

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN
GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN



**DESARROLLO DE PROCESOS EN EL DISEÑO Y PLANIFICACIÓN
APLICANDO LA METODOLOGÍA BIM – VDC PARA MEJORAR LA
GESTIÓN DE PROYECTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE UNA
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, REGIÓN DE TACNA, 2022**

TESIS

Presentada por:

Br. Jeanleo Jair Condori Atencio

ORCID: 0000-0003-1335-6041

Asesor:

Mag. José Antonio Salgado Canal

ORCID: 0000-0002-5298-0704

Para obtener el grado académico de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA
CONSTRUCCIÓN**

TACNA – PERÚ
2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

ESCUELA DE POSTGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA
DE LA CONSTRUCCIÓN**

Tesis

**“DESARROLLO DE PROCESOS EN EL DISEÑO Y PLANIFICACIÓN
APLICANDO LA METODOLOGÍA BIM – VDC PARA MEJORAR LA
GESTIÓN DE PROYECTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE UNA
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, REGIÓN DE TACNA, 2022”**

Presentada por:

Br. Jeanleo Jair Condori Atencio

Tesis sustentada y aprobada el 29 de marzo de 2023; ante el siguiente jurado
examinador:

PRESIDENTE: DR. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

SECRETARIO: MTRA. MARÍA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

VOCAL: MTRO. SANTOS TITO GÓMEZ CHOQUEJAHUA

ASESOR: MAG. JOSÉ ANTONIO SALGADO CANAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Jeanleo Jair Condori Atencio, en calidad de Maestrando de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Gerencia de la Construcción de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI: 71215858.

Soy autor de la tesis titulada:

DESARROLLO DE PROCESOS EN EL DISEÑO Y PLANIFICACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA BIM – VDC PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE PROYECTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, REGIÓN DE TACNA, 2022.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro En Ingeniería Civil Con Mención En Gerencia De La Construcción, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 25% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En

consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 29 de marzo de 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a vertical stroke, positioned above a horizontal line.

Nombres y apellidos

DNI

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo amor a mis padres Juan Condori y Aida Atencio por motivarme a ser mejor cada día, por creer firmemente en mis capacidades, aunque muchas veces he pensado en rendirme siempre han estado alentándome a continuar brindándome su cariño, sin duda son un ejemplo para mí y estoy eternamente agradecido por todas sus enseñanzas. A mi hermano Juan Alonso Condori por permitirme ser su referencia y ejemplo, por tener tanta comprensión cuando he tenido mis momentos bajos y estoy completamente seguro que le ira muy bien en su carrera.

A Jimena Chávez Conde, quiero agradecerte por ser mi compañera, amiga y apoyo incondicional. Eres una persona maravillosa y cada día me siento más afortunado de tenerte a mi lado. Gracias por tu amor, comprensión y por hacer mi vida más feliz y completa. Eres increíble y te quiero mucho.

A mis amigos, a pesar de estos tiempos difíciles han estado acompañándome y alentándome cuando todo parecía complicarse, para mí siempre su compañía ha sido de gran valor.

A mis maestros tanto de la universidad como a los mentores que he conocido en todo este tiempo, tengo mucha admiración por tan maravillosa labor que desarrollan, por todos los consejos que me brindaron y por el interés que pusieron en el desarrollo de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por concederme a tan maravillosa familia y regarlos un día más de vida, gracias a mi familia por brindarme su apoyo incondicional en cada decisión y proyectos que voy desarrollando, gracias a la vida porque es hermosa y nos permite compartir con las personas que amamos, gracias a mis amigos por tantas risas que han sido una excelente fuente de energía y de reanimación para continuar, gracias a los maestros que sin sus consejos tan acertados y la paciencia al explicar sus ideas no se pudiera haber terminado esta tesis.

No ha sido sencillo todo este proceso, pero sin duda la ingeniería es uno de los retos más complejos y apasionantes que particularmente me fascina, seguir investigando y aprendiendo nuevas tecnologías es la siguiente meta propuesta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DEL JURADO.....	iii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. Problema Principal.....	18
1.2.2. Problemas Secundarios	18
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.4. OBJETIVOS	25
1.4.1. Objetivo General.....	25
1.4.2. Objetivos Secundarios	25
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	26
2.1.1. A nivel Internacional	26
2.1.2. A nivel Nacional	28
2.1.3. A nivel Local	30
2.2. BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO PLANEADO	31
2.2.1. Metodología BIM (Building Information Modeling).....	31
2.2.1.1. Dimensiones del BIM	32
2.2.1.2. Beneficios del BIM en la Gestión de la Construcción.....	32
2.2.1.3. Niveles de Desarrollo “LOD”	33
2.2.1.4. Revit.....	35
2.2.1.5. Coordinador de Proyectos BIM	36

2.2.1.5.1. Flujo de información entre los actores para el uso del BIM	36
2.2.1.5.2. Actores y funciones.....	38
2.2.1.6. Normatividad de proyectos con BIM	39
2.2.1.6.1. Normatividad BIM en el Perú.....	39
2.2.1.6.2. Normativa Internacional	44
2.2.1.7. Pasos para la Transición del CAD al BIM.....	44
2.2.2. Etapas del Proyecto de Construcción	47
2.2.2.1. Planificación de proyectos BIM	49
2.2.2.2. Trabajo Colaborativo en Proyectos BIM.....	50
2.2.2.2.1. Integración BIM 4D y Lean Construction	50
2.2.3. Plan de Ejecución BIM (BEP)	51
2.2.4. Diseño y Construcción Virtual “VDC”	52
2.2.5. Programa Nacional de Infraestructura Educativa.....	54
2.2.5.1. Proceso de Bloques PRONIED	54
2.2.5.2. Elaboración del Expediente Técnico - PRONIED	56
2.2.6. Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE)	56
2.2.7. Normas Nacionales Aplicables en Proyectos de Edificación Educativa ...	58
2.2.7.1. Reglamento Nacional de Edificaciones	58
2.2.7.1.1. Norma A.040 – Educación	58
2.2.7.1.2. Norma A.120 - Accesibilidad Universal en Edificaciones	58
2.2.7.1.3. Reglamento de Edificaciones para Uso de las Universidades.	58
2.2.7.2. Normativa Técnica de Infraestructura Educativa (2017)	59
2.2.7.3. Norma Técnica Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa.....	59
2.2.8. Herramientas para la Gestión de Proyectos.....	59
2.2.8.1. Productividad.....	60
2.2.8.2. Programación Maestra	60
2.2.8.3. Programación Semanal.....	61
2.2.8.4. Sectorización	62
2.2.8.5. Trenes de Trabajo.....	63
2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS	64
2.3.1. Infraestructura educativa.....	64
2.3.2. Metodología BIM	64
2.3.3. Plan de Ejecución BIM.....	65

2.3.4. Planificación	65
2.3.5. Términos y definiciones.....	65
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	68
3.1. HIPÓTESIS	68
3.1.1. Hipótesis General.....	68
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	69
3.2.1. Identificación de la variable.....	69
3.2.2. Indicadores.....	69
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	69
3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN	70
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	70
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	70
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	71
3.7.1. Técnicas	71
3.7.2. Instrumentos	71
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	71
CAPITULO IV: RESULTADOS	73
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	73
4.1.1. Estudio estadístico sobre datos generales del encuestado.....	73
4.1.2. Estudio estadístico sobre el conocimiento de la problemática.....	73
4.1.3. Estudio estadístico sobre la percepción de la solución propuesta.....	73
4.1.4. Síntesis de los resultados producto del proceso.....	73
4.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA ENCUESTA	74
4.2.1. Análisis de la información sobre datos generales	74
4.2.2. Análisis de la información sobre conocimiento de la problemática	77
4.2.3. Análisis de la información sobre beneficios de la iniciativa.....	88
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	104
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
CAPITULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	108

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA FOCALIZADO.....	108
6.1.1. Presentación del nudo crítico.....	108
6.1.2. Características relevantes del caso.....	109
6.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	109
6.2.1. Caracterización de la propuesta.....	109
6.3. PROCESO DE MIGRACIÓN HACIA LA SOLUCIÓN PROPUESTA..	110
6.3.1. COMPONENTE 1: DIAGNÓSTICO.....	111
6.3.2. COMPONENTE 2: IMPLEMENTACIÓN.....	127
6.3.3. COMPONENTE 3: GESTIÓN.....	165
6.4. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	189
6.5. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA.....	190
CAPITULO VII: VALIDACIÓN DE EXPERTOS.....	191
7.1. DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO.....	191
7.1.1. Planificación del trabajo de campo.....	191
7.1.2. Realización de la encuesta para el diseño de la propuesta.....	191
7.1.3. Evaluación de la encuesta.....	191
7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS PREVISIBLES.....	192
7.2.1. Explicación de la validación de Expertos.....	192
7.2.2. Llenado de encuestas para la validación de la propuesta.....	193
7.2.3. Procesamiento de la información.....	195
7.2.4. Resultados esperados o previsibles de la iniciativa.....	195
7.3. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA PROPUESTA.....	196
7.3.1. Prueba estadística de validez de la Metodología Propuesta.....	196
7.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.....	199
CONCLUSIONES.....	200
RECOMENDACIONES.....	202
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	203
ANEXOS.....	203

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estimación de desperdicio en obras de edificaciones.	2
Tabla 2: Clasificación de defectos en el diseño.....	3
Tabla 3: Causas de paralización en obras en Perú.	6
Tabla 4: Obras paralizadas de acuerdo a Sector.	7
Tabla 5: Días de paralización de obras por sector.	8
Tabla 6: Informes anuales de PRONIED.	9
Tabla 7: Presupuesto de obras convocadas en infraestructura educativa.....	9
Tabla 8: Centros educativos que deben ser reparados totalmente en el Sur del Perú.	11
Tabla 9: Etapas de un proyecto aplicando la metodología BIM.	47
Tabla 10: Términos y definiciones sobre BIM - ISO 19650.	65
Tabla 11: Dimensiones e indicadores de las variables.	69
Tabla 12: Edad de los profesionales.....	74
Tabla 13: Años de experiencia en la construcción.....	75
Tabla 14: Sector del centro de trabajo.	76
Tabla 15: Causas de los problemas en los proyectos.	77
Tabla 16: Comunicación entre el área de diseño y obra.	78
Tabla 17: Descripción del BIM.	79
Tabla 18: Participación en proyectos usando Metodología BIM.	80
Tabla 19: Nivel de madurez de la metodología BIM.	81
Tabla 20: Etapa donde resulta beneficioso aplicar la metodología BIM.	82
Tabla 21: Usos de la Metodología BIM en el centro de trabajo.....	84
Tabla 22: Normatividad para el desarrollo de la Metodología BIM.	85
Tabla 23: Objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú.	86
Tabla 24: Proyectos piloto para la implementación BIM.	87
Tabla 25: Área de gestión que beneficia el BIM.	88
Tabla 26: Necesidades de administración y gestión de proyectos.....	89
Tabla 27: Nivel de estandarización de procesos en el centro de trabajo.....	90
Tabla 28: Importancia de incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión.	91
Tabla 29: Entorno Común de Datos para el desarrollo de proyectos.	92
Tabla 30: Trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos.....	93
Tabla 31: Concepto de Interoperabilidad BIM.....	94

Tabla 32: Utilización de las herramientas BIM 4D.....	95
Tabla 33: Modelo BIM 5D para costos.....	97
Tabla 34: Concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB).....	98
Tabla 35: Concepto sobre Diseño y Construcción Virtual (VDC).	99
Tabla 36: Uso de plantillas personalizadas en proyectos BIM.	101
Tabla 37: Plan de gestión de la información.....	102
Tabla 38: Modelo de gestión de proyectos BIM usando procesos.	103
Tabla 39: Recapitulación de resultados para la encuesta.	105
Tabla 40: Fase Piloto. Paquete 01 - Piura.....	113
Tabla 41: Fase Piloto. Paquete 02 - La Libertad.	115
Tabla 42: Fase Piloto. Paquete 03 – Ancash.....	115
Tabla 43: Fase Piloto. Paquete 04 – Lambayeque.	117
Tabla 44: Fase Piloto. Paquete 05 - Tumbes.....	117
Tabla 45: Fase de Optimización - Paquete 06.....	118
Tabla 46: Fase de Optimización – Paquete 07.	119
Tabla 47: Fase de Optimización – Paquete 08.	120
Tabla 48: Fase de Optimización – Paquete 09.	121
Tabla 49: Formatos y entrega de archivos.....	125
Tabla 50: Roles y responsabilidades.	125
Tabla 51: Cronograma de actividades.	126
Tabla 52: Codificación de vigas estructurales.....	132
Tabla 53: Codificación de elementos para muros.....	132
Tabla 54: Codificación de elementos para columnas.	133
Tabla 55: Codificación de elementos para losas.....	134
Tabla 56: Codificación de elementos para cimentación.	135
Tabla 57: Niveles de trabajo para el proyecto.....	136
Tabla 58: Base de Datos para Plantillas de Vistas.	145
Tabla 59: Parámetros Compartidos para el Proyecto.	148
Tabla 60: Definiciones y Usos para los Parámetros del Proyecto.	149
Tabla 61: Gestión de información en Láminas.	150
Tabla 62: Histórico de Revisiones.	151
Tabla 63: Datos de Identificación del Proyecto.....	152
Tabla 64: Usos BIM del Proyecto.....	154
Tabla 65: Listado de entregables BIM.....	154

Tabla 66: Nivel de Desarrollo e Información.	155
Tabla 67: Matriz de elementos LOD.	155
Tabla 68: Estructura de datos ficheros por disciplinas.	157
Tabla 69: Estructura de datos en Arquitectura.	157
Tabla 70: Estructura de datos en Estructuras.	157
Tabla 71: Roles y Responsabilidades.	159
Tabla 72: Requisitos de equipo y software.	159
Tabla 73: Estrategia de Reuniones.	160
Tabla 74: Desarrollo de Addins BIM.	164
Tabla 75: Parámetros para Control de Obra.	183
Tabla 76: Costos de implementación.	189
Tabla 77: Información detallada de los especialistas.	192
Tabla 78: Roles BIM de los Expertos.	193
Tabla 79: Matriz del instrumento de validación de la propuesta.	194
Tabla 80: Resultados de la aplicación de los procesos en la metodología BIM/VDC. .	195
Tabla 81: Grados de Libertad Tabla t-Student.	198
Tabla 82: Ámbito geográfico del proyecto.	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Problemas ocurridos en obra debido a un mal diseño.	4
Figura 2: Identificación de debilidades.....	5
Figura 3: Factores asociados a la falta de ejecución en las inversiones.	7
Figura 4: Atraso en obras de mejoramiento en infraestructura educativa.....	10
Figura 5: Locales Escolares Públicos que requieren reparación total o parcial.....	11
Figura 6: Reparación total de centros educativos en el Sur del Perú.	12
Figura 7: Costo de cierre de brecha de Infraestructura para el período 2016-2025.....	13
Figura 8: Plan de Inversiones Anuales en Educación a mediano plazo.	13
Figura 9: Brecha de Infraestructura en costo por departamentos.	14
Figura 10: Presupuesto de PRONIED por departamentos en el 2018.....	14
Figura 11: Proyectos y montos de inversión por departamento.	15
Figura 12: Curva MacLeamy, relación de coste – esfuerzo de una edificación.	16
Figura 13: Nivel de usos de aplicaciones BIM.	22
Figura 14: Resumen de acciones del Plan BIM Perú.	23
Figura 15: Tipo de Formatos de Archivos en Revit.....	35
Figura 16: Organización de Revit.....	36
Figura 17: Estructura entre las partes y los equipos participantes.....	37
Figura 18: Flujo de información entre los actores para uso del BIM.....	37
Figura 19: Cronología de normas internacionales sobre BIM.	42
Figura 20: Línea de tiempo del BIM en el sector público - Perú	43
Figura 21: Implantación del BIM en empresas.	46
Figura 22: Jerarquía de requisitos de información.....	49
Figura 23: Concepto del Entorno Común de Datos (CDE).....	50
Figura 24: Procedimientos para definir los usos BIM del proyecto.	51
Figura 25: Integración del BEP dentro de la Cadena de Suministro.....	52
Figura 26: Estructura Metodológica para el Diseño y Construcción Virtual "VDC".	53
Figura 27: Mapeo de Procesos – PRONIED.	54
Figura 28: Organigrama de PRONIED.....	55
Figura 29: Costo de cierre de brecha de Infraestructura para el período 2016-2025.....	57
Figura 30: Plan de Inversiones Anuales en Educación a mediano plazo.....	57
Figura 31: Esquema de Planificación Maestra.....	61
Figura 32: Esquema de Programación Semanal y Análisis de Restricciones.....	61

Figura 33: Modelo práctico de Programación Semanal.....	62
Figura 34: Aplicación de la Sectorización en un modelo BIM.....	63
Figura 35: Edad de los profesionales.....	74
Figura 36: Años de experiencia en la construcción.	75
Figura 37: Sector del centro de trabajo.	76
Figura 38: Causas de los problemas en los proyectos.	77
Figura 39: Comunicación entre el área de diseño y obra.	78
Figura 40: Descripción del BIM.	79
Figura 41: Participación en proyectos usando Metodología BIM.....	80
Figura 42: Nivel de madurez de la metodología BIM.	81
Figura 43: Etapa donde resulta beneficioso aplicar la metodología BIM.....	83
Figura 44: Usos de la Metodología BIM en el centro de trabajo.	84
Figura 45: Normatividad para el desarrollo de la Metodología BIM.....	85
Figura 46: Objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú.....	86
Figura 47: Proyectos piloto para la implementación BIM.	87
Figura 48: Área de gestión que beneficia el BIM.....	88
Figura 49: Necesidades de administración y gestión de proyectos.	89
Figura 50: Nivel de estandarización de procesos en el centro de trabajo.	90
Figura 51: Porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión.....	91
Figura 52: Entorno Común de Datos para el desarrollo de proyectos.....	92
Figura 53: Trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos.	93
Figura 54: Concepto de Interoperabilidad BIM.	94
Figura 55: Utilización de las herramientas BIM 4D.	96
Figura 56: Modelo BIM 5D para costos.	97
Figura 57: Concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB).	98
Figura 58: Concepto sobre Diseño y Construcción Virtual (VDC).....	100
Figura 59: Uso de plantillas personalizadas en proyectos BIM.	101
Figura 60: Plan de gestión de la información	102
Figura 61: Modelo de gestión de proyectos BIM usando procesos.	103
Figura 62: Modelo de la Propuesta.	110
Figura 63: Organigrama del Proyecto.	126
Figura 64: Familias de Columnas en Revit.	130
Figura 65: Familias de Vigas en Revit.	131
Figura 66: Familia de Zapata en Revit.	131

Figura 67: Vista 3D - Tipos de elementos para vigas estructurales.....	132
Figura 68: Vista 3D - Tipos de elementos para muros.	133
Figura 69: Vista 3D - Tipos de elementos para columnas.	134
Figura 70: Vista 3D - Tipos de elementos para losas.....	135
Figura 71: Vista 3D - Tipos de elementos para cimentación.....	136
Figura 72: Vista en Elevación - Niveles del proyecto en Revit.	137
Figura 73: Formato para la Ubicación del Proyecto.	138
Figura 74: Formato para la Topografía del Proyecto.	139
Figura 75: Formato para el Modelado de Columnas Estructurales.	140
Figura 76: Formato para el Modelado de Vigas Estructurales.....	141
Figura 77: Formato para el Modelado de Zapatas de Cimentación.	142
Figura 78: Formato para el Modelado de Solados de Cimentación.....	143
Figura 79: Formato para el Modelado de Suelos Estructurales.	144
Figura 80: Configuración de Plantillas de Vistas en Revit.	146
Figura 81: Plantilla de Vista para Arquitectura en Planta Típica.	146
Figura 82: Plantilla de Vista para Estructuras en Cimentación.....	147
Figura 83: Plantilla de Vista para Secciones Estructurales.	147
Figura 84: Configuración de Revisiones para Entregables.	151
Figura 85: Hitos del Proyecto	152
Figura 86: Matriz de LOD para elementos estructurales.	156
Figura 87: Estructura de carpetas en BIM 360 Docs.	158
Figura 88: Equipo de Trabajo BIM.....	158
Figura 89: Mapa de Procesos General BIM.	161
Figura 90: Mapa de Procesos - Planificación BIM 4D.....	162
Figura 91: Proceso de filtro en rutina de Dynamo.....	163
Figura 92: Proceso de filtro en Visual Studio 2019.....	163
Figura 93: Aplicación de script de Solados.....	166
Figura 94: Modelado de suelo para Falso Piso.	167
Figura 95: Aplicación del script para Falso Piso.....	167
Figura 96: Aplicación del script para Losas de piso.	168
Figura 97: Aplicación del script para Ladrillos.....	169
Figura 98: Topografía inicial del proyecto en Revit.	169
Figura 99: Aplicación del script para Excavaciones.	170
Figura 100: Aplicación del script para Rellenos.	171

Figura 101: Elementos iniciales de vigas de piso y columnas.....	171
Figura 102: Aplicación del script para corte en Vigas.	172
Figura 103: Aplicación del script para corte en Columnas.	173
Figura 104: Aplicación del script para Estribos.	173
Figura 105: Modelado de encofrado para columnas, vigas y losa.....	174
Figura 106: Aplicación del script para Encofrados de Elementos Estructurales.	175
Figura 107: Modelado de encofrados aplicado a etapa de ejecución.....	175
Figura 108: Vista inicial del proyecto.	176
Figura 109: Aplicación del script de Tarrajeo para elementos estructurales.....	177
Figura 110: Aplicación del script para Ejes de Referencia.	178
Figura 111: Aplicación del script para Acotar Vistas.	178
Figura 112: Aplicación del script para Crear Múltiples Vistas.....	179
Figura 113: Aplicación del script para Crear Láminas.....	180
Figura 114: Lámina para documentación del proyecto.	180
Figura 115: Aplicativo ProSheets para exportar a PDF.....	181
Figura 116: Aplicación del Script para Exportar a Excel.	182
Figura 117: Configuración de Filtros por Sectores en Revit.	184
Figura 118: Modelo tridimensional sectorizado en Revit.	184
Figura 119: Interfaz del "Addin" BLIM.	185
Figura 120: Sectorización mediante diagrama de barras del proyecto.....	186
Figura 121: Cuantificaciones realizadas por el Add-in BLIM.....	186
Figura 122: Trenes de Trabajo por Sectores.....	187
Figura 123: Vista 3D del Avance de Obra para el Día 13.	187
Figura 124: Vista 3D del Avance de Obra Semanal.	188
Figura 125: Vista 3D del Avance de Obra de lunes a sábado.....	188
Figura 126: Tabla t-Student.	197
Figura 127: Ciudad universitaria – Sede los Pichones Sur.	212
Figura 128: Proyecto de Infraestructura Educativa - Módulo 2.....	213

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, región de Tacna”, se presenta como un estudio para optar por el grado académico de maestro en ingeniería civil con mención en gerencia de la construcción para la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar los procesos de diseño utilizando el modelo virtual y el plan de ejecución BIM (BEP) aplicando la metodología VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna.

