido como proyecto, bajo lo acordado al inicio del mismo. (Krasnov, 2010, págs. 1-4)

2.2.2. Costo

El costo de un producto, es el valor económico que implica todo el proceso de producción de dicho producto, así como materiales, mano de obra a lo cual se incluyen valores externos como las ganancias entre otros.

Existiendo tipos los cuales han de identificarse, los cuales son:

- Costos directos
- Costos indirectos
- Costos de administración y generales
- Costos semivariantes (Valenzuela Reinaga , Chávez Rivera, Landazuri Aguilera, & Ochoa Jaime, 2009, págs. 14-15)

El costo está sujeto a fluctuación debida a diversos factores en el tiempo y debido a la dificultad de realizar proyectos tan rápido como son concluidos sus expedientes se creó una serie de formas de reajustar estos valores en el tiempo.

2.2.2.1. Metodología de los IUPC

Los Índices Unificados de Precios de la Construcción (IUPC), son indicadores económicos que muestran la fluctuación promedio de precios, que experimentan en el mercado el conjunto de elementos que intervienen en el costo de las obras de construcción civil. (Dirección Técnica de Indicadores Económicos & Dirección Ejecutiva de Indices de Precios, 1992)



Figura 2

Cálculo el relativo promedio geométrico de los precios que conforman el correspondiente índice unificado

$$R_{i,t} = \sqrt[N]{\prod_{k=1}^N \frac{P_{i,t}^k}{P_{i,t-1}^k}}$$

donde:

$P_{i,t}^k, P_{i,t-1}^k$: Precio del informante k , en el índice unificado i , para el período actual t o el período anterior $t-1$

$R_{i,t}$: Relativo promedio geométrico del índice i en el período actual, t

i : Código del índice unificado

N : Número total de observaciones de precios en el índice unificado.

Tomado de: (Dirección Técnica de Indicadores Económicos & Dirección Ejecutiva de Índices de Precios, 1992)

Figura 3

Cálculo del respectivo Índice Unificado del período actual

$$IU_{i,t} = IU_{i,t-1} \times R_{i,t}$$

donde:

$IU_{i,t}, IU_{i,t-1}$: Índices Unificados i en los períodos t y $t-1$

Tomado de: (Dirección Técnica de Indicadores Económicos & Dirección Ejecutiva de Índices de Precios, 1992)



Figura 4
Cálculo para Índices Ponderados

$$r_{i,t}^j = \sqrt[n_j]{\prod_{k=1}^{n_j} \frac{P_{i,t}^{j,k}}{P_{i,t-1}^{j,k}}}$$

$$R_{i,t}^* = \sum_{j=1}^m r_{i,t}^j \times w_i^j$$

donde :

$$\sum_j^m w_i^j = 1$$

$P_{i,t}^{j,k}, P_{i,t-1}^{j,k}$: Precio del informante k , en el elemento j , del índice i , para el período actual t o el período $t-1$

$r_{i,t}^j$: Relativo promedio geométrico del elemento j , en el índice unificado i , para el período actual t

$R_{i,t}^*$: Relativo promedio ponderado del índice i en el período actual, t

j : Elemento que conforma un índice unificado

m : Número de elementos que participan en el índice unificado.

w_i^j : Ponderación o participación del elemento j en el índice unificado i .

n_j : Número de observaciones de precios en el elemento j del índice unificado i .

Y luego se obtiene el respectivo Índice Unificado

$$IU_{i,t} = IU_{i,t-1} \times R_{i,t}^*$$

$IU_{i,t}, IU_{i,t-1}$: Índices Unificados i en los períodos t y $t-1$

Tomado de: (Dirección Técnica de Indicadores Económicos & Dirección Ejecutiva de Índices de Precios, 1992)

2.2.3. Planificación y Programación

2.2.3.1. Planificación de Obras

Para la realización de cualquier tarea es necesario tener una secuencia de acciones que se necesitan para dicho fin, el hecho de cómo realizarlas es el caso de la planificación de obras, aquí se tiene que tener en cuenta todos los factores relevantes para la realización del proyecto e identificarlos es una tarea de información sobre el mismo.

Planear es imaginar, proyectar y organizar conforme a las necesidades establecidas de acuerdo a la investigación a la cual se tenga acceso; algunas características de esta son:



tiene un objetivo, posee una serie de tareas, una duración, es particular y utiliza diversos recursos. (Krasnov, 2010, pág. 2)

2.2.3.2. Programación de Obra

La programación, es la elaboración de tablas o gráficas que indiquen los tiempos de inicio y terminación, por consiguiente, la duración de cada una de las actividades que forman parte del proceso, en forma independiente (Esparza Cruz & Martinez Ramirez, 1997, pág. 35)

En tal caso podemos decir que como resultado de una correcta planificación se elabora la programación de las tareas pertinentes en los plazos necesarios para lo cual se tienen diversos métodos para verificar la secuencia de las actividades su orden y relevancia, para dar como resultado final cronogramas detallados sobre puntos importantes.

2.2.3.2.1. Métodos

2.2.3.2.1.1. Diagrama Gantt

Dicho diagrama inventado por Henry L. Gantt, es uno muy importante y frecuentemente el más usado en la planificación de obras, dado por su intuitiva funcionalidad, este diagrama representa una serie de actividades que poseen su duración a manera de barras de diversas longitudes, las cuales estarán a continuación o paralelas a otras viéndose así la secuencia de las actividades y dando pie a la realización de las mismas; Por otro lado este diagrama también puede usarse para verificar o controlar el avance actual de la obra, comparándolo con la programación que se había establecido en la etapa de planificación, la secuencia se puede apreciar con el uso de pequeñas flechas para ver qué actividades se pueden realizar después de otras así como también las actividades importantes que se deben priorizar se pueden visualizar al cambiar de color a lo que se le conoce como la ruta crítica (conjunto de actividades consecutivas que de haber variación en su duración de ejecución variara la duración total de la obra), esto último es valor agregado propuesto por el método CPM. (Rivera Esteban, 2015, págs. 25-26)

2.2.3.2.1.2. Pert (Program Evaluation Review Technique) - CPM (Critical Path Method)

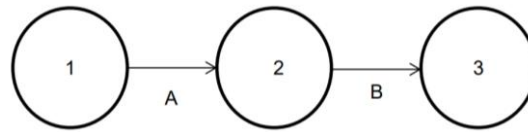
Es la combinación de 2 métodos de planificación los cuales consiste en la asignación de una letra a cada actividad y por medio de un gráfico generalmente de círculos y con ayuda de flechas realizar las secuencias de las mismas, las cuales por medio de sumas simples



y restas haciendo divisiones en los círculos se podrá establecer los tiempos como se muestran en las siguientes figuras con sus respectivos tipos.

Figura 5

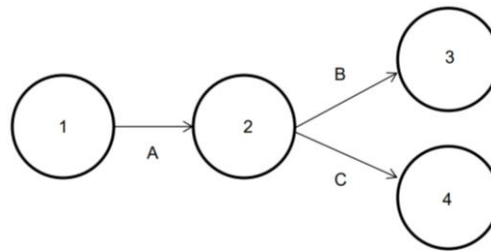
Dependencia Directa



Tomado de: (Rivera Esteban, 2015, pág. 28)

Figura 6

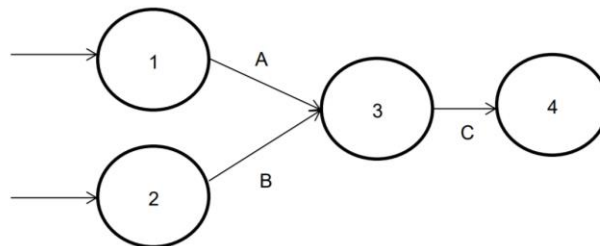
Dependencia Múltiple



Tomado de: (Rivera Esteban, 2015, pág. 29)

Figura 7

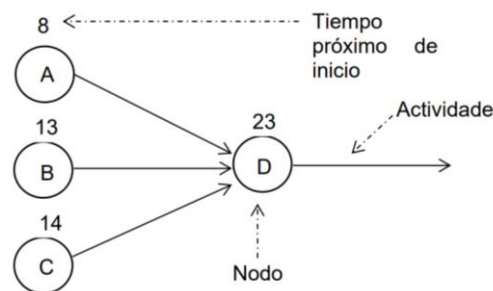
Dependencia Compartida



Tomado de: (Rivera Esteban, 2015, pág. 29)

Figura 8

Tiempo próximo de Inicio



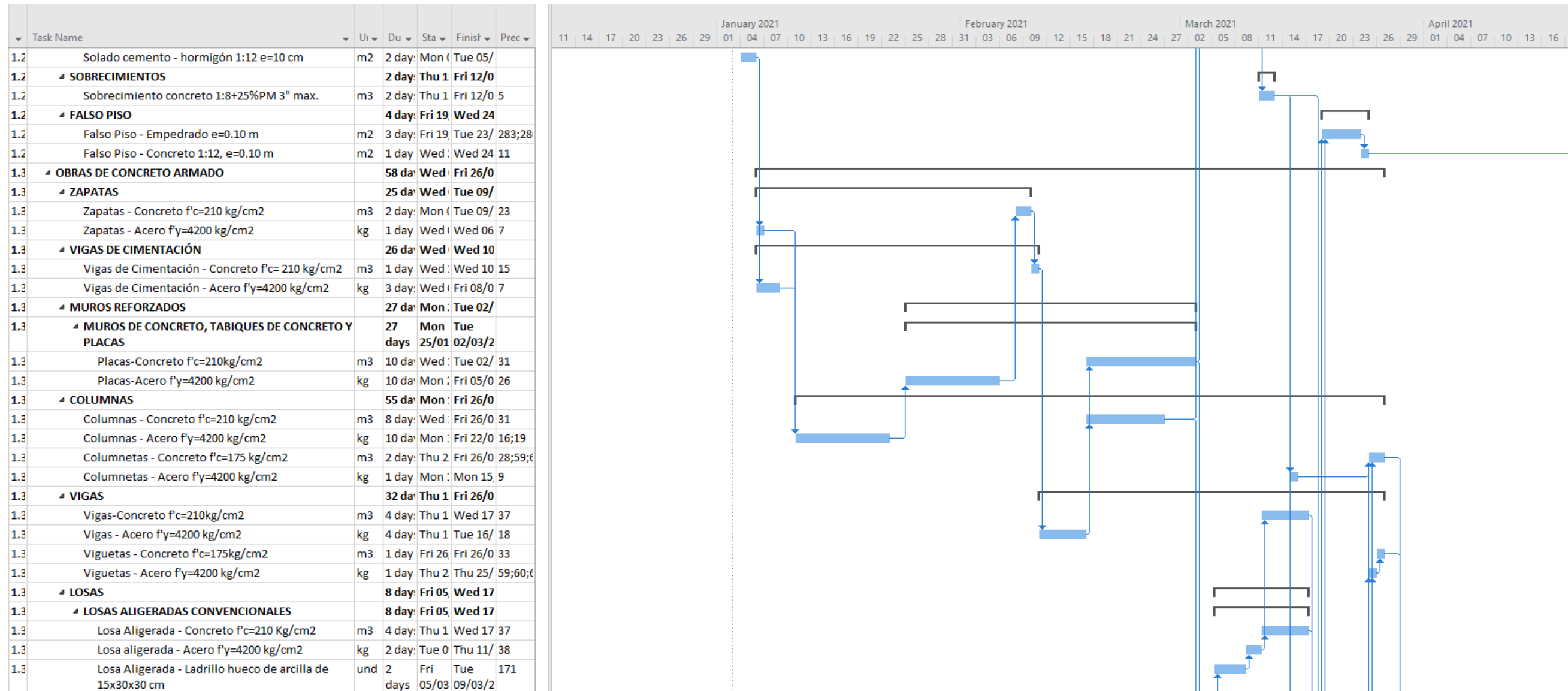
Tomado de: (Rivera Esteban, 2015, pág. 31)

2.2.3.2.2. Cronograma

Calendario de trabajo el cual se divide por etapas para expresar distintas variables y su uso durante un tiempo determinado, la inversión que se realizará para la adquisición de recursos necesarios durante un tiempo determinado, dicho tiempo expresado como una acumulación de precios que luego se proyecta como una curva terminando en el costo del proyecto total lo cual es llamado como la curva S, la cual se compara con el avance de la obra actual para ver las diferencias financieras.

Figura 9

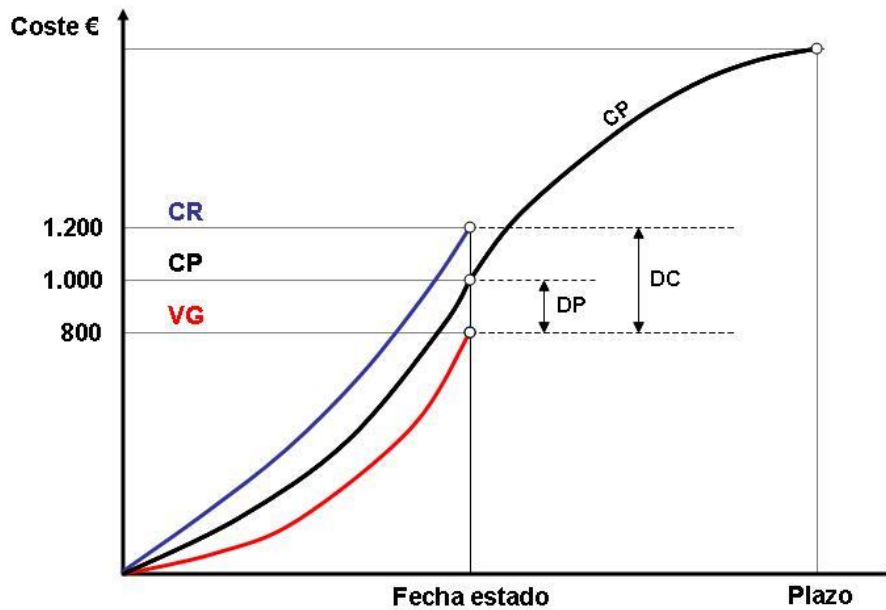
Ejemplo de Cronograma



Elaboración propia



Figura 10
Curva S



CR: costo real; CP: costo planificado VG: Valor ganado; DC: Diferencia de costo DP: Diferencia de plazo

Tomado de: (H. Lipke, 2016)

2.2.3.3. Control

Una vez concluida la programación de obra se procede a su implementación con la debida verificación de su funcionamiento en los distintos aspectos que esta compete como son:

2.2.3.3.1. Mano de Obra

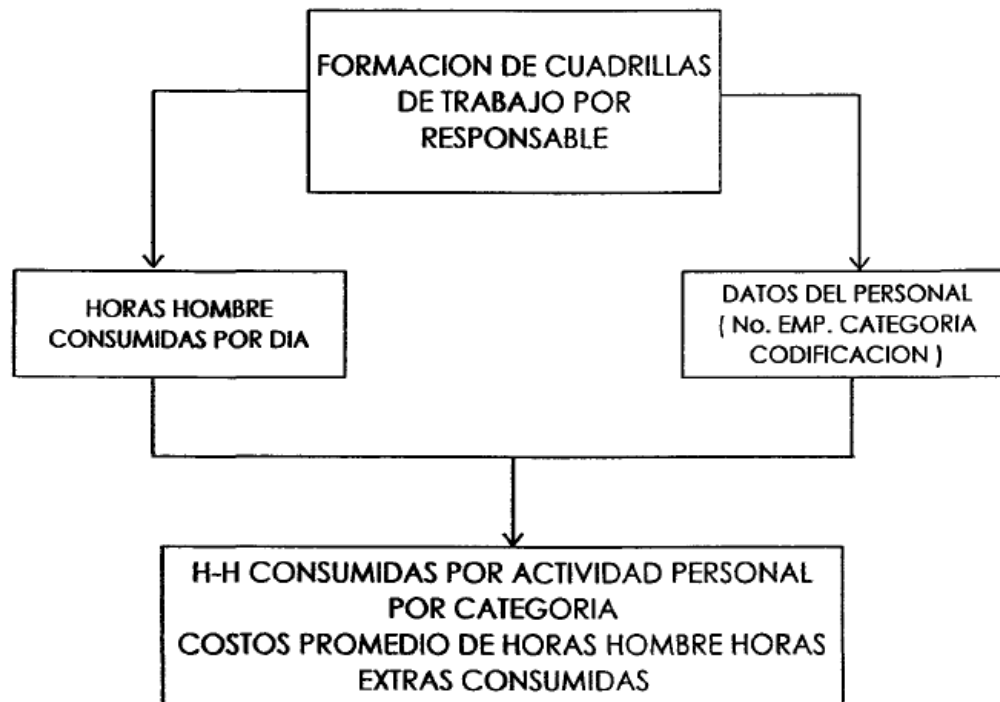
Es la mayor variable en el costo del proyecto puesto que depende de factores difíciles de estimar o predecir con exactitud como son de su productividad o factores externos, para lo cual es necesario:

- Agrupar al personal que trabaja directamente en las actividades que representan avance por jefe de área.
- Recopilación diaria de las horas hombre consumidas clasificándolas por actividades.
- Determinación de los costos de mano de obra en tiempo normal de trabajo y tiempo extra.

(Esparza Cruz & Martinez Ramirez, 1997, pág. 63)

Figura 11

Control de mano de obra



Tomado de: (Rivera Esteban, 2015, pág. 64)

2.2.3.3.2. Productividad

La productividad se medirá sobre cualquier actividad en cualquier momento catalogado como relevante haciendo una comparación objetiva

2.2.3.3.3. Materiales

Este también se realizará en cualquier momento para catalogar los el avance físico haciendo comparaciones nuevas relevantes.

2.2.4. Constructability

Termino complejo el cual hace referencia en español a 3 palabras no reconocidas por la real academia española (constructibilidad, constructabilidad y constructividad) el cual hace referencia a la integración de la experiencia de la construcción en la planificación y diseño del proyecto, teniendo en consideración una basta cantidad de aspectos pertinentes y justificables, dando como resultados optimizaciones en tiempos y costos, dicho termino es usado por personas de habla inglesa desde 1970. (Mohd Nawi, Mohamad Kamar, & Lee, 2014, págs. 2-4)



2.2.1. Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)

2.2.1.1. Definición

Herramientas tecnológicas que facilitan las tareas cotidianas de la gente, lo cual permite captura, almacenamiento, procesamiento, distribución y difusión.

Las TI conforman el conjunto de recursos necesarios para manipular la información: los ordenadores, los programas informáticos y las redes necesarias para convertirla, almacenarla, administrarla, transmitirla y encontrarla. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 39)

2.2.1.2. Aplicaciones en la Construcción

Las TIC en la construcción han tenido mucho impacto en la construcción por su cantidad de recursos y gracias a la oferta de servicios tecnológicos a su bajo precio de adquisición y lo que estos aportan.

2.2.1.3. Modelos 3D

Los modelos 3D están muy en boga últimamente puesto que el avance de las TIC (tecnologías de información y la comunicación), están avanzando y generando mayores mecanismos para la resolución de problemas, estas tecnologías están basadas en las delimitaciones de los objetos tridimensionales mediante vectores transmitido a lenguajes de programación mediante el diseño de estructuras geométricas básicas para formar un tumulto de complejas expresiones para definir diversos objetos en un aspecto más realista la cual empezó parte de la geometría descriptiva antes usada, todo esto no podía faltar en el área de la construcción así que se empezó el empleo de los mismos mediante un modelado en 3D, lo que en un futuro daría paso al BIM teniendo su expresión más álgida con el diseño paramétrico el cual permite el detallado de las estructuras caracterizándolas de acuerdo a cualidades diversas y de distinto tipo lo cual permite la automatización de los modelos para su actualización constante y fiable. Todo esto empezó con paquetes de diseño ARC como ArchiCAD o 3D Studio Max, donde se fueron implementando tiempos recursos, etc. (Abbott, y otros, 2005, pág. 17)

2.2.2. Ingeniería de Valor

2.2.2.1. Definición

La ingeniería de Valor es un sistema de análisis basado en la objetividad de las necesidades buscando maximizar eficientemente el uso de recursos sin afectar la calidad de los resultados, el cual nació a fines de la segunda guerra mundial, donde tiempo



después fue en Estados Unidos en 1954 cuando se implementaría y usaría por primera vez.

Ingeniería de Gestión del Valor, el método de Miles y Erlicher, es un método grupal, sistemático y orientado a la función, utilizado para analizar y mejorar el valor en un producto, diseño, sistema o servicio. Es una metodología poderosa para solucionar problemas y/o reducir costos mientras que mejora requisitos de desempeño/ calidad. El valor, según lo definido, es un cociente entre el proceso y el costo, y puede por lo tanto ser aumentado mejorando el proceso o reduciendo el costo. (Aly Tantawy, 2019)

El objetivo de la Ingeniería de Valor es eliminar o reducir la incertidumbre de encontrar soluciones alternativas a las del diseño en curso que sean de igual o mejor funcionalidad y de menor o igual costo mediante la determinación del programa de necesidades del cliente que sirven de base para la preparación de los criterios y especificaciones del diseño. (Merchan Gabaldón, 2005, págs. 50-57)

La ingeniería de valor nació de la idea de la optimización de recursos con la finalidad de ahorro donde Lawrence D. Miles concluyó que se producía un desperdicio de los recursos por usos no establecidos que encarecían los procesos, pudiéndose tomarse vías alternas de solución para optimizar los procesos; todo esto debido a distintos aspectos como falta de tiempo para diseñar, carencia de información, falta de comunicación, conformidad, entre otros. Por lo cual se observa que para generar optimización se debe generar uno de los siguientes aspectos:

- Formato estructurado y sistemático
- Retención del alcance
- Cambio en la calidad
- Entrenamiento Organizacional
- Consideraciones específicas (Ciclo de vida, etc.)
- Enfoque de equipo interdisciplinario

Para realizar lo antes mencionado se mencionan 2 elementos clave, los que son:

- El Uso de un equipo para realización de tareas “Task Team”
- La Metodología de Búsqueda de valor

2.2.2.2. Task team

Es un grupo de personas que están enfocadas en la resolución de las necesidades a las cuales llamamos tareas de forma óptima, sustentado en que existen estudios que revelan la mejora de un grupo frente a un individuo dando mejores resultados, dando como máximo 5 personas en dicho grupo.

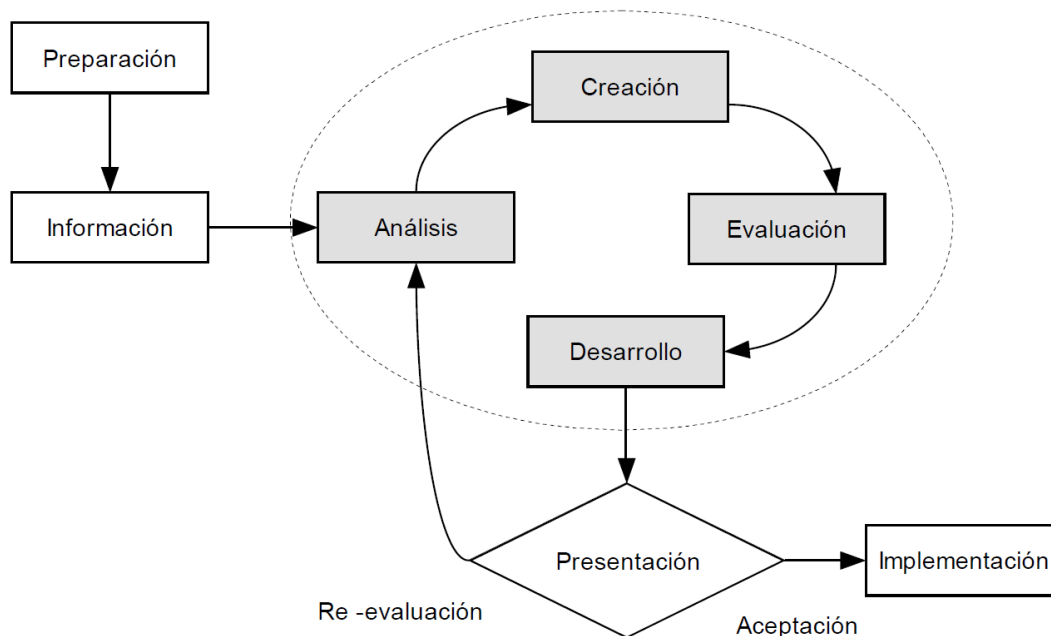
2.2.2.3. Metodología de Búsqueda de Valor

Esta metodología tiene como base la funcionalidad de los recursos y las necesidades que se requieran en distintos escenarios de acuerdo al tiempo y aspectos externos, la cual consiste en resolver las necesidades al menor costo, lo cual podría implicar reducción de ventajas, pero no anulación de necesidades de acuerdo a la funcionalidad requerida.

Por otro lado, se observan etapas para la realización del proceso de la Ingeniería de Valor, definido en el siguiente diagrama. (Samy E., 1998, págs. 384-385)

Figura 12

Proceso de Análisis de Valor



Tomado de: (Shahin, Kermodé, & Sivaloganathan, 2000, pág. 304)

2.2.2.4. Técnicas de la Ingeniería de Valor

2.2.2.4.1. Ciclo de vida del costo

Es una técnica que permite tener visión en perspectiva del proyecto incluso antes de que este se realice, para realizar una correcta toma de decisiones, teniendo las siguientes ventajas.



- Mejora de costos totales.
- Pronósticos confiables del comportamiento de los costos
- Desarrollo de análisis de costos. (Carrillo Cárdenas, 2005, pág. 9)

2.2.2.4.2. Diagrama Fast

Es una herramienta utilizada para analizar las funciones del equipo bajo estudio, establece la liga entre los atributos de valor que el cliente busca y las funciones del producto y proceso, así como los recursos requeridos para alcanzarlos.

El FAST es una herramienta para comunicar y describir el “qué hace” una parte específica. (Carrillo Cárdenas, 2005, pág. 9)

2.2.2.5. Etapas de la Ingeniería de Valor

2.2.2.5.1. Diagnostico

En esta etapa se analiza verifica y comprende las características para su asignación de valor correspondiente.

2.2.2.5.2. Análisis y Soluciones

Comprende el análisis creación evaluación y desarrollo correspondiente al pasado diagnóstico inicial donde se genera la idea relevante y se combina las ideas, para posteriormente realizar la verificación y contraste.

2.2.2.5.3. Implementación

Implementar los cambios aceptados durante la etapa de presentación:

- Realizar desarrollo detallado
- Implementar los cambios en las operaciones de la compañía
- Realizar seguimiento e identificar áreas que requieran trabajo adicional (Carrillo Cárdenas, 2005, págs. 11-12)

2.2.3. Metodología BIM (Building Information Modeling)

2.2.3.1. Definición

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio), es un conjunto de bases de datos los cuales se superponen en un modelo en 3 dimensiones el cual sirve para control de especialidades, haciendo uso de distintos softwares para las distintas etapas de vida de los proyectos, teniendo una basta variedad de parámetros los cuales permitirán controlar todo lo relacionado al proyecto. (McGraw Hill Construction, 2014, pág. 60)

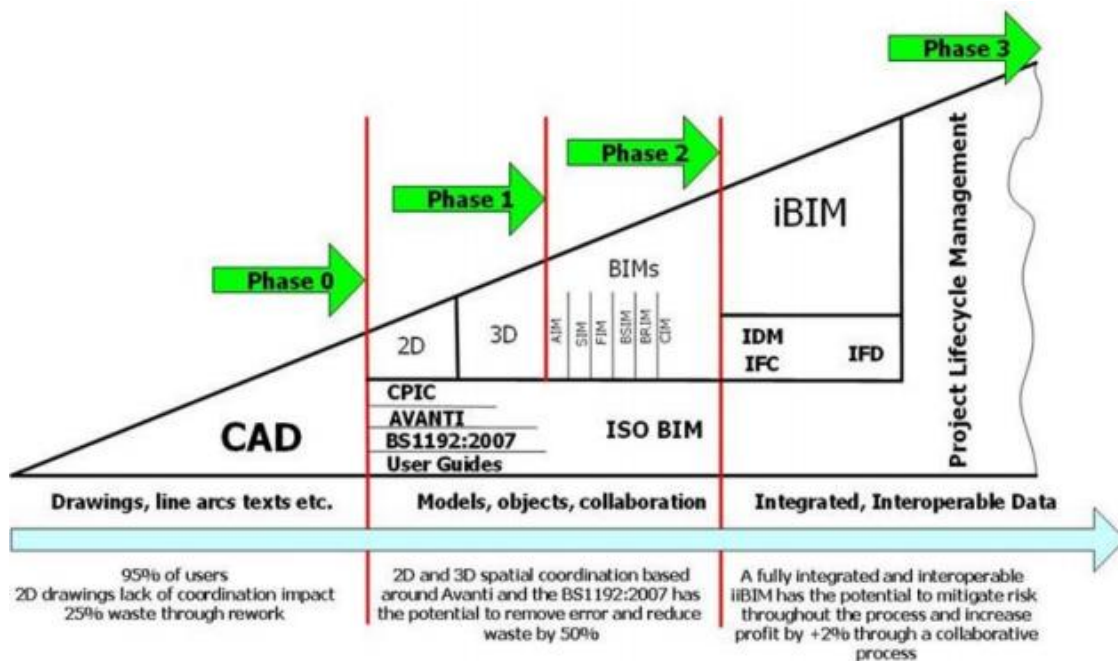
Herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles con información al edificio a diseñar o usar. (Coloma Pico, 2008, pág. 10)

2.2.3.2. Niveles de Madurez y Dimensiones BIM

Modelos de Organización adoptados principalmente por el Reino Unido, siendo el principal el siguiente.

Figura 13

BewRichards BIM Maturity Model



Tomado de: (Soler Severino, González Márquez, & Choclán Gámez, 2015, págs. 13-14)

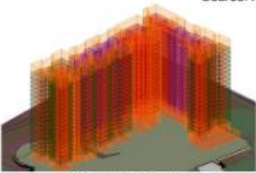


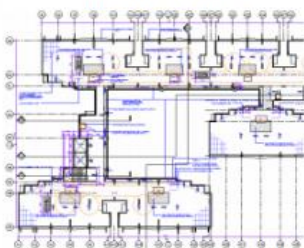
Los niveles de madurez relacionados a las dimensiones BIM expresan: En el primer nivel (fase 0) el uso del CAD tradicional, en el segundo nivel (fase 1) se incluyen las practicas relacionadas a la generación, producción, distribución y calidad usando procesos normalizados en CAD, el tercer nivel (fase 2) supone gestión con herramientas BIM de entornos 3D y por último el cuarto nivel (fase 3) el cual considera la integración de datos en servicios web que permitan colaboración e interoperabilidad (Soler Severino, González Márquez, & Choclán Gámez, 2015, págs. 13-14), teniendo así conceptos de 4D con implementación de tiempo, 5D con la incorporación de costos, 6D con conceptos como la sostenibilidad y 7D con la operación y mantenimiento.

2.2.3.3. LOD

2.2.3.3.1. LOD como Nivel de Detalle

Corresponde a la evolución lineal de cantidad y riqueza de información de un proceso constructivo, la cual aumenta con el tiempo y se refiere al modelo del proyecto, inicialmente fue definida por la empresa Vico (actualmente dentro del grupo Trimble y originalmente vinculada a Graphisoft). (Alonso Madrid, 2015).