Resultados: Se empleó una metodología de tipo exploratorio-descriptivo, requiriendo de observación directa e indirecta y haciendo uso de técnicas cuantitativas. Así mismo fue de tipo aplicada, soluciona problemas prácticos en la búsqueda de nuevos conocimientos para ser aplicados en el sector de la construcción.

Conclusiones: La metodología BIM viene desarrollándose e implementándose en los proyectos de construcción, sin embargo, la carencia de procesos y estándares normativos son problemas que se refleja en la mala ejecución de la metodología, en tal sentido, el desarrollo de procesos en la presente propuesta de investigación sería de mucha ayuda para mejorar la productividad, el nivel de desarrollo y por ende mejorar la calidad del modelo BIM.

Palabras claves: Metodología BIM, Plan de Ejecución BIM, Interoperabilidad BIM, Revit, Diseño y Construcción Virtual, Planificación

ABSTRACT

The research work entitled "Development of processes in design and planning applying the BIM - VDC methodology to improve project management during the execution of a higher educational infrastructure, Tacna region", is presented as a study to opt for the degree Master's degree in civil engineering with a major in construction management for the Graduate School of the Private University of Tacna.

The objective of this work was to develop the design processes using the virtual model and the BIM execution plan (BEP) applying the VDC methodology to improve project management during the execution of a higher educational infrastructure in the Tacna region.

Results: An exploratory-descriptive methodology was used, requiring direct and indirect observation and using quantitative techniques. Likewise, it was of an applied type, it solves practical problems in the search for new knowledge to be applied in the construction sector.

Conclusions: The BIM methodology has been developing and being implemented in construction projects, however, the lack of processes and regulatory standards are problems that are reflected in the poor execution of the methodology, in this sense, the development of processes in the present research proposal It would be very helpful to improve productivity, the level of development and therefore improve the quality of the BIM model.

Keywords: BIM Methodology, BIM Execution Plan, BIM Interoperability, Revit, Virtual and Design Construction, 4D Planning.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis titulado “Desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC Para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, región de Tacna”, aborda el diseño y planificación de una infraestructura educativa en la ciudad de Tacna, a partir de la aplicación de la metodología BIM para el correcto intercambio de información entre especialidades y la presentación de entregables como la documentación y cómputos métricos.

El capítulo I del estudio se centra en plantear el problema, incluyendo una descripción detallada del mismo, su formulación, justificación, objetivos e hipótesis. En el Capítulo II se presenta un marco teórico que incluye una revisión de estudios previos relacionados con el tema del análisis, las bases teóricas y las definiciones de términos clave utilizados en el estudio. Estos elementos proporcionan el contexto necesario para entender el contenido de la propuesta. En el Capítulo III se describe el enfoque metodológico utilizado en el estudio, incluyendo el tipo de investigación, el diseño, la población y muestra, la forma en que se midieron las variables, las técnicas e instrumentos utilizados y cómo se evaluó y analizó la información recogida. En Capítulo IV, se realiza un diagnóstico situacional mediante una encuesta a los profesionales que forman parte del sector de la construcción, mediante gráficos y tablas detallando las frecuencias porcentuales. En el Capítulo V, se presenta el diseño de la propuesta, desarrollando procesos y estándares de trabajo organizacional. Se presenta una guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM y finalmente se desarrollan aplicativos para automatizar tareas repetitivas y complejas con la ayuda de la programación. Finalmente, en la última parte se presentan las conclusiones, recomendaciones y anexos del estudio.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, la construcción se ha posicionado como un sector dinamizador del crecimiento económico del Perú, liderando el crecimiento del sector construcción en América Latina. De acuerdo a las proyecciones del MEF, la construcción será el sector con mayor dinamismo, generando empleo y teniendo una importante inversión privada y pública en proyectos como centros comerciales, viviendas, construcción de carreteras y aeropuertos, entre otros (Palomino, J., Hennings, J., y Echevarría, V., 2017).

Las estimaciones de los desperdicios generados en el proyecto de edificación alcanzan un 30% del costo total de la obra, donde las grandes causales corresponden a los proyectos no optimizados con un 6%, que representan las disciplinas de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas. (Picchi, F., 1993).

Tabla 1.

Estimación de desperdicio en obras de edificaciones.

ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
ITEM	DESCRIPCIÓN	%
Restos de material	Restos de mortero	5.0%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5.0%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2.0%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
Reparaciones y retrabajos no computados en el resto de materiales	Repintado	2.0%
	Retosques	

Corrección de otros servicios		
Proyectos no optimizados	Arquitectura Estructuras Instalaciones sanitarias Instalaciones eléctricas	6.0%
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores.	3.5%
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra.	5.0%
TOTAL		30.0%

Fuente: Picchi, F. (1993). Metodología para el manejo diferenciado de residuos sólidos.

Los problemas frecuentes en la fase diseño/construcción son relativos a la falta de detalles, especialmente en los planos de estructuras, planos de arquitectura y a la incompatibilidad entre las mismas. Los defectos importantes identificados en el diseño son: la falta y errores de información, continuo cambio y sus modificaciones. El actual proceso de diseño es incompleto, caótico y no permite a los profesionales de la construcción una exposición completa al diseño terminado y evita la interacción entre las diferentes especialidades que intervienen en el proceso (Alarcón, L., Mardones, D., 1998).

Tabla 2.

Clasificación de defectos en el diseño.

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales.	13.97%
2	Falta de planos detallados de arquitectura.	12.78%
3	Incompatibilidad entre las distintas especialidades.	11.59%
4	Cruce de información incorrecto con estructuras.	8.17%
5	Falta de definición de elementos de arquitectura.	6.54%
6	Modificaciones en los planos de estructura.	6.39%
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24%
8	Falta de identif. Y ubicación de los elementos de arq.	5.65%
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75%
10	Problemas con los ejes.	4.46%

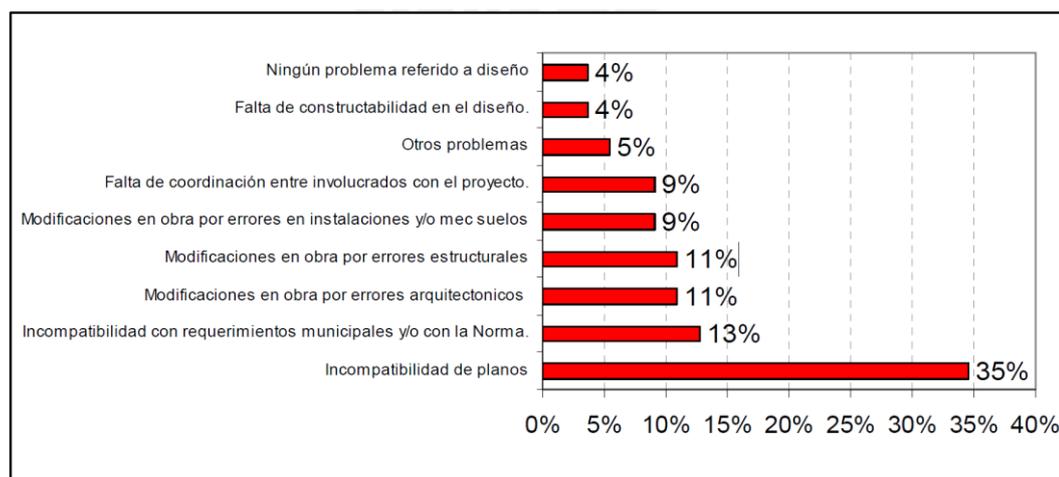
11	Defectos de diseño en el desagüe.	4.16%
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura.	3.12%
13	Cambios de diseño de propietario.	3.12%
14	Defectos de diseño eléctrico.	2.97%
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura.	1.93%
16	Defectos en los diseños A.C.	1.49%
17	Problemas con los equipos eléctricos.	0.89%
18	Estructura de los equipos.	0.59%
19	Problemas con los materiales en el mercado.	0.45%
20	Convención de símbolos.	0.45%
21	Defectos en los diseños de gas.	0.30%
TOTAL		100.0%

Fuente: Alarcón, L., Mardones, D. (1998). Mejorando el interfaz diseño-construcción.

La falta de control en el diseño, durante el desarrollo de la obra, permite encontrar problemas que pudieron haberse resuelto antes. El mayor problema son las incompatibilidades de planos entre especialidades, representando el 35% de los problemas ocurridos en obra debido a un mal diseño, seguido de un 13% que se refiere a la incompatibilidad con los requerimientos municipales y/o con la normativa actual (Vásquez, J., 2006).

Figura 1.

Problemas ocurridos en obra debido a un mal diseño.

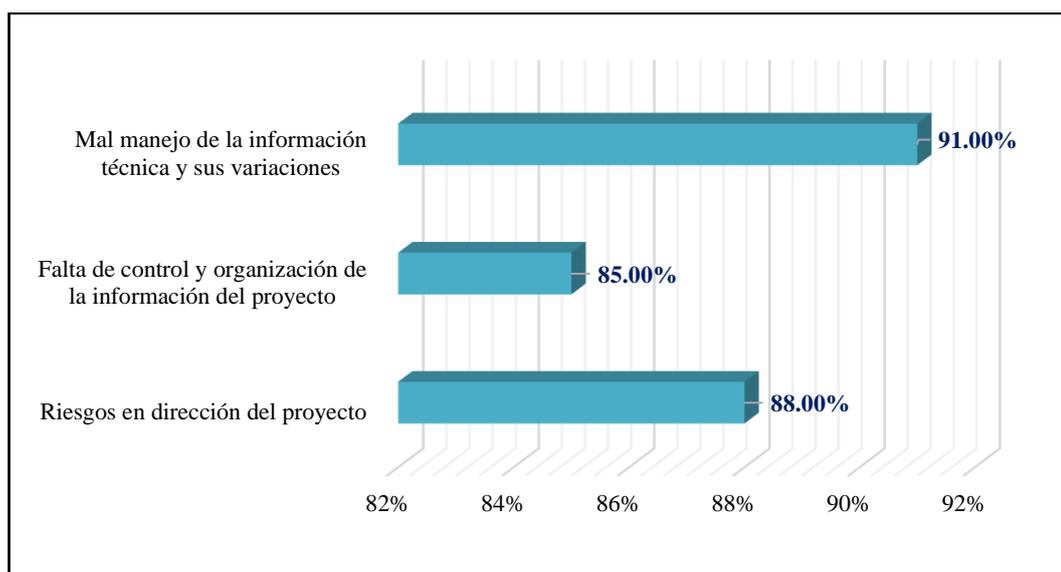


B: Vásquez, J. (2006). El "Lean Design" y su aplicación a los proyectos de edificación.

En las inversiones públicas con componente de infraestructura, el ámbito peruano no varía excesivamente con respecto a otros países de la región. De acuerdo con el análisis de las debilidades en la gestión de proyectos realizado en Colombia. Los riesgos principales de los proyectos de construcción, se determina que el 88% son riesgos en la dirección del proyecto y riesgos externos e internos a la organización. Mientras que el 85% se vinculan a la falta de organización y control de la información del proyecto y el 91% están asociados al mal manejo de la información técnica y sus variaciones luego de iniciarse la ejecución de la obra (Portocarrero, A., 2017).

Figura 2.

Identificación de debilidades.



Fuente: Portocarrero, A. (2017). Análisis de las principales debilidades en la gestión de proyectos de obras públicas, durante los últimos 4 años en el Municipio de Medellín. 2013 – 2016.

En Perú, hasta el 31 de julio del 2018, las entidades del Gobierno Nacional y Regional tenían 867 obras paralizadas por un monto de S/. 16,870'855,767.00. La Contraloría General de la República del Perú publicó un reporte anual del 2019, indicando que las obras paralizadas representan el 11.90% con respecto a obras de construcción en la etapa de ejecución. De igual forma, entre las causas de la paralización, se indica que el 39% pertenecen a deficiencias técnicas, lo cual es

reiterado en dichos niveles de gobierno, este porcentaje indica que los expedientes técnicos elaborados tienden a presentar gran cantidad de errores en la fase de diseño, como resultado se obtienen proyectos con problemas en la etapa de ejecución de obras.

Tabla 3.

Causas de paralización en obras en Perú.

CAUSAS DE PARALIZACIÓN	N°	%
Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual	340	39%
En Arbitraje	242	28%
Limitaciones presupuestales	126	15%
Disponibilidad del terreno	27	3%
Cambios de Profesionales	18	2%
Cierre del proyecto	3	0%
Factores climatológicos	2	0%
Intervenida por Fiscalía	2	0%
Otros	2	0%
Obra judicializada por la Municipalidad	1	0%
Vigencia de Convenio	1	0%
Sub total	764	88%
Información limitada	103	12%
TOTAL	867	100%

Fuente: CGR "Reporte de obras paralizadas 2019", marzo 2019.

Al 2021, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú a través del aplicativo de consultas técnicas de la Dirección de Políticas y Estrategias de la Inversión Pública - DPEIP identifican una serie de factores asociados a la falta de ejecución en las inversiones públicas, donde el 24% desconoce de la actualización del marco normativo y procedimientos de gestión, el 23% presenta deficiencias y fallas en la elaboración de los TDR y expedientes técnicos que traen consigo repercusiones notables al momento de ejecutar la obra y un 15% se identifican deficiencias en la gestión operativa y planificación para la ejecución de obras.

Figura 3:

Factores asociados a la falta de ejecución en las inversiones.



Fuente: Aplicativo Consultas Técnicas – DPEIP.

Así mismo conforme a la Tabla 5, la Contraloría General de la República del Perú reporta 176 obras paralizadas para el sector Educación, lo que representa el 20% del total nacional, donde 74 corresponden a entidades de Gobierno Nacional y 102 a Gobiernos Regionales.

Tabla 4.

Obras paralizadas de acuerdo a Sector.

Sector	Nivel de Gobierno					
	Nacional		Regional		Total	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Agricultura y Ambiente	140	28	52	14	192	22
Educación	74	15	102	27	176	20
Vivienda, Construcción y Saneamiento	64	13	68	18	132	15
Desarrollo e Inclusión Social	94	19	2	1	96	11
Transportes y Comunicaciones	8	2	80	22	88	10
Salud	6	1	25	7	31	4
Energía y Minas	15	3	13	3	28	3
Interior	25	5	2	1	27	3
Defensa	19	4	5	1	24	3
Justicia	20	4	0	0	20	2
Cultura	9	2	7	2	16	2
Comercio Exterior y Turismo	8	2	3	1	11	1
Presidencia del Consejo de Ministros	0	0	11	3	11	1
Producción	8	2	1	0	9	1
Mujer y Poblaciones Vulnerables	3	1	1	0	4	0
Ambiente	1	0	0	0	1	0
Relaciones Exteriores	1	0	0	0	1	0
Total	495	100	372	100	867	100

Fuente: CGR "Reporte de obras paralizadas 2019", marzo 2019.

En la tabla 6, se presenta un promedio ponderado de los días de paralización por cada sector con sus respectivos montos contratados, se observa que en el sector educación existe un promedio de 645 días de paralización, representando un aproximado de 2 años de perjuicio para el cierre y entrega de los proyectos.

Tabla 5.

Días de paralización de obras por sector.

Sector	Nº de Obras Paralizadas	Número de días promedio de paralización
Relaciones Exteriores	1	1971
Justicia	19	1110
Mujer y Poblaciones Vulnerables	4	997
Salud	27	932
Presidencia del Consejo de Ministros	7	887
Defensa	21	713
Comercio Exterior y Turismo	9	675
Cultura	14	646
Educación	149	645
Vivienda, Construcción y Saneamiento	99	619
Transportes y Comunicaciones	71	560
Agricultura	149	548
Energía y Minas	22	510
Desarrollo e Inclusión Social	90	481
Ambiente	1	479
Interior	25	372
Producción	5	323
Sub Total	713	-
Información limitada	154	-
Total	867	-

Fuente: CGR "Reporte de obras paralizadas 2019", marzo 2019.

El Programa Nacional de Infraestructura Educativa - PRONIED, responsable en la construcción de infraestructura educativa para el gobierno nacional en Perú, presenta informes anuales en su página web principal, una base de datos sobre los proyectos que se convocaron para ejecución como meta anual, donde se indica que en su mayoría presentan Saldos de Obras. En las convocatorias mediante el SEACE 3.0 entre los años 2017 al 2019, el 56.66% de los proyectos para Infraestructura Educativa concluyeron con saldos de obra, es decir los proyectos fueron intervenidos y resueltos, ocasionando que no se culminen y exista un gran perjuicio en el cierre de estos proyectos de infraestructura educativa.

Tabla 6.*Informes anuales de PRONIED.*

INFORME ANUAL - PRONIED	OBRAS EN EJECUCIÓN	OBRAS CONCLUIDAS	OBRAS CON CONTRATO RESUELTO	SALDO DE OBRAS	OBRAS POR EJECUTAR
2014	39	0	0	0	39
2015	81	18	13	13	50
2016	119	26	36	36	57
2017	47	10	0	17	20
2018	27	27	0	18	0

Fuente: Informes Anuales de PRONIED desde el 2014 al 2018.**Tabla 7.***Presupuesto de obras convocadas en infraestructura educativa.*

PRESUPUESTO DE OBRAS CONVOCADAS EN INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA 2017 - 2019						
CONVOCATORIAS	AÑO	TIPO DE OBRA	CANT	PRESUPUESTO	PORCENTAJE	
Convocatorias 2017	infraestructura	año	Obra nueva	16	S/ 123,731,972.67	15.95%
			Saldo de obra	17	S/ 51,163,943.07	6.60%
Convocatorias 2018	infraestructura	año	Obra nueva	7	S/ 50,989,713.03	6.57%
			Saldo de obra	18	S/ 119,826,827.62	15.45%
Convocatorias 2019	infraestructura	año	Obra nueva	9	S/ 161,371,813.97	20.81%
			Saldo de obra	7	S/ 268,480,313.26	34.62%
Total obras nuevas					S/ 336,093,499.67	43.34%
Total saldos de obra					S/ 439,471,083.95	56.66%

Fuente: Informes Anuales de PRONIED desde el 2017 al 2019.

En Perú, aproximadamente 27, 400 escuelas a nivel nacional deben ser demolidas debido a su antigüedad y condiciones de deterioro que amenazan seriamente la seguridad de los estudiantes. Existen 12,000 locales educativos que no tienen acceso a agua y saneamiento. Los problemas que se identificaron en la inversión de la infraestructura educativa son la deficiente elaboración de los estudios de suelos y topografía, la mala elaboración de expedientes técnicos y la ausencia del saneamiento legal en los locales (Programa Nacional de Infraestructura Educativa, 2018).

En el Perú, muchos de los edificios escolares, tanto públicos como privados, han sido construidos a lo largo de los años con diferentes materiales y en diferentes épocas, y la mayoría de ellos son vulnerables a terremotos debido a que no fueron

diseñados específicamente para resistir daños a largo plazo. Este ha sido el caso de Pisco, donde se han observado muchas fallas en las construcciones escolares a lo largo de los años, que han quedado seriamente dañadas (Alvarado, N., & Gerson, J., 2018).

El panorama de construcción o mejoramiento de las aulas escolares es crítico, el 55% de los proyectos contratados para mejorar la infraestructura educativa tienen un alto nivel de riesgo. Más de la mitad de las obras tiene un atraso en su ejecución mayor al 20% de lo programado o con problemas críticos en el proceso de ejecución (Ministerio de Educación, 2019).

Figura 4.

Atraso en obras de mejoramiento en infraestructura educativa.



Fuente: Ortega, C. (2019). Informe del Ministerio de Educación.

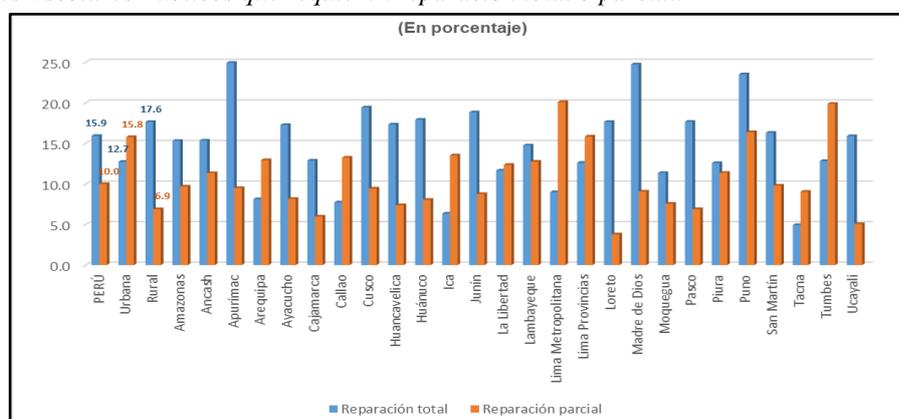
Estimaciones llevadas a cabo por PRONIED en el año 2013 indica que la brecha a nivel de centros educativos públicos asciende a alrededor de S/. 56 mil millones, considerando el total de locales escolares públicos existentes y tomando indicadores como los costos de necesidad de infraestructura, equipamiento y mobiliario. Bajo actuales condiciones de inversión pública, se estima que se requerirían cerca de 20 años para cerrar la brecha.

El estado de los centros educativos en el Perú es preocupante, ya que un porcentaje significativo requiere reparación parcial o total. Según datos del Ministerio de Educación en 2018, el 25.9% de los establecimientos presentan

estructuras dañadas que ponen en riesgo la seguridad de los estudiantes durante las clases. La situación es especialmente grave en las zonas rurales, donde solo el 23% de los locales cuentan con servicios básicos y un 6.9% necesita reparación parcial y un 17.6% reparación total. Aunque en las zonas urbanas el acceso a servicios básicos es mayor (78%), también hay un elevado porcentaje de edificios en mal estado, con un 15.8% que necesita reparación parcial y un 12.7% que requiere reparación total.

Figura 5.

Locales Escolares Públicos que requieren reparación total o parcial.



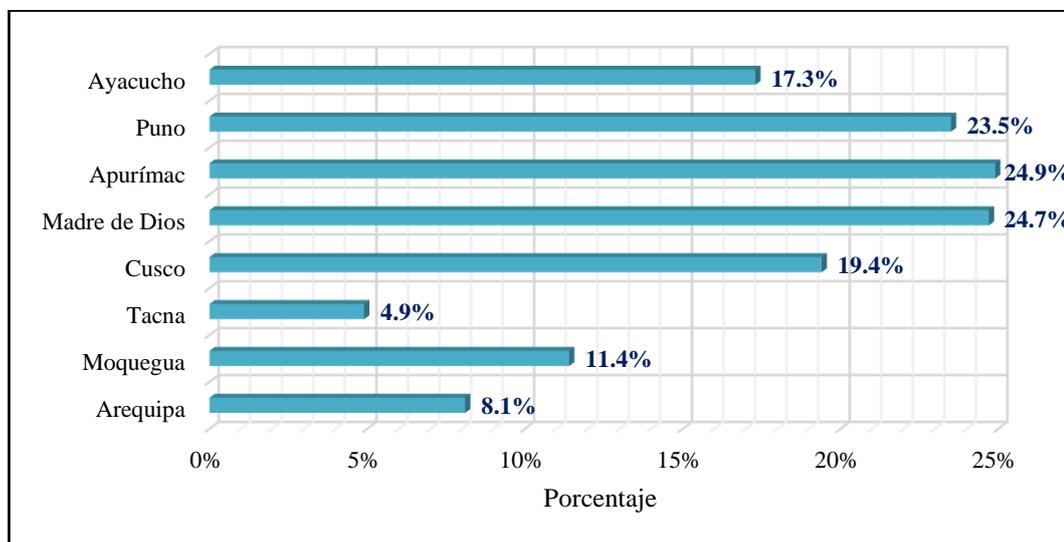
Fuente: Censo Escolar del Ministerio de Educación – Unidad de Estadística Educativa, 2018.

En la región Sur del Perú la situación con respecto a los centros educativos que necesitan ser reparados en su totalidad representan un promedio del 16.8%. Las tres ciudades con más daños son: En primer lugar, se encuentra Apurímac (24.9%), seguido de Madre de Dios (24.7%) y finalmente Puno (23.5%).

Tabla 8.

Centros educativos que deben ser reparados totalmente en el Sur del Perú.

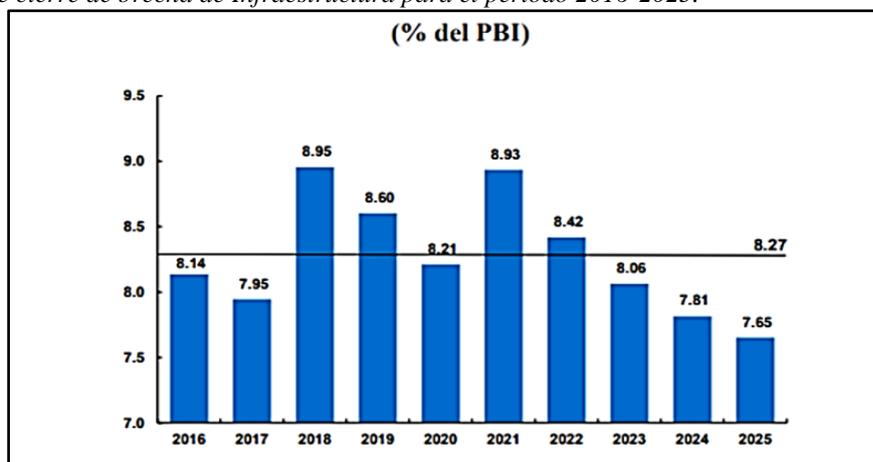
Región Sur del Perú	(%) Reparación total
Arequipa	8.1%
Moquegua	11.4%
Tacna	4.9%
Cusco	19.4%
Madre de Dios	24.7%
Apurímac	24.9%
Puno	23.5%
Ayacucho	17.3%
Promedio	16.8%

Figura 6.*Reparación total de centros educativos en el Sur del Perú.***Fuente:** Censo Escolar del Ministerio de Educación – Unidad de Estadística Educativa, 2018.

En 2017 se aprobó el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) para contribuir a la calidad de la educación en el Perú al 2025. Esta planificación establecida por el Ministerio de Educación tiene como objetivo mejorar la condición y capacidad de la infraestructura educativa pública. Según la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), para cerrar la brecha de infraestructura en el período 2016-2025 se requeriría una inversión anual promedio del 8.27% del PBI, o sea, aproximadamente 15,955 millones de dólares. En el mediano plazo (2016-2020), esta inversión representaría el 8.37% del PBI, mientras que en el largo plazo (2021-2025) sería del 8.17% del PBI.

Figura 7.

Costo de cierre de brecha de Infraestructura para el período 2016-2025.



Fuente: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), 2015.

De acuerdo con la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN) en 2015, la brecha en infraestructura educativa para el año 2025 asciende a 4,568 millones de dólares. Esta cantidad solo incluye el incremento en la cobertura y no considera la mejora en la funcionalidad de los colegios, ni la rehabilitación o refuerzo contra sismos. Además, la AFIN recomienda un plan de inversiones anuales para cerrar esta brecha hasta el año 2020.

Figura 8.

Plan de Inversiones Anuales en Educación a mediano plazo.

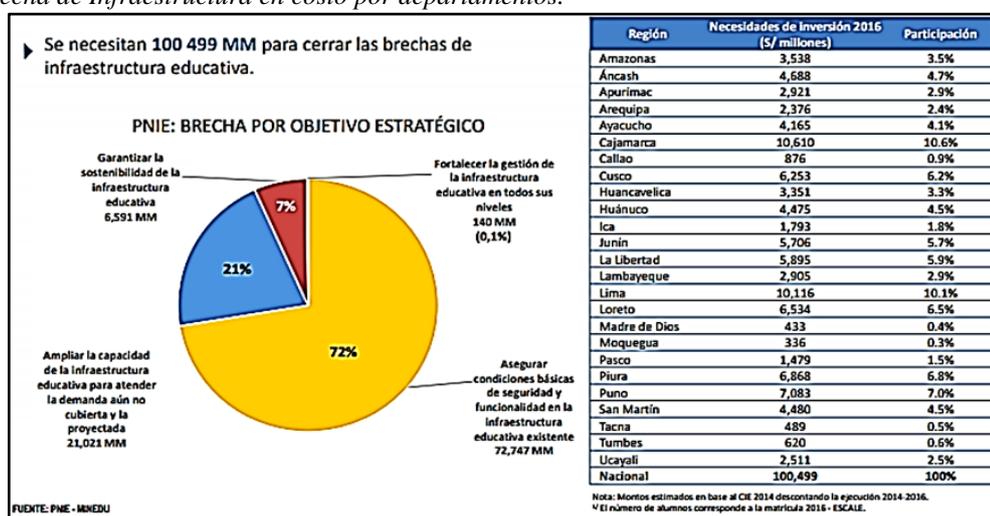
2016	2017	2018	2019	2020
12 colegios de alto rendimiento : US\$ 328 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones
256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones				
Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones
Instituto superior tecnológico : US\$ 2.5 millones				
US\$ 449 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones
Total 2016 – 2020: US\$ 937 millones				

Fuente: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), 2015.

En un escenario optimista, la inversión estimada para la infraestructura educativa en el período 2017-2025 es de 68,733 millones de soles, según el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) 2025. De esta cantidad, 45,889 millones de soles se destinan a los componentes de la brecha de infraestructura educativa. Según el PNIE (2015), la brecha de infraestructura educativa en costo ascendía a 100,499 millones de soles en el año 2016.

Figura 9.

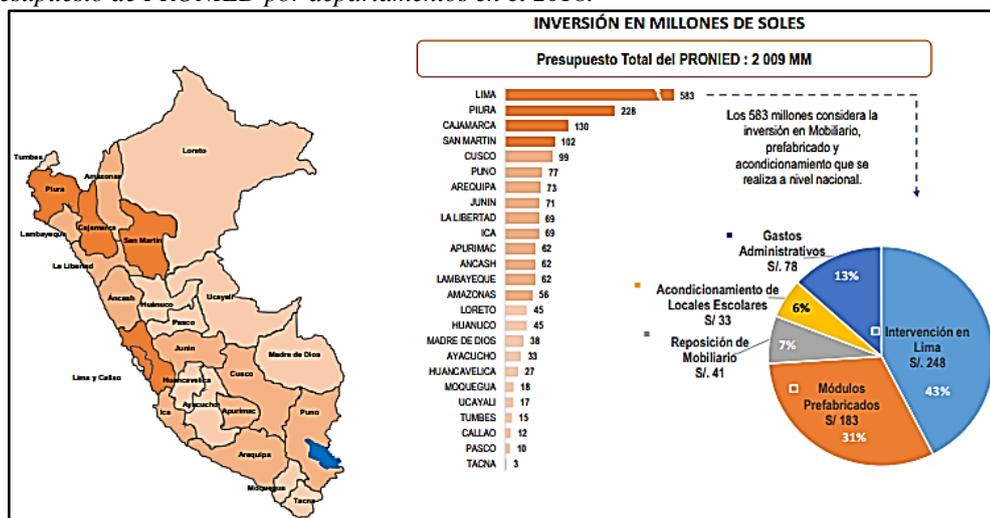
Brecha de Infraestructura en costo por departamentos.



Fuente: Plan Nacional de Infraestructura Educativa – MINEDU, 2015.

Figura 10.

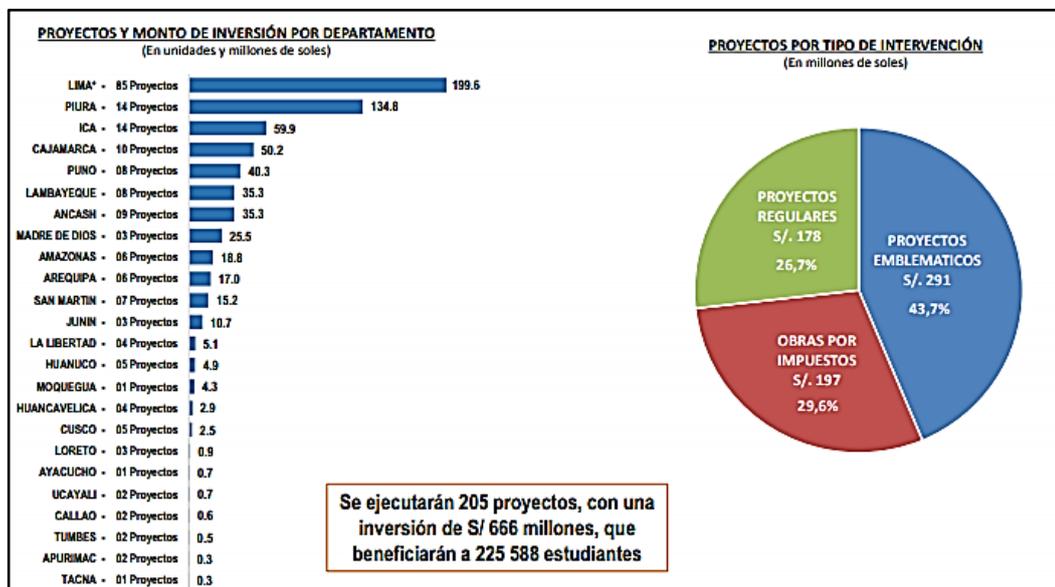
Presupuesto de PRONIED por departamentos en el 2018.



Fuente: Plan Nacional de Infraestructura Educativa – MINEDU, 2015.

Figura 11.

Proyectos y montos de inversión por departamento.

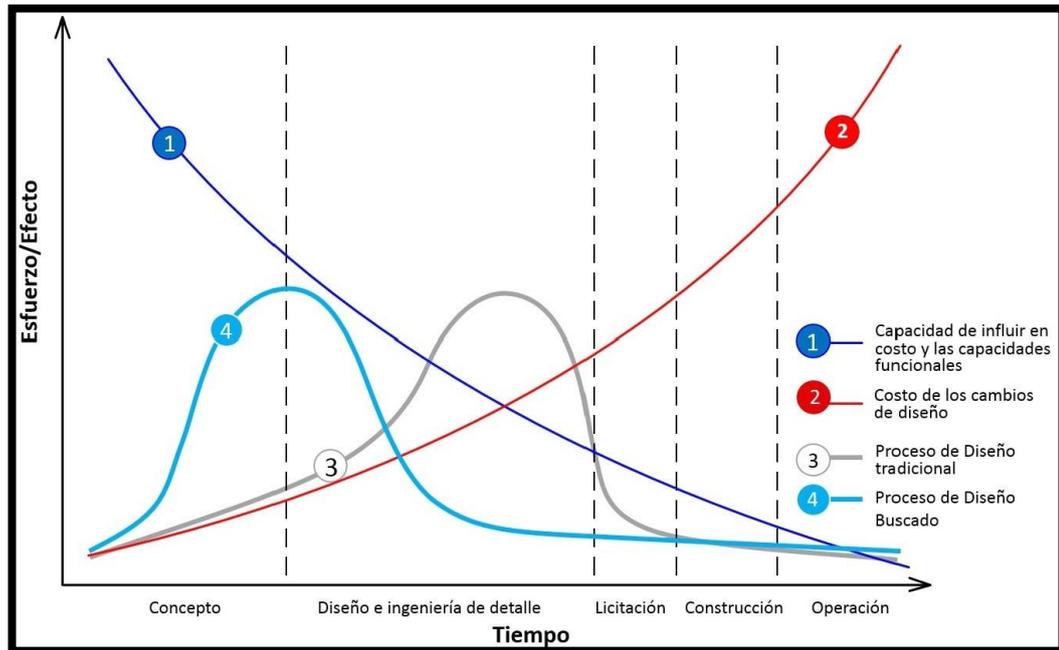


Fuente: Plan Nacional de Infraestructura Educativa – MINEDU, 2015.

Los aspectos más representativos en la variación del tiempo (atrasos) para la ejecución de proyectos se presentan en los errores de los diseños, cambios en el alcance del contrato por parte del dueño, mala planeación por parte del contratista, falta de comunicación entre los involucrados del proyecto, cambios en los diseños. Con respecto a cambios en los costos evaluados en la fase de planeación en comparación a lo realmente invertido hasta la etapa de entrega del proyecto, existen factores que influyen como la gestión interna o el entorno sociocultural tecnológico y político (Lozano, S., Patiño, I., Gómez, A., & Torres, A., 2018).

Figura 12.

Curva MacLeamy, relación de coste – esfuerzo de una edificación.



Fuente: American Institute of Architects (2005).

La falta de coordinación e integración entre los distintos involucrados y las incompatibilidades en los planos de las diferentes especialidades del proyecto hacen que sea imposible minimizar las modificaciones o cambios en la obra, lo que va en contra de los objetivos del proyecto y del cliente (Martínez Ayala, S. J., 2019).

En la industria de la construcción se muestran inconsistencias relacionadas con la ausencia de herramientas, continuamente se refleja en el momento de construcción gran cantidad de imprevistos que afectan el proceso de ejecución y administración, estas falencias se repercute en fallas constructivas e incluso hasta defectos post-construcción como: choques de instalaciones mal coordinadas, servicios que no fueron planificados, interferencias entre sistemas, resultados disfuncionales que pueden implicar el colapso de estas estructuras (Mateus Malagón, J., Acosta, J., 2020).

De esta manera, se evidencia la importancia que representa el sector de la construcción dentro de la economía del país y como este resulta tan vulnerable frente a los diversos riesgos a los cuales están expuestos. En la actualidad en la mayoría de proyectos se ejecutan sin procesos, evidenciando la carencia de metodologías (protocolos o estándares) y la falta de herramientas tecnológicas. Sin una adecuada gestión en la construcción al afrontar los riesgos para cualquier etapa del proyecto ya sea en diseño, planificación o ejecución los resultados se reflejarán en retrabajos, sobrecostos y retrasos. En los métodos tradicionales de construcción no se respetan los principios de diseño y la gestión de procesos de producción, no existe un trabajo colaborativo entre las especialidades ni tampoco un medio de comunicación para las coordinaciones, ausencia de un manejo eficiente de la información y al finalizar clientes insatisfechos por las demoras.

Los retos de la construcción tanto en Perú como en Latinoamérica son diversos y complejos. Se tiene una brecha de infraestructura a la cual se estima aproximadamente 20 años para ser cerrada. La corrupción empieza desde la etapa de licitación con políticos pagando favores y formando una red de sobornos, es decir, no se elige al contratista por la calidad y experiencia sino por un arreglo bajo la mesa. Un problema recurrente se presenta también en la falta de transparencia de los costos para ejecución ya que no existe coherencia con lo materializado en campo, pérdida de valores éticos-morales de parte de los profesionales. La autoconstrucción producto de falta de normas y rigidez en las mismas, ocasionando un caos social y donde no se garantiza que la inversión realizada perdure con el tiempo. Un existente desfase tecnológico, específicamente en las entidades públicas que son el principal reto de implementación y son las más propensas a la corrupción.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema Principal

¿Cuáles son los procesos de diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna?

1.2.2. Problemas Secundarios

- a) ¿Cuáles son las principales oportunidades que se presentan al implementar la metodología BIM-VDC en una infraestructura educativa?
- b) ¿Cuáles son los estándares y flujos de trabajo más idóneos para mejorar la gestión de la construcción en una infraestructura educativa aplicando la metodología BIM-VDC?
- c) ¿Cuáles son los elementos fundamentales que debe contener un plan de ejecución BIM (BEP) para una infraestructura educativa?
- d) ¿Cómo se puede utilizar la programación para automatizar procesos repetitivos en el modelado BIM de una infraestructura educativa?
- e) ¿Cómo se puede validar la metodología BIM-VDC en la gestión de proyectos de infraestructuras educativas?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las tendencias y requerimientos del mercado para los proyectos de edificaciones han vuelto el diseño y la ejecución de los mismos más complejos. Además, en el Perú, la tecnología utilizada en la industria de la construcción no ha cambiado en las últimas dos décadas. Esto ha provocado que los problemas y inconvenientes contractuales durante la construcción sean cada vez más frecuentes. Estos problemas pueden incluir planos con interferencias, información inconsistente o incompleta, falta de detalle en algunos planos o documentos que se contradicen, y suelen tener su origen en la etapa de diseño del proyecto, donde se desarrollan los planos, las memorias descriptivas y las especificaciones.