Figura 14
Singapore BIM Guide 2012" v1.0

Project Stages • Milestones	2D Drawing Scales	BIM Deliverables	
		General Level of Detail of each BIM Model Element / Assembly	Examples
Conceptual Design • Outline Planning Permission • Project feasibility	1:200 to 1:1000	Building massing studies or other forms of data representation with indicative dimensions, area, volume, location and orientation	Source: HDB  Massing model
Schematic / Preliminary Design • Planning Approval • Design & Build Tender Documentation	1:200	Generalized building component or system with approximate dimensions, shape, location, orientation, and quantity. Non-geometric properties may be provided.	Source: HDB  Preliminary design model
Detailed Design • Building Plan Approval • Continued Design & Build Tender Documentation; or • Design-Bid-Build Tender Documentation	1:100	More detailed version of a generalized building component or system with accurate dimensions, shape, location, orientation, and quantity. Non-geometric properties should be provided.	Source: HDB  Detailed section model  Detail drawings generated from BIM

Tomado de: (Alonso Madrid, 2015)

Los grados de detalle vienen dados por letras o letras y números según el país de origen de estos.

2.2.3.3.2. LOD como Nivel de Desarrollo

Este define la madurez de información que posee un elemento del modelo, cabe resaltar que el LOD no se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vínculo con la fase de desarrollo o construcción, su clasificación numeral está dada por (American Institute of Architects) y admitida por el BIMForum, donde establecen que todos los niveles están determinados por:

- Usos autorizados (Análisis, costo, programación, coordinación, otros)
- Requerimientos de contenido del elemento (Alonso Madrid, 2015)

Figura 15
Level Of Development



Tomado de: (Nuñez & Zaragoza, 2015)

- LOD 100

El elemento del modelo puede representarse gráficamente en el modelo con un símbolo u otra representación genérica, pero no satisface los requisitos del LOD 200. La información relacionada con el elemento del modelo (es decir, el coste por pie cuadrado, el tonelaje de HVAC, etc.) puede derivarse de otros elementos del modelo.

Interpretación de BIMForum: Los elementos LOD 100 no son representaciones geométricas. Los ejemplos son la información adjunta a otros elementos del modelo o símbolos que muestran la existencia de un componente, pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. Cualquier información derivada de LOD 100 debe considerarse aproximada. (BIM FORUM, 2019)



– **LOD 200**

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto genérico con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo. Interpretación de BIMForum: En este LOD los elementos son marcadores de posición genéricos. Pueden ser reconocibles como los componentes que Pueden ser reconocibles como los componentes que representan, o pueden ser volúmenes para la reserva de espacio. Cualquier información derivada de los elementos LOD 200 debe considerarse aproximada. (BIM FORUM, 2019)

– **LOD 300**

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño forma, ubicación y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo. Interpretación de BIMForum: La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento tal y como está diseñado pueden medirse directamente a partir del modelo sin tener que recurrir a información no modelada, como notas o llamadas de cota. El origen del proyecto está definido y el elemento El origen del proyecto está definido y el elemento está localizado con precisión con respecto al origen del proyecto. (BIM FORUM, 2019)

– **LOD 350**

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de cantidad, tamaño forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas del edificio. También puede adjuntarse información no gráfica al elemento del modelo.

Elemento. Interpretación de BIMForum. Se modelan las partes necesarias para la coordinación del elemento con los elementos cercanos o adjuntos. Estas partes incluirán elementos como soportes y conexiones. La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento tal y como está diseñado pueden medirse directamente a partir del modelo sin necesidad de recurrir a información no modelada, como notas o llamadas de cota. (BIM FORUM, 2019)



– **LOD 400**

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto específico en términos de tamaño, forma ubicación, cantidad y orientación con información de detalle, fabricación, montaje e instalación. La información no gráfica también puede adjuntarse al elemento del modelo. Interpretación de BIMForum. Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la fabricación del componente representado.

componente representado. La cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento, tal y como se ha diseñado, pueden medirse directamente a partir del modelo sin tener que recurrir a información no modelada, como notas o llamadas de cota. (BIM FORUM, 2019)

– **LOD 500**

El elemento del modelo es una representación verificada sobre el terreno en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. La información no gráfica también puede adjuntarse a los elementos del modelo. Interpretación de BIMForum. Dado que el LOD 500 se refiere a la verificación en campo y no es una indicación de la progresión a un nivel superior de la geometría del elemento del modelo o de la información no gráfica, el LOD 500 es una representación verificada en campo. de la geometría de los elementos del modelo o de la información no gráfica, esta Especificación no la define ni la ilustra. (BIM FORUM, 2019)

2.2.3.4. Diferencias entre CAD y BIM

La aparición del diseño asistido por ordenador (CAD) en la década de 1980 anunció un cambio importante en las industrias del diseño y la construcción, un cambio que llevó a los diseñadores e ingenieros lejos del dibujo a mano tradicional y los introdujo de lleno en la era PC.

El CAD marcó los primeros pasos de los esfuerzos para aprovechar la inteligencia de los ordenadores para economizar el proceso de diseño. Hoy en día, el concepto se ha llevado un paso más allá con el desarrollo de Building Information Modeling (BIM), permitiendo a los equipos de diseño introducir toda la información en los modelos 3D. Esto hace que el software de diseño sea tan útil tanto en las etapas previas a la pre-construcción, construcción, así como durante el proceso de diseño, siempre con la posibilidad añadida



de recalcular sin que exista inconveniente, los elementos del modelo diseñado basados en la nueva información que pueda ser integrada.

Según el libro BIG BIM Little bim: “BIM es la gestión de información y relaciones complejas entre los recursos técnicos y sociales que representa la complejidad, colaboración y la interrelación de la organización de hoy. El objetivo en la gestión de proyectos es tener la información correcta en el momento correcto y el tiempo exacto”⁸ BIM representa virtualmente lo que será construido y su entorno. Además, está asociado a las herramientas (software), métodos (procedimientos de operación) y análisis (estructural, constructabilidad, energético, chequeo de interferencias, etc.) relacionados con este modelo. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, págs. 42-43)

Figura 16

Aplicaciones para crear y gestionar un modelo BIM



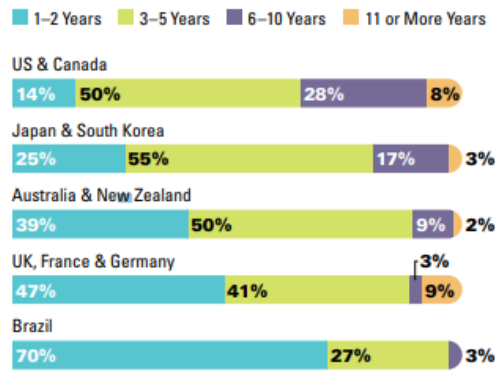
Tomado de: (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 43)

2.2.3.4.1. Adopción del BIM

La metodología BIM se fue implementando de 28% a 71% entre el 2007 al 2013 en Estados Unidos, 74% de estos son contratistas y los Arquitectos son un 70%, lo cual muestra su acogida y funcionalidad.

Figura 17

Años de Experiencia con BIM de contratistas en el mundo



Tomado de: (McGraw Hill Construction, 2014, pág. 8)

2.2.3.4.2. Beneficios

Los beneficios del BIM para el Perú variarían entorno al tipo de aplicación de esta metodología a la pericia a la hora de manejar los paquetes informáticos, una investigación de McGraw Hill Construction, en donde se identificaban 15 beneficios, de entre los cuales tenemos estos 5 con mayor importancia:

- Reducción de errores y omisiones
- Mejora la comunicación y colaboración con cliente y proyectista
- Realza la imagen organizacional
- Reduce trabajos extra
- Reduce costos

Teniendo así también beneficios específicos durante la etapa de Diseño/Ingeniería.

- Permite el diseño colaborativo y técnicas constructivas.
- Incrementa la comunicación entre clientes, especialidades, constructores y proveedores.
- Mejora la información compartida entre los *stakeholders*.
- Facilita la toma de decisiones en el diseño de las especialidades.
- Reduce cantidad de RFI's y órdenes de cambio.
- Agiliza la evaluación de escenarios “*What if*”.
- Agiliza la reacción a los cambios de diseño.
- Agiliza la generación de planos 2D más exactos y consistentes.
- Obtención de costos estimados.
- Permite la fijación de precios de la modificación en tiempo real.



- Agiliza la productividad de *staff* debido a la facilidad de obtención de información.
- Analiza el sistema de la edificación (flujo de aire, edificación sostenible, modelamiento de energía, etc.)
- Mejora la visualización de la edificación para diseñadores, constructores y clientes/propietarios.
- Permite trasladar la “Revisión de Plano/Permiso” desde los planos a un medio electrónico.

(Farfán Tataje & Chavil Pisfil, 2016, págs. 34-35)

2.2.3.5. Antecedentes

Actualmente el uso de la metodología BIM se ha ido expandiendo alrededor del mundo como se mostró anteriormente, pero algunos casos resaltantes son:

2.2.3.5.1. Singapur

En Singapur la autoridad de edificación y construcción (BCA) es la organización oficial que implementa y promueve el BIM desde 2010 con un progreso de hasta el 80% para el 2015, teniendo como resultados aumentos de hasta 25% de productividad, pero encontrando así mismo los siguientes retos en su implementación.

- Falta de demanda de BIM
- Afianzamiento de las técnicas tradicionales del 2D
- Falta de capacitación en BIM
- Curva de aprendizaje pronunciada en el aprendizaje de BIM.

(Wenqi Zheng, 2013, págs. 27-29)

2.2.3.5.2. Inglaterra

El BCIS es el grupo de trabajo de la industria invitado por el departamento de Innovación y habilidades empresariales, y el BIS (grupo de reforma de la eficiencia) optaron por la implementación de las tecnologías BIM con el horizonte de 5 años para ver sus logros desde el 2011.

Por lo cual se tuvieron 6 recomendaciones para su implementación.

- Requerir a los proveedores responsables de establecer la infraestructura BIM;



- Invertir en el establecimiento de infraestructura BIM y la tecnología adoptada deben ser tan simples como las que ya utiliza la industria;
- Los cambios en los requisitos deben realizarse en pasos pequeños pero significativos y fáciles de implementar;
- Los clientes deben establecer requisitos claros y específicos para los entregables y las responsabilidades para el propósito de la entrada de datos;
- Los clientes deben ofrecer información transparente en las decisiones clave en las fases de ejecución y operación de un proyecto; y,
- El "Nivel 2 del modelo de madurez" (por ejemplo, modelos 3D en diferentes disciplinas con datos y costos del proyecto) debe alcanzarse en todo el Reino Unido en una escala de cinco años.

(Wenqi Zheng, 2013, págs. 29-31)

2.2.3.6. Softwares

Revit 2020

Utiliza Revit® para aumentar la eficiencia y la precisión en todo el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño conceptual, la visualización y el análisis hasta la fabricación y la construcción.

- Empieza a modelar en 3D con precisión.
- Actualiza automáticamente planos, elevaciones y secciones a medida que el modelo se desarrolla.
- Deja que Revit maneje las rutinas y las tareas repetitivas mediante la automatización para que puedas concentrarte en otras tareas de más valor.

(Autodesk Inc., 2020)

Tekla

El software Tekla para la construcción y la ingeniería estructural está creado por Trimble, una empresa de tecnología con la visión de transformar la forma en que funciona el mundo. Con las soluciones estructurales de Tekla, nuestros clientes están realizando proyectos en todo el mundo, desde viviendas y puentes hasta fábricas y rascacielos. Las soluciones de software estructural de Tekla más conocidas son:



- Software BIM Tekla Structures para crear modelos estructurales 3D construibles precisos de cualquier material.
- Tekla Structural Designer para ingenieros estructurales para analizar y diseñar edificios de manera eficiente mediante la creación de diseños optimizados para estructuras.
- Tekla Tedds para automatizar cálculos estructurales complejos y repetitivos
- Paquete de software Tekla PowerFab fácil de usar para gestionar todo el proceso de fabricación de acero.
- Tekla Model Sharing para una herramienta de colaboración BIM verdaderamente innovadora para aumentar significativamente la productividad de los usuarios de Tekla Structures.

(Trimble Solutions Corporation, 2020)

Archicad

ARCHICAD es una herramienta que permite interoperar de manera eficiente con otras aplicaciones en un proceso de diseño y construcción de edificios de cualquier naturaleza y envergadura, permitiendo al arquitecto, ingeniero o constructor que lo usa, mejorar sus procesos de diseño y la comunicación de estos con otros participantes de este proceso.

Su operación da forma a los flujos de trabajo típicos de un diseñador sin forzarlo a cambios en la manera de pensar. Esto se puede ver claramente en la manera en que se interactúa con las distintas herramientas (elementos constructivos), donde el diseño de la interfaz mantiene una consistencia notable que permite, -conociendo bien algunas herramientas-, suponer el comportamiento de las otras herramientas disponibles.

Todo lo anterior se traduce en una experiencia de uso e interacción con la herramienta fluida que hace, tanto de su aprendizaje como uso diario, una experiencia cómoda y agradable que más que entorpecer y dificultar los procesos de diseño, los fomenta y enriquece. La herramienta tiende a desaparecer permitiendo al usuario concentrarse en la resolución de su problema.

- Contiene información constructiva del elemento que emula de la “realidad”.
- La biblioteca de ARCHICAD posee más de 1000 objetos disponibles, y en cada nueva versión se agregan más. La biblioteca es parte de la instalación del software



por lo que la mayor parte de los usuarios rara vez requieren buscar en internet objetos desarrollados por terceras partes.

- Se refiere a la definición del objeto en cuanto a polígonos o caras, que es lo que finalmente recarga cualquier sistema informático cuando no existe control de este en la visualización 3d.

(Archicad Tips, 2017)

Cypecad

CYPECAD realiza el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales y a la acción del fuego.

Calcula y dimensiona:

- Soportes

Pilares (de hormigón, metálicos, mixtos y de madera), Pantallas (de hormigón) y Muros (de hormigón, fábrica y bloque)

- Vigas

De hormigón, metálicas, mixtas

- Forjados

Unidireccionales, Placas aligeradas, Losas mixtas, Reticulares, Losas macizas, Postensados (unidireccionales, reticulares y losas)

- Estructuras de nudos y barras

De hormigón, acero, aluminio, madera y material genérico (este último sólo cálculo de esfuerzos).

- Cimentaciones

Losas, vigas de cimentación, zapatas y encepados

- Uniones metálicas

Soldadas y atornilladas (incluidas las placas de anclaje).

- Láminas planas



Cálculo de esfuerzos de láminas de hormigón, acero laminado, acero conformado, aluminio o material genérico.

(CYPE Ingenieros, 2017)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La eficiencia de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” es alta.

2.3.2. Sub hipótesis

Hipótesis Especifica 1:

La calidad de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” incrementará en un 10% usando la ingeniería de valor.

Hipótesis Especifica 2:

La exactitud de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” usando la metodología BIM incrementara en un 30%.

Hipótesis Especifica 3:

El uso de la ingeniería de valor mejora con la implementación de la Metodología BIM.

2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

Ingeniería de Valor: Sistema de tratamiento de información con el fin de optimizar el valor desde diferentes perspectivas.

Metodología BIM: Sistema de tratamiento de información sistematizado por softwares informáticos especializados, el cual está enfocado a la construcción presentando diversas formas de organización y visualización muy útiles.

2.4.2. Variables Dependientes

Etapa de diseño del Proyecto: Periodo durante el cual se establecen todos los parámetros para realizar un proyecto.



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2

Cuadro de Operacionalización de Variables Fuente: Elaboración Propia

CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES								
	Variables	Definicion	Dimension	Indicadores	UNIDAD	Medición	Metodologia	Referencia
INDEPENDIENTES	Ingeniería de Valor	Sistema que tiene como fin la correcta administración de recursos, para generar mejoras objetivamente.	Recursos	Calidad		Cualitativa	Cálculos de gabinete	Samy E. 1998
	Metodología BIM	Metodología de gestion de datos basado en el modelado integrado de los componentes.	Modelado	Nivel de Detalle	Dimension (3D)	Cuantitativa, razon discreta	Cálculos de gabinete	Autodesk (REVIT)
DEPENDIENTES	Etapa de Diseño del Proyecto	Fase de definición de los recursos que necesitamos y tenemos disponibles, así como los plazos.	Proyecto	Tiempo	dias	Cuantitativa, razon discreta	Cálculos de gabinete	Metodo PERT-CPM
				Insumos	varias	Cuantitativa, razon discreta		
				Mano de obra	horas hombre	Cuantitativa, razon continua		
				Espacio	m2	Cuantitativa, razon continua		
				Rendimientos	varios	Cuantitativa, razon continua		
Costos	Soles	Cuantitativa, razon discreta						

Elaboración propia



3. Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la Investigación

El enfoque correspondiente a la presente investigación es cuantitativo dado que se cuantificó la incidencia de los valores de los insumos con respecto al costo total de la obra. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo-correlacional, puesto que detallara los eventos debidos a la implementación de la Ingeniería de Valor y la Metodología BIM en los proyectos durante la etapa de diseño y su relación entre estos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.1.3. Método de Investigación

El método a utilizar en esta tesis es analítico, puesto que se analizará el proyecto de infraestructura antes mencionado dividiendo dicho análisis en partes para especificar cada una de ellas haciendo uso de la Ingeniería de Valor y la Metodología BIM. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.2. Diseño de Investigación

3.2.1. Diseño Metodológico

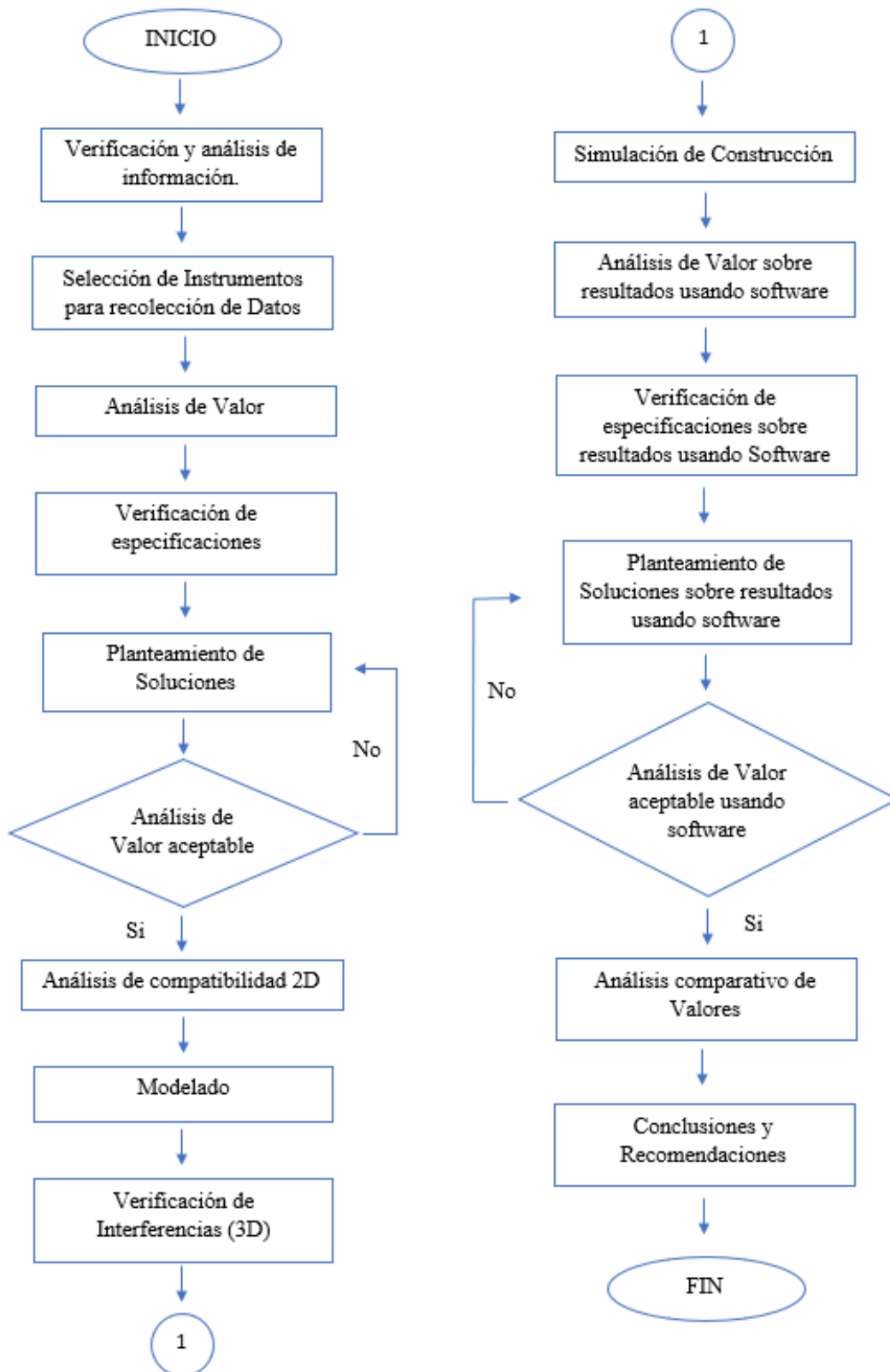
El diseño metodológico de esta investigación es de tipo no experimental-Transversal, ya que no se manipularán las variables de manera libre, además de basarnos en la observación de los fenómenos en la realidad, en un momento dado.



3.2.2. Diseño de Ingeniería

Figura 18

Diseño de Ingeniería de Valor



Elaboración propia



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la Población

Los proyectos de infraestructura en la ciudad del Cusco administrados por la Región son una representación significativa del sector construcción en la Región del Cusco, los cuales corresponden a una inversión significativa en la misma donde conviene realizar estudios de optimización.

3.3.1.2. Cuantificación de la Población

Todas las obras administradas por la Región Cusco, en calidad de edificaciones de concreto armado.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la Muestra

Proyecto COER “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la región Cusco”

3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra

Todos los insumos del proyecto, así como cada una de las características que afectan a los mismos, como por ejemplo su costo.

3.3.2.3. Método de Muestreo

Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra

La presente investigación realizó un análisis de compatibilidad del proyecto, para luego modelarlo y realizar las correspondientes compatibilidades en 3 dimensiones para verificar la información y realizar el correspondiente análisis de valor.

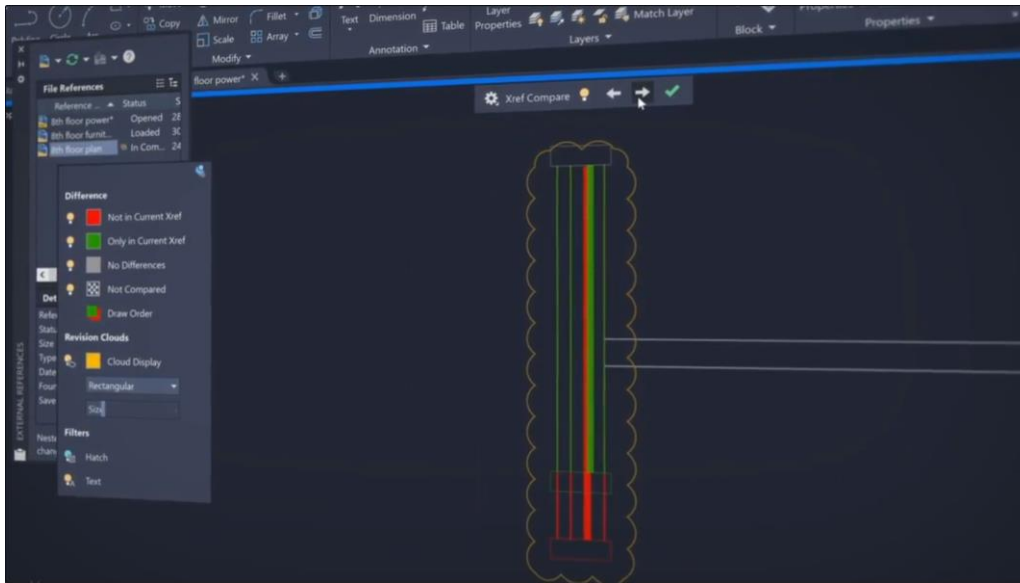
3.3.3. Criterios de Inclusión

Este fue la incidencia que tuvieron los insumos con respecto al costo total de los mismos, analizándose aquellos con incidencia mayor al 1% y clasificándose en 3 categorías hasta llegar a los mayores de 5%.



Figura 19

Entorno de trabajo de AutoCAD 2020



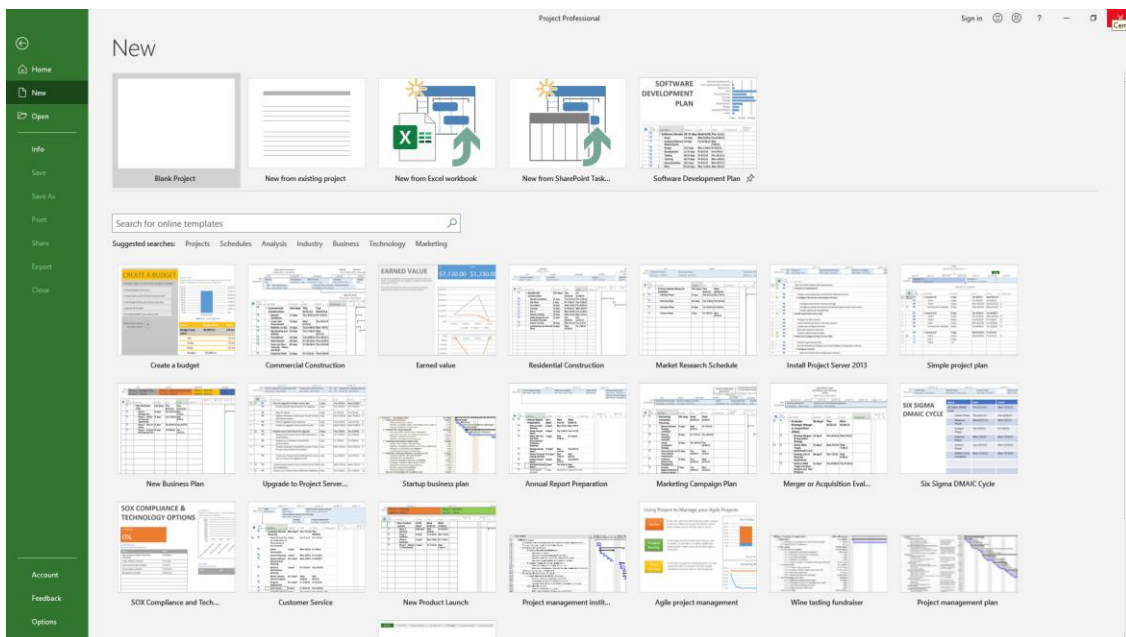
Tomado de: (Autodesk Inc., 2020)

Ms Project 2019

Software informático especializado en el tratamiento de tiempos generando cronogramas y administrando los tiempos necesarios para la ejecución de proyectos o actividades específicas.

Figura 20

Entorno de trabajo de Project 2019



Elaboración propia

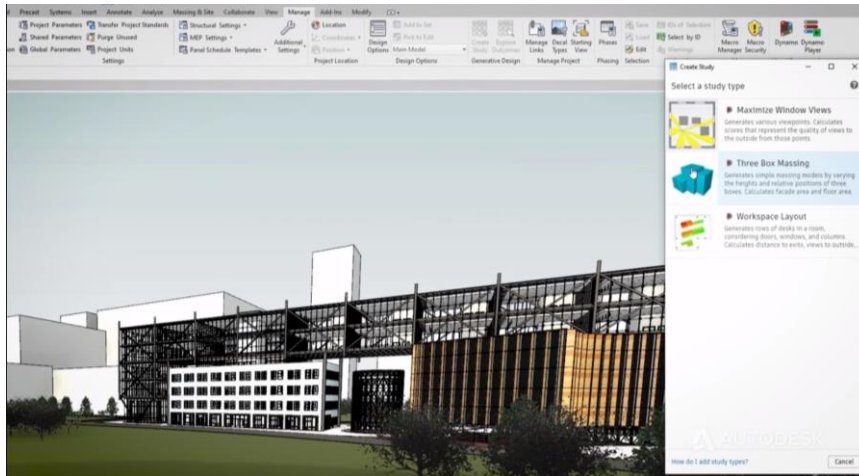


Revit 2020

Software informático especializado en modelado y gestión de proyectos de infraestructura dentro de la categoría de edificaciones en su totalidad siendo un software bastante completo y personalizable con un entorno intuitivo.

Figura 21

Imagen referencial de Revit 2020



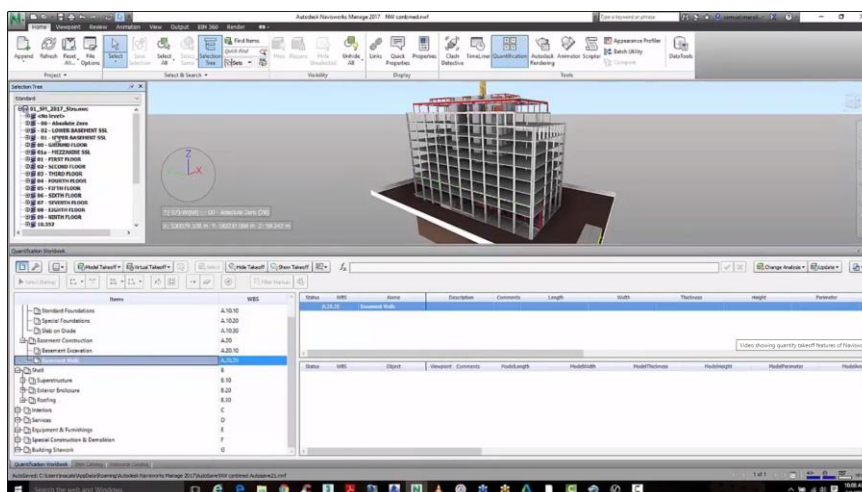
Tomado de: (Autodesk Inc., 2020)

Navisworks 2020

Software informático especializado en la coordinación de archivos provenientes de Revit mediante el cual verifica interferencias, coordina con cronogramas para visualizar su proceso constructivo gestionando los tiempos dando correlación general entre los recursos y su costo con su fase de construcción correspondiente.

Figura 22

Imagen referencial Navisworks 2020





Tomado de: (Autodesk Inc., 2020)

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

El proceso de recolección de información es directo puesto que se usará el expediente técnico del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”.

3.6. Procedimientos de Análisis de Datos

3.6.1. Ingeniería de Valor

3.6.1.1. Análisis Inicial

La presente investigación dio inicio con la verificación del valor inicial de los insumos especificados en el proyecto, para luego detallar la incidencia que tendrían en el valor total, teniendo así un análisis de insumos como se muestra en el extracto a continuación.

Tabla 7

Extracto de tabla de incidencia del precio unitario de los insumos sobre el precio total

Obra	04010 06	Precios y cantidades de recursos requeridos				
Fecha	01/04/	CREACION DEL SERVICIO DE OBSERVATORIO DE SEGURIDAD CIUDADANA				
Lugar	08010	EN LA REGION DEL CUSCO				
Código de S10	Recurso	Unidad	Cantidad (Metrado) a	Precio S/ (Unitario) b	Parcial S/ c=(a*b)	Incidencia % (100%*c)/Σc
147000	Operario	hh	12,184.34	14.74	179,597.1	7.69600%
147010	Oficial	hh	3,550.39	12.75	45,267.47	1.93978%
147010	Peon	hh	12,044.55	11.46	138,030.5	5.91481%
202000	Alambre Galvanizado # 8	kg	6.08	3.40	20.67	0.00089%
202010	Clavos Con Cabeza De 2 1/2", 3" Y 4"	kg	484.00	3.40	1,645.59	0.07052%
202040	Alambre Negro N° 16	kg	1,596.21	3.40	5,427.11	0.23256%
202040	Alambre Negro N°8	kg	482.14	3.40	1,639.29	0.07025%
202080	Perno De Anclaje Para Inodoro	und	24.00	2.12	50.88	0.00218%
202710 011	Mástil De 2" Ø F°g° Y 2.5 Metros Con Base De F°g° Con Accesorios De	und	1.00	1,180.00	1,180.00	0.05056%
202810	Gigantografía	m2	17.30	33.90	586.47	0.02513%
203030 048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	kg	28,427.08	2.97	84,428.43	3.61788%
204000	Arena Fina	m3	58.38	120.00	7,005.79	0.30021%
204110	Tierra Negra	kg	500.00	1.01	505.00	0.02164%

La presente table representa un extracto de la Tabla 23 presente en los anexos

Elaboración propia

Luego se procedió a clasificar los insumos de acuerdo a su porcentaje de incidencia en 4 categorías de las cuales 3 son objeto directo de análisis.