El COVID-19 ha obligado a cambiar la forma en que vivimos y nos adaptamos a nuevos hábitos y estilos de vida. En este contexto, la tecnología de información y las innovaciones tecnológicas en las comunicaciones se han vuelto cruciales para enfrentar la pandemia. El teletrabajo se ha vuelto esencial en muchas industrias, y aunque no todo el trabajo de una empresa puede hacerse desde casa, muchas tareas pueden realizarse a través de las tecnologías de información y comunicación sin necesidad de la presencia física del trabajador. En el sector de la construcción, algunas actividades seguirán siendo presenciales, pero el teletrabajo podría aplicarse a la dirección, establecimiento de parámetros de productividad y evaluación del talento humano. En el proceso de diseño y construcción, donde están involucrados ingenieros y arquitectos, se pueden implementar nuevas tecnologías como el escaneo láser, drones, realidad aumentada y la metodología BIM.

El COVID-19 y las restricciones impuestas en todo el país obligaron a las entidades públicas y privadas del sector de la construcción a paralizar sus actividades, lo que tuvo efectos negativos a nivel técnico administrativo. Una obra se paraliza cuando falta la designación del Inspector o Supervisor de obra (responsabilidad de la Entidad), no se tienen los permisos necesarios para realizar actividades reguladas por el Estado (responsabilidad del Contratista) o se producen

paros o huelgas en el ámbito de ejecución de la obra (sin responsabilidad de ninguna de las partes). Estas paralizaciones causan desempleo temporal, inactividad económica local y daños económicos a los trabajadores y sus familias, que deben buscar empleos informales o eventuales. Además, una vez que se reinicie la obra, se deberán volver a emplear mano de obra calificada y no calificada para rectificar y/o corregir partidas ya realizadas, lo que aumentará el presupuesto del proyecto y los plazos de ejecución

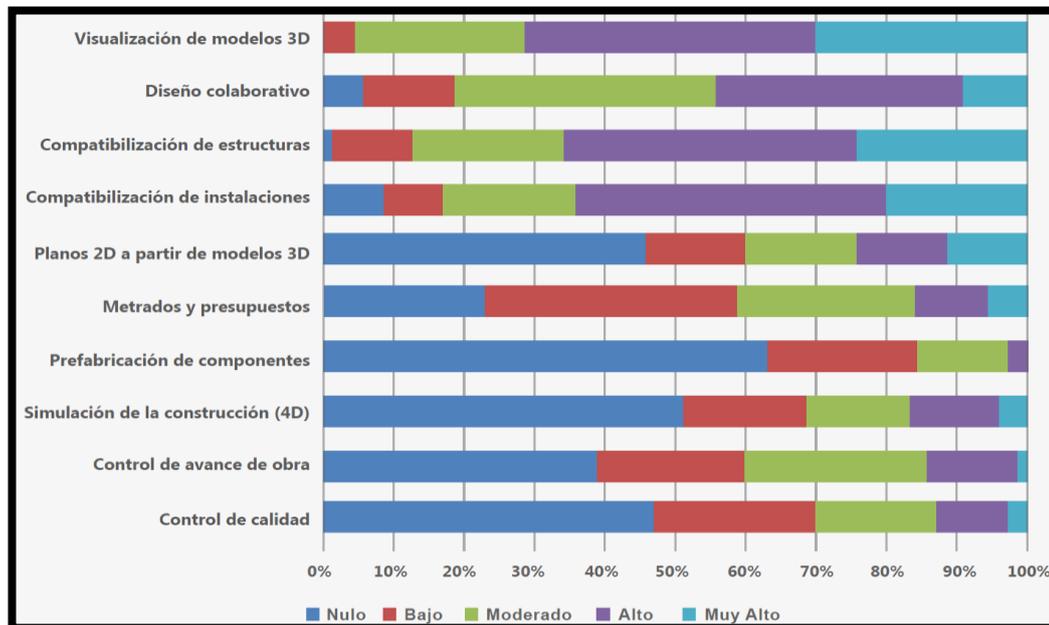
Un impacto negativo producto del método tradicional al momento de presentar los entregables del proyecto son los planos, memorias de cálculo y especificaciones técnicas. Este método conlleva a producir un exceso en el uso de la tinta de impresión o la tala indiscriminada de los bosques para la elaboración de estos documentos. Considerar que los proyectos suelen presentar cambios en la mayoría de casos y más cuando se ejecuta en obra, en los planos se muestra interferencias e incompatibilidades, información inconsistente y documentos que se contradicen, como consecuencia el impacto ambiental será mayor. La forma para reducir significativamente estos errores es en la etapa de diseño, con la implementación de metodologías como BIM/VDC y el empleo de un modelo digital centralizado donde se pueda visualizar en tiempo real los posibles problemas entre especialidades y dar una solución anticipada antes de realizar la entrega del proyecto.

La metodología BIM aborda varios aspectos de los residuos que se obtienen en las etapas del proyecto con el objetivo de reducirlos o eliminarlos, primero en las fases de diseño, y luego en la etapa de construcción. A medida que el concepto de diseño se desarrolla, los diseñadores, propietarios y constructores pueden tomar decisiones que eviten concentraciones de residuos en obra. Las observaciones tradicionales del proceso constructivo sin emplear BIM consumen tiempo que se interpretan en sobrecostos. El uso de procesos BIM en la coordinación, mediciones, presupuestos, revisión de proyectos, planificación y control de obra, se ha transformado, en un valor agregado a los servicios asociados con la gestión de

proyectos que realizan las empresas de alto rendimiento.

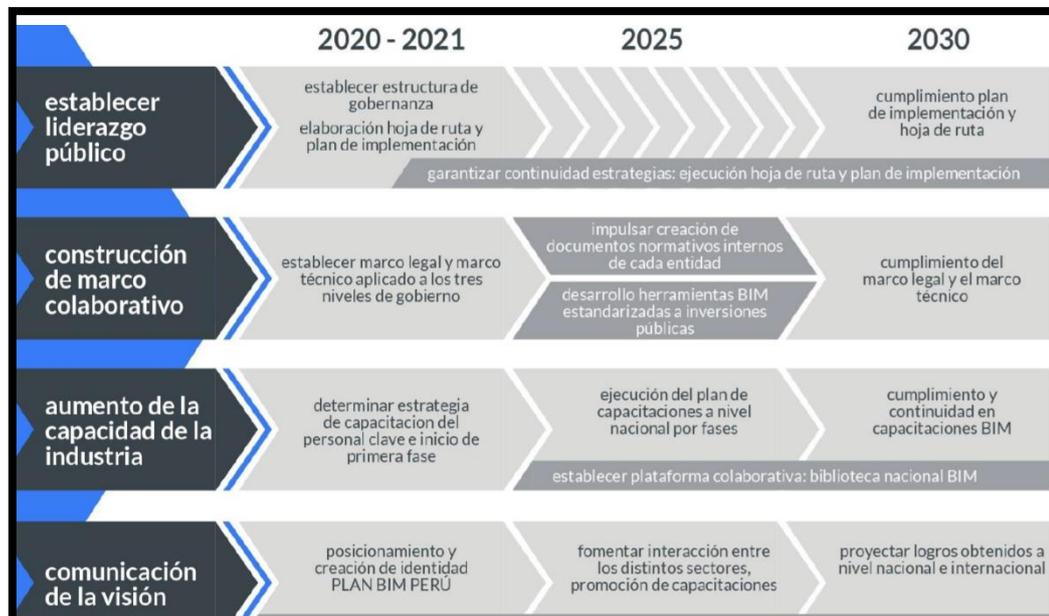
En la actualidad la metodología BIM viene desarrollándose de forma gradual, en su mayoría son las empresas privadas las que están adaptando e implementado estas tecnologías en sus proyectos. Sin embargo, los estándares y protocolos aplicados carecen de procesos que desarrollen o automaticen correctamente la gestión de la información dentro de los modelos digitales, ocasionando que existan retrabajos y retrasos en las entregas; donde muchas veces la aglomeración y desorden de toda la data empeora el resultado final. Los profesionales al tener una mala experiencia en su primer proyecto BIM empiezan a cuestionar duramente la implementación de la metodología y como resultado retoman los métodos tradicionales de construcción.

La variable de diferenciación en la adopción de BIM es el tipo de edificación y el uso que se dará al activo. El nivel más bajo se presenta en la edificación multifamiliar y centros educativos con alrededor del 14%, mientras que los niveles más altos están en la vivienda masiva y hoteles entre un 60 a 70%, y en una medida intermedia los centros comerciales y oficinas entre un 50-60%. Sin embargo, es importante resaltar que los pabellones de los centros educativos trabajan de acuerdo a módulos típicos que vienen a tener configuraciones similares en su estructura, por tal motivo existe una gran oportunidad de automatizar procesos para mejorar la calidad modelo digital, explotando nuevas tecnologías apoyadas en la programación.

Figura 13.*Nivel de usos de aplicaciones BIM.*

Fuente: Murguía, D., Tapia, G., Collantes, J. (2017). Primer estudio de adopción BIM.

Debido a la complejidad de la adopción de BIM en los tres niveles de gobierno en el Perú, se asegura la continuidad del desarrollo mediante estrategias, metas, líneas de acción y documentos. Se establece los hitos del año 2030 para la adopción progresiva de la metodología BIM en el sector público para las diferentes fases del ciclo de inversión para garantizar y conseguir el desarrollo de la implementación. El plan BIM Perú tiene como objetivo desarrollar las actividades prioritarias para cumplir los objetivos específicos durante el periodo 2020 – 2021, mantener las líneas estratégicas de dirección y sentar las bases de la continuidad hacia el año 2030. Es importante resaltar que el gobierno peruano viene implementando un Plan BIM con normativa adaptada de estándares británicos como la ISO-19650, se compone de cuatro partes: la primera de conceptos y principios, la segunda describe la fase de entrega o diseño, la tercera se refiere a la fase de operación y la última al tema de la seguridad de la información.

Figura 14.*Resumen de acciones del Plan BIM Perú.*

Fuente: Murguía, D., Tapia, G., Collantes, J. (2017). Primer estudio de adopción BIM.

El desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC es importante, pues asegura con certeza la calidad del modelo digital para la construcción, conforme a protocolos y estándares, favorece el entorno y flujo de trabajo dentro de la organización, así mismo, al desarrollar procesos podría mejorar el tiempo de entrega del modelo con fines de conseguir nuevos proyectos y mejorar los niveles de ingresos con fines de auto sostenimiento organizacional, incrementando el valor y la confianza en las nuevas tecnologías y mejorando la competitividad de la industria en la construcción.

Aporte: El resultado de esta investigación beneficiará a todos los profesionales o empresas relacionados al sector de la construcción que aplican la metodología BIM/VDC en proyectos de infraestructura educativa en la etapa de diseño o ejecución, y que buscan automatizar los procesos de modelado, documentación y gestión aplicando las guías, estándares y add-ins para Revit realizados por el autor de la presente investigación. Ejecutar un proyecto bajo protocolos y estándares de calidad, mejora la gestión de la información tanto en la

etapa de diseño como en la etapa de ejecución de obras. Los estándares para clasificar los elementos es un primer paso que permite optimizar el tiempo de filtrado en la información requerida. Al automatizar procesos se mejora la productividad de los modeladores, se reduce el tiempo en el desarrollo de tareas repetitivas y por ende se mejora la calidad del modelo.

Con la aplicación de la propuesta de investigación al proyecto se permite la generación automática de plantas, cortes, elevaciones, desarrollo de detalles constructivos para la fase de documentación. Se producen metrados automáticos acelerando el proceso de presupuestos y permitiendo un mejor control de costos, estos metrados se pueden exportar a Excel donde se asocia los precios unitarios o vincular con una base de datos. Reducir los conflictos entre los diferentes sistemas y elementos del edificio mediante una mejor coordinación de las especialidades. En la etapa de construcción, mediante la propuesta se pretende conectar la programación del avance en obra con el modelo tridimensional, con el fin de visualizarlo en el tiempo. Estas tecnologías contribuyen a comprender mejor los procesos constructivos de diseños complejos o simples para el ahorro de tiempo en su construcción y corregir posibles errores en los diseños.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar los procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna, 2022.

1.4.2. Objetivos Secundarios

- a) Desarrollar un diagnóstico situacional que nos permita identificar el grado de implementación de la metodología BIM-VDC para una infraestructura educativa.
- b) Analizar los estándares y flujos de trabajo más idóneos para mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa.
- c) Diseñar el plan de ejecución BIM (BEP) para mejorar el planeamiento previo a la etapa de ejecución de una infraestructura educativa.
- d) Automatizar procesos repetitivos mediante la programación para desarrollar el modelado BIM de la infraestructura educativa durante la etapa de diseño y ejecución.
- e) Validar la metodología implementando el desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. *A nivel Internacional*

López, A. (2020), realizó la investigación titulada “Gestión eficiente de proyectos a través de Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)” del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, en Jalisco-México. El estudio tiene como objetivo desarrollar una metodología de gestión eficiente de un proyecto arquitectónico, a través del uso de las herramientas BIM e IPD. El proyecto a estudiar corresponde a la proyección y construcción de una nave industrial enfocada al almacenamiento y logística, ubicado en una propiedad de alrededor de 12000m² y una construcción igual a 3000m². Finalmente, se concluyó que, los principales factores que causaron retrasos, retrabajos y gastos de recursos en la de gestión de un proyecto común fueron la falta de comunicación entre los involucrados, falta de definición clara del proyecto, las modificaciones y la ausencia de presupuesto. La propuesta de investigación aporta la sintonía del equipo y el cliente en la metodología laboral, se logra identificar los cruces de elementos de construcción de forma digital, aporta a la prevención y reducción de errores de obra, se tendrá un mayor control y precisión en la cuantificación de los materiales en construcción debido al modelo contractivo 3D, lo más cercano a la realidad.

Ramírez, J. (2018), desarrollaron la tesis titulada “Comparación entre metodologías Building Information Modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos en una edificación educativa”, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Bogotá-Colombia. El objetivo de la tesis es comparar los resultados obtenidos en las cantidades de obra, valor final de actividades y detección de incoherencias o interferencias en los diseños, a través de la metodología BIM y el sistema CAD para

una edificación educativa. El proyecto corresponde al nuevo edificio de laboratorios de la Universidad del Valle, consta de un área construida de 1590 m², de 3 niveles con un sistema aporticado y un presupuesto de \$3.611.243.336. Finalmente, se concluyó que, los presupuestos con mayores variaciones en la etapa de construcción se presentaron en la cubierta y la estructura del edificio, un incremento de 18.72% y 26.40% respectivamente, incorporar BIM en la cuantificación y estimación de obras de infraestructura pública permite tener una visión realista del costo final y disminuir los riesgos para una entidad pública. Los modelos BIM 4D permiten percibir el proceso constructivo, establecer cronogramas realistas de los tiempos de ejecución y detectar conflictos antes de iniciar la obra, donde los elementos que mayores conflictos presentan son las vigas, columnas, pantallas y losas de entrepiso.

Aguilera, C., Toledo, M. (2010), presentaron una investigación titulada “Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM”, de la Universidad de Chile. La investigación propuso evaluar los beneficios de aplicar BIM para sistematizar los datos y lograr la coordinación entre especialidades. Los proyectos a analizar fueron: Edificio Gran Santiago, que consta de 4 edificios, dos con 20 pisos y dos con 31 pisos y 5 niveles de sótanos; Edificio Ángel Cruchaga, que cuenta con 20 pisos y 4 niveles de sótanos; y Mall Paseo Estación, que se encuentra a nivel de excavaciones, entibaciones, mallas de tierra eléctricas e instalaciones sanitarias. De la investigación se concluye que, el modelo construido fuerza a los distintos actores a trabajar de manera conjunta e integrada, mejorando la toma de decisiones y reduciendo potenciales riesgos al realizar las obras. Los proyectos que tienen información insuficiente complican el análisis y generan una menor apreciación de los beneficios BIM. Más del 40% del total de solicitudes de información (RFI) emitidas se evitan con la implementación del BIM, que sin una solución potencialmente pueden inducir a los atrasos en el programa de construcción. La aplicación del BIM aumenta la calidad del producto construido, conlleva una mejor comunicación, mayor colaboración, visualización y entendimiento para desarrollar trabajos más eficientes y eficaces.

2.1.2. A nivel Nacional

Moreno, C. (2019), realizó la investigación titulada “Análisis comparativo entre el modelo virtual de proyectos de construcción Building Information Modeling y el modelo convencional de gestión de proyectos, para obras de concreto armado, en empresas constructoras, Huaraz-2017”, de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, en Ancash. El objetivo del trabajo fue determinar las ventajas comparativas entre un modelo BIM y el modelo convencional de gestión de proyectos para mejorar la conceptualización y control de obras. Se eligió la zona de la planta de tratamiento de un proyecto ejecutado de agua y desagüe, con partidas las cuales serán modeladas, información obtenida del proyecto: “Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable de los Poblados de Pashpa, Huaraz – Ancash”, Finalmente, se determinó que, al realizar el análisis comparativo logramos encontrar 93 de las 110 partidas de obra donde difieren sus valores numéricos de las cuantificaciones, se deben a errores de medida de los proyectistas, y de las cuales fueron solucionadas durante el proceso. Se evidenció que, la diferencia en el desarrollo del modelo BIM al modelo convencional de gestión de proyectos ha sido de 5 días que representa el 33.3% más del tiempo normal de conceptualización con CAD originando un sobre costo de S/38,476.96 soles durante la fase de construcción. Además, las ventajas comparativas fueron una mejora en la conceptualización y visualización del proyecto previo a su fase de construcción al porcentaje de avance indicado, establece parámetros de control con un hito gráfico tridimensional producto del modelado que sirve de línea base para mayor control de los proyectos, en la etapa de diseño se genera ahorro de dinero porque cuantifica con precisión los metrados, se logra una mejor gestión de cambios al actualizar automáticamente el modelo y se identifican las interferencias para su solución anticipadamente.

Goyzueta, G., Puma, H. (2016), realizaron la investigación titulada “Implementación de la metodología BIM y el sistema Last Planner 4D para la mejora de gestión de la obra Residencial Montesol-Dolores”, de la Universidad

Nacional de San Agustín, en Arequipa. El objetivo de la tesis fue determinar las ventajas y los beneficios que se obtienen en la utilización de estas metodologías para las fases de pre-construcción y ejecución. El proyecto plantea la construcción de un conjunto habitacional de vivienda multifamiliar, construcción simultanea de viviendas moduladas, 90 departamentos y proyectadas en torres hasta 9 niveles. Finalmente, se concluyó que, la aplicación de BIM mejora el sistema de coordinación del proyecto, identificando problemas y consultas en etapas tempranas para asumir mejores soluciones, ahorro de tiempos, costos y calidad. En el proyecto se presentó gran cantidad de problemas en interferencias, en estructuras vs ACI con 22 y para estructuras vs IISS con 27 de un total de 111 identificados, ambas fueron las especialidades con mayor incidencia, por lo tanto, es imprescindible el modelado de la parte MEP. Además, en la planificación, Last Planner en colaboración con el modelo 4D permitió anticiparnos a posibles problemas a futuro y tomar acciones correctivas, ver el estado de avance del proyecto en el tiempo y analizar las estrategias constructivas. La propuesta del modelo 3D y 4D permitió entregar la información sobre las restricciones de manera visual en el Look Ahead (4 semanas) para que puedan gestionarse.

Salinas, J., Ulloa, K. (2013), desarrollaron la tesis titulada “Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan”, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en Lima. El objetivo de la tesis es establecer los lineamientos para el desarrollo e implementación de procesos de modelación BIM. El proyecto desarrolla el modelo del edificio Verdi Casa Club con un área en planta de 1500m² y área techada de 18465m², comprende 4 sótanos destinados para estacionamientos y 15 pisos para 129 departamentos. Finalmente, se concluyó que, para lograr implementar BIM se necesita 3 condiciones; la primera establecer políticas que permitan introducir esta nueva tecnología de la mano con las capacitaciones al equipo de trabajo; se requiere de la adecuación de procesos y por último contar con las herramientas tecnológicas adecuadas. De la experiencia obtenida se establecen el requerimiento de 0.058 hh/m² de área techada para el modelado de estructuras y arquitectura, para el

modelado MEP se requieren de 0.046 hh/m² de área techada. Además, previo al inicio del modelado, el equipo de modeladores elabora una plantilla central de inicio con información básica para evitar re trabajos y se debe establecer lineamientos para referenciar los planos hacia un solo punto de partida a fin de encontrar incompatibilidades.