Tabla 8

Clasificación por porcentaje de Incidencia

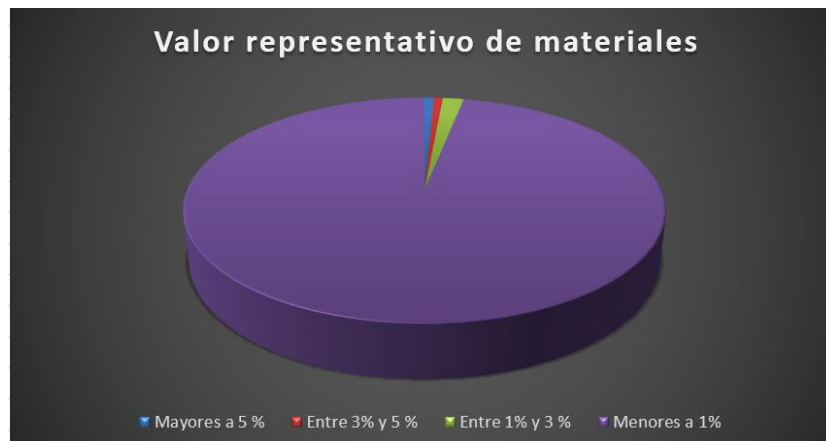
Rango de incidencia del Valor	Cantidad	Color
Mayores a 5 %	4	rojo
Entre 3% y 5 %	4	naranja
Entre 1% y 3 %	9	morado
Menores a 1%	525	sin color
Total	542	

Nota: Los intervalos en estudios fueron definidos por conveniencia debido a que usando reglas estadísticas los rangos son muchos, muy imprecisos (en el punto que algunos no tendrían valores), poco objetivos por los decimales que se presentarían y por la incidencia, así que se determinaron los antes mencionados para equilibrar los rangos medios y en los extremos se amplió para los mayores y englobar el complemento de los menores

Elaboración propia

Figura 23

Valor representativo de Materiales



Elaboración propia

Que de 542 insumos utilizados en el presente proyecto 4 tienen una incidencia mayor al 5% del costo de insumos, 4 están en el rango de entre 3 y 5% y 9 entre 1 y 3%, detallando así nuestros insumos de análisis como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 9

Rango de incidencia de precio mayor al 5%

Rango de incidencia del Valor Mayores a 5 %						
Código de S10	Recurso	Unidad	Cantidad (Metrado) a	Precio S/. (Unitario) b	Parcial S/. c=(a*b)	Incidencia % (100%*c)/Σc
147000039	Operario	hh	12,184.34	14.74	179,597.17	7.69600%
147010004	Peon	hh	12,044.55	11.46	138,030.54	5.91481%
239140030	Sistema De Información Geográfica	und	2.00	60,000.00	120,000.00	5.14218%
401010061	Servicio Muro Cortina C/Panel De	m2	489.90	650.00	318,435.00	13.64541%

Elaboración propia



Tabla 10

Rango de incidencia de precio entre 3 - 5%

Rango de incidencia del Valor Entre 3% y 5 %						
Código de S10	Recurso	Unidad	Cantidad (Metrado) a	Precio S/. (Unitario) b	Parcial S/. c=(a*b)	Incidencia % (100%*c)/Σc
203030048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	kg	28,427.08	2.97	84,428.43	3.61788%
211010109	Computadora De Ultima Generación Con Pantalla Led Incluye Sistema Operativo	EQP	26.00	3,800.00	98,800.00	4.23373%
221000000	Cemento Portland Tipo Ip (42.5Kg)	BOL	3,584.31	22.40	80,288.54	3.44048%
239140023	Ploter	und	2.00	45,000.00	90,000.00	3.85663%

Elaboración propia

Tabla 11

Rango de incidencia de precio entre 1 - 3%

Rango de incidencia del Valor Entre 1% y 3 %						
Código de S10	Recurso	Unidad	Cantidad (Metrado) a	Precio S/. (Unitario) b	Parcial S/. c=(a*b)	Incidencia % (100%*c)/Σc
147010003	Oficial	hh	3,550.39	12.75	45,267.47	1.93978%
239080179	Aire Acondicionado Inrow Compatible Con Gabinete De Piso De 42 Ru	und	1.00	43,850.00	43,850.00	1.87904%
239140020	Terminal De Virtualizacion (Incluye Monitor Led De 24")	und	18.00	1,500.00	27,000.00	1.15699%
239140026	Sistema Operativo De Usuario Final	und	27.00	1,500.00	40,500.00	1.73548%
244000019	Madera Corriente (Tablas O Listones)	p2	12,201.41	2.92	35,628.12	1.52672%
401010060	Suministro E Instalación Escalera Metálica + Pasadizo De Circulación	und	1.00	30,000.00	30,000.00	1.28554%
401010097	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-1 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado	und	1.00	40,000.00	40,000.00	1.71406%
401010098	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-2 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado	und	1.00	30,000.00	30,000.00	1.28554%
401010100	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-4 Autoportante De Aluminio C/ Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado	und	2.00	12,000.00	24,000.00	1.02844%

Elaboración propia

Luego se prosiguió a realizar las cotizaciones respectivas de acuerdo a cada insumo, recordando que estando en estado de cuarentena las empresas optan por comunicación telefónica y vía e-mail, en caso de no tener una página web, y recordando que algunos insumos son peculiares y propios de la internet.



3.6.1.2. Cotizaciones

3.6.1.2.1. Sistema de Información geográfica

- Pagina de Cotizacion
 - o Esri
- Cotización

Los programas mas usados en Gestion geografica de Informacion SIG son: ABACO DbMAP, ArcGIS, Autodesk Map, Bentley Map, Geomedia, Generic Mapping Tools, pero el uso en nuestro medio de ArcGIS es predominante por lo cual este es el software preferido, por otro lado las desventajas que ofrece este frente a sus competidores no afecta mucho en nuestro entorno puesto que son de compatibilidad mas no de alcance y no nos afecta salvo casos excepcionales, habiendo escogido el software solo quedaria el plan de adquisicion del mismo el cual por pandemia estan siendo algo rigurosos con su informacion pero se ha podido contrastar un valor referencial teniendo una cotizacion española que al cambio donde se a podido apreciar que la conveniencia del software seria mejor perpetuamente, pero el inconveniente salta cuando se comparan los costos donde es demasiado elevado para el presupuesto establecido por lo cual se opta por una licencia para dos anualidades como se detalla lo cual al cambio seria teniendo en cuenta posibles inflaciones por Ubicacion un costo estimado de S/.58,500.00.

Figura 24

Página WEB de Esri para cotización de ArcGis



Tomado de: (Esri, 2021)



3.6.1.2.2. Servicio de Muro Cortina

- Empresas Cotizadas
 - o Cristales de Arena
 - o Aluvid Cusco
- Cotización

La instalación de muros cortinas es un mercado bastante reducido en el mercado Cusqueño y por pandemia este se vio afectado, por lo cual varias empresas están teniendo inconvenientes en la variedad de sus perfiles por lo cual en vez del perfil de 3” x 2” se cambio a uno de 3 ¼” x 1 ½” teniendo así la cotización correspondiente a la vidriería Aluvid Cusco correspondiente a S/.220.00 por metro cuadro realizado en Alucobond y un precio de S/.390.00 por metro cuadrado de vidrio templado, como se muestra en el apéndice I.

Figura 25

Página WEB de Aluvid para cotización de muro cortina



Tomado de: (ALUVID, 2017)



3.6.1.2.3. Computadora de Última Generación

La cotización realizada en computadoras es bastante variada, esta se realizó en la empresa Cusco Informático, el único inconveniente de este sería el stock del mismo para poder comprarlas en masa y estas tengan condiciones similares por lo cual se optó por el medio de armar computadoras iguales con condiciones iguales y no por marca teniendo así un valor de S/2850.00 con las características presentes en el apéndice C.

Figura 26

Imagen referencial de Computadora de la página WEB Cusco informático



Tomado de: (Emisoft, 2021)

3.6.1.2.4. Plotter

Al realizar la cotización correspondiente se obtuvo también de Cusco informático donde el valor del plotter está en S/.36084.00 como se muestra también en el apéndice C, cabe resaltar que al momento de realizar el requerimiento convenia tener un mismo proveedor para estos insumos, por el hecho de que a veces es necesario hacer un pedido lo que incrementa el precio.

3.6.1.2.5. Aire Acondicionado

El aire acondicionado en Cusco no es muy común por lo cual sus precios son un poco elevados y no se encuentran tiendas especializadas o marcas confiables de estos productos, por esta razón se obtuvo una empresa confiable como lo es Al Polo, donde es necesario recalcar que las características de estos equipos suelen ser variadas por lo que se optó por unas similares con un precio de S/.3977.00. como se muestra en el apéndice A.

3.6.1.2.6. Madera Corriente

Las cotizaciones de madera son muy variadas en la ciudad de Cusco, y los precios son dispersos de acuerdo a la especie, por otro lado, la categoría en la que se encuentra el requerimiento no hace énfasis en alguna especie en particular por lo que las cotizaciones



son dispersas y varían de acuerdo al stock que estas tengan por lo cual se optó por los precios de S/3.90 el pie cuadrado de madera corriente, teniendo referencias en los apéndices F y G.

3.6.1.2.7. Terminal de Virtualización

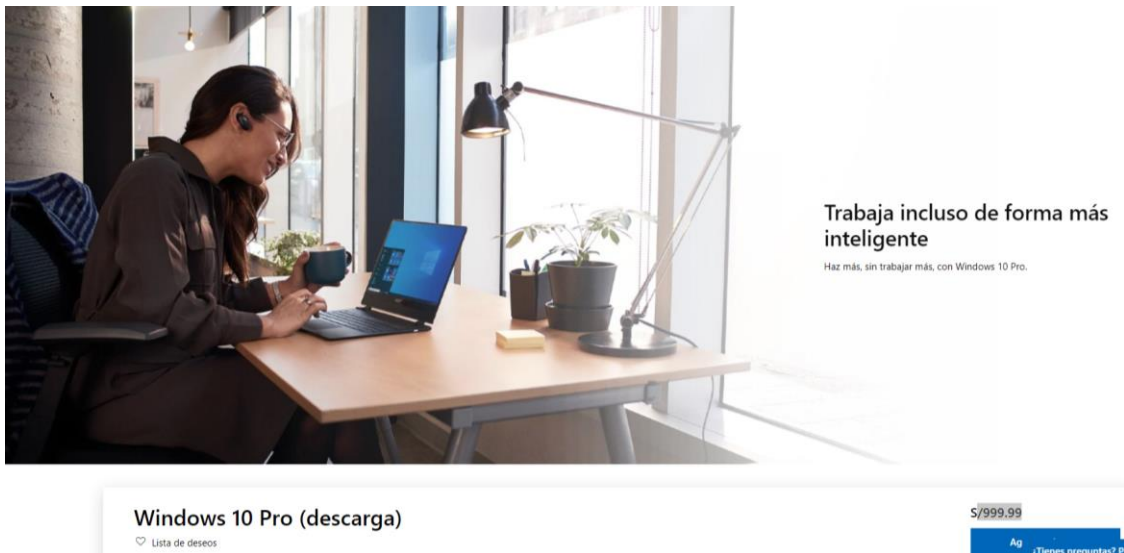
Los terminales de virtualización son muy usados en empresas, pero no son de uso común o repetitivo, por lo cual en el medio no hay empresas especializadas en su comercialización, por esa razón es que se optó por realizar un pedido de estas en una empresa reconocida en este rubro, como lo es Computo Nacional, en este insumo en particular las especificaciones son demasiado básicas, lo que no es común por lo cual a veces presenta fallas teniendo como modelo base uno considerablemente mejor que el necesitado, teniendo así un precio de \$/.565.00 como se muestra en el apéndice D.

3.6.1.2.8. Sistema Operativo de usuario final

El sistema operativo más común y usado en nuestro medio es Windows por lo cual se optó por este y dado que es una empresa se optó por la licencia profesional la cual es internacional y con datos actualizados desde su página web teniendo el precio de S/1,000.00.

Figura 27

Página WEB de Windows para cotización de Sistema operativo



Tomado de: (Microsoft, 2021)

Por lo cual se tomó como valor referencial el mínimo por temas de optimización de costos.



3.6.1.2.9. Mano de Obra

La mano de obra es un insumo difícilmente controlable puesto que los rendimientos de este son establecidos e invariables y para más detalle en etapa de planificación son difíciles de sustentar analizar y optimizar, por lo cual se hizo uso de un análisis por partida para su verificación, tomando en cuenta los siguientes insumos como necesarios para esto.

3.6.1.2.10. Acero

El precio del acero de construcción es bastante similar con distintos proveedores puesto que la empresa que tiene mayor presencia en el mercado como lo es Aceros Arequipa es la proveedora de todas las pequeñas empresas, por lo que realizando una cotización sobre varillas de acero se obtuvo los precios mencionados en el apéndice H, de acuerdo al diámetro de varilla.

3.6.1.2.11. Cemento

El precio del cemento de construcción es bastante variable en nuestro medio teniendo valores de hasta 19 soles en algunas marcas de cemento, pero la calidad de estas no ha sido verificada y por temas de seguridad y calidad el único precio establecido es el de la marca Yura teniendo un incremento del precio siendo el cotizado de S/.23.20, teniendo variaciones de este insumo hasta llegar a 22 soles con 50 céntimos pero con el inconveniente de tener una fecha de vencimiento cercana lo cual no es óptimo, por lo que se optó por la tarifa de S/.23.20, para su correcto almacenamiento, teniendo opciones también como el concreto pre mezclado para diversas partidas, lo cual ayudó a la optimización de las partidas por método de construcción optimizando costos en recursos secundarios y mano de obra, así fue como también se cotizo el concreto premezclado con costos de S/.340.50 por metro cubico en resistencia de 210 kg/cm² con las especificaciones dadas de los agregados, dicho precio fue uniforme por parte de las empresas Super Mix, MixerCusco, Kallpa y Conarena, teniendo como referencia para los datos antes mencionados los apéndices H y B.

3.6.1.2.12. Suministro e Instalación de Escalera Metálica

Para este caso especial como es un subcontrato propio de una industria que no es muy frecuente como la carpintería metálica no se llegó a conseguir valores exactos puesto que una de las pocas empresas de carpintería metálica como lo es Zelatel no es una direccionada a este campo en específico por lo que su cotización necesita una positiva de



construcción y la verificación en campo del espacio a instalarse por estos inconvenientes se decidió mantener su precio invariable.

3.6.1.3. Análisis de Valor

El análisis de valor trato de la variación de costos de acuerdo a las especificaciones requeridas y ofertadas dando así una variación de precios unitarios de diversos insumos, teniendo casos especiales tales son el caso del acero de construcción dado que se tuvo que volver a cuantificar las cantidades, esto debido al precio unitario establecido para este insumo el cual no refleja el precio real de tal insumo el cual es vendido por diámetro no por peso; por otro lado se tuvo también un cálculo propio para el cemento reemplazado por pre mezclado, el cual se hizo tomando en cuenta la cantidad de bolsas las cuales al optimizar influirían en los insumos presentes en las partidas que contenían el cemento como insumo dando así variaciones en otros insumos tales como peón, oficial entre otros, teniendo en cuenta también la adición de un insumo de pre mezclado, teniendo así las cantidades y unitarias necesarios para calcular las cantidades parciales optimizadas con solo Ingeniería de Valor, las cuales fueron actualizadas usando los índices unificados de precios de la construcción (Tabla 25-26) para verificar los precios en el tiempo debido.

3.6.2. Metodología BIM

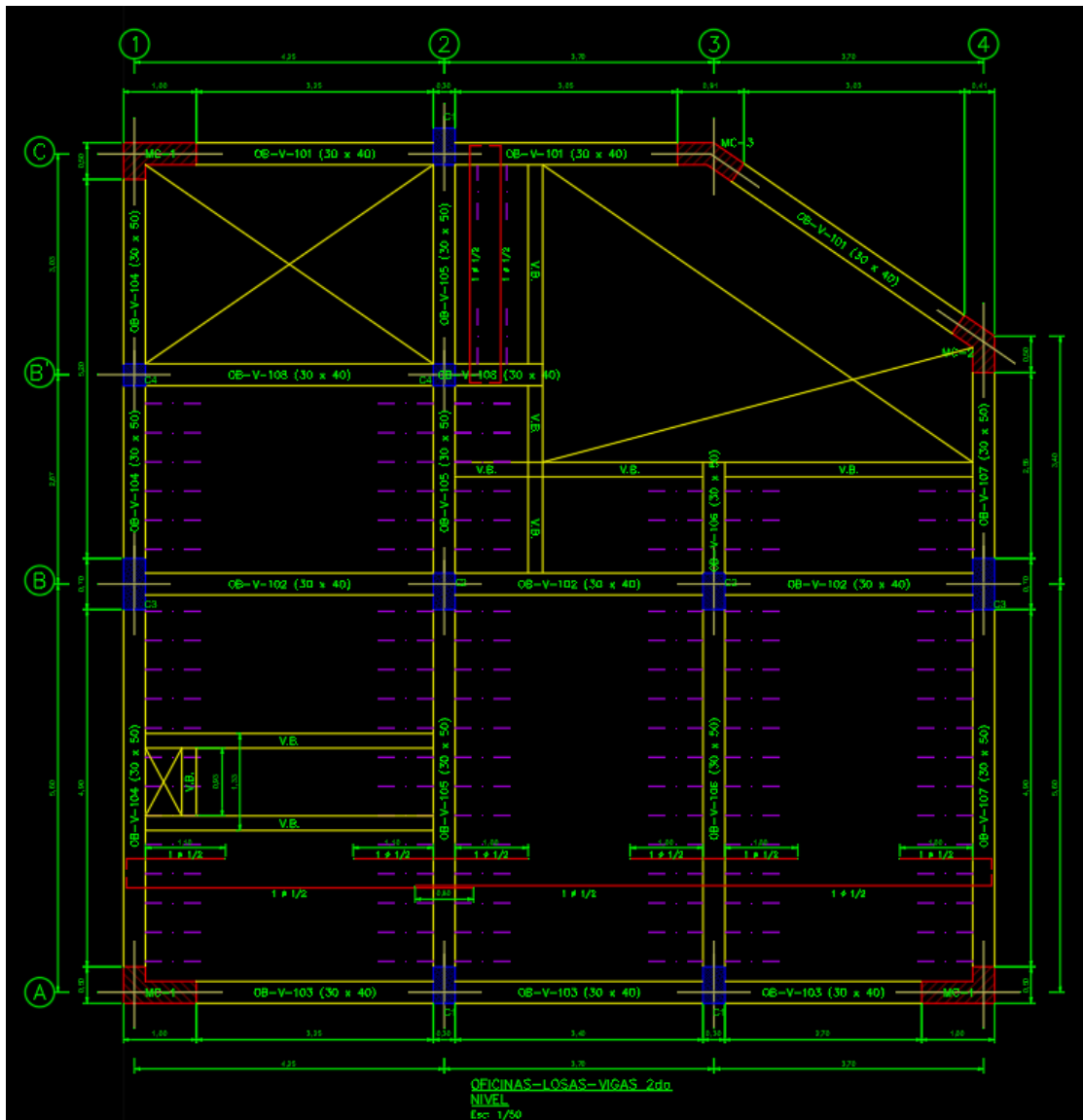
Primero se empezó con un análisis de compatibilidad visual entre especialidades hablando inicialmente de planos.



3.6.2.1. Análisis de Compatibilidad

Figura 28

Representación de Estructura de Losa segundo Nivel

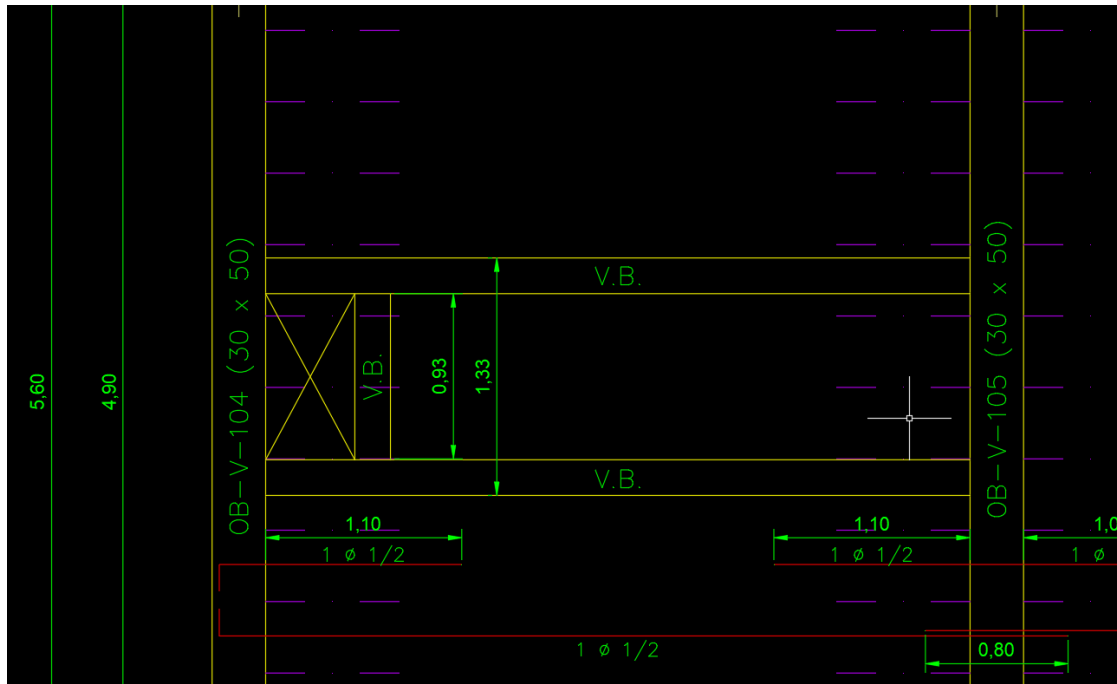


Elaboración propia



Figura 29

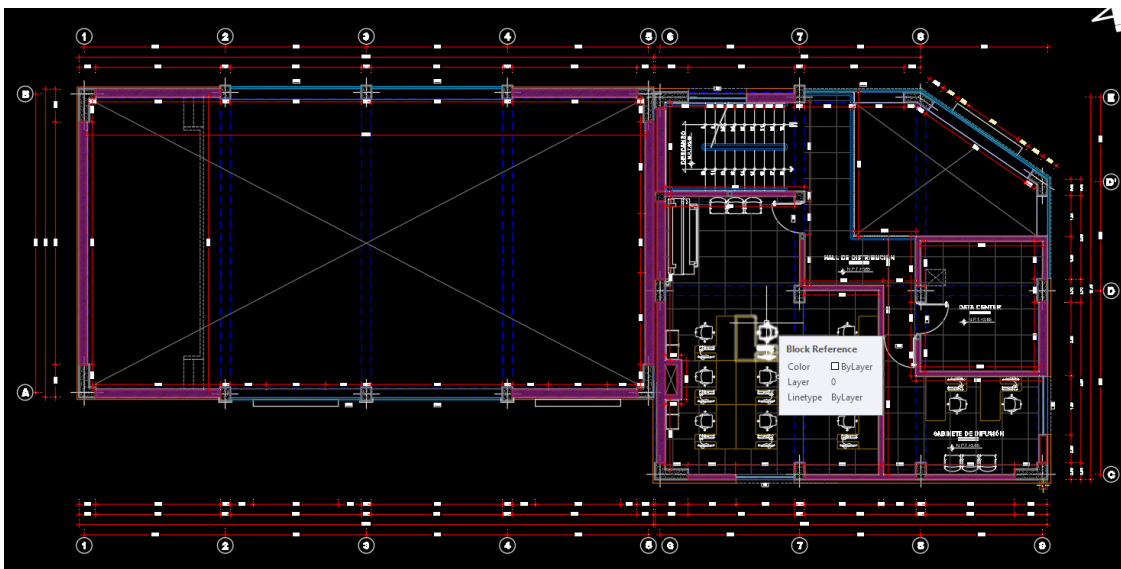
Detalle de Pozo de Luz estructuras



Elaboración propia

Figura 30

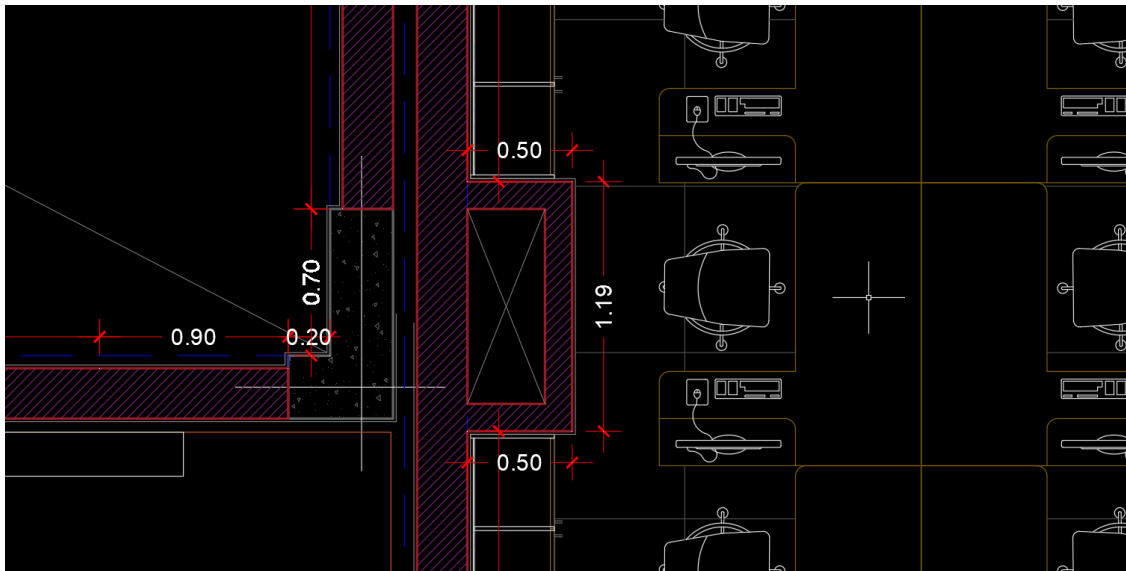
Imagen Arquitectónica Losa Segundo Nivel



Elaboración propia

Figura 31

Detalle de Pozo de Luz arquitectura



Elaboración propia

Como se ve, se presencian detalles de compatibilidad visual como en el caso de los pozos de luz entre niveles siendo estos los más relevantes y enumerando los siguientes a continuación.

- Angulo de orientación de la estructura en el chaflan de las oficinas siendo el real el dado por el ángulo de la estructura siendo el parámetro fijo el ángulo de la columna.
- Problema de unidades y redondeos de Autocad teniendo desfases milimétricos entre sus representaciones.
- Falta de detalle de elementos estructurales como viguetas y representación de columnetas en planos en planta.
- Falta de detalle más específico de altura de columnas por tipo en estructuras.
- Falta detalles isométricos de planos de Instalaciones Sanitarias.
- Falta verificación de las luminarias en exteriores.
- Falta detalles isométricos en instalaciones de comunicaciones.
- Presencia de tomacorrientes altos en plano de luminarias que también figuran en el plano de tomacorrientes.

3.6.2.2. Modelado

Habiendo levantado las observaciones iniciales se prosiguió a realizar el modelado tridimensional del proyecto integrado con una compatibilidad tridimensional de dibujo en 3D, para lo cual se consideraron 2 aspectos:

3.6.2.2.1. Niveles de Madurez y Dimensiones BIM

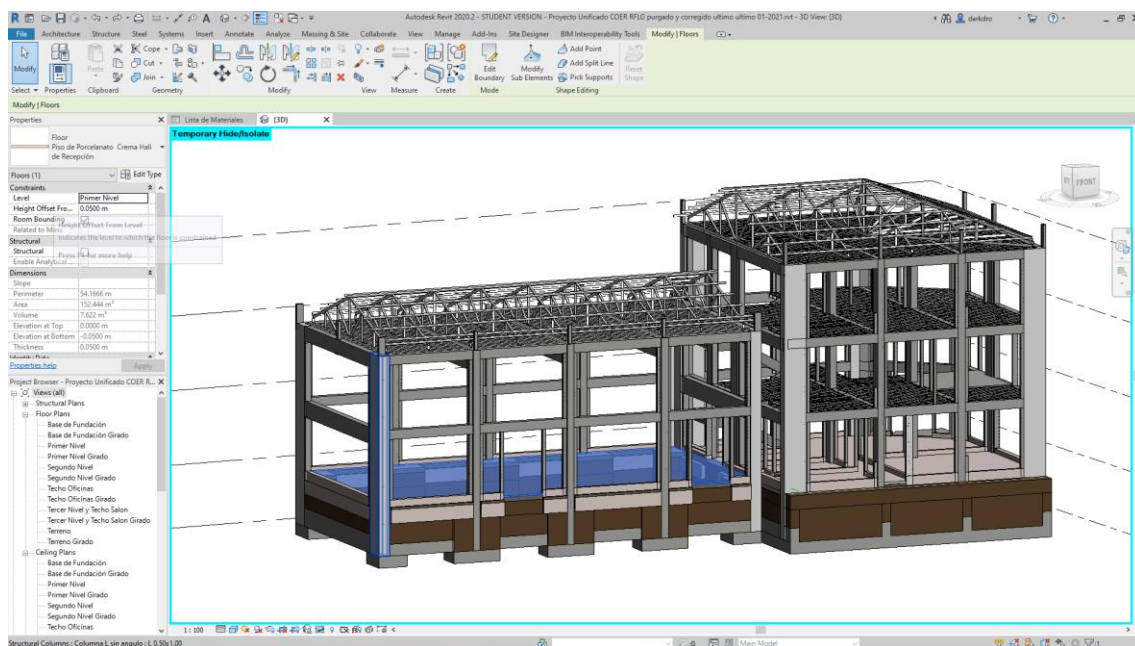
Primero se estableció un inicio puntual hacia la fase 3 de modelado con BIM con miras a una pequeña incursión en la fase 4, conjuntamente con ello se establece la limitación de la 3era dimensión para el modelado general del proyecto.

3.6.2.2.2. LOD

Luego se estableció el nivel más alto de detalle para el modelo en general, teniendo diferencias en el nivel de desarrollo, para la especialidad de estructuras, instalaciones sanitarias, eléctricas y comunicaciones se optó por un nivel de desarrollo de 400 puesto que los insumos no poseen mucho detalle de diseño entre ellos, caso que no ocurre en la especialidad de arquitectura o el apartado de equipamiento general del proyecto, donde se optó por un nivel de desarrollo de 300, dado que los modelos tipos y características de estos son variables y no son fácilmente representables.

Figura 32

Modelado de estructuras del Proyecto

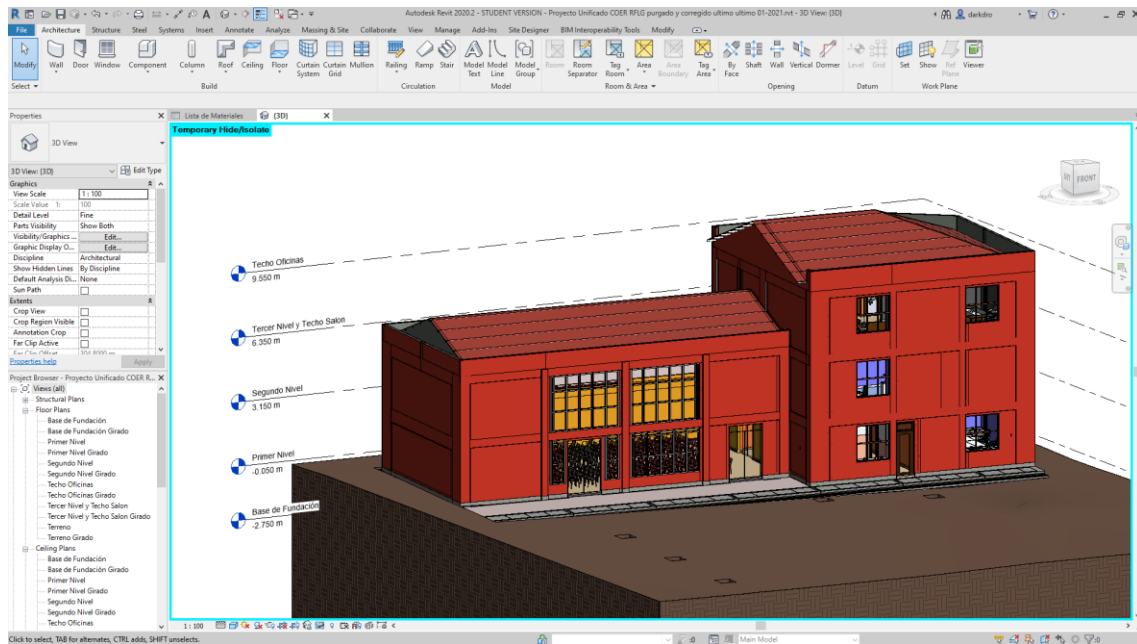


Elaboración propia



Figura 33

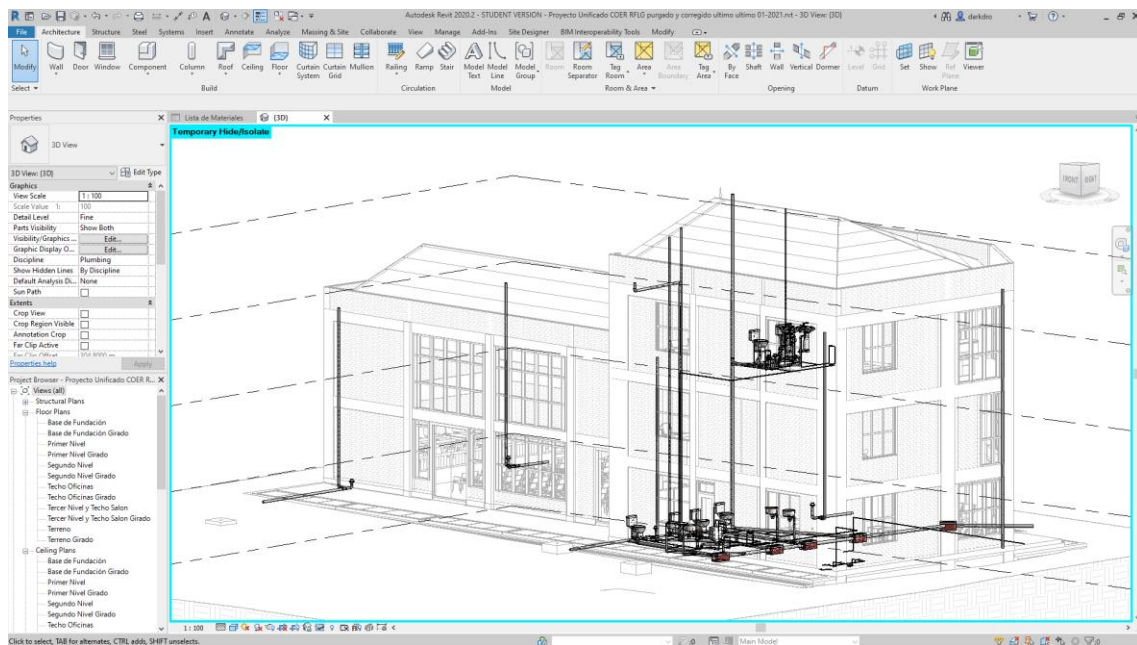
Modelado de arquitectura del Proyecto



Elaboración propia

Figura 34

Modelado de Instalaciones Sanitarias del Proyecto

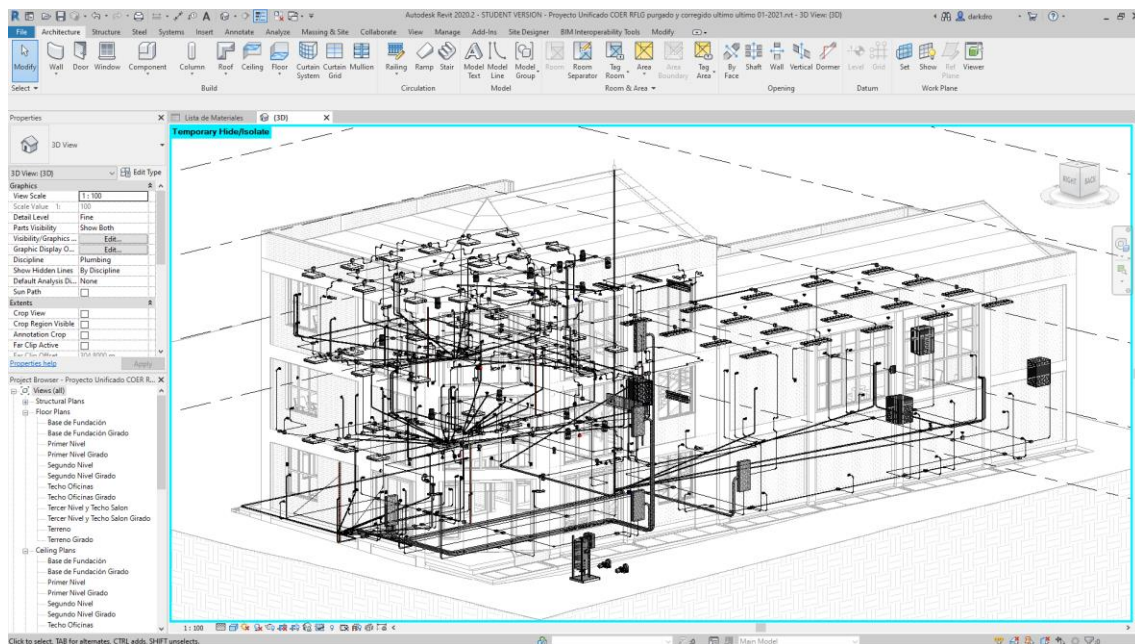


Elaboración propia



Figura 35

Modelado de Instalaciones eléctricas y de comunicaciones del Proyecto



Elaboración propia

3.6.2.3. Compatibilidad al Modelar

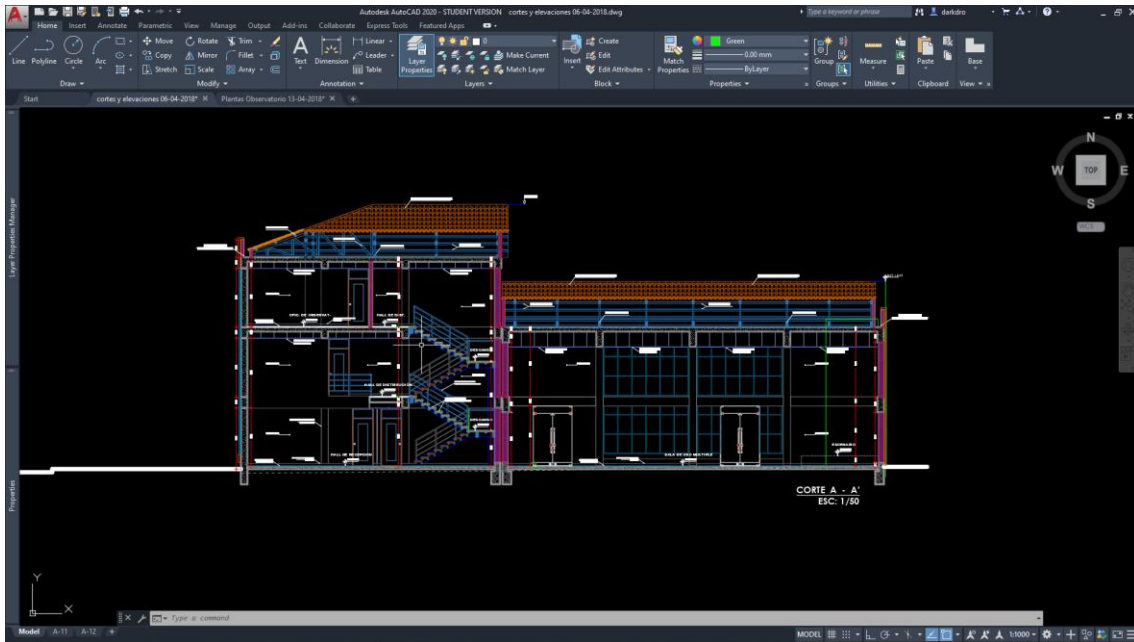
La compatibilidad al modelar está dada por objetos que aparentemente no se aprecian en modelos 2D dada su ubicación y la falta de detalle en las especificaciones que lo hace teóricamente difícil de contemplar teniendo los siguientes casos:

- Partidas de tarrajeo en cielo raso con presencia de partida de baldosa acústica bajo techo.
- Partida de pintura en muros exteriores, tarrajeo en muros exteriores y muros cortina.
- Ubicación conflictiva del tanque cisterna.
- Ubicación conflictiva de tomacorrientes.
- Ubicación conflictiva de luminarias.
- Ubicación conflictiva de tablero general.
- Metrados conflictivos de muros con falso dintel



Figura 36

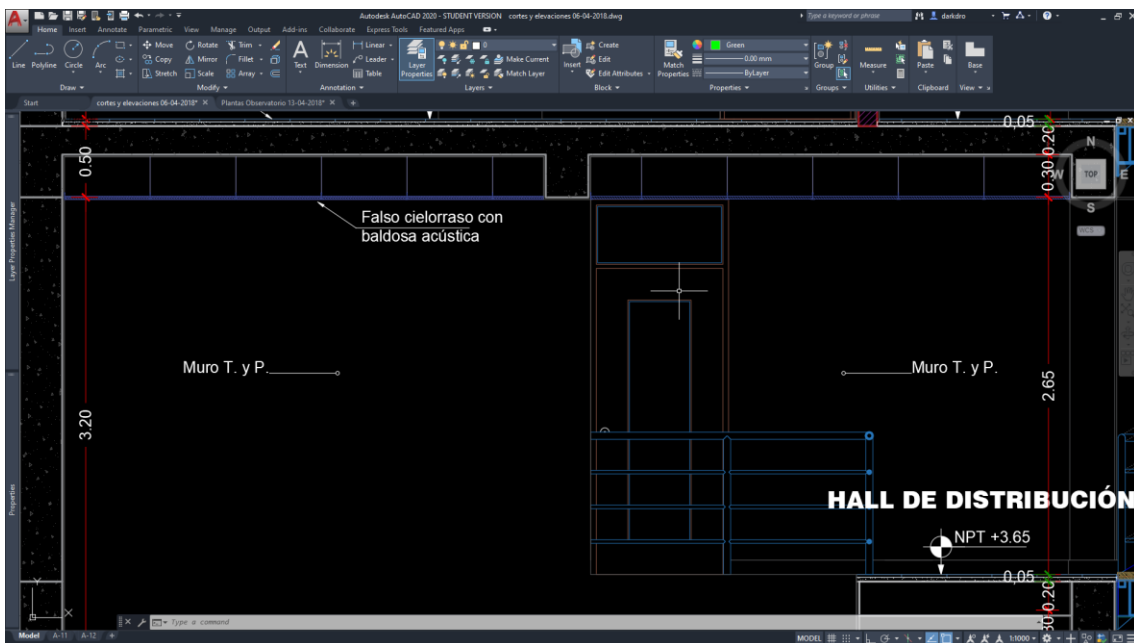
Imagen referencial de corte del Proyecto para verificación de falso dintel



Elaboración propia

Figura 37

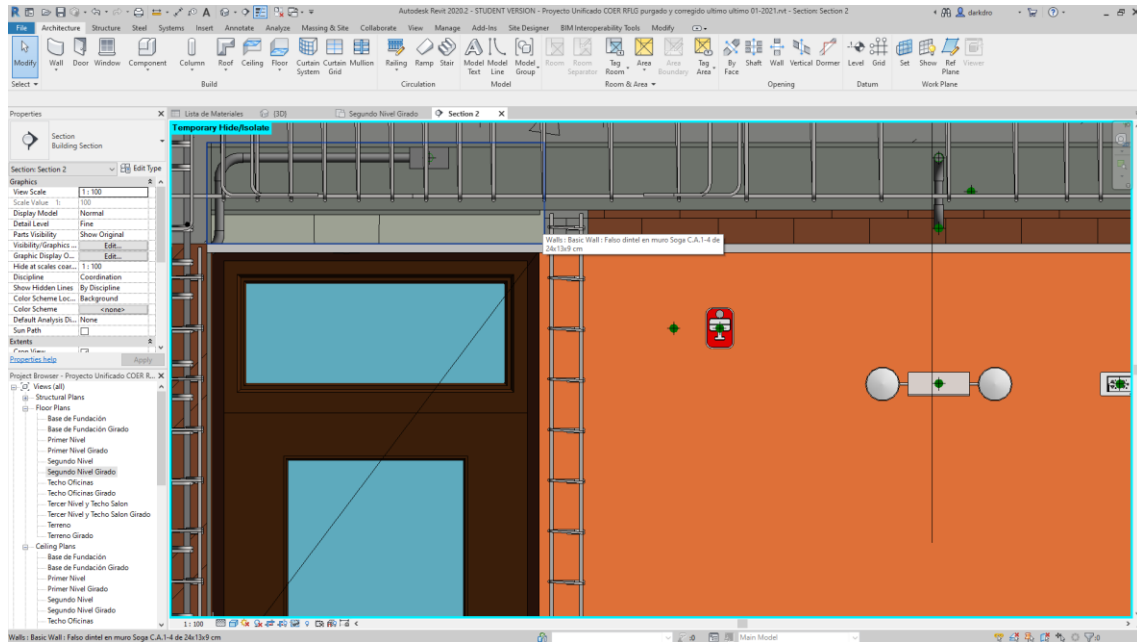
Detalle falso dintel del segundo piso



Elaboración propia

Figura 38

Imagen referencial del falso dintel ubicado en el Proyecto en Revit



Elaboración propia

Figura 39

Extracto de presupuesto general para verificación de muro cortina

Presupuesto 0401006 CREACION DEL SERVICIO DE OBSERVATORIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN LA REGION DEL CUSCO
 Cliente GOBIERNO REGIONAL CUSCO Costo al 05/04/2018
 Lugar CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
OE.3.2.12.1	Muro cortina c/panel de aluminio compuesto color ROJO +estructura metálica c/tubular 3"x2" y 2"x1"	m2	489.90	650.00	318,435.00
OE.3.2.12.2	Muro cortina c/panel de aluminio compuesto color ROJO +estructura metálica c/tubular 3"x2" y 2"x1" Dintel diagonal	und	1.00	4,368.00	4,368.00
OE.3.2.12.3	Muro cortina(caja1) con panel de aluminio compuesto color GRIS +estructura metálica con tubular 3"x2" y 2"x1" para el armado de fachada. MC-5	und	3.00	5,746.00	17,238.00
OE.3.2.12.4	Muro cortina(caja2) c/papel de Al compuesto color GRIS +estructura metálica c/tubular 3"x2" y 2"x1" p/el armado de fachada. MC-6	und	6.00	1,664.00	9,984.00

Elaboración propia

Figura 40

Extracto de presupuesto general para verificación de Pintura en muros exteriores

Presupuesto 0401006 CREACION DEL SERVICIO DE OBSERVATORIO DE SEGURIDAD CIUDADANA EN LA REGION DEL CUSCO
 Cliente GOBIERNO REGIONAL CUSCO Costo al 05/04/2018
 Lugar CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
OE.3.8.5.2	MC-3 Autoportante de Aluminio con Sistema Projectante, con Vidrio Templado Reflectante Gris de 10mm	und	1.00	15,000.00	15,000.00
OE.3.8.5.2	MC-4 Autoportante de Aluminio con Sistema Projectante, con Vidrio Templado Reflectante Gris de 10mm.	und	2.00	12,000.00	24,000.00
OE.3.11	PINTURA				23,937.48
OE.3.11.1	PINTURA DE CIELOS RASOS, VIGAS, COLUMNAS Y PAREDES				23,937.48
OE.3.11.1.1	Empastado en interiores	m2	1,221.14	6.67	8,145.00
OE.3.11.1.3	Pintura latex en interiores 02 manos	m2	1,221.14	8.41	10,269.79
OE.3.11.1.4	Pintura latex en muros exteriores 02 manos	m2	652.80	8.46	5,522.69

Elaboración propia

Figura 41

Extracto de presupuesto general para verificación de tarrajeo en muros exteriores

OE.3.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				403,913.86
OE.3.2.1	Tarrajeo rayado primario con mezcla C:A - 1:5	m2	59.40	17.54	1,041.88
OE.3.2.2	Tarrajeo en muros interiores mezcla C:A - 1:5	m2	804.03	16.26	13,073.53
OE.3.2.3	Tarrajeo en muros exteriores mezcla C:A - 1:5	m2	510.44	22.04	11,250.10
OE.3.2.5	Tarrajeo en columnas C:A - 1:5	m2	241.18	26.39	6,364.74
OE.3.2.6	Tarrajeo en vigas C:A 1:5	m2	310.18	31.68	9,826.50
OE.3.2.8	Tarrajeo con impermeabilizante en canales de techo	m2	126.98	29.50	3,745.91
OE.3.2.11	Vestidura de derrames en vanos c:a 1:5	m	216.62	11.20	2,426.14

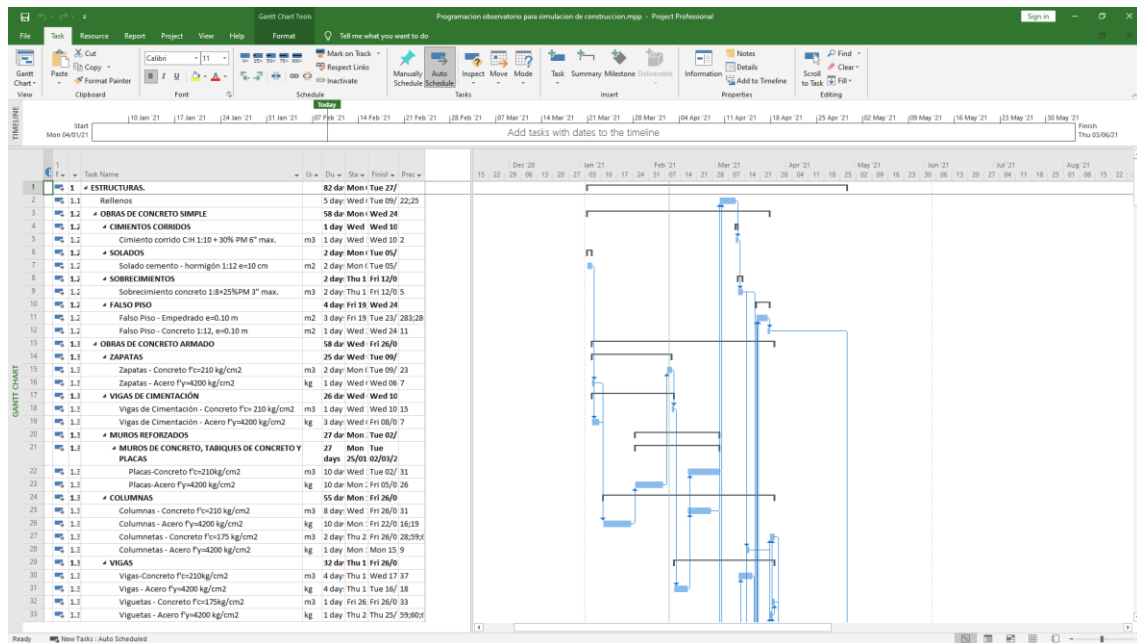
Elaboración propia

3.6.2.4. Análisis de Interferencias Navisworks y Simulación de Construcción para verificación

El análisis de interferencias realizado por el programa Navisworks y su correspondiente simulación de construcción, se realizaron previo a un análisis de programación, teniendo en cuenta las diferencias de detalle del proyecto se optó por una programación más detallada, la cual fue realizada en el programa Ms Project.

Figura 42

Imagen referencial de programación de Obra en el programa Ms Project



Elaboración propia

3.6.3. Ingeniería de Valor Sobre Metodología BIM

Teniendo el análisis de valor inicial, se procedió a realizar nuevamente el análisis de valor sobre los insumos previamente establecidos con los precios unitarios cotizados, esta vez verificando todas sus características sobre el modelo previamente culminado, verificando



así principalmente las cantidades de los insumos y teniendo en cuenta los resultados de los análisis anteriores por los que se tuvo principalmente un análisis del acero puesto que las cantidades variaban se verifico los insumos que se veían afectadas por el acero variando así el alambre, el operario y el oficial, también se realizó un recalcu de las bolsas de cemento con nuevas cantidades para todas las partidas a las cuales afectaba este insumo, posteriormente también se realizó una verificación importante sobre los ladrillos para muro siendo de una incidencia importante y una variación de la cantidad importante, para finalizar con el análisis de los muros cortina teniendo variaciones por el descenso de ladrillos y correcciones realizadas en el apartado antes mencionado de la metodología BIM, calculando así los precios parciales optimizados con Ingeniería de Valor y BIM.

4. Capítulo IV: Resultados

4.1.1. Ingeniería de Valor

- Se obtuvo que, realizando una optimización en los costos por cotización, la cantidad de los insumos con incidencia entre el 1 – 3% se mantuvo, pero debido al incremento de 2 insumos como son el ladrillo de arcilla KK. de 9x13x24 y Elaboración de manuales e instructivos para el Coresec, entre 3 – 5% la cantidad de insumos disminuyó en 1, teniendo en el rango de incidencia mayor a 5% una estabilidad en la cantidad de los insumos, viendo una disminución del costo concentrado por insumo.

Tabla 12

Clasificación por porcentaje de Incidencia habiendo aplicado la ingeniería de valor

Rango de incidencia del Valor	Cantidad	Color
Mayores a 5 %	4	rojo
Entre 3% y 5 %	3	naranja
Entre 1% y 3 %	9	morado
Menores a 1%	526	sin color
Total	542	

Elaboración propia

Figura 43

Gráfico circular de cantidad de insumos por rango de incidencia en precio total



Elaboración propia

Tabla 13

Cuadro resumen de comparación de incidencia en valor

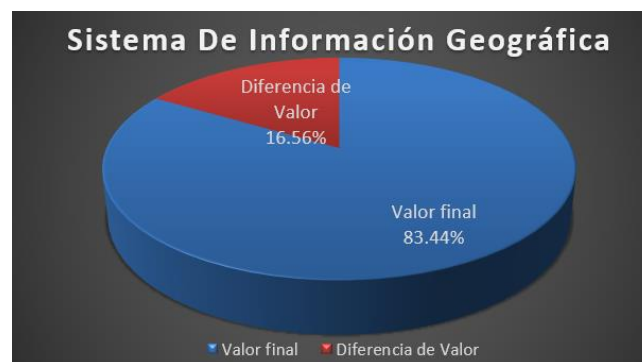
Código de S10	Recurso	Parcial S/. Original (a)	Incidencia % Original	Parcial S/. Optimizado (b)	Incidencia % Optimizada	Diferencia de Costos (a-b)
147000039	Operario	179597.17	7.70%	172167.90	9.26%	7429.3
147010004	Peon	138030.54	5.91%	116463.47	6.26%	21567.1
239140030	Sistema De Información Geográfica	120000.00	5.14%	96182.44	5.17%	23817.6
401010061	Servicio Muro Cortina C/Panel De Aluminio Compuesto Color Rojo +Estructura Metálica C/Tubular 3"X2" Y 2"X1"	318435.00	13.65%	93580.25	5.03%	224854.7
203030048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	84428.43	3.62%	76406.44	4.11%	8022.0
211010109	Computadora De Ultima Generación Con Pantalla Led Incluye Sistema Operativo	98800.00	4.23%	60915.55	3.28%	37884.5
221000000	Cemento Portland Tipo Ip (42.5Kg)	80288.54	3.44%	30920.70	1.66%	49367.8
239140023	Ploter	90000.00	3.86%	59327.30	3.19%	30672.7
147010003	Oficial	45267.47	1.94%	39329.65	2.12%	5937.8
239080179	Aire Acondicionado Inrow Compatible Con Gabinete De Piso De 42 Ru	43850.00	1.88%	3400.16	0.18%	40449.8
239140020	Terminal De Virtualizacion (Incluye Monitor Led De 24")	27000.00	1.16%	29594.60	1.59%	-2594.6
239140026	Sistema Operativo De Usuario Final	40500.00	1.74%	22195.95	1.19%	18304.1
244000019	Madera Corriente (Tablas O Listones)	35628.12	1.53%	36773.46	1.98%	-1145.3
401010060	Suministro E Instalación Escalera Metálica + Pasadizo De Circulación	30000.00	1.29%	30000.00	1.61%	0.0
401010097	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-1 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	40000.00	1.71%	23873.05	1.28%	16127.0
401010098	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-2 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	30000.00	1.29%	7991.54	0.43%	22008.5
401010100	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-4 Autoportante De Aluminio C/ Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectant	24000.00	1.03%	4334.40	0.23%	19665.6
						522368

Elaboración propia

- En el cuadro anterior se ve el efecto de la ingeniería de valor teniendo como referencia que las celdas en verde representan el cambio de valor en la mano de obra producto de variación en partidas y los resultados en celeste son incrementos en el costo siendo las optimizaciones en negro, donde se aprecia 2 incrementos correspondientes a madera y terminales de virtualización.
- En el insumo “Sistema de Información Geográfica”, se obtuvo una optimización de 16.56% con respecto al valor inicial, teniendo un incremento de 0.03% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 44

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema de información geográfica

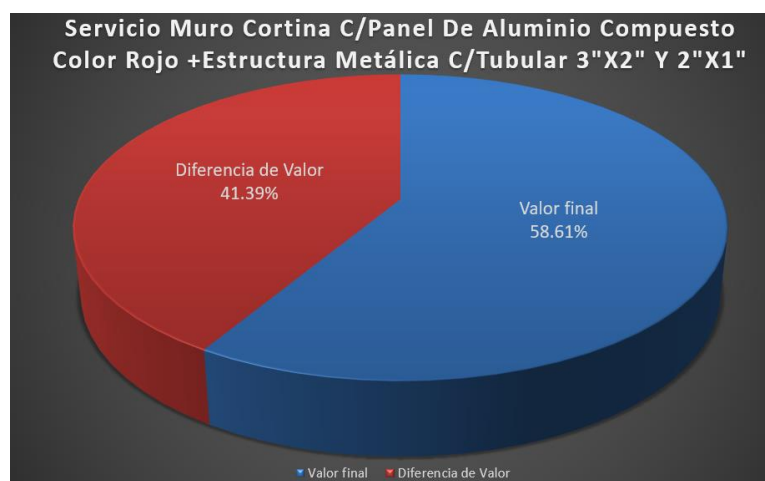


Elaboración propia

- En el insumo “Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo”, se obtuvo una optimización de 41.39% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 8.61% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 45

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo



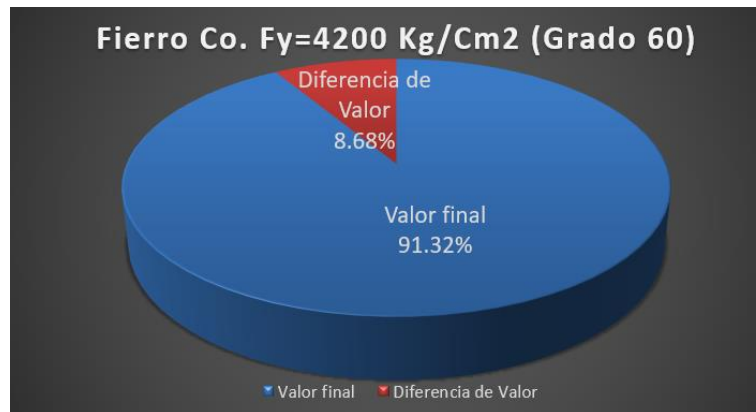
Elaboración propia



- En el insumo “Fierro Co. $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (grado 60)”, se obtuvo una optimización de 8.68% con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.49% en la incidencia con respecto al valor total de la obra, esto debido a que el precio por kilogramo variaba por la cantidad de varillas con mayor diámetro que poseía el proyecto.

Figura 46

Gráfico circular de valor incrementado del insumo Fierro Co. $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (grado 60)

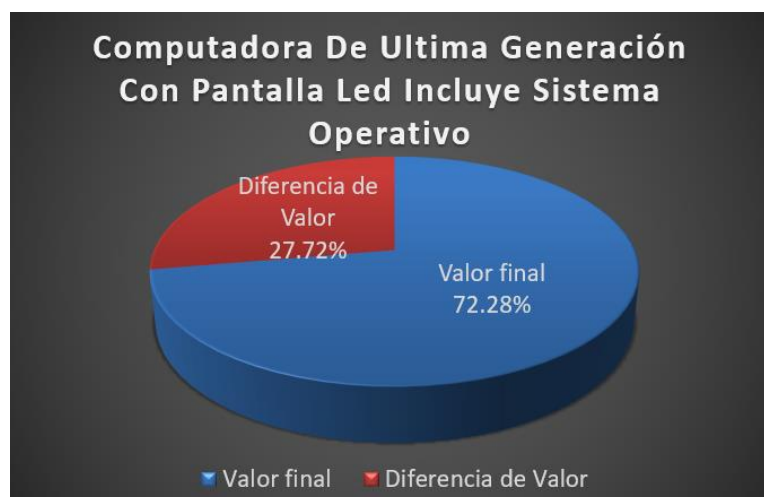


Elaboración propia

- En el insumo “Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo”, obtuvo una optimización de 27.72% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.96% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 47

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo

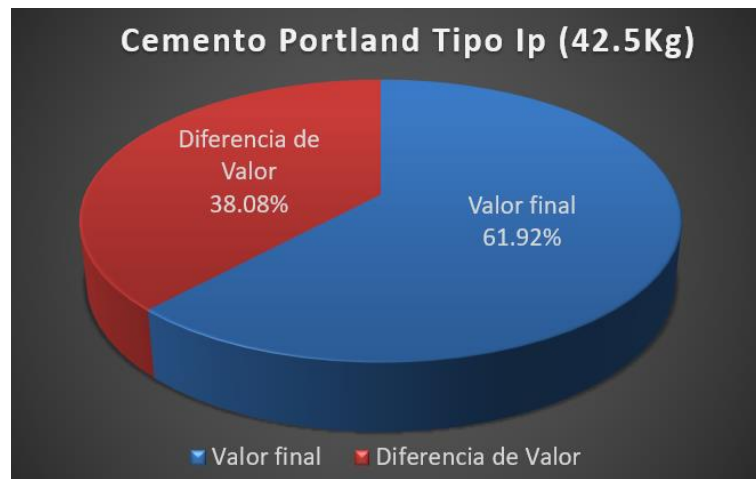


Elaboración propia

- En el insumo “Cemento Portland Tipo Ip (42.5kg)”, se obtuvo una optimización de 38.08% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 1.78% en la incidencia con respecto al valor total de la obra, esto debido al incremento del valor en las bolsas de cemento y al uso de concreto premezclado.