2.1.3. A nivel Local

Choquesa, L. (2019), realizó la investigación “Mejora de la productividad en proyectos de edificación mediante el sistema de gestión BIM-Lean”, de la Universidad Jorge Basadre Grohmann, en Tacna. El objetivo de la investigación fue dar a conocer un sistema moderno de gestión de la productividad mediante la filosofía Lean Construction y BIM en proyectos de edificación. La aplicación del trabajo de investigación se realizó en el proyecto Residencial Los Nogales II, un edificio con semisótano y con 10 niveles destinados a departamentos. El desarrollo de productividad se realizó a nivel de casco de la construcción, del cual el primer piso fue objetivo de estudio con el sistema tradicional, mientras que los posteriores fueron de implementación del sistema propuesto. Finalmente, se evidenció que, la aplicación del sistema de gestión BIM-Lean mejora los tiempos de ejecución, siendo 33 días según el plan maestro y se logró disminuir a 23 y 20 días para el segundo y tercer piso respectivamente. Además, en la eficiencia de los recursos, se tuvo una pérdida de 1616.90 soles en mano de obra para el primer piso, mientras que para los demás pisos se consiguió una disminución de pérdidas hasta de 119.5 soles. Por último, se obtuvo una mejora en el cumplimiento de las actividades completadas, en promedio de las siete semanas se tuvo un 69% de las actividades esperadas.

Condori, J. (2020), desarrollo la tesis titulada “Análisis y diseño estructural de una edificación de 5 pisos de concreto armado mediante la aplicación de la metodología BIM en el distrito de Tacna”, de la Universidad Privada de Tacna. El

objetivo de la investigación fue aplicar el flujo de trabajo de la metodología BIM como parte integrada del análisis y diseño estructural de una edificación de concreto armado. El proyecto consta de un edificio de concreto armado con 5 niveles destinados para salones, estacionamiento y un sótano. Una vez realizadas los análisis correspondientes, se concluyó que la metodología BIM permitió mayor control en la etapa de diseño, al vincular los modelos entre especialidades se detectaron las posibles interferencias con las plantas de techo en los niveles superiores y mediante el soporte brindado se planteó una adecuada estructuración. Tras aplicar la metodología BIM partiendo del modelo arquitectónico en Revit, se controló el modelo analítico para que los elementos estructurales permanezcan correctamente conectados y a la vez no exista pérdida de información al momento de realizar la interoperabilidad entre los programas BIM, por último, el modelo facilitó cuantificaciones detalladas y precisas, se redujo el tiempo en la elaboración de la documentación para los planos de detalle constructivo mediante el uso de una plantilla personalizada.

2.2. BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO PLANEADO

2.2.1. Metodología BIM (*Building Information Modeling*)

BIM es el uso de una representación digital compartida de un activo para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación formando una base de datos confiable en la toma de decisiones (Estándar Internacional ISO 19650, 2018).

Según Plan BIM Perú (2020), BIM (Modelo de la Información de la Edificación) es el conjunto de tecnologías, metodologías integradas, procesos y estándares que permiten diseñar, construir y gestionar la información de una infraestructura de forma colaborativa. Es el conjunto de procesos colaborativos que utilizan diferentes herramientas digitales para gestionar la infraestructura o los activos de la construcción en todo su ciclo de vida. Permite desarrollar una representación gráfica, que incluye información no gráfica, como estado de avance,

cuantificaciones, especificaciones técnicas, entre otras variables, siendo un recurso de gran valor para la toma oportuna de decisiones.

2.2.1.1. Dimensiones del BIM

De acuerdo a lo citado por Oussouboure y Victore (2017), BIM permite diseñar en 3D la documentación del proyecto mediante modelos que reflejan contenido en cada una de sus etapas; con planos, volúmenes, tablas, recursos, calidad, costos y tiempo en un proceso integrado entre las especialidades por medio de un sistema de información y comunicación con los participantes y partes interesadas. Los niveles de integración según las dimensiones y sus contenidos son:

- BIM 3D: Es un modelo orientado a objetos (vigas, columnas, etc.), que representa toda la información geométrica del proyecto.
- BIM 4D, +3D: Al modelo se le integra la dimensión del tiempo y permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones, diseñar el plan de ejecución para detectar posibles dificultades que pueden ser resueltas con posible reducción de costo y plazo.
- BIM 5D, +4D: Abarca el control de los, costos integrados al sistema en el proceso de simulación de la ejecución.

2.2.1.2. Beneficios del BIM en la Gestión de la Construcción

Según Goyzueta y Puma (2016), el uso del BIM reduce las pérdidas en general al influir en las fases anteriores o en la de ejecución del proyecto, es un sistema capaz de reordenar ideas, coordinar las especialidades, también estimula la capacidad de trabajar en equipo. Los beneficios del BIM en la gestión de la construcción son:

- Uso de datos del modelo para el análisis del rendimiento en el edificio: Los softwares BIM presentan herramientas de análisis de ingeniería (análisis de energía de la estructura o el cálculo mediante elementos finitos), estimación

de costos de ejecución, etc.

- Mantenimiento de la información e integridad del modelo: En las herramientas BIM se almacena la información de cada pieza una vez, sin tener que almacenar la información en múltiples vistas del proyecto.
- Visualización del proyecto (evaluación estética y funcional): BIM permite presentar los diseños con un alto grado de realismo, de esta forma los edificios se hacen accesibles para aquellos sin conocimientos técnicos.
- Generación automática de vistas y documentos: Con algunos datos de entrada se logra dibujos o vistas automáticamente. Si se realizan cambios al modelo, estos de igual forma se actualizan en los dibujos y documentos.
- Estimaciones: En la herramienta tecnológica se engloba la información que se usa para generar cuantificaciones y costos de materiales, productividad, estimaciones de tamaños y áreas. Esto evita que las cantidades se procesen manualmente y la información de costos se asocia a los cambios en los diseños.
- Generación y evaluación de alternativas para la construcción: Se presentan procesos de construcción de los cuales existen numerosos paquetes mediante la visualización 4D de cronogramas.
- Identificación de conflictos: El empleo de BIM permite detectar conflictos internos y las incompatibilidades entre los elementos del modelo, la solución se logra probar para ver si el problema se resuelve y determinar si se crea otro.
- Dibujos con información para compras y fabricación: Los modelos ofrecen vistas con los detalles constructivos e información para la producción. Esto disminuye los costos puesto que la fabricación se hace con mayor precisión.

2.2.1.3. Niveles de Desarrollo “LOD”

De acuerdo con el American Institute of Architects “AIA” (2013), LOD describe el nivel de exhaustividad al que se desarrolla un elemento del modelo, con

un alto de nivel de claridad. Identifica los requisitos mínimos de la información contenida en el modelo y los usos autorizados asociados para cada elemento, conforme a niveles de exigencia requeridos. Define las características del proyecto en los diferentes sistemas de construcción permitiendo a los creadores del modelo controlar el nivel de confianza y consistencia, los usuarios comprenden las limitaciones de los modelos que reciben.

La Especificación LOD constituye una herramienta útil para la comunicación permitiendo: ayudar a los equipos de trabajo a especificar los entregables BIM y su contenido, garantizar la fiabilidad del resto de agentes intervinientes con respecto a la información contenida en el modelo recibido y servir como marco referencial para establecer las cláusulas contractuales relacionadas con BIM (BIMForum, 2015).

Según Alonso, J. (2014), encontramos los siguientes niveles de desarrollo:

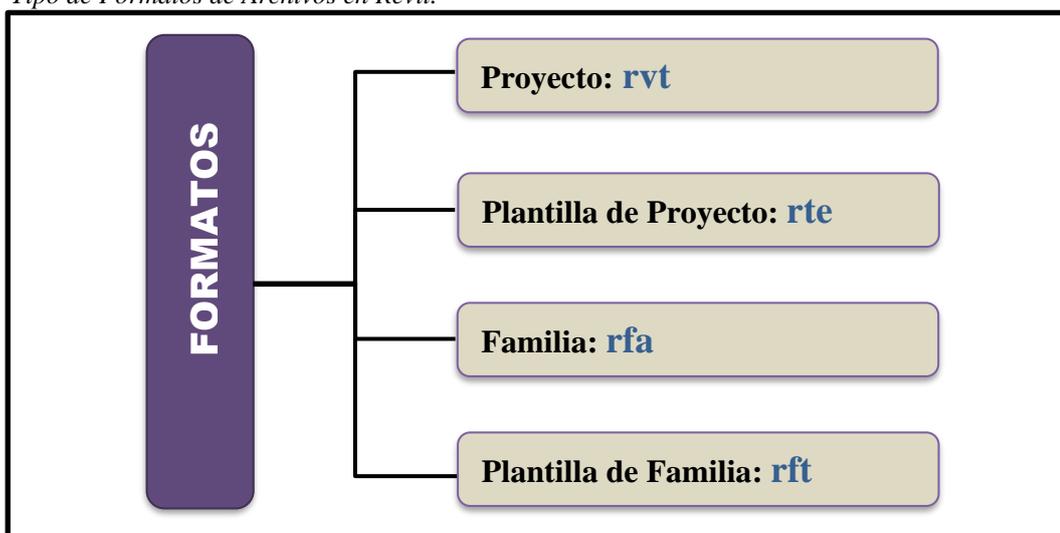
- LOD 100: Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición definido por requerimientos y usos.
- LOD 200: Se define gráficamente el elemento, permite un primer análisis de cantidades, tamaño, forma y/o ubicación. Así como las características de pesos, manuales de mantenimiento y fabricantes.
- LOD 300: Se define gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades y sistemas constructivos respecto al conjunto del proyecto, permite generar planos de talleres, elementos detallados y sistemas.
- LOD 350: Similar al nivel LOD 300 pero incluye la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos desarrollados independientemente por disciplinas. Afecta al análisis, programación y coordinación del proyecto.

2.2.1.4. *Revit*

Revit es un software de Autodesk con tecnología BIM que permite diseñar y crear construcciones virtuales en 3D a través de elementos arquitectónicos, estructurales y MEP. Con este software se puede construir de forma lógica un modelo completo y generar cortes y elevaciones inmediatamente. Si se quiere modificar algún dato paramétrico de uno o más elementos del modelo, el programa coordina automáticamente los cambios en cualquier punto. Revit proporciona eficiencia durante las etapas de diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones y reduce el riesgo de errores y desperdicio de esfuerzo debido a la mala coordinación entre disciplinas (Cámac, L. M., 2015).

Figura 15.

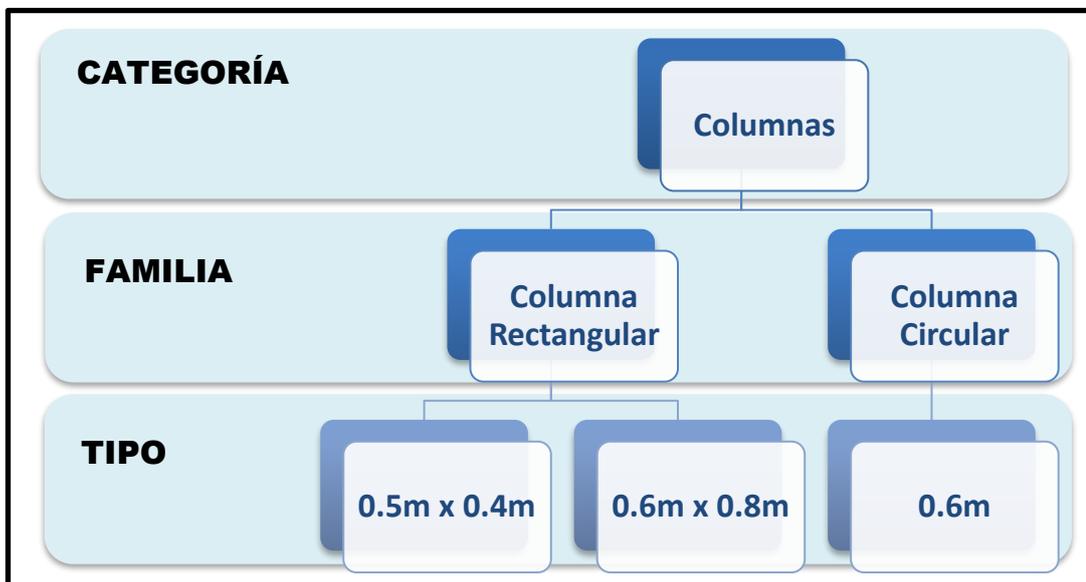
Tipo de Formatos de Archivos en Revit.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.

Organización de Revit.



Fuente: Elaboración propia.

Nota:

- Versiones anteriores de Revit no pueden abrir versiones recientes.
- Versiones recientes de Revit pueden abrir versiones anteriores a ella.
- Para el trabajo colaborativo revisar el “Build”.

2.2.1.5. *Coordinador de Proyectos BIM*

2.2.1.5.1. *Flujo de información entre los actores para el uso del BIM*

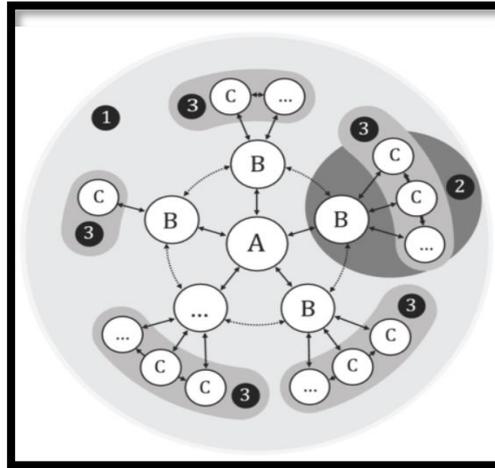
De acuerdo al estándar internacional ISO 19650, presenta la siguiente estructura de los agentes participantes:

- Parte contratante (A): Puede ser el cliente, pero también alguien designado por él o un coordinador general BIM para ser el receptor de la información.
- Parte contratada principal (B): Coordinador BIM e interlocutor con los otros equipos multidisciplinares y con la parte contratante. Entrega la información.
- Partes contratadas (C): Creador de información, antes generan la

información (modeladores y diseñadores).

Figura 17.

Estructura entre las partes y los equipos participantes.

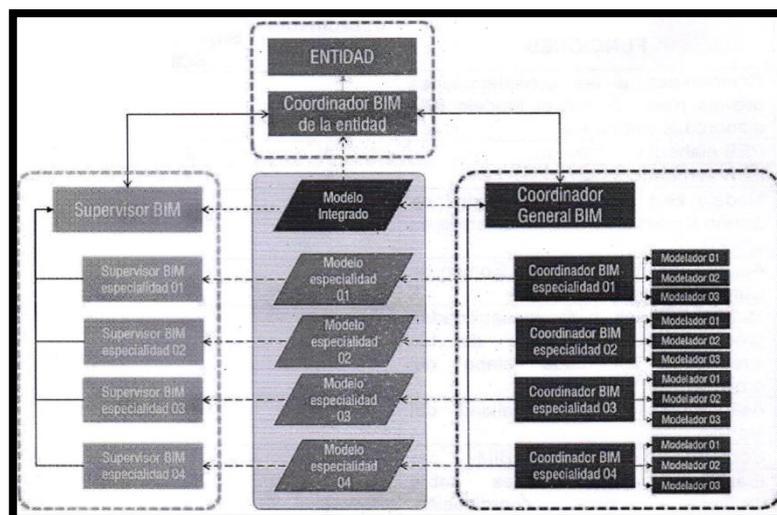


Fuente: ISO 19650 (2018). Organización y digitalización de información sobre edificaciones.

En Perú, en el sistema público según la Resolución Ministerial N°242 – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), el flujo de transferencia de información entre los actores para el uso del BIM se esquematiza de la siguiente forma:

Figura 18.

Flujo de información entre los actores para uso del BIM



Fuente: RM-242-MVCS (2019). Lineamientos generales para el uso del BIM.

2.2.1.5.2. Actores y funciones

De acuerdo a RM-242–MVCS, en la aplicación de BIM establece como mínimo los siguientes actores: Coordinador General BIM, Coordinador BIM y Supervisor BIM quienes velan la calidad del modelo BIM, cuyas responsabilidades son las siguientes:

- a) **Coordinador General BIM: Representa a la Entidad.**
 - Dar conformidad a las consideraciones previas para obtener el Modelo BIM y dar conformidad al PEB.
 - Asegurar que todos los planos se generen o vinculen desde el Modelo BIM.
 - Coordinar la gestión de cambios del modelo BIM según lo indicado en el PEB y facilitar el trabajo colaborativo entre los involucrados.
 - Dar conformidad y administrar el Entorno Común de Datos (ECD).
 - Propiciar la interoperabilidad entre plataformas y herramientas.

- b) **Coordinador BIM: Representa a la Entidad.**
 - Elaborar y dar conformidad al PEB.
 - Conformar el equipo BIM considerando un Coordinador BIM por cada especialidad si fuera el caso y elaborar la matriz de responsabilidades para los integrantes del equipo en cada etapa del proyecto.
 - Verificar que no exista incompatibilidades dentro del modelo BIM, dar conformidad a la subsanación de interferencias y conducir las reuniones relacionadas al modelo.
 - Elaborar y dar conformidad a los informes sobre las reuniones de coordinación, además de la identificación y resolución de conflictos.
 - Conocer la normatividad y estándares BIM.

2.2.1.6. Normatividad de proyectos con BIM

Las industrias como la Construcción, al ser proveedor de soluciones innovadoras, muchas veces actúan sin un marco legal propuesto o bien llamados investigación y desarrollo. Las empresas pueden contratar universidades o servicios por terceros para generar nuevos procesos en la generación de tecnologías de mejora continua. En países desarrollados esta práctica es común, las empresas contratan y financian investigaciones para la mejorar de procesos, dentro de marcos de colaboración (Neira, E., 2004).

Existen referencias internacionales que utilizan, desarrollan e implementan este tipo de soluciones buscando generar casos de éxito; cuando los casos se acumulan estos pasan a formar parte de las buenas prácticas de la empresa. Las buenas prácticas del mismo sector se pueden estandarizar; y finalmente, en las reuniones globales, congresos y foros se comparte esta información para que las empresas privadas y públicas se encarguen de hacerlas de carácter público. Para la legislación se llevan a especialistas del sector con el objetivo de mejorar las normativas y proponer mejoras a la ley orgánica que rige las actividades de la industria en general; así nacen las leyes, como una adaptación de las buenas prácticas (Casas Tragodara, C., 2015).

2.2.1.6.1. Normatividad BIM en el Perú

En Perú, con sumo desorden e iniciativas se han hecho avances por parte de Ministerios y Estamentos Privados dando como resultado normas nacionales y la conformación del Comité Técnico de Normalización (CTN) como en el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) en el año 2017. (Almeida Del Savio, A., 2018)

El Decreto Legislativo N°1444, que modifica la Ley N°30225 (Ley de Contrataciones del Estado), establece en su artículo 3, mediante un decreto

supremo, los criterios para la incorporación gradual de herramientas obligatorias de modelado digital de la información para la ejecución de obras públicas que mejoren la calidad y eficiencia de los proyectos (Diario Oficial “El Peruano”, 2018).

Building Information Modeling (BIM) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura pública de manera colaborativa en un entorno virtual, de acuerdo con el Decreto Supremo N°289-2019-EF, que establece disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en los procesos de inversión pública. El Plan BIM Perú fue creado en el marco del Plan Nacional de Competitividad y Productividad (aprobado por el Decreto Supremo N°237-2019-EF) y establece objetivos y acciones estratégicas para la implementación progresiva de la adopción y uso de BIM en los procesos de inversión de entidades y empresas públicas, de manera coordinada y concertada con el sector privado y la academia. (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones “DGPMI”, 2020).

La Resolución Directoral (RD) N°007-2020-EF establece los Lineamientos para utilizar la metodología BIM en las inversiones públicas, que sirven como guía y criterios mínimos para el uso de BIM. Estos lineamientos afectan a los tres niveles de gobierno y tienen como objetivo mejorar la calidad de los expedientes técnicos, la transparencia de los procesos, la toma de decisiones y la eficiencia en la ejecución de la inversión. Se emplea un Entorno Común de Datos para coordinar proyectos (Diario Oficial “El Peruano”, 2020).

El Decreto Legislativo N°1486 establece disposiciones para mejorar y optimizar la ejecución de inversiones públicas y permite que las entidades públicas del Gobierno Nacional aprueben la aplicación de metodologías Building Information Modelling (BIM) en inversiones públicas que estén bajo su responsabilidad funcional, siguiendo los lineamientos establecidos por la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (Diario Oficial “El Peruano”, 2020).