Figura 48

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Cemento Portland Tipo Ip (42.5kg)”



Elaboración propia

- El uso del concreto premezclado también representa una subida de rendimientos importante como se visualiza a continuación.

Tabla 14

Tabla de rendimientos de concreto armado calidad de 210 kg/cm²

Actividad	Unidad	Rendimientos
Concreto preparado en obra Zapatas	m ³ /día	25
Concreto preparado en obra Vigas de Cimentación	m ³ /día	20
Concreto preparado en Losas de Cimentación	m ³ /día	22
Concreto preparado en Muros de Sostenimiento	m ³ /día	10
Concreto preparado en obra Columnas	m ³ /día	10
Concreto preparado en obra en Vigas y Losas	m ³ /día	20
Concreto preparado en obra en Aligerados	m ³ /día	25
Concreto premezclado	m ³ /día	60

Elaboración propia

Tabla 15

Tabla comparativa de rendimientos de concreto armado frente al concreto premezclado

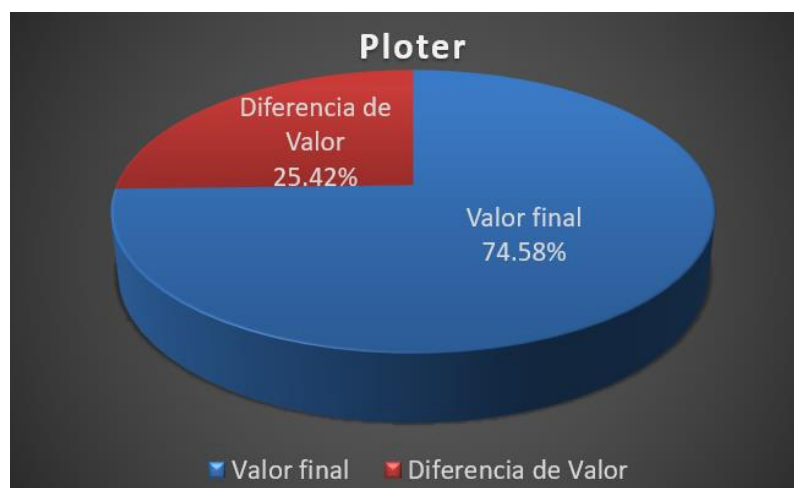
ITEM	Partida	Unidad	Rendimientos		Optimizaci ón (100%* b)/a
			Normal (a)	Premezcla do (b)	
OE.2.3.2.1	Zapatas - Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	m ³ /día	25	60	2.40
OE.2.3.3.1	Vigas de Cimentación - Concreto $f_c= 210$ kg/cm ²	m ³ /día	22	60	2.73
OE.2.3.6.2.1	Placas-Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	m ³ /día	10	60	6.00
OE.2.3.7.1	Columnas - Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	m ³ /día	10	60	6.00
OE.2.3.8.1	Vigas-Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	m ³ /día	20	60	3.00
OE.2.3.9.2.1	Losa Aligerada - Concreto $f_c=210$ Kg/cm ²	m ³ /día	25	60	2.40

Elaboración propia

- Teniendo optimizaciones de rendimiento de hasta un 600% en caso de Placas y Columnas siendo el mínimo incremento de rendimientos de un 240% en las partidas de zapatas y Losas.
- Teniendo el concreto pre mezclado un beneficio extra en el apartado de almacenamiento teniendo una optimizacion importante en el espacio debido a su no almacenamiento para las primeras etapas de ejecucion de la obra lo cual se estimo en un 30% como minimo de las bolsas totales teniendo en cuenta los tiempos de los debidos requerimientos dando una optimización de 5 metros cubicos de espacio.
- En el insumo “Plotter”, se obtuvo una optimización de 25.42% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.67% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 49

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Plotter



Elaboración propia



- En el insumo “Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru”, se obtuvo una optimización de 47.98% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 1.70% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 50

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru

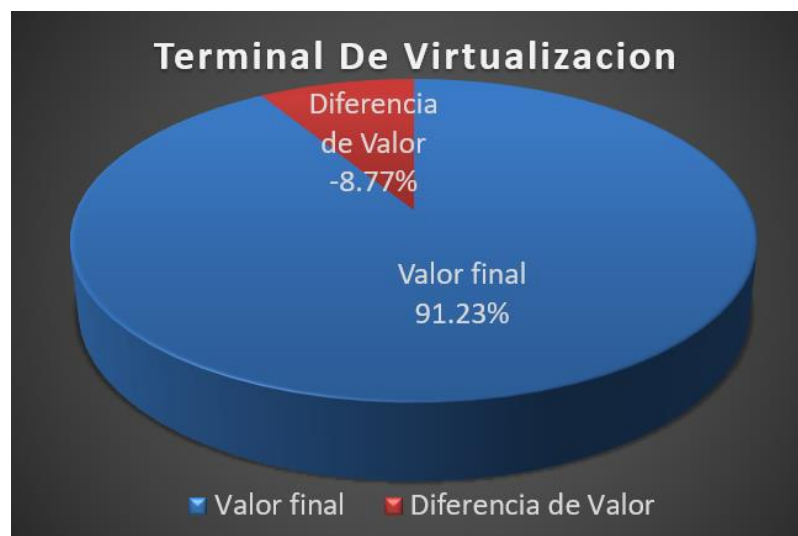


Elaboración propia

- En el insumo “Terminal de Virtualización”, se obtuvo un incremento del 8.77% con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.43% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 51

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Terminal de Virtualización



Elaboración propia



- En el insumo “Sistema operativo de Usuario Final”, se obtuvo una optimización de 31.13% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.54% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 52

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema operativo de Usuario Final



Elaboración propia

- En el insumo “Madera corriente”, se obtuvo un incremento de 3.11% con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.45% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 53

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Madera corriente

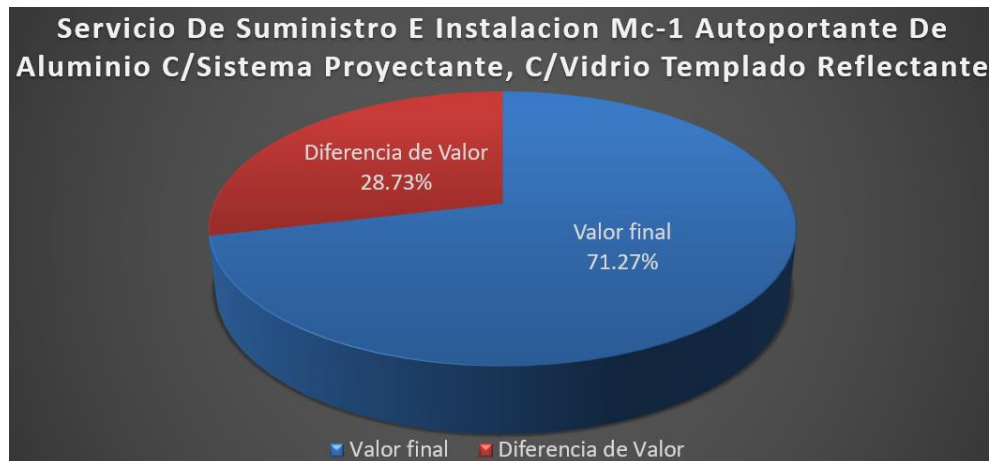


Elaboración propia

- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 28.73% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.43% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 54

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante



Elaboración propia

- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 42.32% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.86% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 55

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante



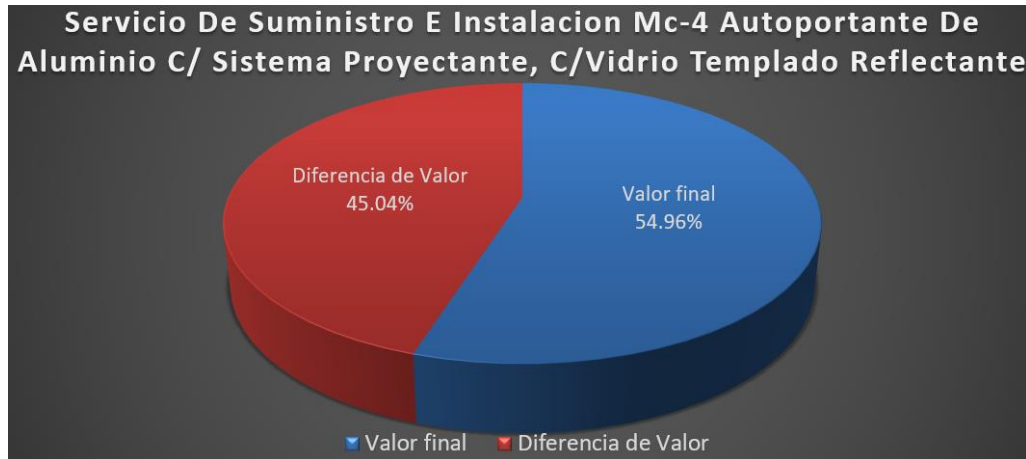
Elaboración propia



- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 45.04% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.80% en la incidencia con respecto al valor total de la obra.

Figura 56

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante

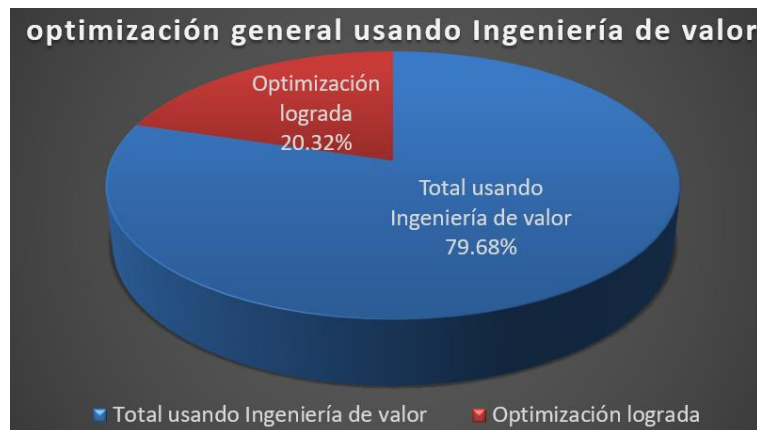


Elaboración propia

- Terminando así con un costo directo de 1,859,412 soles, representando una optimización general de 20.32% con respecto al costo inicial total de insumos (costo directo inicial de 2,333,642 soles).

Figura 57

Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor



Elaboración propia

- Como ultimo resultado del Análisis de la Ingeniería de valor se detalla un resumen de los insumos con las características obtenidas donde podemos verificar que se



obtuvo una mejora de la calidad en un 64.71%, pero con un incremento en el precio presente en un 11.76% de insumos, debido a actualizaciones en los precios y características invariables en el mercado.

Tabla 16

Tabla resumen de calidad de los insumos en estudio

Código de S10	Recurso	Características			Calidad
		Rendimiento	Precio	Almacenamiento	
147000039	Operario	Igual	Igual	Igual	IGUAL
147010004	Peon	Igual	Igual	Igual	IGUAL
239140030	Sistema De Información Geográfica	Igual	Menor	Igual	MAYOR
401010061	Servicio Muro Cortina C/Panel De Aluminio Compuesto Color Rojo +Estructura Metálica C/Tubular 3"X2" Y 2"X1"	Igual	Menor	Igual	MAYOR
203030048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	Igual	Menor	Igual	IGUAL
211010109	Computadora De Ultima Generación Con Pantalla Led Incluye Sistema Operativo	Igual	Menor	Igual	MAYOR
221000000	Cemento Portland Tipo Ip (42.5Kg)	Mayor	Menor	Menor	MAYOR
239140023	Ploter	Igual	Menor	Igual	MAYOR
147010003	Oficial	Igual	Igual	Igual	IGUAL
239080179	Aire Acondicionado Inrow Compatible Con Gabinete De Piso De 42 Ru	Mayor	Menor	Mayor	MAYOR
239140020	Terminal De Virtualizacion (Incluye Monitor Led De 24")	Mayor	Mayor	Igual	IGUAL
239140026	Sistema Operativo De Usuario Final	Igual	Menor	Igual	MAYOR
244000019	Madera Corriente (Tablas O Listones)	Igual	Mayor	Igual	IGUAL
401010060	Suministro E Instalación Escalera Metálica + Pasadizo De Circulación	Igual	Igual	Igual	IGUAL
401010097	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-1 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	Igual	Menor	Igual	MAYOR
401010098	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-2 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	Igual	Menor	Igual	MAYOR
401010100	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-4 Autoportante De Aluminio C/ Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectant	Igual	Menor	Igual	MAYOR

Elaboración propia

Tabla 17

Tabla resumen de caracterización en porcentajes de la calidad de los insumos en estudio

Total	17	insumos	100.00%
Mejoras	11	insumos	64.71%
Iguals	4	insumos	23.53%
Iguals con mayor costo	2	insumos	11.76%

Elaboración propia

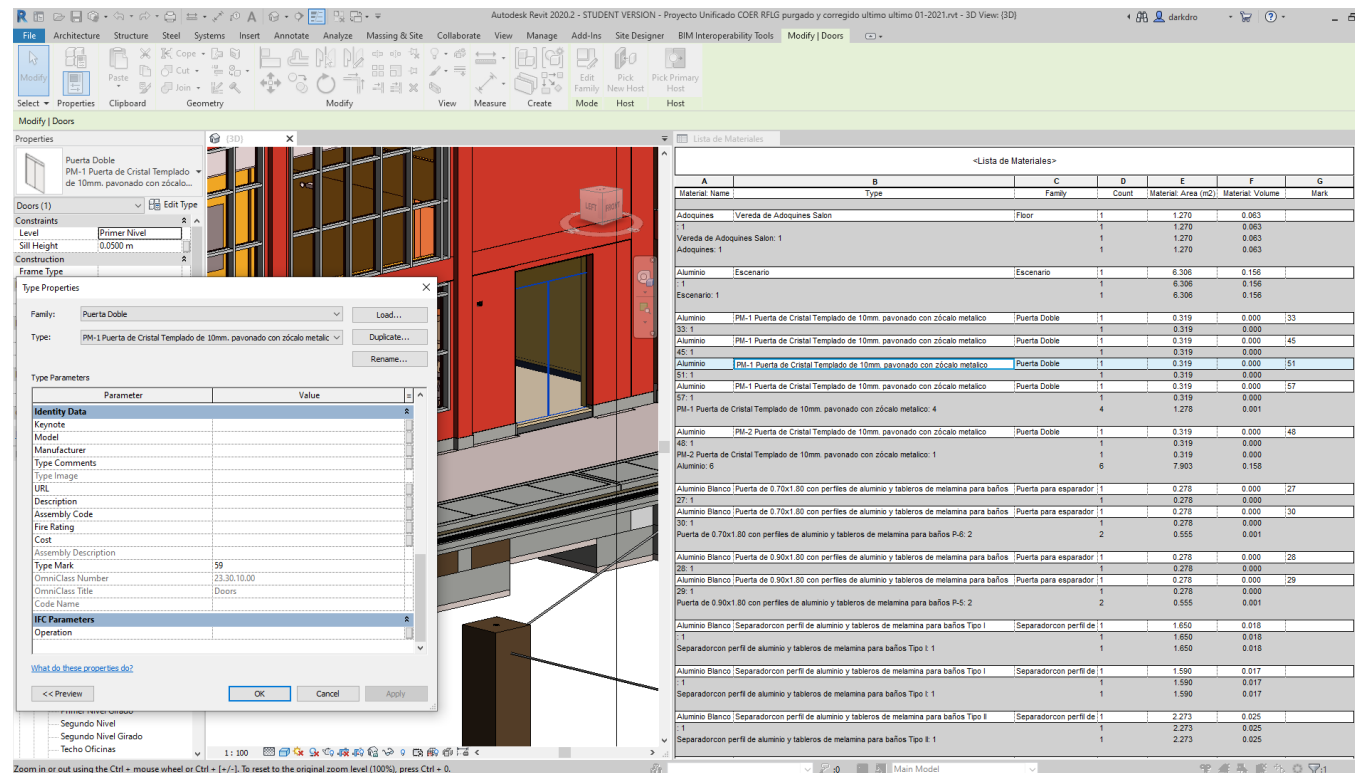


4.1.2. Metodología BIM

- Permitted to identify, detail and quantify in detail the quantities of the inputs representing them faithfully in a verifiable model through established and programmable parameters, which gives the necessary reliability to carry out more precise optimizations.

Figura 58

Imagen de pantalla doble del modelo BIM en fase de gestión de información



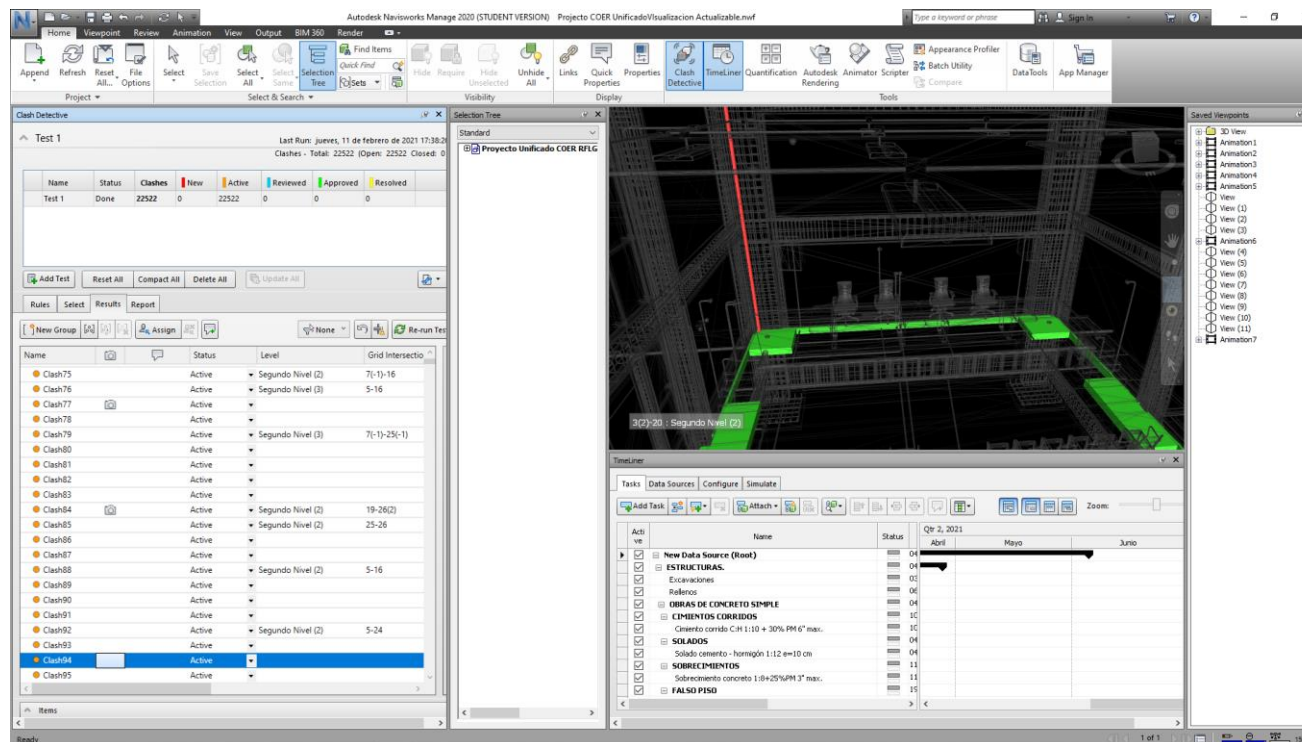
Elaboración propia



- La verificación de interferencias se da a nivel general, siendo este análisis muy completo, teniendo un total de 22522 interferencias como se ve en la imagen, estas no son netamente perjudiciales por lo mismo que estas pueden ser o no aceptadas por el personal encargado de verificar la construcción del proyecto, dando así una confiabilidad mayor, teniendo en cuenta que muchas interferencias son dadas por el nivel de detalle del diseño y por el nivel de desarrollo, lo cual lo hace confiable y bueno.

Figura 59

Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a mala ubicación de tubería pluvial que causa interferencia con la zapata correspondiente al salón

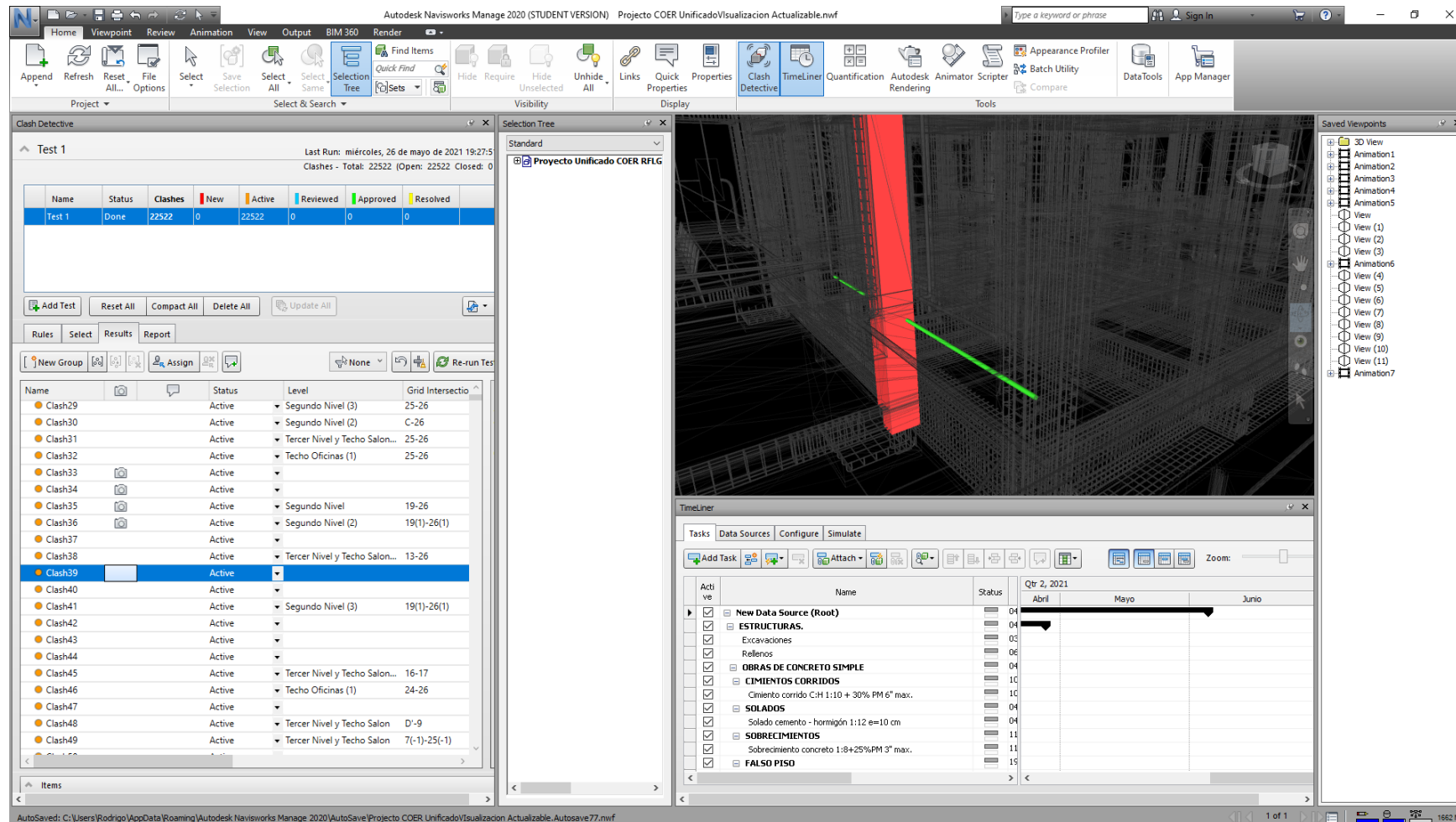


Elaboración propia



Figura 60

Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a tubería para pararrayos mal ubicada (Tubería-Placa)

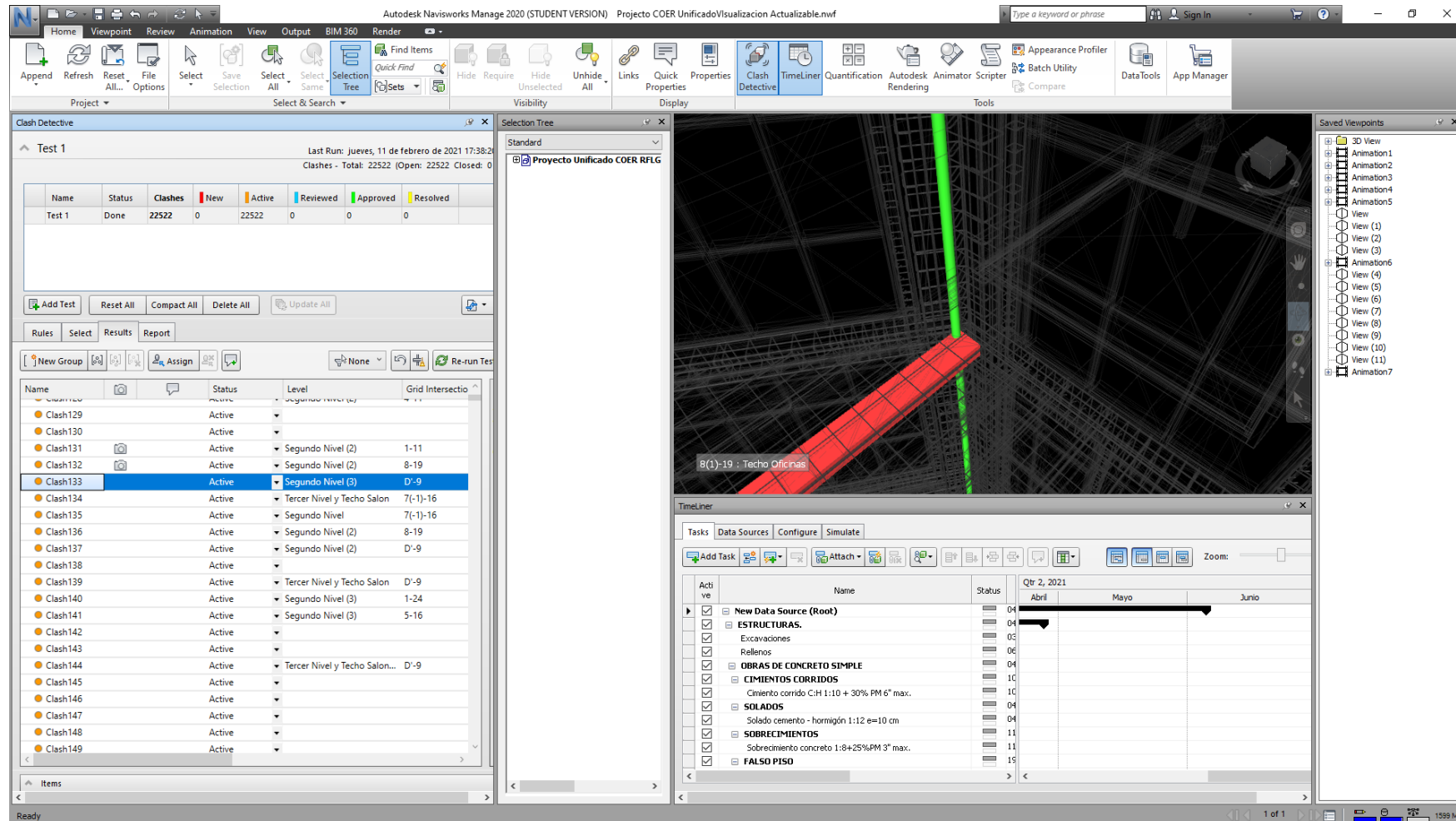


Elaboración propia



Figura 61

Interferencia de alto Riesgo en Navisworks debido a interferencia entre tubería pluvial en Oficinas y viga estructural (viga – Tubería pluvial)

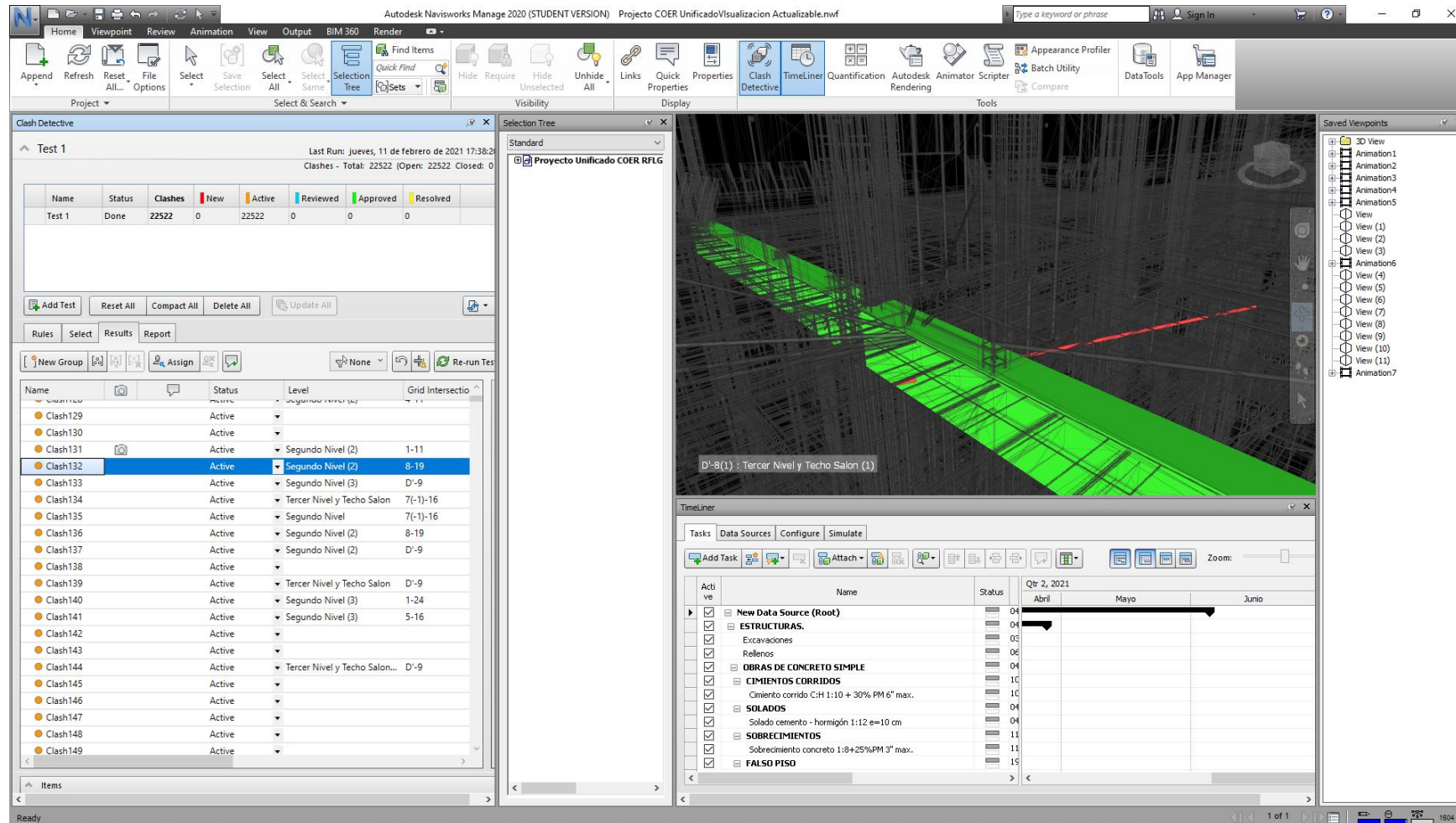


Elaboración propia



Figura 62

Interferencia de Alto Riesgo en Navisworks debido mala distribución de tuberías eléctricas que interfiere con vigas en la losa

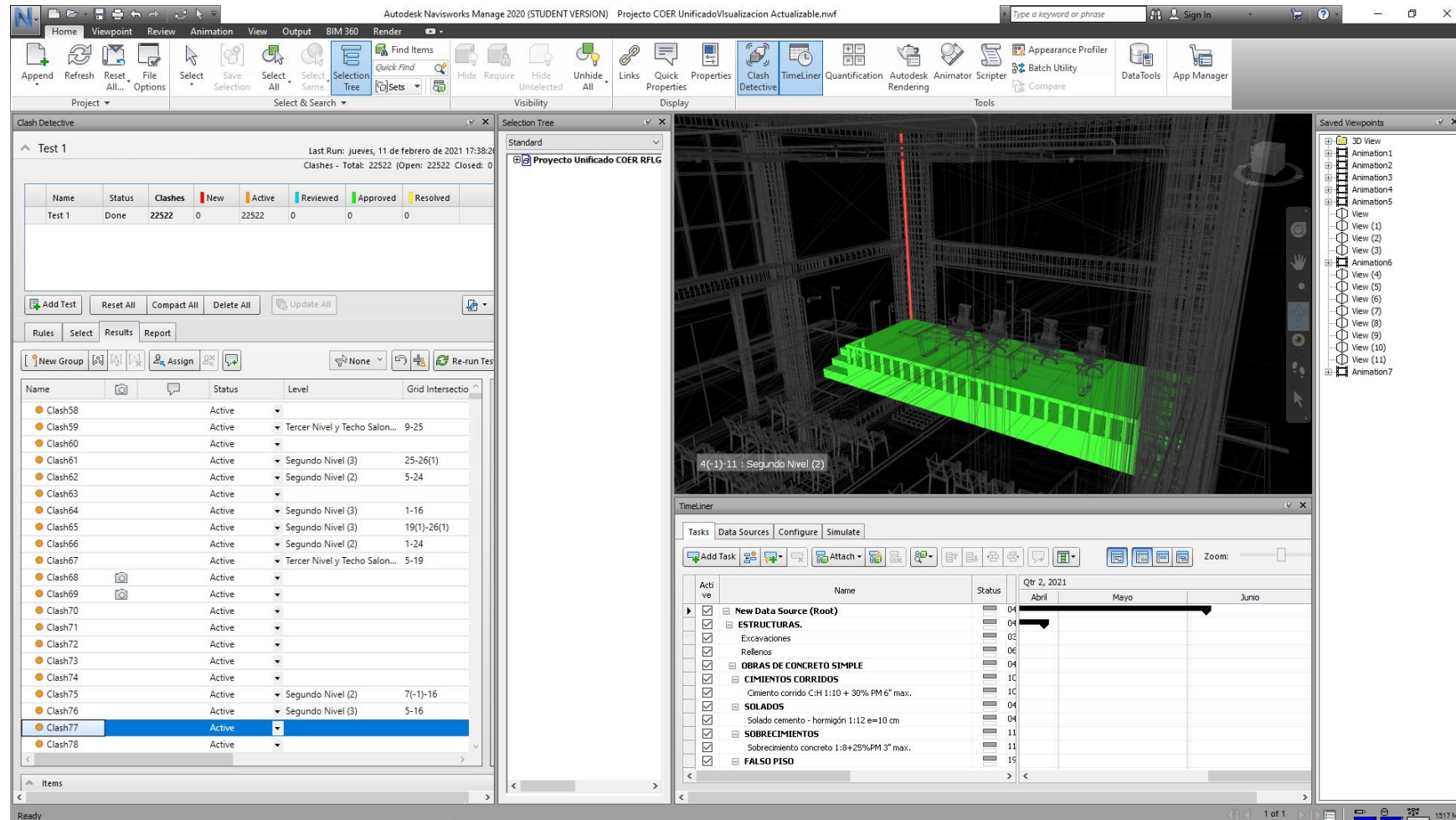


Elaboración propia



Figura 63

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a falta de correlación entre el equipamiento (escenario móvil con la tubería de agua pluvial en el Salón)

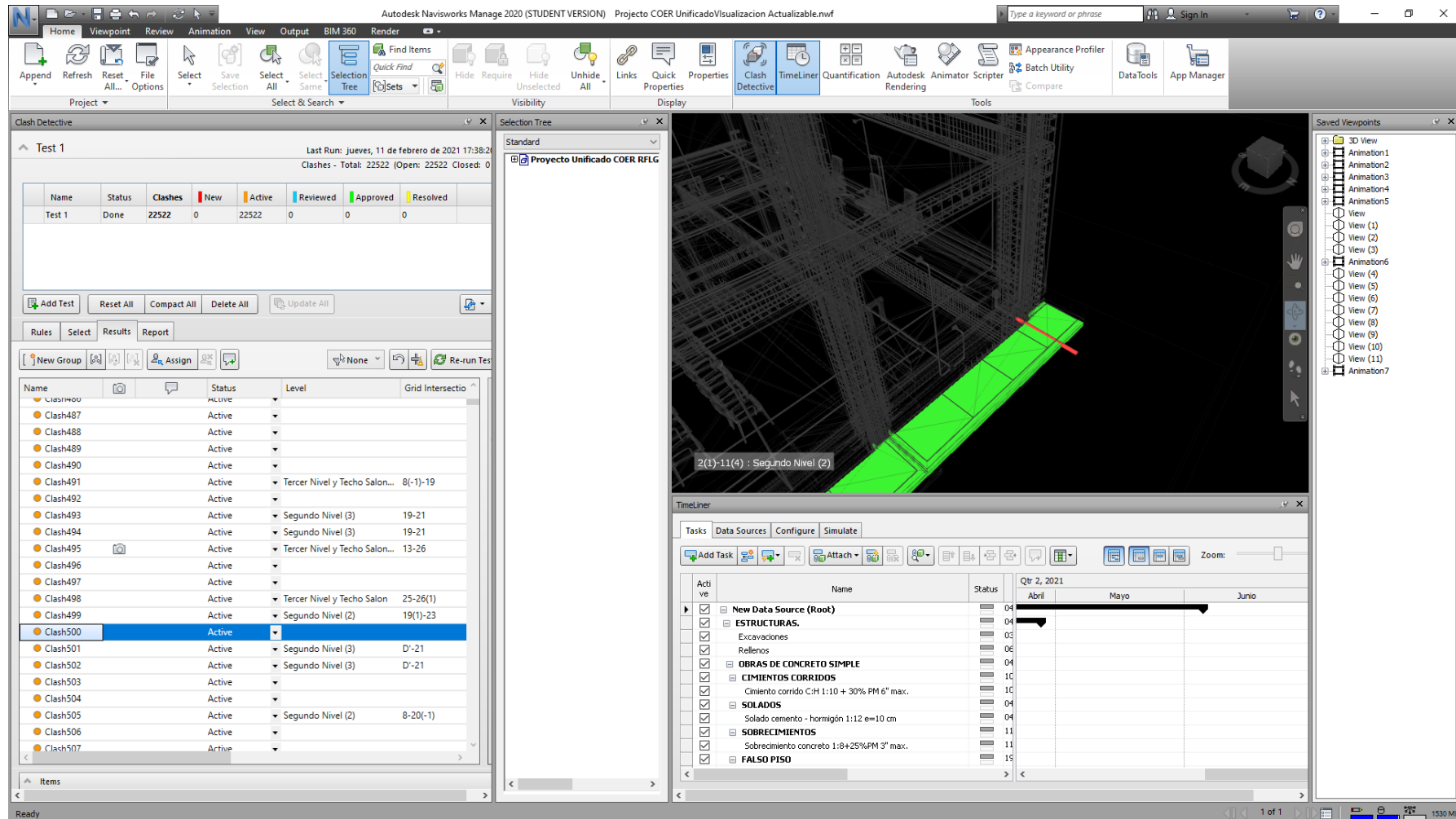


Elaboración propia



Figura 64

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a error en la cota de la tubería pluvial que causa conflicto con la vereda

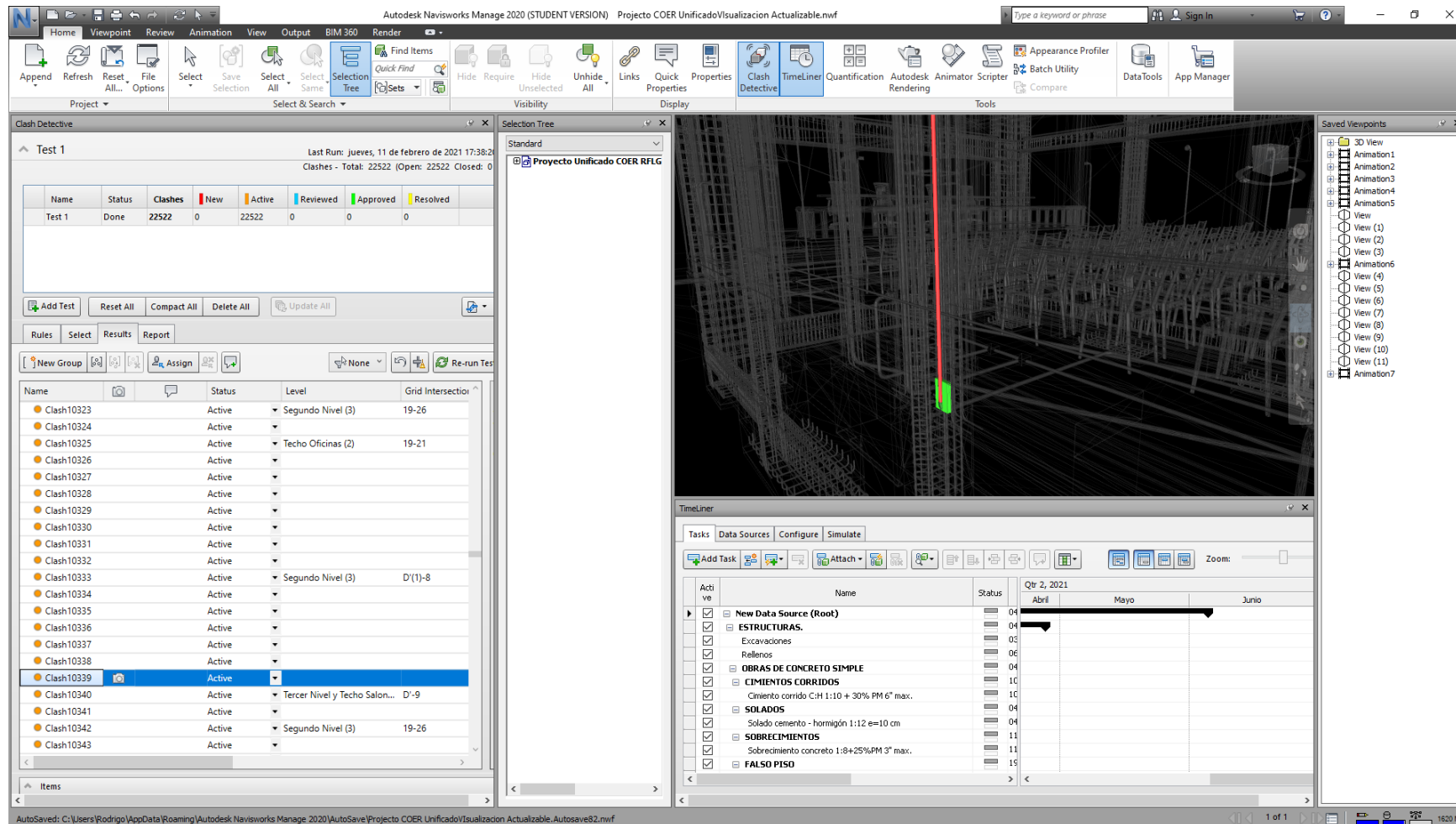


Elaboración propia



Figura 65

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a ubicación de tubería de electricidad debido a poco espacio generando interferencia con el tarrajeo



Elaboración propia



Figura 66

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks entre especialidades de Instalaciones eléctricas y de comunicaciones debido a mala distribución de las mismas

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red and green line indicating a clash. The Clash Detective window is open, showing a table of clash results. The table has columns for Name, Status, Clashes (New, Active, Reviewed, Approved, Resolved), and Grid Intersection. The table lists various clash items, all with a status of 'Active'. The TimeLiner window is also open, showing a Gantt chart for the project schedule. The Gantt chart shows tasks for 'ESTRUCTURAS', 'OBRAS DE CONCRETO SIMPLE', 'CIMENTOS CORRIDOS', 'SOLADOS', 'SOBRECIMENTOS', and 'FALSO PISO' across the months of April, May, and June 2021.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Name	Status	Level	Grid Intersection
Clash10585	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	16-26
Clash10586	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	D-9
Clash10587	Active		
Clash10588	Active		
Clash10589	Active		
Clash10590	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	16-26
Clash10591	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	C-9
Clash10592	Active		
Clash10593	Active		
Clash10594	Active		
Clash10595	Active		
Clash10596	Active		
Clash10597	Active		
Clash10598	Active		
Clash10599	Active		
Clash10600	Active		
Clash10601	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	8-15
Clash10602	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	10-14
Clash10603	Active		
Clash10604	Active		
Clash10605	Active		

Elaboración propia



Figura 67

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a Mala distribución de las cajas octogonales eléctricas que causan interferencias con elementos estructurales como vigas

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red highlighted area indicating a clash. The interface includes a ribbon with various tools and panels.

Clash Detective Panel:

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Clash List:

Name	Status	Level	Grid Intersectio
Clash630	Active		
Clash631	Active	Segundo Nivel (3)	9-20(-1)
Clash632	Active		
Clash633	Active		
Clash634	Active		
Clash635	Active		
Clash636	Active	Segundo Nivel (3)	8-20
Clash637	Active	Segundo Nivel (3)	8-20
Clash638	Active	Segundo Nivel (3)	9-20
Clash639	Active	Segundo Nivel (3)	9-20
Clash640	Active	Segundo Nivel (3)	20-21(1)
Clash641	Active	Segundo Nivel (3)	20-21
Clash642	Active	Segundo Nivel (3)	8(-1)-20
Clash643	Active	Segundo Nivel (3)	8-20
Clash644	Active	Segundo Nivel (3)	9(-1)-20
Clash645	Active	Segundo Nivel (3)	9(-1)-20
Clash646	Active	Segundo Nivel (3)	8(1)-20
Clash647	Active	Segundo Nivel (3)	8-20
Clash648	Active	Segundo Nivel (3)	8(1)-20
Clash649	Active	Segundo Nivel (3)	8-20
Clash650	Active		
Clash651	Active		

TimeLiner Panel:

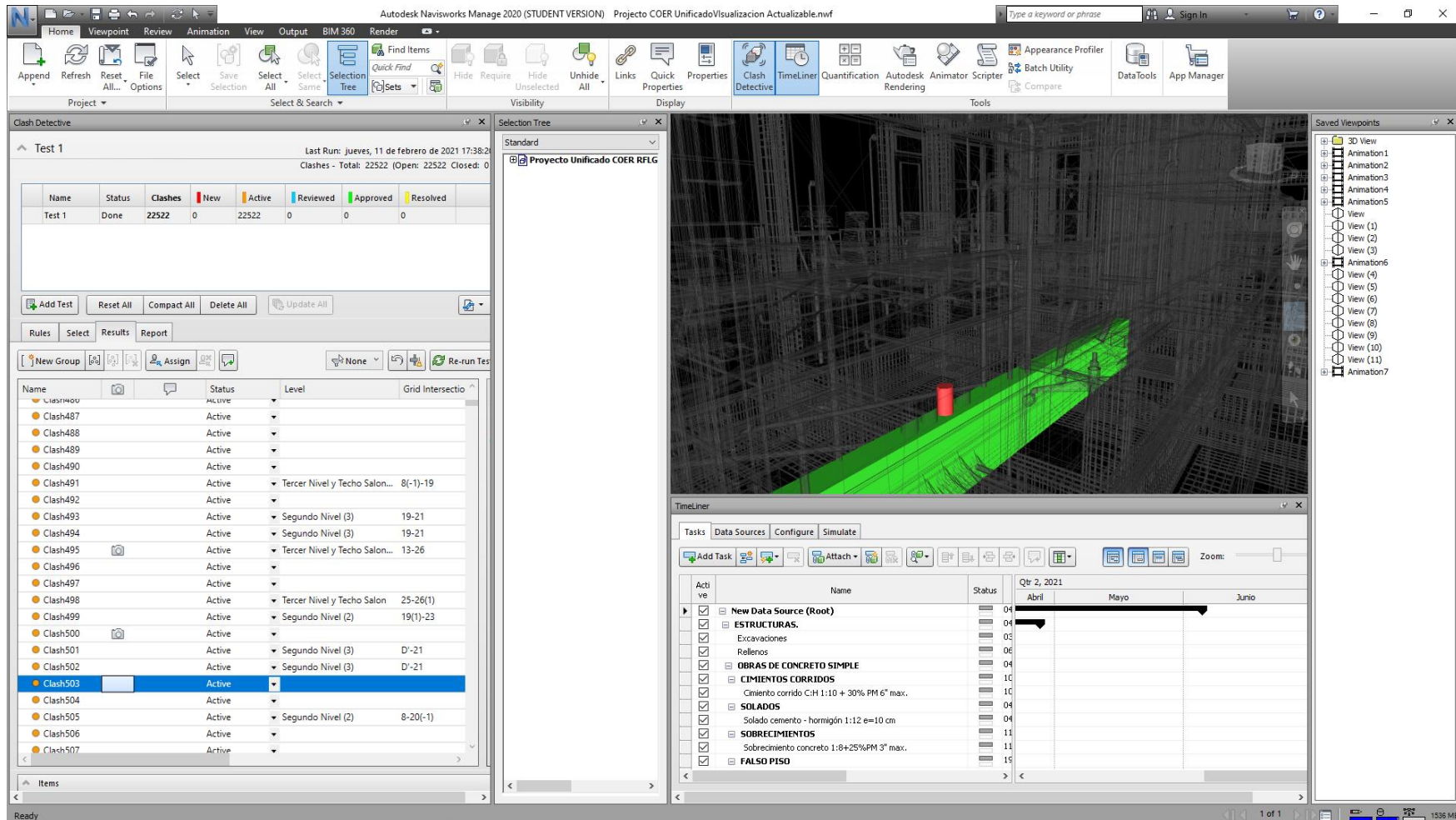
Acti	Name	Status	Qtr 2, 2021
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS.	02	
<input checked="" type="checkbox"/>	Excavaciones	02	
<input checked="" type="checkbox"/>	Rellenos	06	
<input checked="" type="checkbox"/>	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	CIMENTOS CORRIDOS	1C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Cimiento corrido C:H 1:10 + 30% PM 6" max.	1C	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOLADOS	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	Solado cemento - hormigón 1:12 e=10 cm	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOBRECIMENTOS	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	Sobrecimiento concreto 1:8+25%PM 3" max.	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	FALSO PISO	15	

Elaboración propia



Figura 68

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a la presencia de muchas tuberías que atraviesan por diversos lugares el sobre cimient

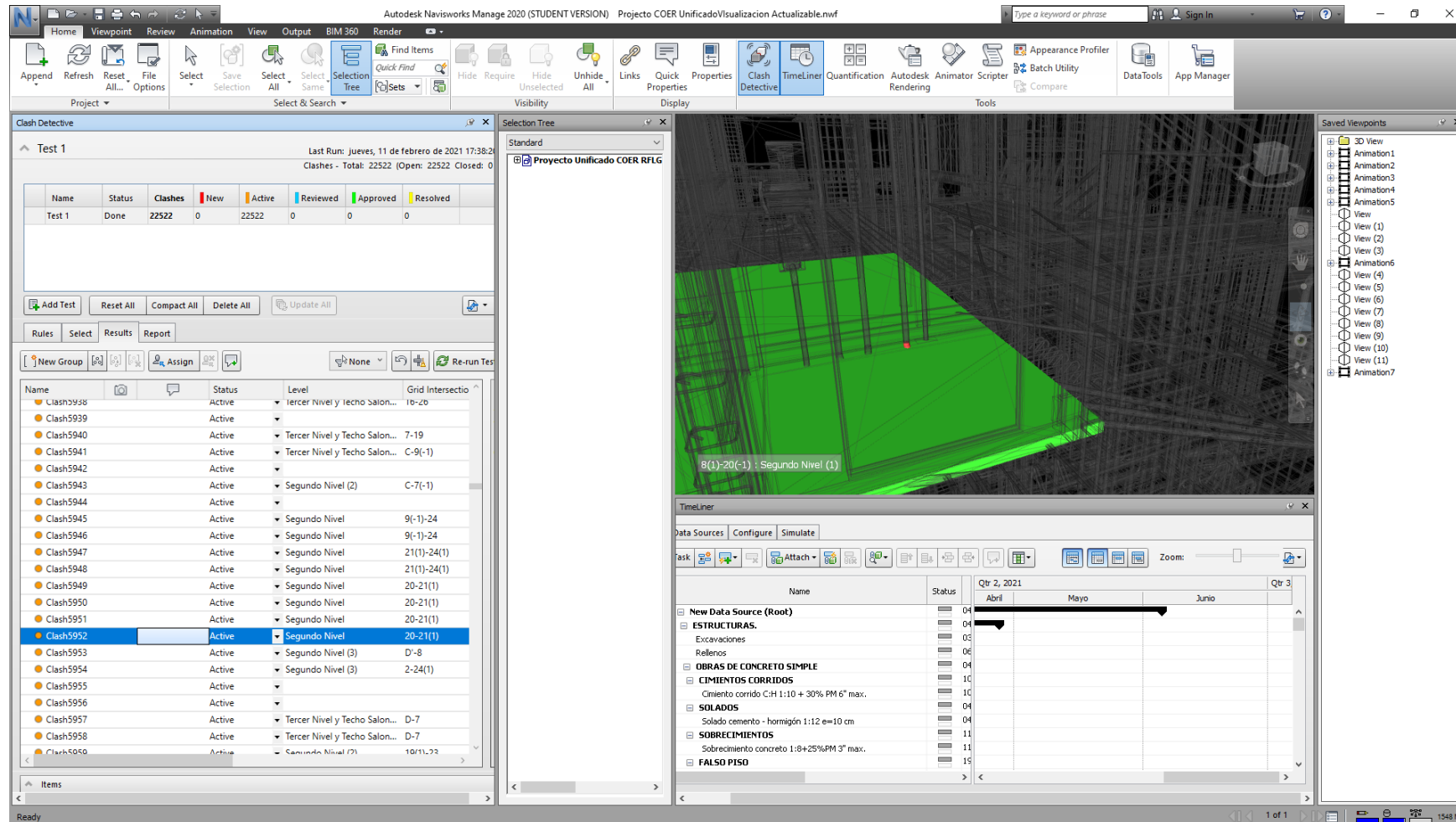


Elaboración propia



Figura 69

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a la mala distribución de las tuberías eléctricas teniendo una presencia de un codo muy sobresaliente de la losa



Elaboración propia



Figura 70

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a Interferencia entre sobrecimiento con tubería de comunicaciones (Tubería-Sobre cimiento)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a highlighted green clash. The interface includes a top menu bar, a toolbar, and several panels:

- Clash Detective:** Shows a table of clash results for 'Test 1'. The table has columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The total number of clashes is 22522.
- Selection Tree:** Shows the project hierarchy, including 'Proyecto Unificado COER RFLG'.
- TimeLiner:** Shows a Gantt chart for tasks, including 'ESTRUCTURAS', 'OBRAS DE CONCRETO SIMPLE', 'CIMENTOS CORRIDOS', 'SOLADOS', 'SOBRECIMENTOS', and 'FALSO PISO'. The chart shows the duration of each task from April to June 2021.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

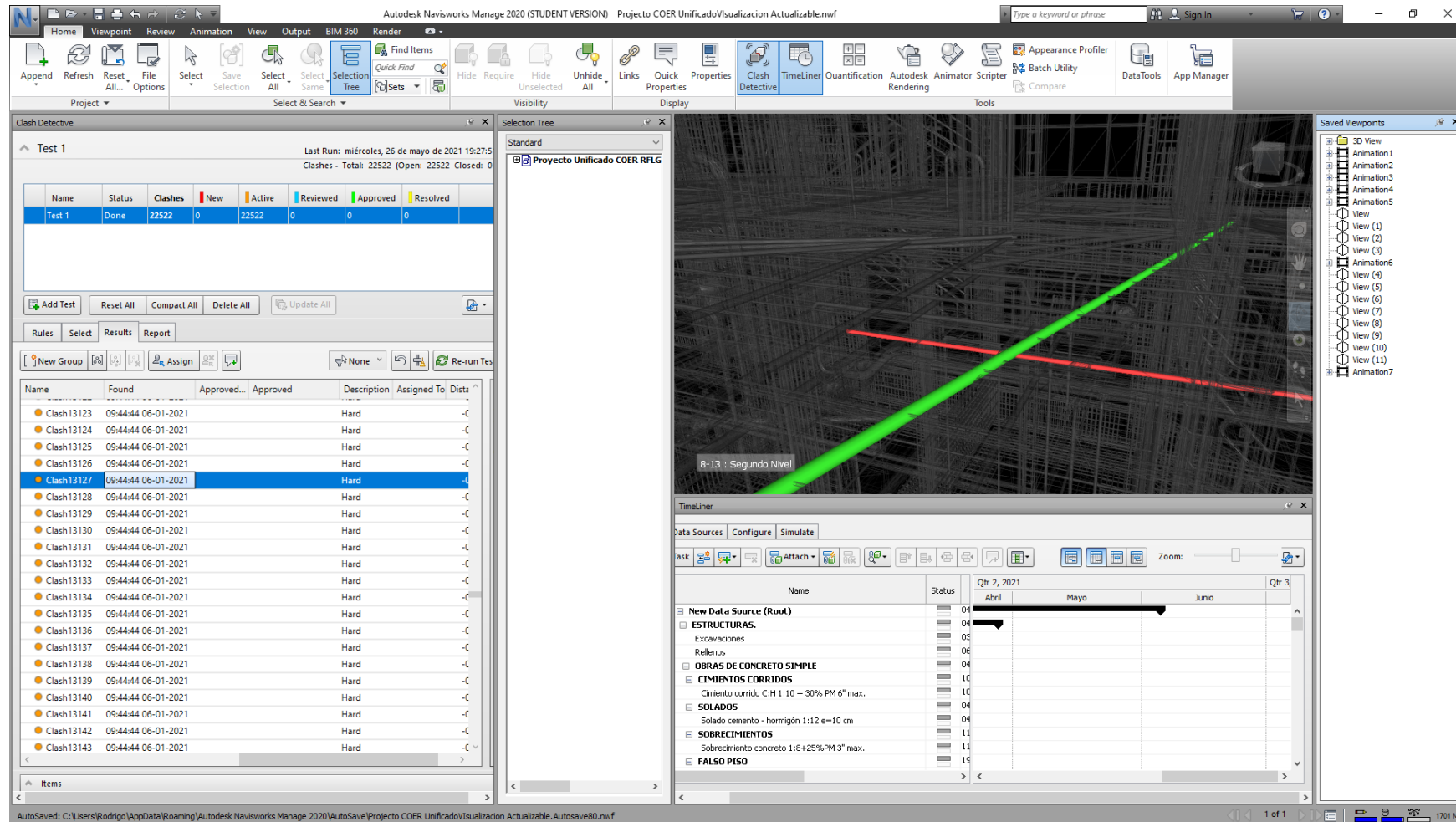
Name	Status	Level	Grid Intersectio
Clash29	Active	Segundo Nivel (3)	25-26
Clash30	Active	Segundo Nivel (2)	C-26
Clash31	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	25-26
Clash32	Active	Techo Oficinas (1)	25-26
Clash33	Active		
Clash34	Active		
Clash35	Active	Segundo Nivel	19-26
Clash36	Active	Segundo Nivel (2)	19(1)-26(1)
Clash37	Active		
Clash38	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	13-26
Clash39	Active		
Clash40	Active		
Clash41	Active	Segundo Nivel (3)	19(1)-26(1)
Clash42	Active		
Clash43	Active		
Clash44	Active		
Clash45	Active	Tercer Nivel y Techo Salon...	16-17
Clash46	Active	Techo Oficinas (1)	24-26
Clash47	Active		
Clash48	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	D'-9
Clash49	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	7(-1)-25(-1)

Elaboración propia



Figura 71

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a escaso espacio para la ubicación de tubería de agua y acero en losa (varilla- Tubería)



Elaboración propia



Figura 72

Interferencia de Mediano Riesgo en Navisworks debido a ubicación de aparatos sanitarios que impedian la ubicación de inodoro (Inodoro- Muro)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red toilet and a green wall. The Clash Detective window is open, showing a table of clash results. The table has columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The table shows a total of 22522 clashes. The TimeLiner window is also open, showing a Gantt chart for the project schedule.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Name	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned To	Diste
Clash5899	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5900	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5901	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5902	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5903	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5904	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5905	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5906	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5907	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5908	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5909	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5910	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5911	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5912	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5913	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5914	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5915	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5916	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5917	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5918	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5919	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C

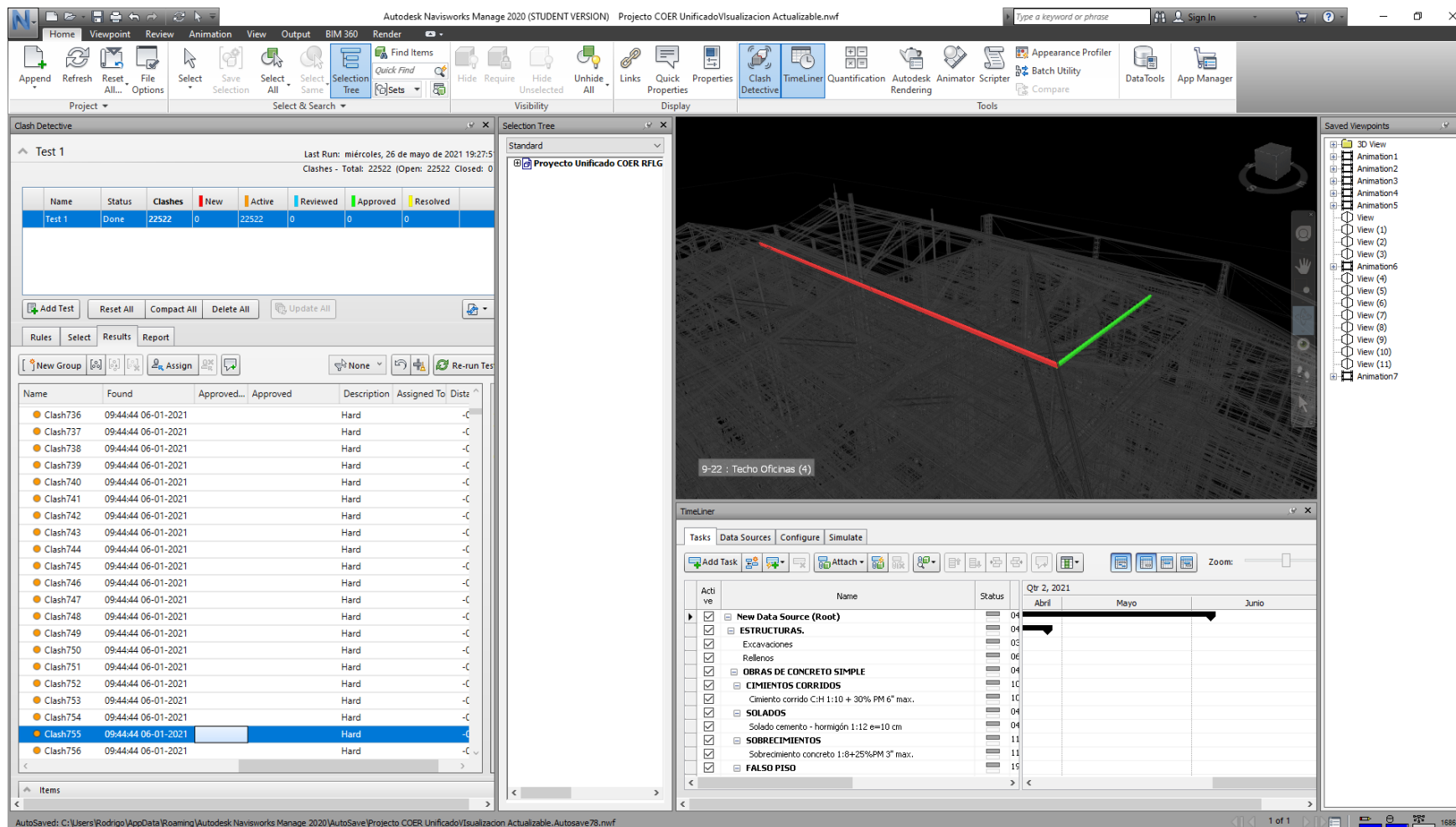
Acti ve	Name	Status	Qtr 2, 2021
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS.	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	Excavaciones	03	
<input checked="" type="checkbox"/>	Rellenos	06	
<input checked="" type="checkbox"/>	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	CIEMENTOS CORRIDOS	1C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Cimiento corrido C:H 1:10 + 30% PM 6" max.	1C	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOLIDOS	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	Solado cemento - hormigón 1:12 e=10 cm	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOBRECIMENTOS	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	Sobrecimiento concreto 1:8+25%PM 3" max.	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	FALSO PISO	15	

Elaboración propia



Figura 73

Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a intersección entre correas en armado de techo (Correa-Correa)



Elaboración propia



Figura 74

Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a mala conexión presente en tomacorriente (tubería – tomacorriente)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red and green clash area highlighted. The Clash Detective window is open, showing a table of clashes. The table has columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The selected clash is Clash22509, which is Active and located at the Segundo Nivel (25(-)-26).