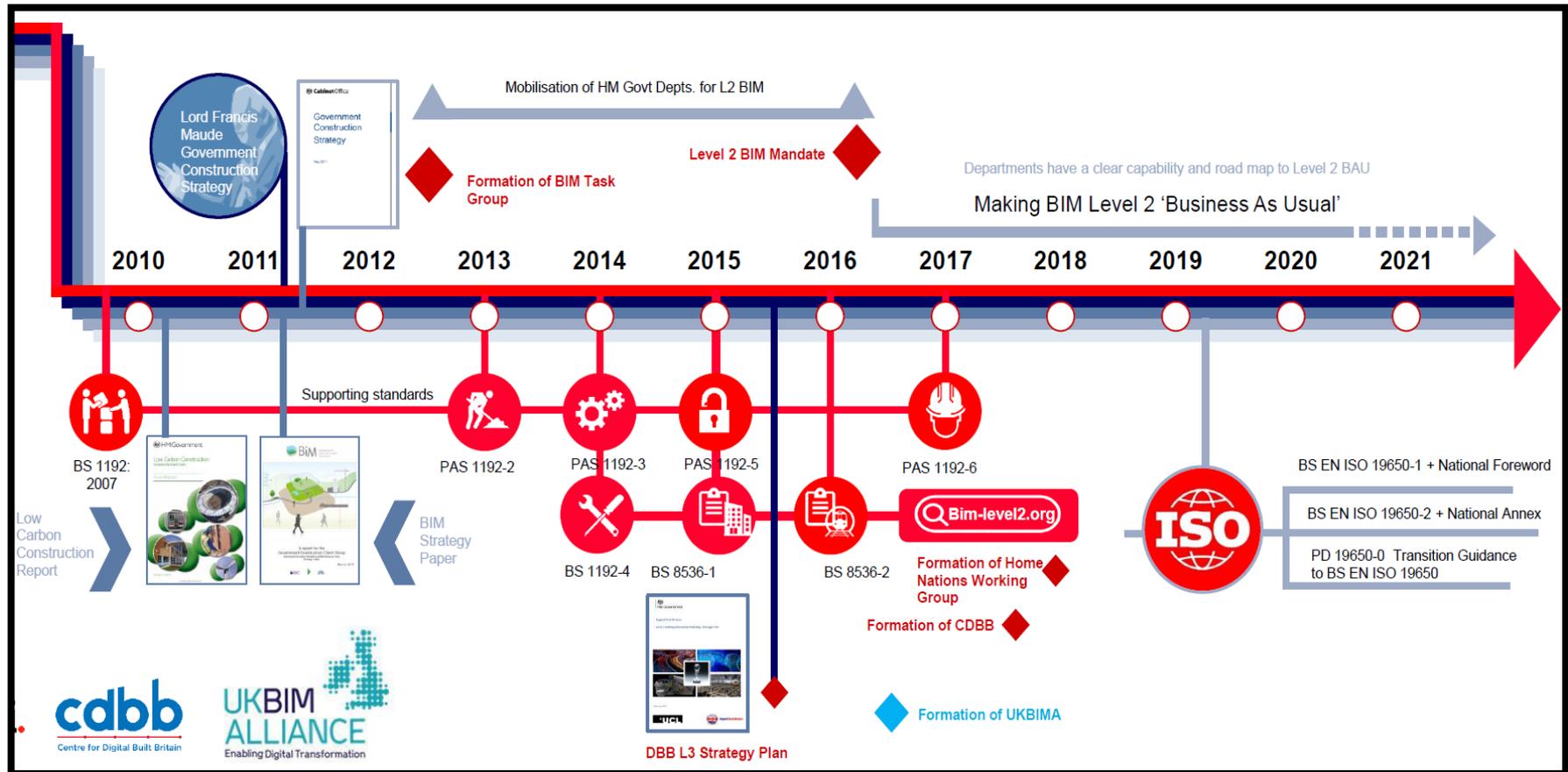
El Decreto de Necesidad y Urgencia N°119-2020-EF establece el reglamento de proyectos especiales de inversión pública en el marco del decreto de urgencia N°021-2020 y proporciona asistencia técnica en la implementación del modelamiento digital de información para la construcción (BIM) de acuerdo al estándar ISO 19650 y otras metodologías, con el objetivo de transferir conocimiento en los procesos necesarios para el PEIP y en las réplicas del modelo, según corresponda, y en otras actividades establecidas en los Lineamientos y en el contrato de prestación de servicios correspondiente.

En el artículo 11. “Instrumentos y facilidades del modelo de ejecución de inversiones públicas” del DSN°119-2020-EF, comprende el instrumento de metodología colaborativa de modelamiento digital para la construcción BIM y otras metodologías definidas en los Lineamientos (Diario Oficial “El Peruano”, 2020).

El artículo 20 del Decreto de Necesidad y Urgencia N°119-2020-EF establece que la aplicación parcial de la réplica del modelo de ejecución de inversiones públicas incluye funciones de gestión de proyectos, asistencia técnica para la gestión y ejecución de inversiones y uso de la metodología colaborativa de modelamiento digital de información para la construcción (BIM). La contratación de asistencia técnica se lleva a cabo a través del Decreto Supremo N°288-2019-EF. (Diario Oficial “El Peruano”, 2020).

Figura 19.

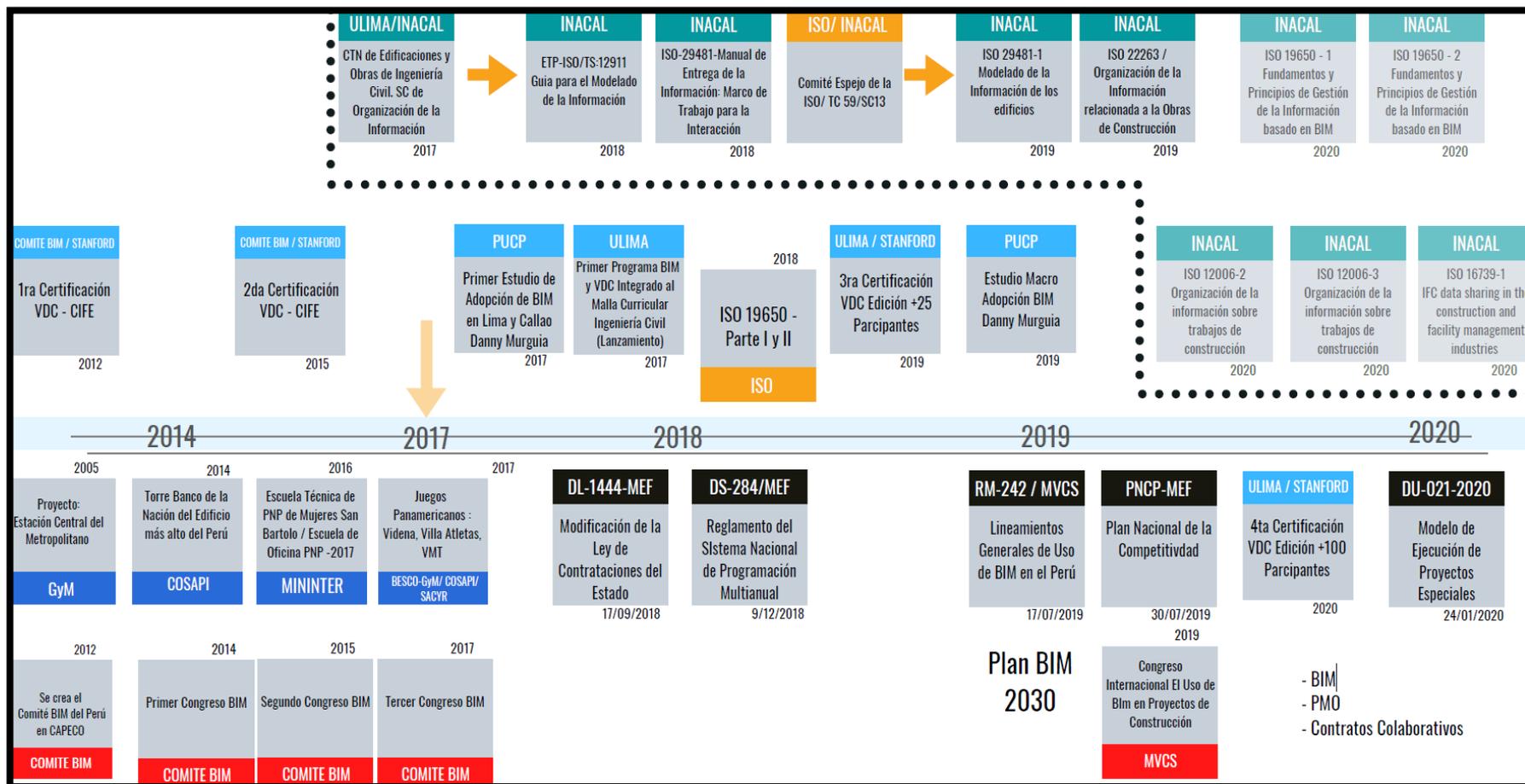
Cronología de normas internacionales sobre BIM.



Fuente: UKBIM Alliance (2019). BIM-Transición del Reino Unido a las normas ISO.

Figura 20.

Línea de tiempo del BIM en el sector público - Perú



Fuente: Almeida, A. (2020). Universidad de Lima y la comunidad VDC del Perú.

2.2.1.6.2. Normativa Internacional

En el mundo se pueden destacar muchos casos importantes de normatividad a consultar, siendo los más relevantes los países de habla inglesa como Estados Unidos (USA) y el Reino Unido (UK), En el caso de USA se tiene los National BIM Standard (NBIM v3.0) y el Protocolo BIM en Portland- En el Reino Unido se encuentra las normas BS y PAS con su migración hacia la ISO 19650 (UKBIM Alliance, 2019).

En España, un grupo extenso de investigación con mucho aporte por parte de la industria de la construcción constantemente actualizado con eventos como los BIM Summit. En 2018, se propuso que las obras del Ministerio de Fomento sean totalmente BIM, actividad que se cumplió de forma parcial.

En Latinoamérica, se tiene varios países que empiezan a reunir la industria con el gobierno para fomentar el ecosistema de generación e impulso a la innovación como el caso de México y Argentina, debido a la presencia de especialistas que tienen acceso a la generación de normas con el gobierno central. Otro caso es Brasil y sus gobiernos federado en el cual mostraron hace muchos años Mandatos BIM que siguen vigentes.

2.2.1.7. Pasos para la Transición del CAD al BIM

De acuerdo con López, J. (2018), los pasos para la transición del CAD al BIM son enumerados de la siguiente forma:

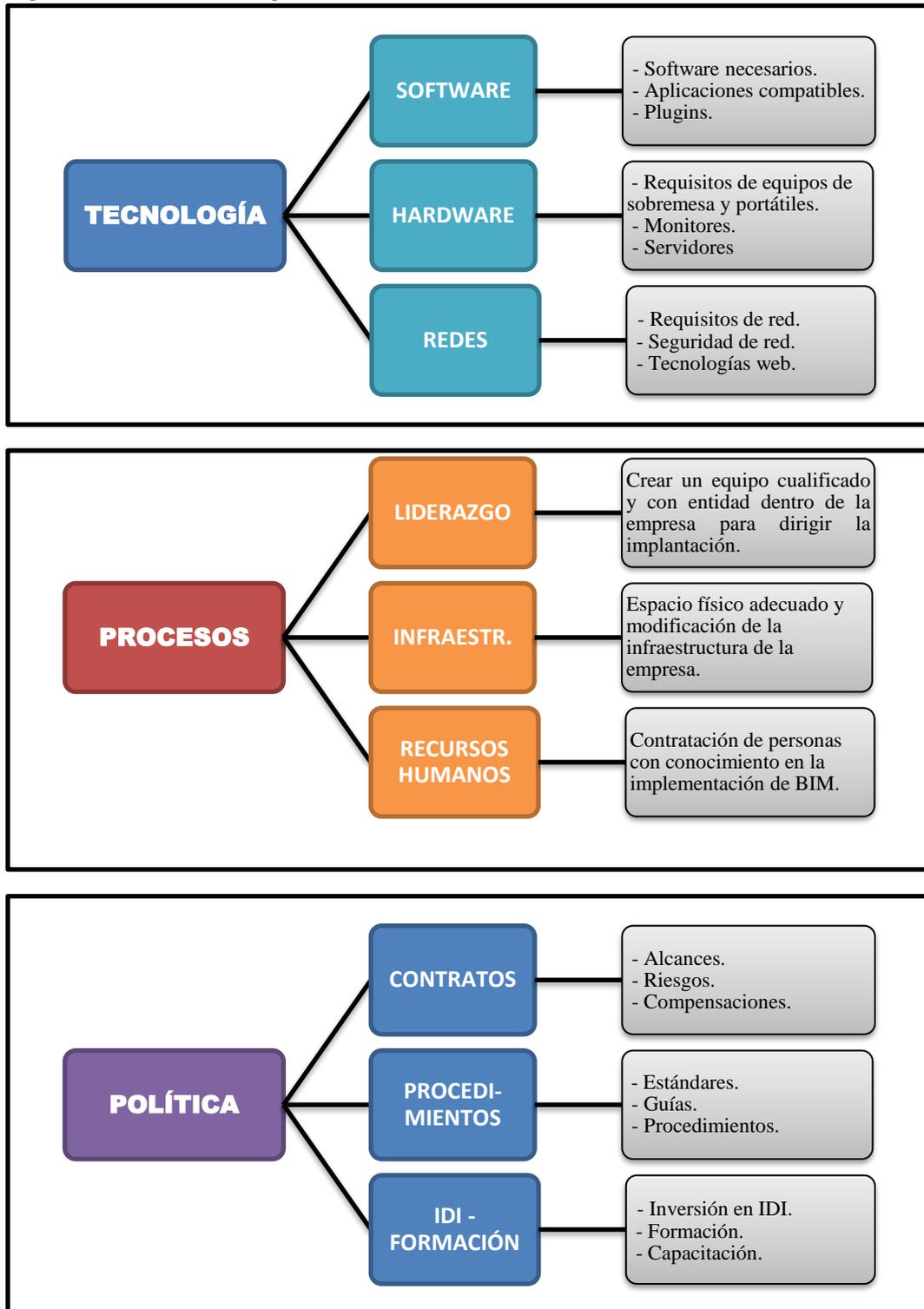
1. Cambio de mentalidad: El software no es el mayor coste de la implantación de la metodología, se debe seguir una política relacionada a las necesidades para cada perfil.
2. Plan empresarial para cambio de metodología de trabajo: Conlleva

a preguntar; ¿Qué necesita la empresa? ¿Cómo se trabaja actualmente? Se debe desarrollar una planificación de implantación.

3. Designar al BIM Manager Corporativo: Encargado de la implantación del BIM en la empresa, marcando los procesos necesarios.
4. Actualización de Estándares y Procedimientos: Guías que se amplían en base a la necesidad e importancia analizados según se desarrolla la implantación del BIM.
5. Redacción de un Plan BIM (BEP) de Empresa: Se elabora un documento que recojan todas las características que ha de cumplir el modelo de información para los proyectos “tipo” que hace la empresa.
6. Ejecución de Proyecto Piloto IDI: Empezar con un proyecto piloto pequeño, asumible y que disponga de un presupuesto más abierto.
7. Catálogo de elementos constructivos y bibliotecas: Generar información de familias y parámetros compartidos, creando una biblioteca BIM que sirva de pautas y saber cómo se ha respondido.
8. Estimar tiempos y costes, auditoria, conclusiones y toma de decisiones: Verificar si con la implantación de la metodología BIM se cumple las expectativas que previamente se crearon.

Figura 21.

Implantación del BIM en empresas.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. *Etapas del Proyecto de Construcción*

La gestión de un proyecto se divide en diferentes fases o etapas que conforman su ciclo de vida. Durante el desarrollo de cada fase, se deben crear un conjunto de documentos o entregables que permitan definir el alcance y logros de la fase, establecer la estrategia de las fases siguientes, establecer los plazos del proyecto, desarrollar el cronograma y estimar el costo de inversión para evaluar la viabilidad económica y rentabilidad del proyecto y someterlo a aprobación. (Saldías Silva, R. O. L., 2010).

De acuerdo a Lucrecia Real (2014), la correcta implantación del BIM permite simular y pre visualizar todos los aspectos del diseño en la construcción, en la gestión económica, en el seguimiento y control durante la ejecución, y permite anticiparse a problemas o imprevistos en las obras. Esto tiene como objetivo principal optimizar la eficiencia y la calidad de los proyectos y reducir los riesgos y costos durante el proceso de construcción. A continuación, se describen las etapas de un proyecto y cómo el BIM puede hacer más clara la intención del proyecto, lo que se traduce en mejoras en la toma de decisiones, garantizando la fidelidad y continuidad de los datos en todo el ciclo de vida:

Tabla 9.

Etapas de un proyecto aplicando la metodología BIM.

ETAPAS DEL PROYECTO	
Estudio de Alternativas/ Prefactibilidad	Todo proyecto comienza con ciertas condiciones existentes y enormes cantidades de datos en el caso de proyectos de infraestructura (nubes de puntos, LIDAR, Capas Gis, Batimetría, Curvas de nivel, etc.). Un enfoque con BIM puede mejorar de manera inmediata la precisión y velocidad del proceso de planificación y pre factibilidad, gracias a que permite unir diferentes tipos de datos de diversas fuentes en un solo modelo referencial. Estos modelos permiten sacar mediciones de área, volumen espacial y facilitan la comparación de las diferentes alternativas, permitiendo al comitente seleccionar la mejor solución para continuar en la siguiente etapa de diseño.

Anteproyecto/ Diseño Conceptual	Durante esta etapa se fijan los objetivos deseados por el cliente, se estudian qué tipo de tecnologías aplican, se define el marco de normas técnicas que regularán los diseños, los requerimientos de espacio y se establecen las especificaciones técnicas conceptuales. El objetivo principal de un anteproyecto es transmitir a través de un modelo y de la documentación, los sistemas para su futuro desarrollo en las siguientes etapas, junto con su cómputo, y métodos que se considerarán en la construcción, entregando una solución efectiva, sostenible y que permita que el proyecto tenga un ciclo de vida óptimo.
Proyecto Básico/ Ingeniería Básica	Se definirán dimensiones, materiales, requisitos espaciales y los impactos con otras disciplinas. El análisis y la coordinación de los modelos de los diferentes equipos debe comenzar en esta etapa. Los profesionales involucrados pueden introducir los datos y/o modificaciones que sean necesarias en el proyecto, sin importar el momento o el lugar en el que se encuentren. Estos cambios, a su vez, modificarán todos aquellos elementos a los que afecten de forma automática, y estarán disponibles en tiempo real para todos los usuarios. Esta idea de trabajo en grupo colaborativo supone un increíble ahorro de esfuerzo y tiempo para centrarse en aspectos de mayor importancia.
Proyecto Ejecutivo/ Ingeniería de Detalle	Se debe tener todos los elementos constructivos de todas las ingenierías, de la manera que se van a ejecutar, cumpliendo con los requisitos definidos del proyecto, pudiendo tomar mediciones e integrarlo con el resto de las soluciones de diseño para verificar las colisiones. El grado mínimo del tipo de emisión de la documentación deberá ser “Apto para Construcción”. Los entregables de la ingeniería de detalle deben ser suficientes para definir: los materiales para su cotización, los métodos constructivos, todos los aspectos geométricos necesarios para la fabricación, los requerimientos y sistemas que comprenden las instalaciones.
Licitación	La licitación de proyectos en nivel de proyecto básico, trae aparejada un incremento considerable del riesgo asumido. Adicionalmente, los costos son siempre bajos respecto a los potenciales sobrecostos por subdimensionamiento de las obras o reclamos del contratista. En esta etapa, los modelos BIM y toda la documentación generada a partir de ellos, permitirán realizar la planificación de la construcción y la preparación de las ofertas de licitación.
Construcción	La organización de los procesos de construcción se basará en los modelos BIM, ya que permitirán el estudio de los procedimientos de construcción y la coordinación del trabajo de todos los equipos involucrados en la obra, como también el estudio de la logística y seguridad. La programación y la planificación de las tareas es fundamental en el proceso constructivo. Se puede vincular una línea de tiempo a cada actividad asociada al modelo BIM, gracias a esto si el proyecto tiene diferentes alternativas de diseño se puede ir comprobando que opciones son más viables y cuales optimizan más el proceso.
Operación y mantenimiento	Mediante diferentes softwares, con interoperabilidad de datos, se puede localizar físicamente el lugar y características de cada equipo y conocer las operaciones de mantenimiento previstas ya que dispone de toda la información relevante en el modelo BIM, como son: modelos de equipos, series, códigos, garantías, catálogos, instrucciones con operación de mantenimiento y periodicidad, control histórico, etc. La suma de todas estas operaciones supone en la vida útil del edificio unas 4 veces el coste que tuvo en su día el proyecto y construcción.

Fuente: Elaboración propia.

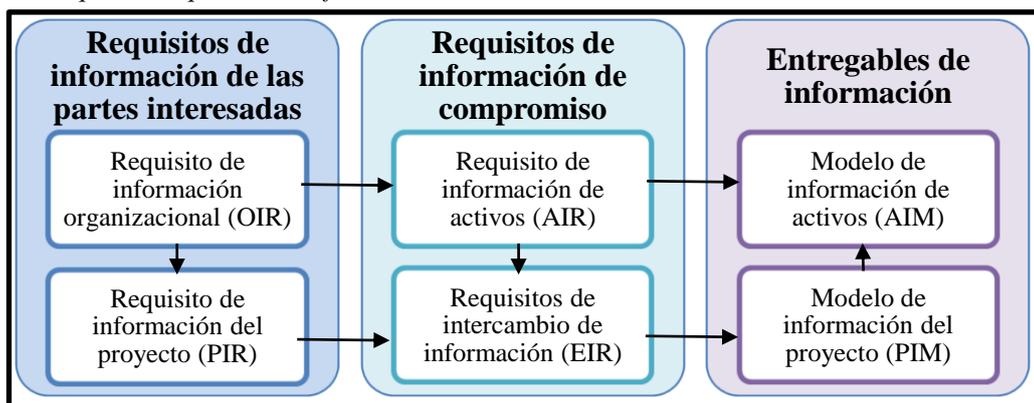
2.2.2.1. Planificación de proyectos BIM

Según Gonzalo Gómez (2009), dice que la planificación consiste sobre todo en pensar la forma de ejecutar la obra, analizar las alternativas y asignar los recursos. Los procesos de planificación y control tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción, siendo una de las principales causas de la baja productividad, de elevados sobrecostos y la baja calidad de los productos.