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Name	Status	Level	Grid Intersección
Clash22502	Active		
Clash22503	Active	Segundo Nivel	C(1)-9
Clash22504	Active		
Clash22505	Active		
Clash22506	Active		
Clash22507	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	9-20(-)1
Clash22508	Active	Tercer Nivel y Techo Salon	A-9
Clash22509	Active	Segundo Nivel	25(-)-26
Clash22510	New		
Clash22511	Active		
Clash22512	Reviewed	Segundo Nivel	19(1)-23
Clash22513	Approved		
Clash22514	Resolved		
Clash22514	Active	Segundo Nivel (2)	C-9
Clash22515	Active		
Clash22516	Active	Segundo Nivel	8-19
Clash22517	Active	Segundo Nivel	13(-)-21(1)
Clash22518	Active	Segundo Nivel	9-24
Clash22519	Active	Segundo Nivel (2)	13-21(1)
Clash22520	Active	Segundo Nivel	C-26
Clash22521	Active	Segundo Nivel	C-9
Clash22522	Active	Segundo Nivel	C-9

Acti ve	Name	Status	Enero 2021	Febrero 2021
<input checked="" type="checkbox"/>	Parlante con Luz Estroboscópica	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	SISTEMA DE SONIDO AMBIENTAL	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	Parlante de 15" de 200W con soporte de protección incluy...	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	SISTEMA DE ALARMA CONTRA ROBOS	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	Detector de presencia	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	Sirena parlante	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	Panelcentral de alarma contra robos	01		
<input checked="" type="checkbox"/>	Pozo puesta a tierra	02		
<input checked="" type="checkbox"/>	Muebles	03		
<input checked="" type="checkbox"/>	Anoblado general Piso 1	03		
<input checked="" type="checkbox"/>	Anoblado general Piso 2	04		
<input checked="" type="checkbox"/>	Anoblado general Piso 3	05		

Elaboración propia



Figura 75

Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a retoque dado por falla en creación de muros (Componente- Losa)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red vertical line indicating a clash. The Clash Detective window is open, showing a table of clashes for 'Test 1'. The table has columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The total number of clashes is 22522. The TimeLiner window is also open, showing a Gantt chart for the project schedule from April to June 2021. The TimeLiner window includes a tree view of the project structure, including 'New Data Source (Root)', 'ESTRUCTURAS', 'OBRAS DE CONCRETO SIMPLE', 'CIMENTOS CORRIDOS', 'SOLADOS', 'SOBRECIMENTOS', and 'FALSO PISO'.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

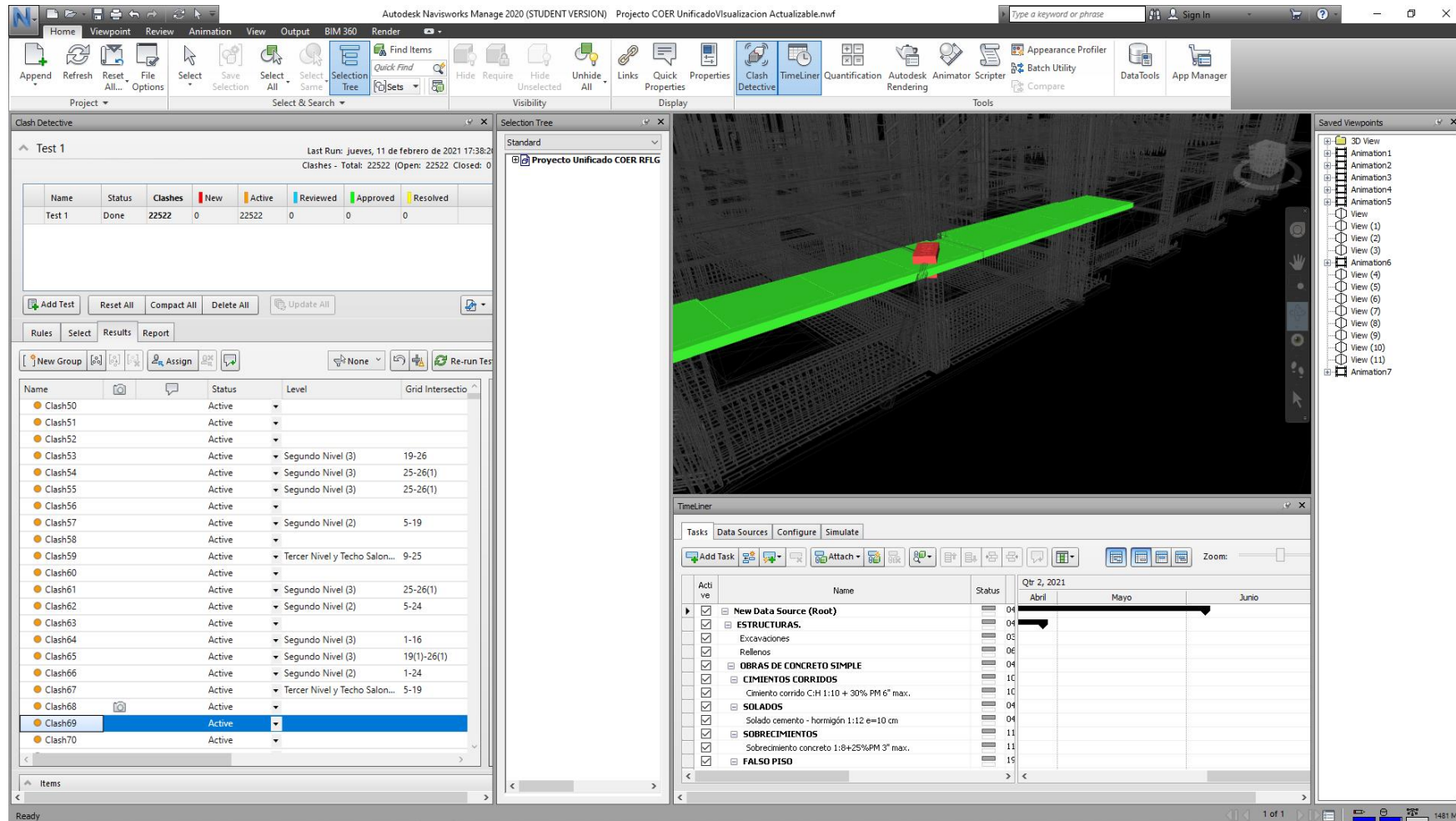
Name	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned To	Diste
Clash5915	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5916	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5917	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5918	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5919	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5920	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5921	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5922	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5923	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5924	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5925	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5926	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5927	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5928	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5929	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5930	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5931	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5932	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5933	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5934	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-
Clash5935	09:44:44 06-01-2021			Hard	-	-

Elaboración propia



Figura 76

Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a error en la cota de la caja de registro



Elaboración propia



Figura 77

Interferencia de Bajo Riesgo en Navisworks debido a poco espacio para la ubicación del parlante (parlante-Tarrajeo con pintura)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red speaker and a green railing. The Clash Detective window is open, showing a table of clashes. The table has columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The current view shows a list of clashes from Clash164 to Clash184, all with an 'Active' status. The TimeLiner window is also open, showing a Gantt chart for the project schedule from April to June 2021. The project name is 'Proyecto COER Unificado/Visualizacion Actualizable.nwf'.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Name	Status	Level	Grid Intersectio
Clash164	Active		
Clash165	Active		
Clash166	Active	Segundo Nivel (2)	8-13
Clash167	Active	Segundo Nivel (2)	8-20
Clash168	Active		
Clash169	Active	Techo Oficinas	C-6
Clash170	Active		
Clash171	Active		
Clash172	Active		
Clash173	Active	Segundo Nivel (2)	5-16
Clash174	Active		
Clash175	Active		
Clash176	Active		
Clash177	Active		
Clash178	Active	Segundo Nivel (3)	C-23
Clash179	Active	Segundo Nivel (3)	C-23
Clash180	Active		
Clash181	Active		
Clash182	Active		
Clash183	Active		
Clash184	Active		

Elaboración propia



Figura 78

Interferencia Tipo Observación en Navisworks debido a empotramiento en muro necesario de tablero de instalaciones eléctricas en salón (Tablero - Muro)

The screenshot displays the Autodesk Navisworks Manage 2020 (STUDENT VERSION) interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red and green highlighted area. The interface includes a top menu bar, a toolbar, and several panels:

- Clash Detective:** Shows a table of clash results for 'Test 1'.
- Selection Tree:** Displays the project hierarchy, including 'Proyecto Unificado COER RFLG'.
- TimeLiner:** Shows a Gantt chart for tasks, including 'ESTRUCTURAS', 'OBRAS DE CONCRETO SIMPLE', 'CIMENTOS CORRIDOS', 'SOLADOS', 'SOBRECIMENTOS', and 'FALSO PISO'.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	22522	0	22522	0	0	0

Name	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned To	Diste
Clash5833	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5834	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5835	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5836	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5837	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5838	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5839	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5840	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5841	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5842	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5843	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5844	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5845	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5846	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5847	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5848	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5849	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5850	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5851	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5852	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C
Clash5853	09:44:44 06-01-2021			Hard		-C

Acti	Name	Status	Qtr 2, 2021
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS.	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	Excavaciones	02	
<input checked="" type="checkbox"/>	Rellenos	06	
<input checked="" type="checkbox"/>	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	CIMENTOS CORRIDOS	10	
<input checked="" type="checkbox"/>	Cemento corrido C:H 1:10 + 30% PM 6" max.	10	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOLADOS	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	Solado cemento - hormigón 1:12 e=10 cm	04	
<input checked="" type="checkbox"/>	SOBRECIMENTOS	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	Sobrecimiento concreto 1:8+25%PM 3" max.	11	
<input checked="" type="checkbox"/>	FALSO PISO	15	

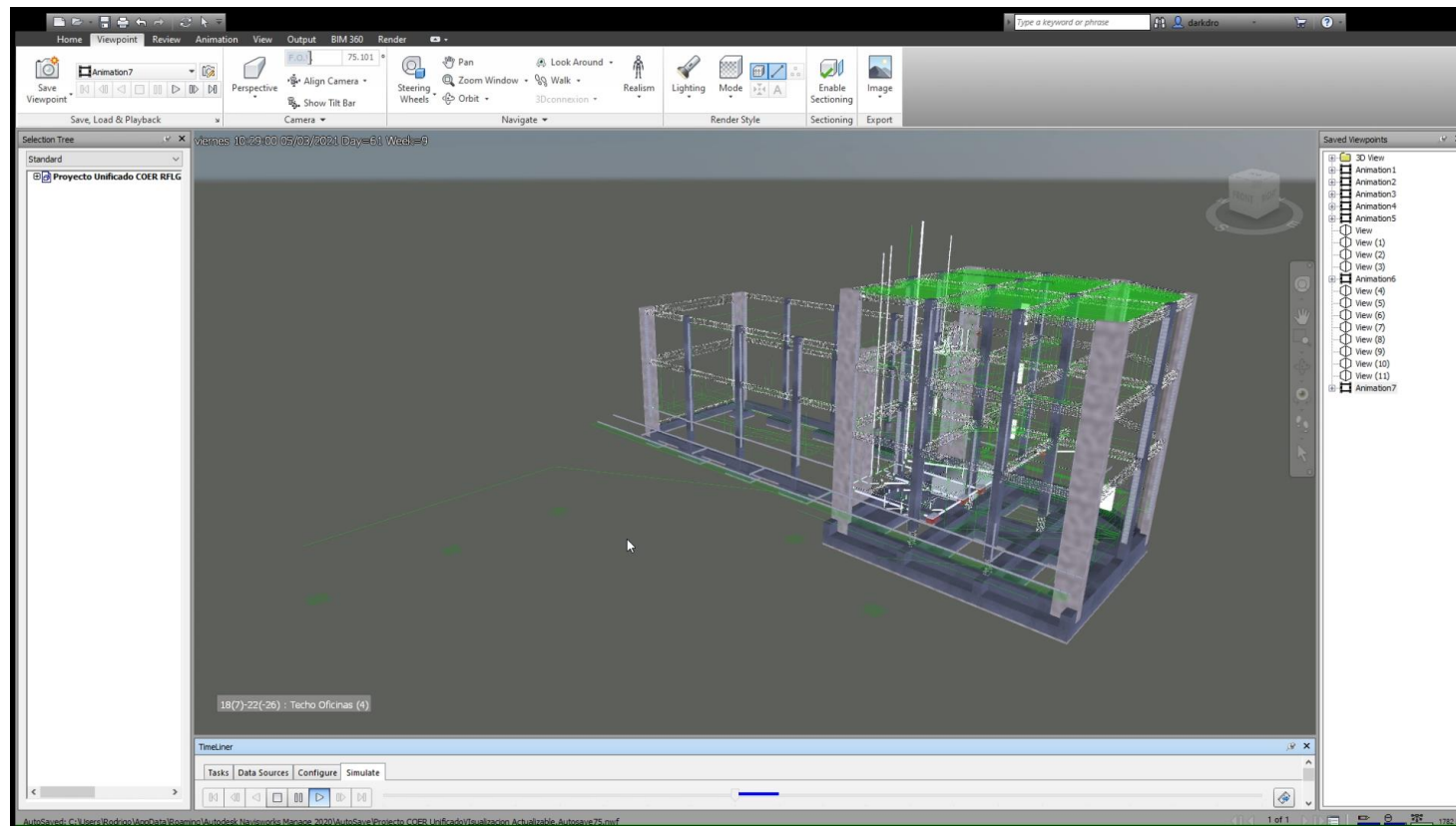
Elaboración propia



- A nivel constructivo viendo la simulación de construcción, la cual se coordina con la programación de obra para tener mayor control, se pueden verificar detalles más resaltantes para corroborar el proceso constructivo y/o mejorar la planificación, entre otros detalles.

Figura 79

Simulación de construcción



Elaboración propia



- Cabe resaltar que la Metodología BIM ofrece amplio margen para la organización y gestión de información dentro de los proyectos, así como la presentación y acabados del proyecto mostrándose como resultado final los renders que embellecen la presentación del mismo.

Figura 80

Render final del Proyecto Realizado en Navisworks



Elaboración propia

- Como resultados finales de la sección BIM tenemos una verificación de cantidades dentro de los insumos de análisis como son el cemento y acero; en el cemento comprendido en un total de 26 partidas e influyendo en un total de 20 insumos incluyéndose si mismo, se obtuvieron 16 insumos optimizados siendo el de mayor incidencia el ladrillo para muro con una optimización de 9398.62 unidades representando una optimización de 23.85% en la cantidad de dicho insumo, teniendo por contraposición un incremento en la cantidad de 4 insumos teniendo como representante a la madera con un incremento de 53.454 pie²



representando respecto de las cantidades originales un incrementos del 80.96% de este insumo; en el acero comprendido en un total de 9 partidas e influyendo en un total de 5 insumos incluyéndose si mismo, se obtuvieron los 5 insumos optimizados siendo el de mayor incidencia el operario/oficial con una optimización de 144.45 horas hombre representando una optimización de 15.53% en la cantidad de dicho insumo, teniendo como optimización mínima a las herramientas manuales con un incremento de 39.0872 representando una optimización de 5.69%.

Tabla 18

Tabla resumen de verificación de cantidades con BIM del Cemento

BIM Cemento						Variacion
optimizaciones	16	maximo	ladrillos para muro	und	9398.62	23.85%
Incrementos	4	minimo	madera corriente	pie2	-53.454	-80.96%

Nota: El valor calculado se realizó usando la formula: cantidad inicial del recurso-cantidad usando metodología BIM, dando así valores positivos debido a optimización lo cual es bueno y negativos debido a un incremento en la cantidad del recurso.

Elaboración propia

Tabla 19

Tabla resumen de verificación de cantidades con BIM del Acero

BIM Acero						Variación
Optimizaciones	4	maximo	operario/oficial	hh	144.45	15.53%
		minimo	Herramientas manuales	%	39.0872	5.69%

Elaboración propia

4.1.3. Ingeniería de Valor usando Metodología BIM

- Se obtuvo que, realizando una optimización similar a la realizada anteriormente, pero con la diferencia de la verificación de cantidades, los insumos con incidencia entre el 1 – 3% se mantuvieron, entre 3 – 5% se mantuvieron los insumos, manteniéndose también los insumos en el rango de incidencia mayor a 5%, viendo una disminución del costo concentrado por insumo, y habiendo corregido el valor del nuevo insumo en la zona morada presente en los anteriores resultados.



Tabla 20

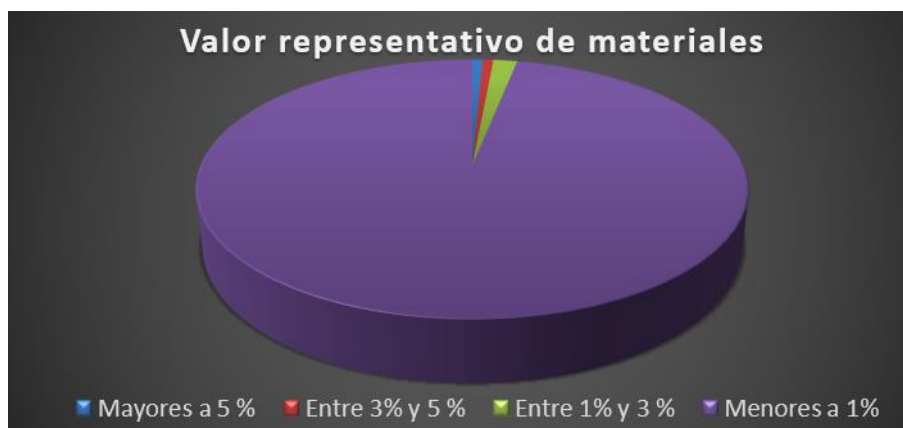
Clasificación por porcentaje de Incidencia habiendo aplicado la ingeniería de valor sobre la Metodología BIM

Rango de incidencia del Valor	Cantidad	Color
Mayores a 5 %	4	rojo
Entre 3% y 5 %	3	naranja
Entre 1% y 3 %	9	morado
Menores a 1%	526	sin color
Total	542	

Elaboración propia

Figura 81

Gráfico circular de cantidad de insumos por rango de incidencia en precio total usando Metodología BIM



Elaboración propia

- En el cuadro a continuación se ve el efecto de la ingeniería de valor sobre la Metodología BIM teniendo como referencia que las celdas en verde representan el cambio de valor en la mano de obra producto de variación en partidas y los resultados en celeste son incrementos en el costo siendo las optimizaciones en negro.



Figura 82

Cuadro resumen de comparación de incidencia en valor

Código de S10	Recurso	Parcial S/. Original (a)	Incidencia % Original	Parcial S/. Optimizado (b)	Incidencia % Optimizada	Diferencia de Costos (a-b)
147000039	Operario	179597.17	7.70%	160378.67	8.92%	19218.5
147010004	Peon	138030.54	5.91%	106599.93	5.93%	31430.6
239140030	Sistema De Información Geográfica	120000.00	5.14%	96182.44	5.35%	23817.6
401010061	Servicio Muro Cortina C/Panel De Aluminio Compuesto Color Rojo +Estructura Metálica C/Tubular 3*X2" Y 2*X1"	318435.00	13.65%	103150.31	5.74%	215284.7
203030048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	84428.43	3.62%	70446.50	3.92%	13981.9
211010109	Computadora De Ultima Generación Con Pantalla Led Incluye Sistema Operativo	98800.00	4.23%	60915.55	3.39%	37884.5
221000000	Cemento Portland Tipo Ip (42.5Kg)	80288.54	3.44%	24356.03	1.35%	55932.5
239140023	Plotter	90000.00	3.86%	59327.30	3.30%	30672.7
147010003	Oficial	45267.47	1.94%	38242.49	2.13%	7025.0
239080179	Aire Acondicionado Inrow Compatible Con Gabinete De Piso De 42 Ru	43850.00	1.88%	3400.16	0.19%	40449.8
239140020	Terminal De Virtualizacion (Incluye Monitor Led De 24")	27000.00	1.16%	29594.60	1.65%	-2594.6
239140026	Sistema Operativo De Usuario Final	40500.00	1.74%	22195.95	1.23%	18304.1
244000019	Madera Corriente (Tablas O Listones)	35628.12	1.53%	36934.56	2.05%	-1306.4
401010060	Suministro E Instalación Escalera Metálica +	30000.00	1.29%	30000.00	1.67%	0.0
401010097	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-1 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	40000.00	1.71%	16931.24	0.94%	23068.8
401010098	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-2 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	30000.00	1.29%	6772.50	0.38%	23227.5
401010100	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-4 Autoportante De Aluminio C/ Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectant	24000.00	1.03%	3386.25	0.19%	20613.8
						557011

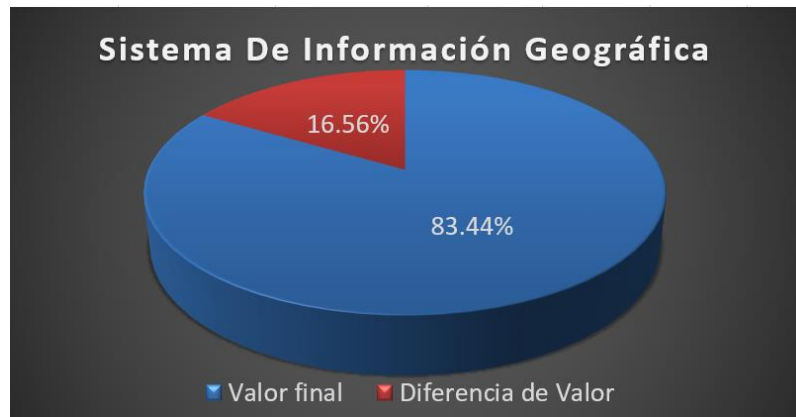
Elaboración propia

- En el insumo “Sistema de Información Geográfica”, se obtuvo una optimización de 16.56% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.21% con respecto al valor total de la obra.



Figura 83

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema de información geográfica usando Metodología BIM

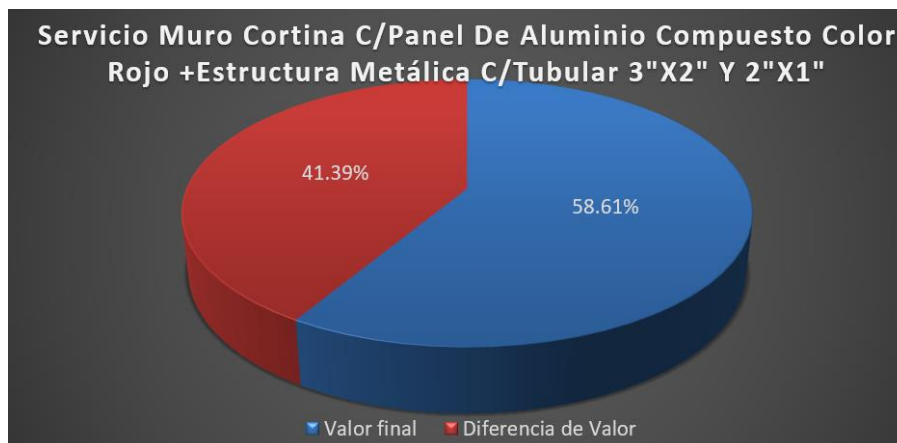


Elaboración propia

- En el insumo “Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo”, se obtuvo una optimización de 41.39% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 7.91% con respecto al valor total de la obra.

Figura 84

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Servicio Muro Cortina C/Panel de Aluminio compuesto color rojo usando Metodología BIM



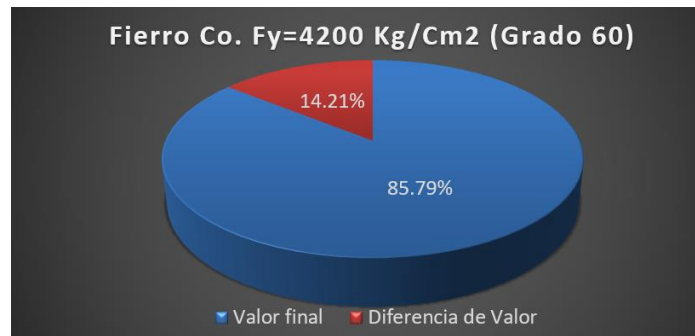
Elaboración propia

- En el insumo “Fierro Co. Fy =4200 kg/cm2 (grado 60)”, se obtuvo una optimización de 14.21% con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.30% con respecto al valor total de la obra.



Figura 85

Gráfico circular de valor incrementado del insumo Fierro Co. $F_y=4200$ kg/cm² (grado 60) usando Metodología BIM

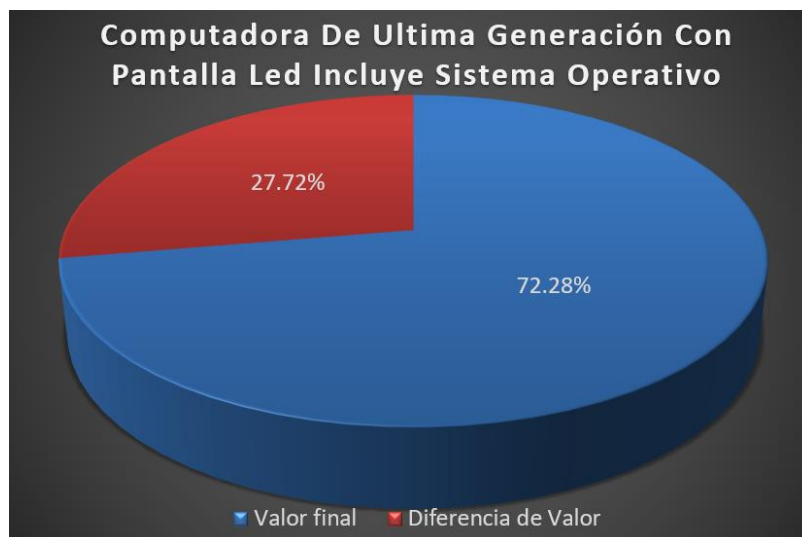


Elaboración propia

- En el insumo “Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo”, se obtuvo una optimización de 27.72% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.85% con respecto al valor total de la obra.

Figura 86

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Computadora de última generación con pantalla led incluye sistema operativo usando Metodología BIM



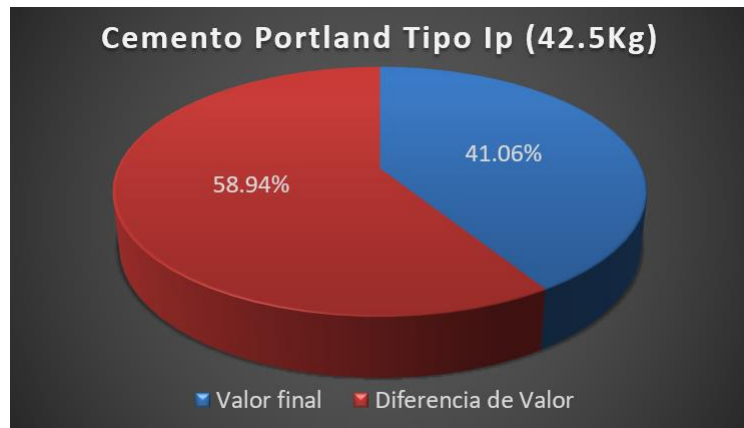
Elaboración propia

- En el insumo “Cemento Portland Tipo Ip (42.5kg)”, se obtuvo una optimización de 58.94% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 2.09% con respecto al valor total de la obra, esto debido al uso de concreto premezclado.



Figura 87

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)” usando Metodología BIM

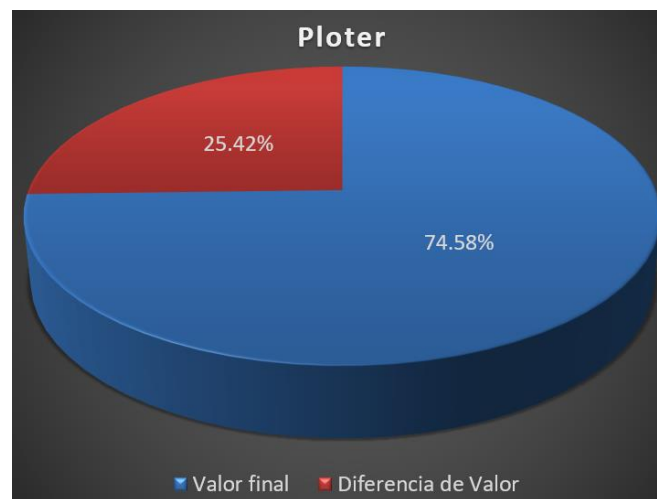


Elaboración propia

- En el insumo “Plotter”, se obtuvo una optimización de 25.42% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.56% con respecto al valor total de la obra.

Figura 88

Gráfico circular de valor optimizado del insumo “Plotter” usando Metodología BIM



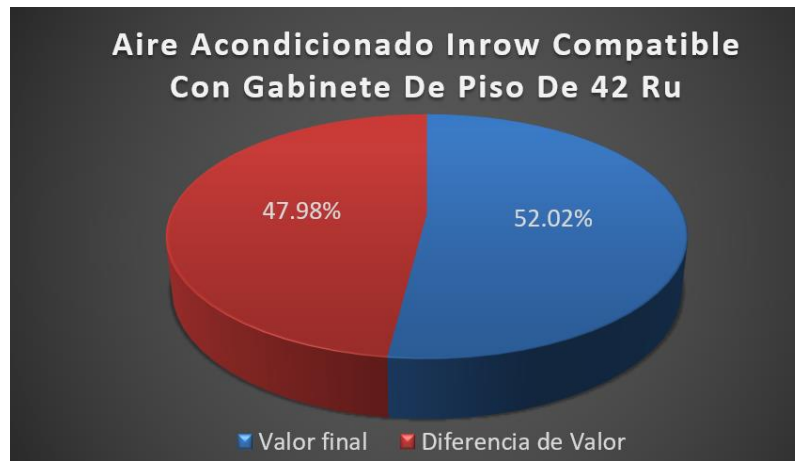
Elaboración propia

- En el insumo “Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru”, se obtuvo una optimización de 47.98% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 1.69% con respecto al valor total de la obra.



Figura 89

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Aire acondicionado Inrow Compatible con Gabinete de piso de 42 Ru usando Metodología BIM

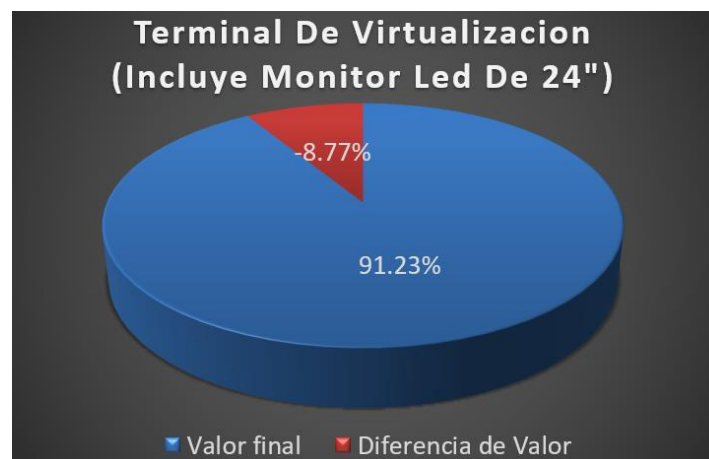


Elaboración propia

- En el insumo “Terminal de Virtualización”, se obtuvo un incremento de 8.77% con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.49% con respecto al valor total de la obra.

Figura 90

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Terminal de Virtualización usando Metodología BIM



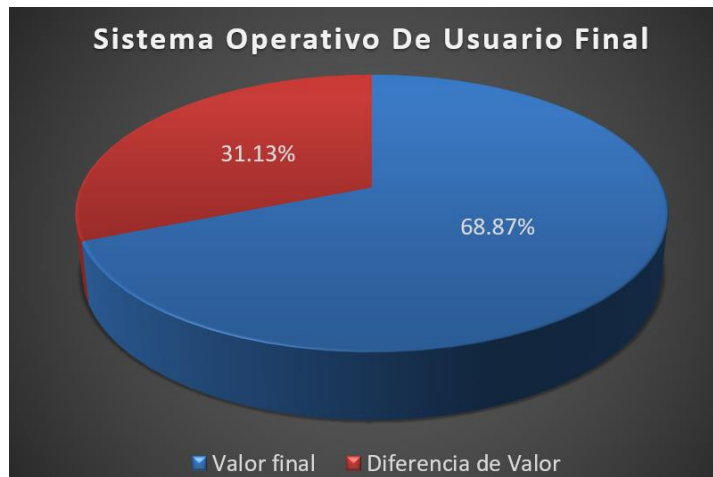
Elaboración propia

- En el insumo “Sistema operativo de Usuario Final”, se obtuvo una optimización de 31.13% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.50% con respecto al valor total de la obra.



Figura 91

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Sistema operativo de Usuario Final usando Metodología BIM



Elaboración propia

- En el insumo “Madera corriente”, se obtuvo un incremento de 3.54 % con respecto al valor inicial teniendo un incremento de 0.53% con respecto al valor total de la obra.

Figura 92

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Madera corriente usando Metodología BIM

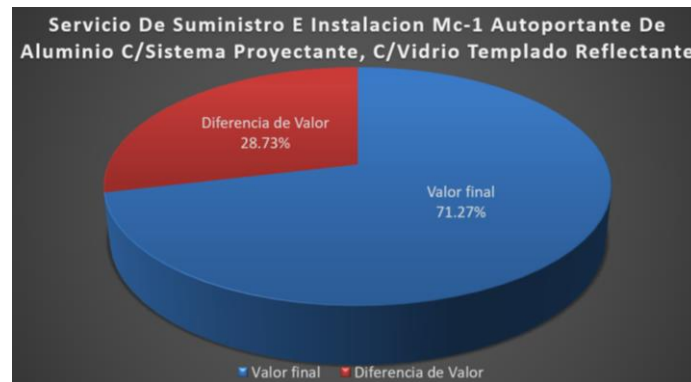


Elaboración propia

- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 28.73% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.77% con respecto al valor total de la obra.

Figura 93

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-1 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM

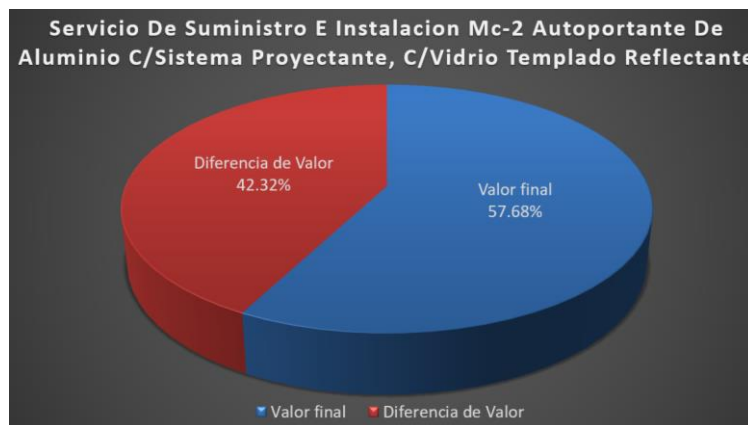


Elaboración propia

- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 42.32% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.91% con respecto al valor total de la obra.

Figura 94

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-2 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM



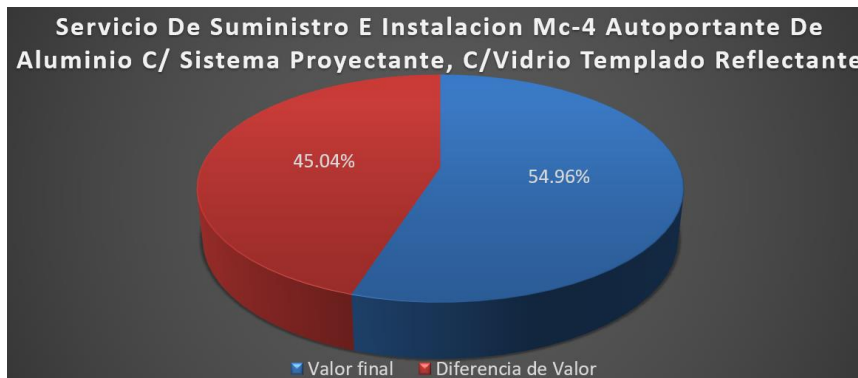
Elaboración propia

- En el insumo “servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante”, se obtuvo una optimización de 45.04% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.84% con respecto al valor total de la obra.



Figura 95

Gráfico circular de valor optimizado del insumo servicio de suministro e instalación de Mc-4 autoportante de aluminio c/sistema proyectante, c/vidrio templado reflectante usando Metodología BIM



Elaboración propia

- En el insumo “Ladrillo de arcilla KK 9x13x24”, se obtuvo una optimización de 19.13% con respecto al valor inicial teniendo una optimización de 0.07% con respecto al valor total de la obra, este cálculo fue realizado debido a que en el anterior análisis este insumo subió a la categoría morada.

Figura 96

Gráfico circular de valor optimizado del insumo Ladrillo de arcilla KK. de 9x13x24 usando Metodología BIM



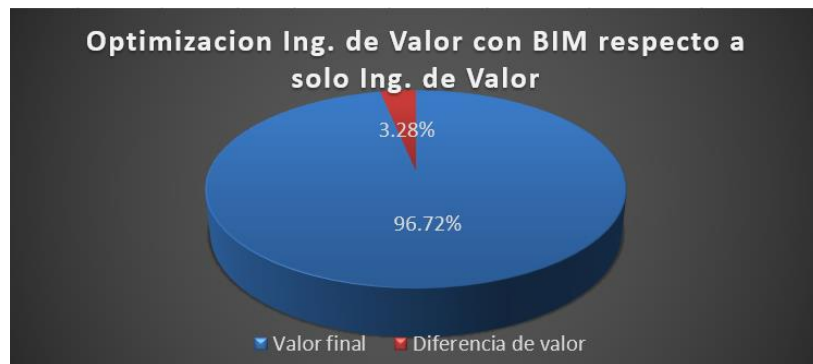
Elaboración propia

- Representando el análisis con metodología BIM una optimización de 3.28% respecto del análisis simplemente con Ingeniería de Valor, correspondiente a 60,929 soles.



Figura 97

Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM respecto al uso solo de la Ingeniería de Valor

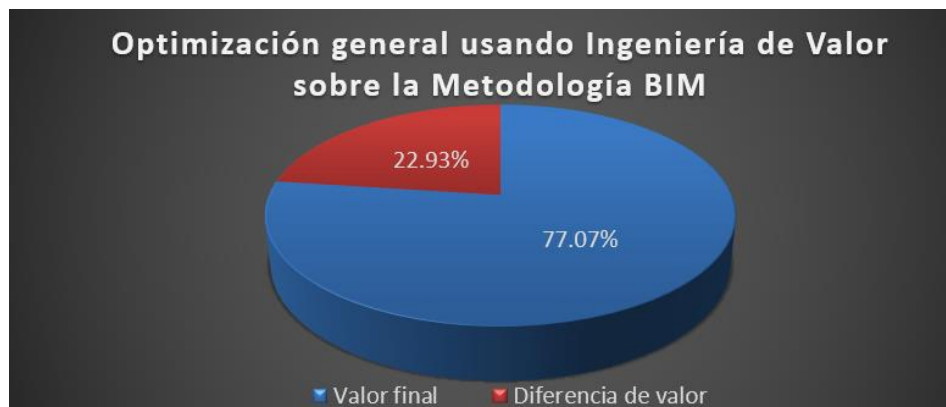


Elaboración propia

- Terminando así con un costo de 1,798,483 soles representando una optimización general de 22.93% con respecto al costo inicial total de insumos (costo directo inicial de 2,333,642 soles).

Figura 98

Gráfico circular de valor general optimizado usando la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM respecto del Valor Inicial



Elaboración propia

- Teniendo como resultado final que la eficiencia lograda gracias a la implementación de la Ingeniería de Valor sobre el uso de la Metodología BIM es mayor en 15 insumos de los 17 analizados, debido a que el insumo suministro e instalación de escalera metálica se mantuvo invariable durante todo el proceso por su dificultad para la cotización y la pandemia actual, el precio de la madera así como su cantidad incremento debido a la situación experimentada por la pandemia y partidas específicas analizadas con BIM tal es el caso de tarrajeo con



impermeabilizantes en canales para techo donde la cantidad incremento, y las terminales de virtualización cuyas características están desfazadas en tiempo por lo cual las características especificadas no están presentes en el mercado generando incrementos en el precio, tal es el caso del procesador anterior a los conocidos i3.

Tabla 21

Tabla resumen de Eficiencia lograda debido al Uso de la Ingeniería de Valor sobre la Metodología BIM

Código de S10	Recurso	Calidad	Cantidad	Eficiencia
147000039	Operario	IGUAL	MENOR	MAYOR
147010004	Peon	IGUAL	MENOR	MAYOR
239140030	Sistema De Información Geográfica	MAYOR	IGUAL	MAYOR
401010061	Servicio Muro Cortina C/Panel De Aluminio Compuesto Color Rojo +Estructura Metálica C/Tubular 3"X2" Y 2"X1"	MAYOR	MAYOR	MAYOR
203030048	Fierro Co. Fy=4200 Kg/Cm2 (Grado 60)	MAYOR	MENOR	MAYOR
211010109	Computadora De Ultima Generación Con Pantalla Led Incluye Sistema Operativo	MAYOR	IGUAL	MAYOR
221000000	Cemento Portland Tipo Ip (42.5Kg)	MAYOR	MENOR	MAYOR
239140023	Ploter	MAYOR	IGUAL	MAYOR
147010003	Oficial	IGUAL	MENOR	MAYOR
239080179	Aire Acondicionado Inrow Compatible Con Gabinete De Piso De 42 Ru	MAYOR	IGUAL	MAYOR
239140020	Terminal De Virtualizacion (Incluye Monitor Led De 24")	IGUAL	IGUAL	IGUAL
239140026	Sistema Operativo De Usuario Final	MAYOR	IGUAL	MAYOR
244000019	Madera Corriente (Tablas O Listones)	IGUAL	MAYOR	IGUAL
401010060	Suministro E Instalación Escalera Metálica + Pasadizo De Circulación	IGUAL	IGUAL	IGUAL
401010097	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-1 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	MAYOR	IGUAL	MAYOR
401010098	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-2 Autoportante De Aluminio C/Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectante	MAYOR	IGUAL	MAYOR
401010100	Servicio De Suministro E Instalacion Mc-4 Autoportante De Aluminio C/ Sistema Proyectante, C/Vidrio Templado Reflectant	MAYOR	IGUAL	MAYOR

Elaboración propia



5. Capítulo V: Discusión

- Partiendo de los resultados obtenidos, se acepta las hipótesis alternativas generales que establecen la importancia de la Ingeniería de Valor sobre el proceso de diseño de una edificación. Los resultados obtenidos guardan estrecha relación con lo que sostienen (Jaramillo Suárez, 2018) en la tesis “Aplicación de la Ingeniería de Valor al proyecto de vivienda Social "Los Capulies" y (León Elescano & Salazar Orosco, 2017) en la tesis “Implementación del análisis de ingeniería de valor aplicado a proyectos inmobiliarios bajo la plataforma BIM en la fase de diseño”, quienes señalan que el valor como medio de planificación en la etapa de diseño es importante para optimizar el valor teniendo resultados de que en la parte estructural hay optimizaciones importantes y las optimizaciones de costos son elevadas teniendo porcentajes de hasta 18.17% de optimización, lo cual corresponde a lo logrado en la presente investigación con un 22.93% valor el cual se logró a diferencia de la tesis mencionada por un conjunto de insumos los cuales fueron sumando valor al conjunto como también la implementación del BIM que sugiere mejoras en la exactitud de las cantidades.
- Así también partiendo de los resultados obtenidos por (Alcántara Rojas., 2013) en su tesis titulada “Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM” y por (Galiano La Rosa, 2018) en su tesis titulada “Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D” se acepta que las deficiencias en la etapa de diseño son importantes teniendo conceptos no muy implementados de constructibilidad y planificación de obras, por lo cual los errores son diversos dando inexactitud en un futuro, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación teniendo errores de compatibilidad 2D y 3D, punto relevante en ambas investigaciones donde se obtienen certezas en el apartado de cantidades (metrados) generando confiabilidad de resultados y facilidad de corrección; lo cual tiene relación con los resultados obtenidos por (Hergunsel, 2011) en su “tesis Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling” y por (Nolivos, 2019) en su tesis “Implementación de la metodología BIM, orientada a la gestión de proyectos inmobiliarios. Caso de aplicación: Edificio de pasajeros Ecuador - Centro Binacional de Atención en Frontera Rumichaca (CEBAF)”, donde



especifican las formas de cuantificación de materiales personalización de información para el apartado visual, así como interrelación entre especialidades generando concordancia y la facilidad de realización de un proyecto, aspectos pertinentes y que fueron herramientas indispensables para la presente investigación, por lo cual se corrobora los resultados.

- Por ultimo partiendo de los resultados obtenidos, se acepta las hipótesis alternativas generales que establecen la importancia de la Metodología BIM en la constructibilidad, demostrado en los resultados obtenidos por (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014) en su tesis titulada “Mejoramiento de la constructibilidad mediante herramientas BIM”, donde expresa optimizaciones en costos de hasta \$ 29,255.72 producto de una mejor gestión de información debido a softwares informáticos lo cual corresponde a los resultados obtenidos en la presente investigación donde fue posible una optimización usando BIM de 3.27% con respecto a un análisis previo con ingeniería de valor el cual da un total de 22.93% de optimización en relación al costo inicial de los insumos.

Glosario

- Aeronáutica: Ciencia y técnica que se ocupa de la construcción de vehículos capaces de volar y del estudio de los factores que favorecen el vuelo.
- Arbitraje: Resolución o juicio de un árbitro en relación con algo.
- Constructibilidad: es una técnica de gestión de proyectos para revisar los procesos de construcción de principio a fin durante el periodo anterior a la construcción.
- Contraloría general de la República: Máximo órgano de control fiscal del Estado
- Costo: Cantidad de dinero que cuesta una cosa.
- Diseño paramétrico: Proceso de diseño basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante
- Hidrosanitario: sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable, el que comprende los sistemas de agua fría, agua caliente y recirculación
- Incumplimiento contractual: Es el incumplimiento del contrato.
- Mampostería: Procedimiento de construcción en que se unen las piedras con argamasa sin ningún orden de hiladas o tamaños.



- **Metrados:** Conjunto ordenado de datos obtenidos o logrados mediante lecturas acotadas, preferentemente, y con excepción con lecturas a escala, es decir, utilizando el escalímetro.
- **MIPD (Master Information Delivery Plan):** Es un plan primario que se utiliza para administrar la entrega de información durante el ciclo de vida del proyecto.
- **Ordenes de cambio:** También conocido como un aviso de cambio de ingeniería (ECN), es la documentación necesaria para completar una solicitud de cambio de ingeniería (ECR).
- **Paquetes informáticos:** Son programas que permiten a los usuarios realizar diversos trabajos en la automatización de tareas complicadas como la contabilidad, diseño gráfico y/o finanzas, diferenciándose principalmente de los sistemas operativos por las utilidades y el lenguaje de programación que utilizan
- **Planeamiento:** Proceso metódico que se diseña con la misión de lograr un objetivo
- **PMI (Project Managment Information):** Es una organización sin fines de lucro que avanza la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente, a través de comunidades de colaboración, de un extenso programa de investigación y de oportunidades de desarrollo profesional.
- **Proyectista:** Persona que tiene por oficio elaborar planos o proyectos industriales, artísticos, etc.
- **Recursos:** Ayuda o medio del que una persona se sirve para conseguir un fin o satisfacer una necesidad.
- **Stakeholders:** Palabra del inglés que, en el ámbito empresarial, significa ‘interesado’ o ‘parte interesada’, y que se refiere a todas aquellas personas u organizaciones afectadas por las actividades y las decisiones de una empresa.
- **Sub contratistas:** Es una persona o en muchos casos, una empresa que firma un contrato para realizar parte o la totalidad de las obligaciones del contrato de un tercero.
- **Tic (Tecnologías de Información y Comunicaciones):** Son el conjunto de tecnologías desarrolladas en la actualidad para una información y comunicación más eficiente, las cuales han modificado tanto la forma de acceder al conocimiento como las relaciones humanas.



- VAB (Valor Agregado Bruto): Es la macromagnitud económica que mide el valor añadido generado por el conjunto de productores de un área económica, recogiendo en definitiva los valores que se agregan a los bienes y servicios en las distintas etapas del proceso productivo.
- Valor: Cualidad o conjunto de cualidades por las que una persona o cosa es apreciada o bien considerada.
- Ventaneria: Agrupación, conjunto, abundancia, grupo o cantidad de agujeros, perforaciones o huecos que tiene una cosa rota o vieja, el desgaste de una ropa o traje con el tiempo.



Conclusiones

- La Ingeniería de valor ofrece una amplia gama de posibilidades para la optimización de acuerdo a un análisis exhaustivo y justificado, el cual se puede realizar en distintos aspectos siendo el estudiado en la presente investigación el parámetro del costo en los insumos teniendo una relación de hasta 20.32% de optimización correspondiente a 474,230 soles de un valor inicial de costo directo de 2,333,642 soles, valor logrado gracias a la verificación del valor de 17 insumos de 542 totales verificando también valores que incrementaban el valor pero eran necesarios tal es el caso de los terminales de virtualización, lo cual es representado en un incremento de la calidad de los insumos en estudio, correspondiente a un 8.77% del costo del insumo.
- La metodología BIM es una forma de organización y sistematización de información que ofrece facilidades dentro de un proyecto lo que proporciona un control más exhaustivo y real de la información por medio de un modelado tridimensional de la estructura, lo cual da confiabilidad de información facilidad de modelado y corrección de errores oportunos, en la presente investigación se verifico como control en las cantidades de los insumos presentes en el proyecto, minimizando así posibles errores, dado a sus análisis de compatibilidades 2D y 3D así como en su simulación de construcción para su verificación final, lo cual se representó en un contraste de cantidades de hasta 9398.62 unidades de ladrillos para muro representando una optimización de 23.85% en la cantidad de dicho insumo e incrementos de hasta 53.454 pie² en el insumo de madera corriente, representando un incrementos del 80.96% de este insumo presente en 1 partida del análisis realizado.
- La ingeniería de valor es una metodología que se beneficia con la metodología BIM expresando un incremento de hasta 3.28% en optimización del valor respecto de cuando no se utiliza BIM correspondiente a 60,929 soles, logrando una optimización general de 22.93% correspondiente a 535,159 soles, debido a una mejora alta en la eficiencia optimizando de 15 de los 17 insumos analizados.



Recomendaciones

- Se recomienda analizar la importancia de las utilidades de BIM y sus correspondientes aplicaciones dando énfasis pertinente a “Dynamo”.
- Se recomienda el análisis de la metodología BIM durante el proceso constructivo, viendo las ventajas y posibilidades que este podría brindar.
- Se recomienda la utilización en la ingeniería de valor en la parte de diseño estructural viendo posibilidades de optimización de costos y/o mejora de la calidad del producto ayudado con softwares como “Robot structural Analysis”.
- Se recomienda realizar un análisis de las especificaciones técnicas para la optimización de las partidas en general haciendo uso de la Ingeniería de valor, teniendo en cuenta posibles cambios por métodos constructivos.



Referencias

- Abbott, C., Ahmed, V., Ghassan, A., Matthew, B., Richard, B., Dino, B., . . . Song, W. (2005). *nD modelling road map : A vision for nD-Enabled construction*. Salford: University of Salford.
- Alcántara Rojas., P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alonso Madrid, J. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of BIM*, 21.
- ALUVID. (19 de Enero de 2017). *Blogspot*. Obtenido de Interwall Cusco: <https://vidrierialuvidcusco.blogspot.com/>
- Aly Tantawy, M. (16 de Octubre de 2019). *Ingeniería de Gestión del Valor (Miles y Erlicher)*. Obtenido de 12manage: https://www.12manage.com/methods_miles_value_engineering_es.html
- Archicad Tips. (27 de Enero de 2017). *Blogspot*. Obtenido de Graphisoft Latinoamerica: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>
- Autodesk Inc. (2020). *Autodesk*. Obtenido de Autodesk: <https://www.autodesk.mx/products/revit/overview?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>
- BIM FORUM. (2019). *Level of development (LOD) specification part I & Commentary*. Washington D.C.: BIM FORUM.
- C. Meján, L. (2009). *Contratos civiles ayuda memoria*. Oxford: Oxford University Press.
- Carrillo Cárdenas, G. L. (2005). *Gestión de la innovación de tecnologías de edificación en inmobiliarias utilizando ingeniería de valor*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Chique, V., Apaza, J., & Sánchez, J. (2018). *Caracterización del departamento de Cusco*. Cusco: Departamentos de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva de Perú.



- Chique, V., Apaza, J., & Sánchez, J. (2020). *Caracterización del departamento del Cusco*. Cusco: Banco Central de Reserva del Perú sucursal Cusco.
- Coloma Pico, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Contraloría general de la República del Perú. (2019). *Reporte de obras paralizadas 2019*. Lima: Gerencia de control de servicios públicos básicos.
- CYPE Ingenieros. (2017). *CYPECAD CYPE*. Obtenido de CYPECAD: <http://cypecad.cype.es/>
- Dirección Técnica de Indicadores Económicos & Dirección Ejecutiva de Índices de Precios. (1992). *Metodología de los Índices Unificados de Precios de la Construcción*. Lima: INEI.
- Emisoft. (01 de Enero de 2021). *Cusco informático*. Obtenido de Cusco informático: <https://cuscoinformatico.com/>
- Esparza Cruz, S., & Martínez Ramírez, M. (1997). *Planeación Programación y control de Obra*. México: Instituto tecnológico de la construcción.
- Espinoza Rosado, J., & Pacheco Echevarría, R. M. (2014). *Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Esri. (01 de Enero de 2021). *Esri*. Obtenido de Introducing ArcGIS Platform: <https://www.esri.com/en-us/home>
- Farfán Tataje, E. Z., & Chavil Pisfil, J. D. (2016). *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología bim en empresas peruanas*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Galiano La Rosa, H. (2018). *Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- H. Lipke, W. (24 de Febrero de 2016). *Programación Ganada: Una extensión de la Gestión del Valor Ganado para gestionar el desempeño del cronograma*. Oklahoma: KINDLER.



- Hergunsel, M. (2011). *Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling*. Worcester: Worcester Polytechnic Institute.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: McGraw-Hill.
- Jaramillo Suárez, D. (2018). *Aplicación de la Ingeniería de Valor al proyecto de vivienda Social "Los Capulies"*. Cuenca: Universidad de Azuay.
- Krasnov, V. (2010). El ciclo de vida de proyectos de consultoría de negocios. *PMI*, 5. Obtenido de El ciclo de vida de proyectos de consultoría de negocios.
- León Elescano, M., & Salazar Orosco, G. (2017). *Implementación del análisis de ingeniería de valor aplicado a proyectos inmobiliarios bajo la plataforma BIM en la fase de diseño*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- McGraw Hill Construction. (2014). *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*. New Jersey: McGraw Hill Construction.
- Merchan Gabaldón, F. (Julio de 2005). Ingeniería de Valor en la Construcción. *Directivos Construcción n°180*, págs. 50-57.
- Microsoft. (01 de Enero de 2021). *Microsoft*. Obtenido de Microsoft: <https://www.microsoft.com/es-pe/>
- Mohd Nawi, M., Mohamad Kamar, K., & Lee, A. (05 de Setiembre de 2014). Enhancement of constructability concept: An experience in offsite Malaysia construction industry. *Researchgate*, pág. 14.
- Nolivos, M. (2019). *Implementación de la metodología BIM, orientada a la gestión de proyectos inmobiliarios. Caso de aplicación: Edificio de pasajeros Ecuador - Centro Binacional de Atención en Frontera Rumichaca (CEBAF)*. Quito: Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Núñez, M., & Zaragoza, A. (2015). *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura*. Madrid: Fe d'erratas.
- Rivera Esteban, V. (2015). *Programación, planificación y control de obras de infraestructura civil, en la República de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.



- Samy E., G. (1998). *Value Engineering, A powerful productivity tool. Computers and Industrial Engineering*. Lincoln: Elsevier Science Ltd.
- Shahin, T., Kermode, G., & Sivaloganathan, S. (2000). Value Analysis. *Value Analysis - The Technique: State of the Art and Future Directions*, 301-312.
- Soler Severino, M., González Márquez, R., & Choclán Gámez, F. (2015). Introducción a la Metodología BIM. *Spanish Journal of BIM*, 13-14.
- Trimble Solutions Corporation. (2 de Noviembre de 2020). *Trimble*. Obtenido de Tekla: <https://www.tekla.com/about>
- Valenzuela Reinaga , R., Chávez Rivera, M., Landazuri Aguilera, Y., & Ochoa Jaime, B. (26 de Agosto de 2009). La planificación de tiempos y costos como estrategia en la administración de proyectos. *Planing time and costs as a strategyin project management*. Obregon, Sonora/Mezico.
- Wenqi Zheng, B. (2013). *A Comprehensive Analysis of Building Information Modeling/Model (BIM) Policies in Other Countries and Its Adoption Strategies in Ontario*. Ontario: McMaster University.



Anexos

Tabla 22

Matriz de Consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO METODOLÓGICO	INSTRUMENTO
<p>Problema Principal</p> <p>¿Cuál es la influencia de la Ingeniería de valor y la metodología BIM durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”?</p>	<p>Objetivo Principal</p> <p>Analizar la influencia de la Ingeniería de valor y la metodología BIM durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”.</p>	<p>Hipotesis Principal</p> <p>La eficiencia de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” es alta.</p>	<p>Variables dependientes</p> <p>Ingeniería de Valor</p> <p>Tiempo</p> <p>Insumos</p> <p>Mano de Obra</p> <p>Espacio</p> <p>Rendimientos</p> <p>Imprevistos</p> <p>Metodología BIM</p>	<p>Poblacion</p> <p>Proyectos de infraestructura en la Ciudad de Cusco</p> <p>Administrados por la Región</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Nivel de</p> <p>Correlacional puesto que expondra la influencia las variables en el diseño</p>	<p>Fichas de observación</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cómo influye la ingeniería de valor durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”?</p>	<p>Objetivos Especificos</p> <p>Determinar la influencia de la Ingeniería de valor durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”.</p>	<p>Hipotesis Específicas</p> <p>La calidad de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” incrementará en un 10% usando la ingeniería de valor.</p>	<p>Tiempo</p> <p>Insumos</p> <p>Mano de Obra</p> <p>Espacio</p> <p>Rendimientos</p> <p>Imprevistos</p> <p>Metodología BIM</p>	<p>Muestra Proyecto "COER"</p>	<p>Método de</p> <p>Analitico al disgregar las variables para su mejor analisis por partes separadas</p>	<p>Fichas de observación (Reportes de Revit)</p>
<p>¿Cómo influye la metodología BIM durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”?</p>	<p>Determinar la influencia de la Metodología BIM durante la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco”.</p>	<p>La exactitud de la etapa de diseño del proyecto “Creación del servicio de observatorio de seguridad ciudadana en la Región Cusco” usando la metodología BIM incrementara en un 30%.</p>	<p>Espacio</p> <p>Rendimientos</p> <p>Imprevistos</p> <p>Variables independientes</p> <p>Tiempo</p> <p>Insumos</p> <p>Mano de Obra</p>	<p>(Creación del Servicio de Observatorio en la Región Cusco)</p>	<p>Analitico al disgregar las variables para su mejor analisis por partes separadas</p>	<p>Fichas de observación (Reportes de Revit)</p>
<p>¿Cuál es la relación que existe entre la ingeniería de Valor y la metodología BIM?</p>	<p>Determinar la relación entre la Ingeniería de valor y la Metodología BIM.</p>	<p>El uso de la ingeniería de valor mejora con la implementación de la Metodología BIM.</p>	<p>Espacio</p> <p>Rendimientos</p> <p>Imprevistos</p>			<p>Fichas de observación (Reportes de Revit)</p>

Elaboración propia