Un ingeniero planificador tiene dentro de sus tareas principales considerar una secuencia constructiva práctica, generar un cronograma, asignar correctamente los recursos y plasmar un buen espacio logístico. Se enfrentará con muchas limitantes para comprender la información de planos 2D, puesto que deberá visualizar los componentes mentalmente para luego enlazarlos a las diferentes actividades. Paralelamente a este método tradicional, la documentación entregada no contiene información acerca de las secuencias de las actividades, por tal motivo los ingenieros planificadores frecuentemente conceptualizan internamente nuevos arreglos en las instalaciones en el transcurso que el proyecto se va desarrollando (Eyzaguirre, R., 2015).

Figura 22.

Jerarquía de requisitos de información.



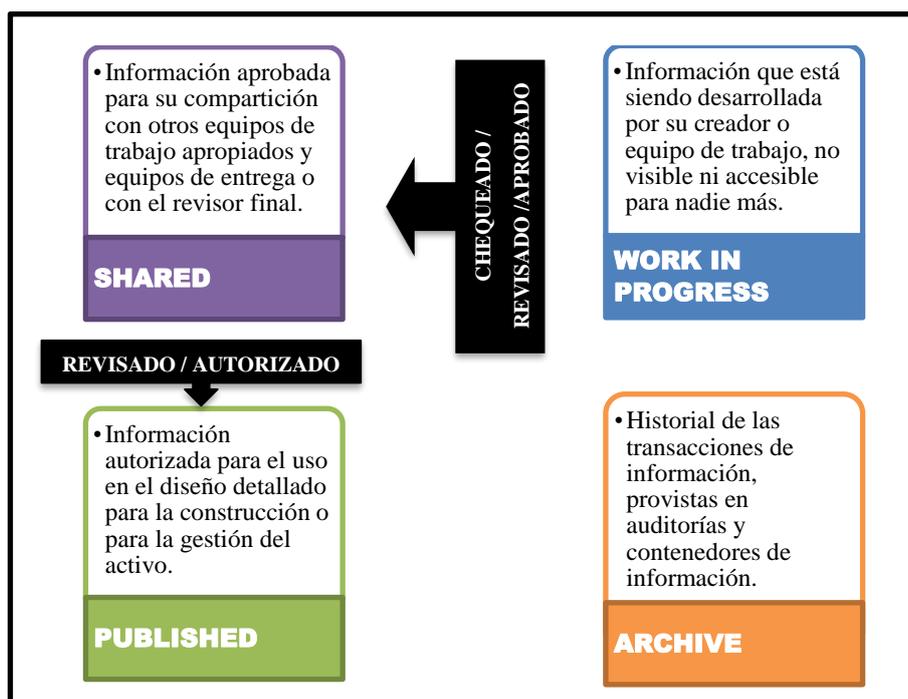
Fuente: ISO 19650 (2018). Organización y digitalización de información sobre edificaciones.

2.2.2.2. Trabajo Colaborativo en Proyectos BIM

La colaboración dentro de un proyecto BIM implica conocer muchas herramientas y técnicas para activar todas las opciones de trabajo compartido local y remoto; al utilizar el trabajo colaborativo se requiere planeamiento entre los participantes, tiempos y formas en que cada equipo de trabajo. En el caso de Autodesk Revit, las principales herramientas son los “Vínculos” y “Sub-Proyectos”. Y para un entorno común de datos (CDE) se presentan aplicaciones como el BIM 360, Trimble Connect y BIM Server Center.

Figura 23.

Concepto del Entorno Común de Datos (CDE).



Fuente: ISO 19650 (2018). Herramientas de Colaboración.

2.2.2.2.1. Integración BIM 4D y Lean Construction

La correcta implementación del BIM permite simular y previsualizar todos los aspectos del diseño en la construcción, en la gestión económica, en el seguimiento y control durante la ejecución, y permite anticiparse a la aparición de

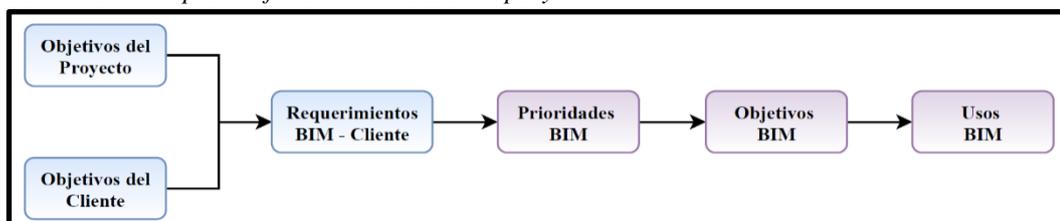
problemas e imprevistos en las obras. Esto se hace con el objetivo principal de optimizar la eficiencia y calidad de los proyectos y reducir los riesgos y costos durante el proceso de construcción. El uso de modelos BIM-4D facilita la visualización de secuencias constructivas y logística, y ayuda a verificar las secuencias de trabajo antes de su ejecución en obra y a reconocer áreas con potenciales riesgos en la seguridad. Además, la herramienta Look Ahead, que se utiliza para desarrollar una programación intermedia proyectándose por lo general tres o cuatro semanas hacia el futuro con el fin de reducir la variabilidad inherente en el cronograma maestro, puede ser utilizada con mayor detalle y confiabilidad en la programación de la obra gracias a las herramientas BIM-4D. (Eyzaguirre, R., 2015).

2.2.3. Plan de Ejecución BIM (BEP)

El Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan) demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la Metodología BIM. Es un documento vivo donde se establecen métodos estandarizados, procedimiento, flujos que permitan el trabajo colaborativo y que cumplan con los objetivos y requerimientos del proyecto (BIM Project Execution Planning Guide, 2019).

Figura 24.

Procedimientos para definir los usos BIM del proyecto.



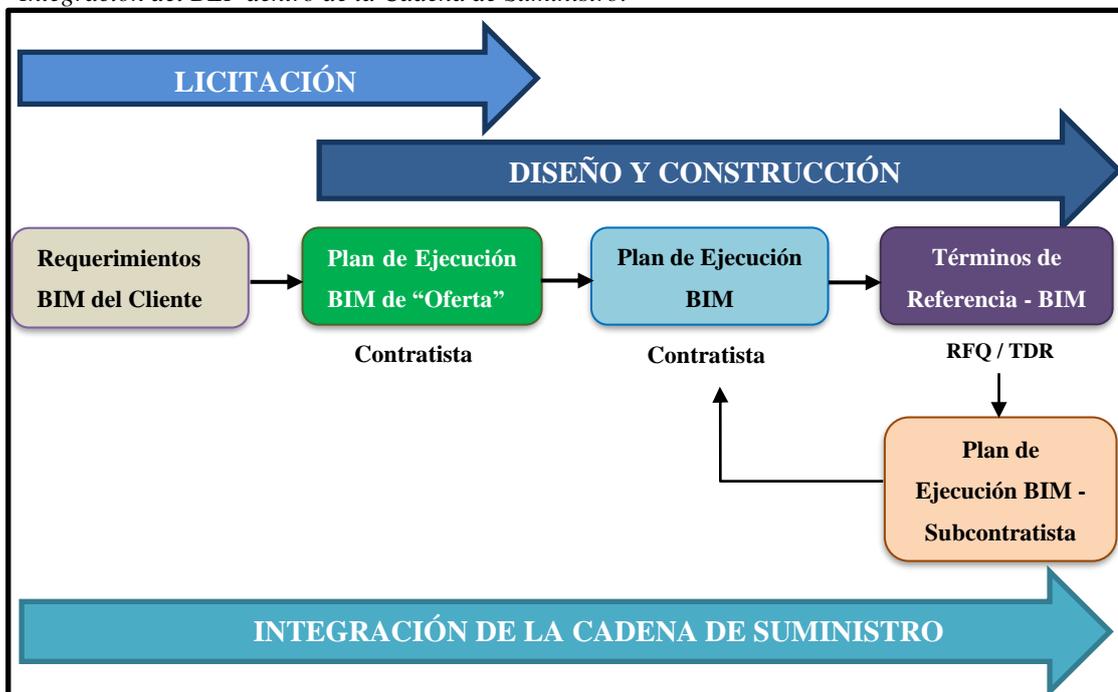
Fuente: Elaboración propia.

En la etapa de licitación al existir requerimientos BIM por parte del cliente, el contratista debe presentar un Plan de Ejecución BIM de “Oferta” que responda a estos requerimientos planteados. Una vez obtenido el proyecto, en la etapa de diseño y construcción, se actualiza y especifica con mayor grado de detalle el Plan de Ejecución BIM para que se convierta en un documento contractual anexo a

los contratos. Al subcontratar actividades con proveedores especializados o subcontratistas se ejecutarán los trabajos en un entorno BIM dentro de los Términos de Referencia (TDR), buscando delimitar los requerimientos vinculados a BIM y la utilización que se espera de éste por parte del Contratista. Finalmente, el Subcontratista elabora su propio Plan de Ejecución BIM de la actividad solicitada que se anexará al BEP General del Contratista, formando parte del proceso clave en la integración de la cadena de suministro como flujo de trabajo.

Figura 25.

Integración del BEP dentro de la Cadena de Suministro.



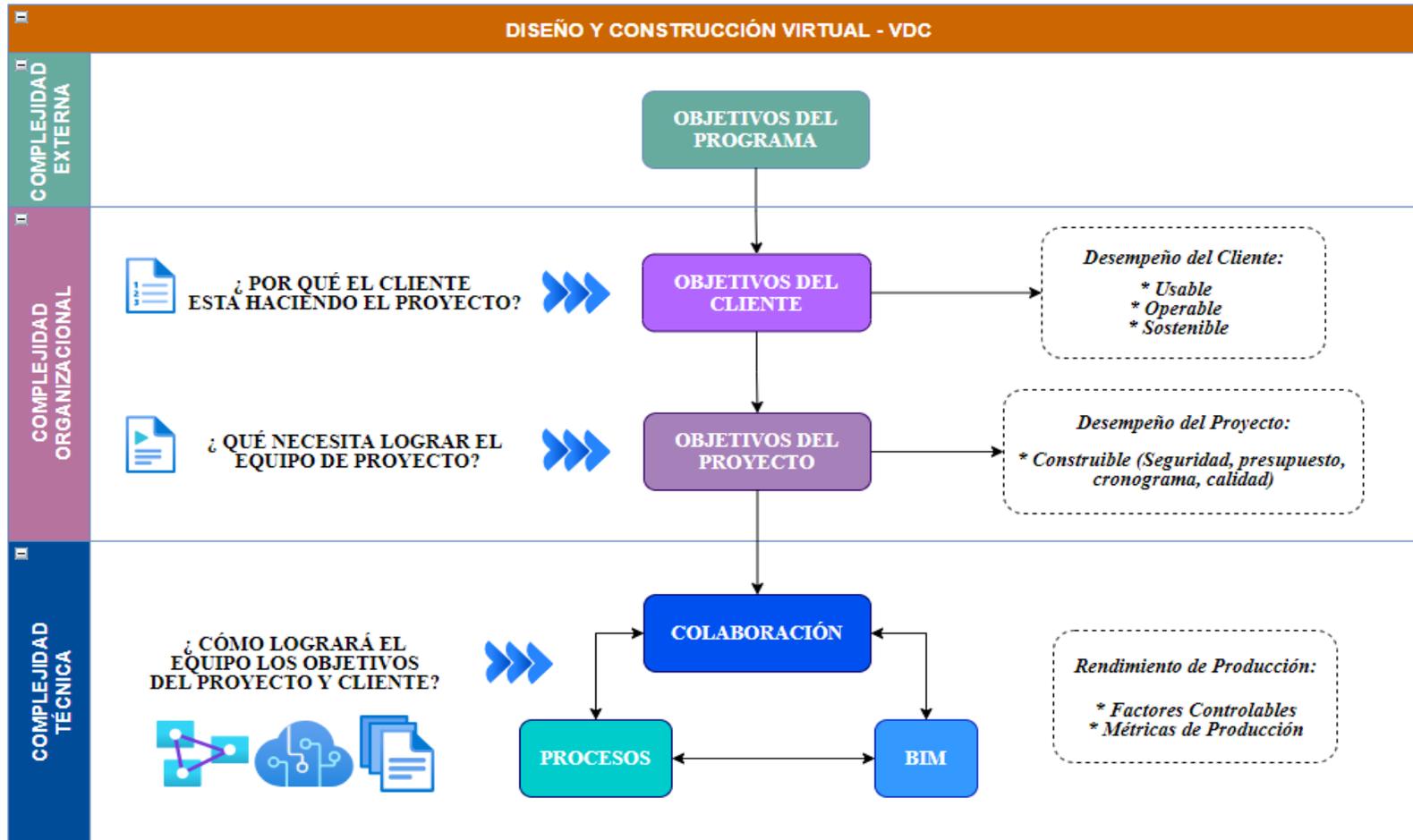
Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Diseño y Construcción Virtual “VDC”

Es la metodología desarrollada en la universidad de Standford, promueve la integración y colaboración de equipos multidisciplinarios desde el principio del proyecto, utilizando herramientas digitales de modelado como BIM, sesiones de ingeniería concurrente integrada, conceptos de construcción eficiente y métricas para evaluar el rendimiento del proyecto. Esto tiene como objetivo cumplir con los objetivos del proyecto de manera más efectiva. (Corrales, J., & Saravia, R., 2020).

Figura 26.

Estructura Metodológica para el Diseño y Construcción Virtual "VDC".



2.2.5. Programa Nacional de Infraestructura Educativa

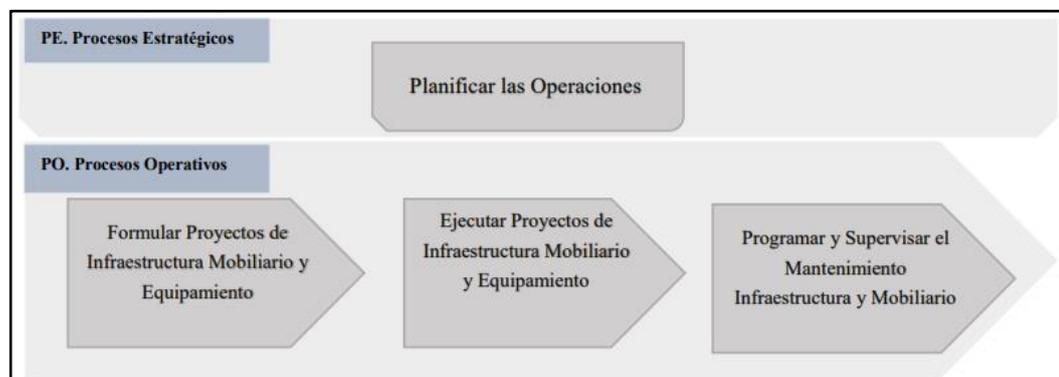
El Programa Nacional de Infraestructura Educativa es una iniciativa del Ministerio de Educación que busca mejorar y ampliar la infraestructura educativa del país. Esto incluye la construcción, mejora, sustitución y rehabilitación de edificios escolares, así como su mantenimiento y equipamiento cuando sea necesario. El programa se enfoca en la educación básica y superior pedagógica, tecnológica y técnico-productiva.

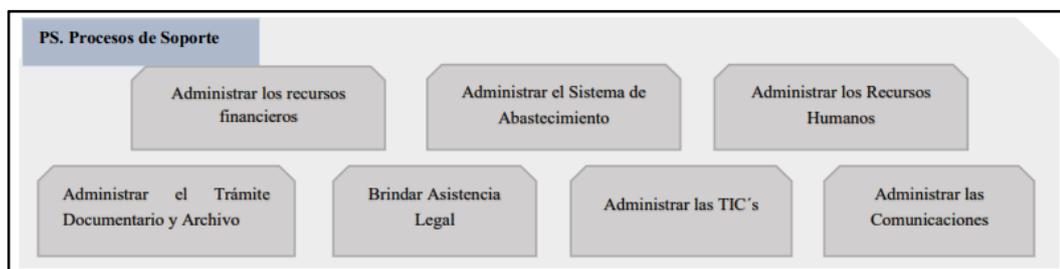
2.2.5.1. Proceso de Bloques PRONIED

El Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PRONIED) es una iniciativa del Ministerio de Educación del Perú, cuyo objetivo es mejorar y ampliar la infraestructura educativa en el país, tanto en la educación básica como en la educación superior, y también incluye el mantenimiento y equipamiento de estos edificios. Fue creado en 2014 mediante el Decreto Supremo N°004-2014-MINEDU y cuenta con un manual de operaciones aprobado por Resolución Ministerial N°267-2014-MINEDU. Está diseñado para ser implementado de manera coordinada y concertada con los diferentes niveles de gobierno y de acuerdo con las políticas sectoriales de educación en materia de infraestructura.

Figura 27.

Mapeo de Procesos – PRONIED.





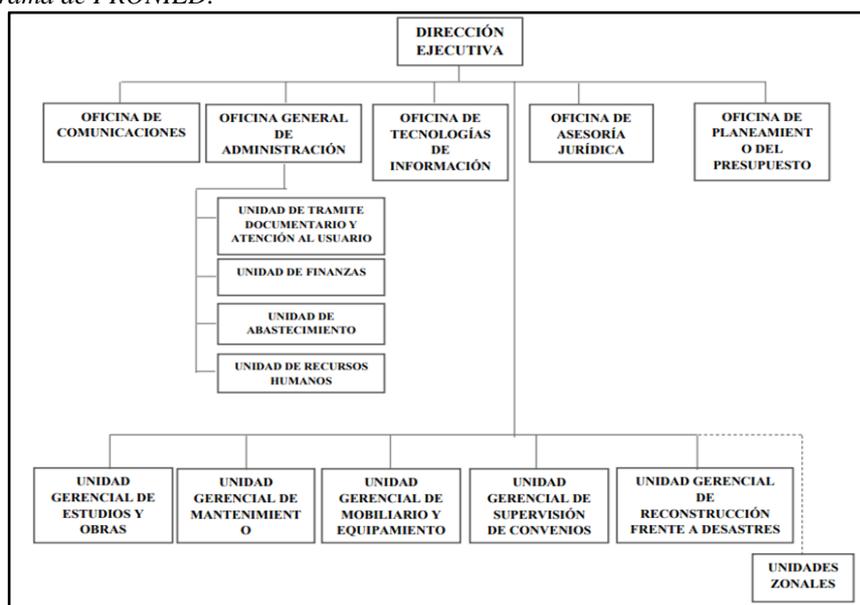
Fuente: Website PRONIED/ RM N°034-2016.

El Manual de Operaciones del PRONIED sufrió algunas modificaciones relevantes, las cuales fueron aprobadas mediante la Resolución Ministerial N°034-2016. Este nuevo manual incluye una descripción detallada de los procesos en su contenido.

Después de la creación del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (INVIERTE.PE) y la aprobación de la Ley N°30556, se realizaron cambios importantes en el Manual de Operaciones, que fueron aprobados mediante la Resolución Ministerial N°341-2017. Esto incluyó una actualización en la estructura orgánica.

Figura 28.

Organigrama de PRONIED.



Fuente: Website PRONIED/ RM N°341-2017.

2.2.5.2. *Elaboración del Expediente Técnico - PRONIED*

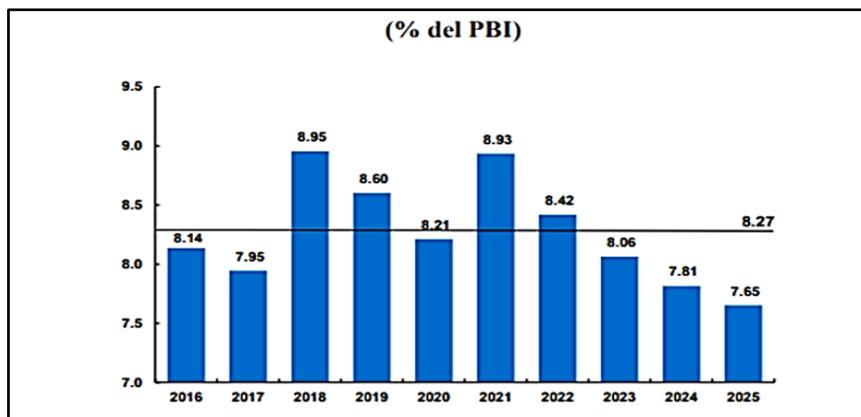
En 2016, se aprobó el manual de operaciones del PRONIED mediante la Resolución Ministerial N°034-2016-MINEDU. En 2017, se realizó una actualización del manual con la Resolución Ministerial N°341-217-MINEDU, en la que se estableció la Unidad Gerencial de Estudios y Obras (UGEO) dentro de la Estructura Orgánica. La UGEO es responsable de formular, evaluar y ejecutar proyectos de inversión y intervenciones en todos los niveles y modalidades de educación básica y educación superior pedagógica, tecnológica y técnico-productiva priorizados por el MINEDU. La Resolución Ministerial también describe las funciones que realiza la UGEO.

2.2.6. *Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE)*

El Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) fue aprobado en 2017 por Resolución Ministerial N°153-2017-MINEDU para servir como una herramienta central para la planificación de infraestructura educativa en Perú hasta 2025. Su objetivo es mejorar la calidad, capacidad, gestión y sostenibilidad de la infraestructura educativa pública para lograr una educación de calidad para todos. Según la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), el cierre de la brecha de infraestructura para el período 2016-2025 requeriría una inversión promedio anual del 8.27% del PBI, o aproximadamente US\$15,955 millones anuales. En el contexto de mediano plazo (2016-2020), la inversión requerida como porcentaje del PBI promedio anual es del 8.37%, mientras que en el largo plazo (2021-2025) es del 8.17%.

Figura 29.

Costo de cierre de brecha de Infraestructura para el período 2016-2025.



Fuente: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), 2015.

En 2015, la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN) estimó que para el año 2025 se requeriría una inversión de aproximadamente USD 4,568 millones para reducir la brecha de infraestructura educativa en el Perú. Este cálculo sólo toma en cuenta el aumento de la cobertura y no incluye el reacondicionamiento funcional de las escuelas ni la rehabilitación o refuerzo sismorresistente. AFIN también recomendó un plan de inversiones anuales para cerrar esta brecha hasta el año 2020.

Figura 30.

Plan de Inversiones Anuales en Educación a mediano plazo.

2016	2017	2018	2019	2020
12 colegios de alto rendimiento : US\$ 328 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones	256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones
256 proyectos en paquetes de obras por impuestos : US\$ 81.8 millones				
Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones	Rehabilitación de colegios en riesgo : US\$ 37.5 millones
Instituto superior tecnológico : US\$ 2.5 millones				
US\$ 449 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones	US\$ 122 millones
Total 2016 – 2020: US\$ 937 millones				

Fuente: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), 2015.

2.2.7. Normas Nacionales Aplicables en Proyectos de Edificación Educativa

La normativa técnica en el Perú determina parámetros mínimos, derechos y responsabilidades para los actores involucrados en la conceptualización, diseño y construcción de edificaciones, con la finalidad de garantizar la calidad de las mismas.

2.2.7.1. Reglamento Nacional de Edificaciones

2.2.7.1.1. Norma A.040 – Educación

Resolución Ministerial N° 068-2020-VIVIENDA - Modifican la Norma Técnica A.040 “Educación”. Esta norma establece las características y requisitos que deben tener los edificios de uso educativo para lograr las condiciones de seguridad, habitabilidad y salubridad.

2.2.7.1.2. Norma A.120 - Accesibilidad Universal en Edificaciones

Esta norma técnica establece las condiciones y especificaciones técnicas mínimas de diseño de los edificios, para que sean accesibles a todas las personas, independientemente de sus características o capacidades funcionales, garantizando el derecho a la accesibilidad según el principio de diseño universal.

2.2.7.1.3. Reglamento de Edificaciones para Uso de las Universidades.

Complementa las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones con el propósito de lograr las condiciones de habitabilidad y de seguridad adecuadas para las edificaciones de las Universidades.

2.2.7.2. Normativa Técnica de Infraestructura Educativa (2017)

Este documento establece las herramientas técnicas y/o criterios generales para el diseño de la infraestructura educativa, aplicables a todas las etapas, niveles, modalidades, niveles y/o modelos de servicio educativos, en busca de la mejora de la calidad y la satisfacción del servicio educativo, para establecer un marco normativo general que sirva de base para el desarrollo de sus respectivas normas técnicas específicas

2.2.7.3. Norma Técnica Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa

A través de esta norma técnica se establece disposiciones generales para uniformizar conceptos y establecer principios y criterios de análisis, diagnóstico e identificación para todo el proceso de diseño de la infraestructura educativa.

2.2.8. Herramientas para la Gestión de Proyectos

- Planificación/programación: las herramientas de gestión de proyectos te permiten planificar y delegar el trabajo en un solo lugar con tareas, subtareas, carpetas, plantillas, flujos de trabajo y calendarios.
- Colaboración: el correo electrónico ya no es la única forma de comunicación. Utiliza las herramientas de gestión de proyectos para asignar tareas, añadir comentarios, organizar paneles de control y para revisiones y aprobaciones.
- Documentación: evita la pérdida de archivos con las funciones de gestión de archivos: edición, control de versiones y almacenamiento de todos los archivos.
- Evaluación: realiza un seguimiento y evalúa la productividad y el crecimiento a través de la gestión de recursos e informes

2.2.8.1. Productividad

El autor Van Der (2005) argumenta que la productividad es una de las más valiosas actividades de una empresa y es fundamentalmente el resultado del capital humano, es decir, el trabajo y los conocimientos de los empleados. Esto puede llevar a la innovación continua, mejora de la calidad del trabajo y de los productos y servicios, lo que a su vez aumenta la productividad de la organización. Los empleados deben ser considerados como un activo y no como un costo y la gerencia y la empresa deben cambiar su actitud hacia ellos para mejorar su productividad.

Según Cantú, Mereano, Gallina y García (2009); la productividad es considerada como el acto más valioso en una empresa porque representa la habilidad de los trabajadores para utilizar sus conocimientos y experiencias para promover el cambio, la innovación y la mejora de la calidad de productos y servicios. Esto contribuye al crecimiento y éxito de la organización. Además, se debe considerar a los trabajadores como un activo, no como un costo, y trabajar en la mejora de su productividad.

En consecuencia, para mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, es necesario implementar técnicas que vayan direccionadas a la optimización de los procesos, de tal forma que pueda hacerse un análisis detallado de cada uno a fin de incrementar la producción de los mismos y reducir los recursos utilizados.

2.2.8.2. Programación Maestra

Consiste en plantear los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos. Aquí se trabaja a nivel de grupos de actividades (fases) y planificar el calendario para todo el proyecto. Esta planificación puede ser modificada y ajustada en función del progreso del proyecto (comienzos, secuencias, duraciones, etc.). En la siguiente figura se esquematiza la programación del casco.

Figura 31.*Esquema de Planificación Maestra.*

ACTIVIDAD	MESES								
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	
Obras Provisionales	●								
Movimiento de Tierras			● S2						
Calzaduras			● S2						
Cimentación			● S2						
Muro de Contención			● S2	● S1					
Columnas y Placas			● S2	● S1	● 1P	● 2P	● 3P	● 4P	● 5P
Vigas y Losa			● S2	● S1	● 1P	● 2P	● 3P	● 4P	● 5P
Tabiquería					● 1P	● S2	● 2P	● 3P	● 4P
Tarrajeos						● S1	● 1P	● 2P	● 3P
Pisos					● S2		● 1P	● 2P	● 3P

2.2.8.3. Programación Semanal

Este es un plan tentativo que indica las tareas que se llevarán a cabo durante la semana. Se espera que no haya obstáculos para llevar a cabo todas las actividades listadas. Al programar la semana, se debe tener en cuenta la planificación de las próximas cuatro semanas.

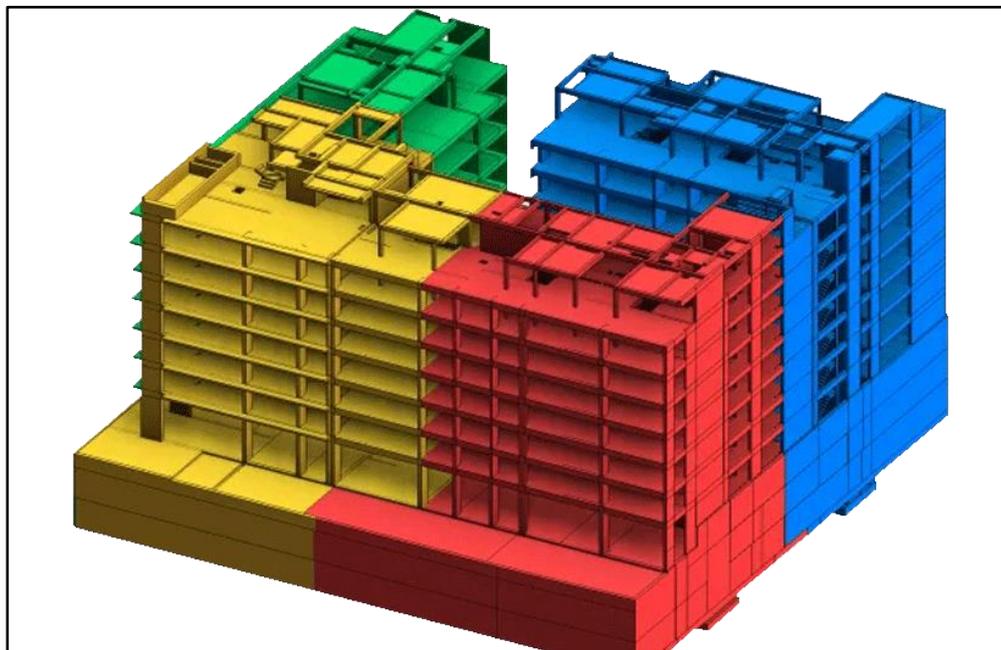
Para determinar qué tareas y asignaciones serán incluidas en la programación semanal, se deben seleccionar aquellas que cumplan con los requisitos de prioridad, secuencia y disponibilidad de recursos. En la siguiente figura se muestra un formato típico de una programación semanal, la cual entrega actividades liberadas luego de la aplicación de un análisis de restricciones.

Figura 32.*Esquema de Programación Semanal y Análisis de Restricciones*

ACTIVIDAD	Semana 11-03							Und	Metrado	RESTRICCIONES						Liberado	
	1	2	3	4	5	6	7			Informac	Actividad Presedente	Espacio	Mano de Obra	Material	Equipos		Condiciones Extermas
Columnas y Placas																	
Fierro								Kg	4000	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Sí
Encofrado								m2	250	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Sí
Concreto			● Sótano 1					m3	23	OK	OK	OK	OK	falta agregados	OK	OK	No
Losas, Vigas y Escalera																	
Fierro								Kg	2900	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Sí
Encofrado								m2	255	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Sí
Ladrillo								und	2900	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Sí
Concreto					● Sótano 1			m3	70	OK	OK	OK	OK	falta agregados	OK	OK	No

Figura 34.

Aplicación de la Sectorización en un modelo BIM



2.2.8.5. *Trenes de Trabajo*

Es un sistema balanceado de producción constante, es aplicado a proyectos donde la variabilidad es reducida y físicamente el trabajo es reducible a partes iguales. Ayuda a optimizar las actividades repetitivas y secuenciales, tales como edificación, montaje, tendido de tuberías, etc. Cada cuadrilla deberá acabar la tarea de un sector en 1 día. El siguiente día pasarán a realizar la misma cantidad de la misma tarea en el siguiente sector. La siguiente tarea será realizada por una nueva cuadrilla el segundo día en el primer sector, y así sucesivamente; hasta culminar todas las tareas en cuantos sectores se haya dividido. Aplicando sectorización y los trenes de trabajo, se aumenta la productividad de la cuadrilla. La cuadrilla realiza una misma tarea durante toda la obra, llega a perfeccionarse (se mejora la curva de aprendizaje).

2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

2.3.1. Infraestructura educativa

La infraestructura es el conjunto de estructuras de arquitectura, ingeniería e instalaciones, con larga vida útil, constituyendo la base sobre la cual se realiza la prestación de servicios necesarios para el desarrollo de fines sociales, políticos, productivos y personales (Cadavid, J., Caro, D., 2012).

La educación superior está compuesta por tres niveles de formación, que corresponden al técnico, tecnológico y profesional. Los programas académicos para estos tres niveles son ofrecidos por instituciones técnicas profesionales, instituciones universitarias o escuelas tecnológicas y universidades. En general, las modalidades de enseñanza ofrecidas son de tipo presencial, aunque algunas instituciones también ofrecen programas en la modalidad de educación a distancia (Melo, L., Ramos, J., & Hernández, P., 2017).

2.3.2. Metodología BIM

BIM es el uso de una representación digital compartida de un activo para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación formando una base de datos confiable en la toma de decisiones (Estándar Internacional ISO 19650, 2018).

Es el conjunto de procesos colaborativos que utilizan diferentes herramientas digitales para gestionar la infraestructura o los activos de la construcción en todo su ciclo de vida. Permite desarrollar una representación gráfica, que incluye información no gráfica, como estado de avance, cuantificaciones, especificaciones técnicas, entre otras variables, siendo un recurso de gran valor para la toma oportuna de decisiones.

2.3.3. *Plan de Ejecución BIM*

El Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan) demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la Metodología BIM. Es un documento vivo donde se establecen métodos estandarizados, procedimiento, flujos que permitan el trabajo colaborativo y que cumplan con los objetivos y requerimientos del proyecto (BIM Project Execution Planning Guide, 2019).

2.3.4. *Planificación*

Según Gonzalo Gómez (2009), dice que la planificación consiste sobre todo en pensar la forma de ejecutar la obra, analizar las alternativas y asignar los recursos. Los procesos de planificación y control tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción, siendo una de las principales causas de la baja productividad, de elevados sobrecostos y la baja calidad de los productos.

2.3.5. *Términos y definiciones*

Tabla 10.

Términos y definiciones sobre BIM - ISO 19650.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES		
ACTIVOS Y PROYECTOS	Actor	Persona, organización o unidad organizativa involucrada en un proceso de construcción.
	Cita	Reunión acordada para el suministro de información.
	Reunión designada	Proveedor de información sobre obras, bienes o servicios.
	Reunión de designación	Receptor de información sobre obras, bienes o servicios de una parte designada principal.
	Cliente	Actor responsable de iniciar un proyecto y aprobar los escritos de constitución.
	Equipo de entrega	Parte designada principal y sus partes designadas.

	Equipo de tareas	Individuos reunidos para realizar una tarea específica.
	Activo	Elemento, cosa o entidad que tiene un valor potencial o real para una organización.
	Información del proyecto	Información producida o utilizada en un proyecto en específico.
	Ciclo de vida	Vida del activo, desde la definición de sus requisitos hasta la finalización de su uso, que abarca su concepción, desarrollo, operación, mantenimiento y disposición.
	Fase de entrega	Parte del ciclo de vida durante el cual se diseña, construye y comisiona un activo.
	Fase operativa	Parte del ciclo de vida durante el cual se utiliza, opera y mantiene un activo.
	Suceso inopinado	Evento planificado o no planificado que cambia un activo.
	Requisito de información	Especificación de qué, cuándo, cómo y para quién se debe producir la información.
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	Requisito de información organizacional (OIR)	Requisitos de información en relación con los objetivos organizacionales.
	Requisito de información de activos (AIR)	Requisitos de información en relación con la operación de un activo.
	Req. de inf. del proyecto (PIR)	Requisitos de información en relación con la entrega de un activo.
	Requisito de intercambio de información (EIR)	Requisitos de información en relación a los requerimientos del cliente.
	Intercambio de información	Acto de satisfacer un requisito de información o parte de él.
	Modelo de información	Conjunto de contenedores de información estructurados y no estructurados.
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	Modelo de información de activos (AIM)	Modelo de información relacionado con la fase operativa.

Modelo de inf. del proyecto (PIM)	Modelo de información relacionado con la fase de entrega.
Federación	Creación de un modelo de información compuesto.
Contenedor de información	Conjunto de información persistente con nombre recuperable desde un archivo, sistema o almacenamiento de aplicaciones y con jerarquía.
Código de estado	Metadatos que describen la idoneidad del contenido de un contenedor de información.
Entorno común de datos (CDE)	Fuente de información acordada para cualquier proyecto o activo, para recopilar, gestionar y difundir cada contenedor de información a través de un proceso gestionado.

Fuente: ISO 19650 (2018). Camino a la Estandarización de Empresas.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. *Hipótesis General*

El desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC mejora la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna, 2022.

3.1.2. *Hipótesis Secundarias*

- a) El desarrollo de un diagnóstico situacional permitirá identificar el grado de implementación de la metodología BIM-VDC en una infraestructura educativa.
- b) El análisis de los estándares y flujos de trabajo más convenientes podrán mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa.
- c) El diseño y aplicación de un plan de ejecución BIM (BEP) mejorará el planeamiento previo a la etapa de ejecución de una infraestructura educativa.
- d) La automatización de procesos repetitivos a través de la programación permitirá desarrollar el modelado BIM de una infraestructura educativa de manera más eficiente durante la etapa de diseño y ejecución.
- e) La validación de la metodología BIM-VDC mediante la implementación de procesos en el diseño y planificación mejorará la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Identificación de la variable

a) Identificación de la variable independiente

(X) = Desarrollo de procesos en diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC.

b) Identificación de la variable dependiente

(Y) = Mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.

3.2.2. Indicadores

Tabla 11.

Dimensiones e indicadores de las variables.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independiente: METODOLOGÍA BIM- VDC	Interoperabilidad BIM	Transferencia de la información del modelo
	Revit	Modelado virtual
	Arquimedes	Presupuesto
	MsProject	Programación
	Navisworks	Planificación
Variable dependiente: GESTIÓN DE PROYECTOS	Diseño BIM del proyecto	Cuantificación de materiales
		Planos de detalle
		Automatización
	Planificación del modelo BIM	Interferencias entre especialidades
		Simulación 4D
		Sectorización

Fuente: Elaboración propia.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es aplicativo, orientado a la tecnología e innovación, el cual implica realizar un diagnóstico y proponer una solución a la problemática expuesta.

El ámbito que abarca la presente investigación está comprendido por proyectos de infraestructura educativa en la Región Tacna. El tiempo del análisis es el año 2020.

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación por su finalidad es del tipo aplicada, soluciona problemas prácticos en la búsqueda de nuevos conocimientos para ser aplicados en el sector de la construcción. Esta investigación tiene como fin aplicar la metodología BIM para mejorar la etapa de diseño y planificación en una infraestructura educativa de la región Tacna.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue experimental ya que se usó conocimientos científicos como es la programación escrita con C-Sharp y programación visual con Dynamo, para la creación de complementos o Add-ins que permitieron automatizar procesos BIM/VDC para el sector de la construcción.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

Para la presente investigación se consideran como población a los arquitectos e ingenieros que se desempeñan como proyectistas en infraestructuras de educación y especialistas en la implementación de la metodología BIM-VDC del Perú y Latinoamérica, siendo un total de 50 personas.

Para la muestra del estudio, dado que el total de la población es un número manejable para encuestar, se aplicó un censo, por lo tanto, los 50 especialistas fueron considerados en el análisis.

3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

3.7.1. Técnicas

En la investigación se recopiló información sobre la aplicación de la metodología BIM y procesos de gestión en la construcción, para ello se utilizaron las siguientes técnicas:

- a) La indagación: Estructurada, e individual utilizando como herramienta los programas computacionales Revit, Dynamo, Visual Studio.
- b) Revisión de documentación: Búsqueda de información sobre la implementación de la metodología BIM en diversos proyectos.
- c) Entrevistas: La realización de entrevistas a los diferentes profesionales que vienen desarrollando la metodología BIM dentro del sector de la construcción a nivel nacional.

3.7.2. Instrumentos

En la investigación se recopiló información sobre la aplicación de la metodología BIM y procesos de gestión en la construcción, para ello se utilizaron las siguientes técnicas:

- a) A través de la aplicación de entrevistas a expertos, profesionales involucrados en la metodología BIM y la construcción 4.0.
- b) Desarrollando la aplicación de herramientas tecnológicas mediante procesos de mejora para la industria de la construcción.
- c) Aprendizaje de los programas computacionales a través de cursos especializados dictado por profesionales en la metodología BIM.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

La recolección de datos se dará de proyectos que se han ejecutado con la metodología BIM a nivel nacional e internacional, que luego se constituirán para el

desarrollo de procesos.

La información recopilada permitirá contrastar y validar la hipótesis planteada, con un análisis concluyente que lo sustente, permitiendo formula propuestas que amplíen la investigación sobre el área de estudio.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

Los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a los profesionales que forman parte del sector de la construcción, se estructuraron secuencialmente mediante gráficos y tablas detallando las frecuencias porcentuales; de igual forma se ha realizado el análisis e interpretación en función a los objetivos del presente estudio.

De tal forma, el procesamiento y análisis de datos se desarrolló mediante el uso del programa estadístico SPSS.

4.1.1. Estudio estadístico sobre datos generales del encuestado

- Análisis de resumen de la información estadística procesada.

4.1.2. Estudio estadístico sobre el conocimiento de la problemática

- Análisis de resumen de la información estadística procesada.

4.1.3. Estudio estadístico sobre la percepción de la solución propuesta

- Análisis de resumen de la información estadística procesada.

4.1.4. Síntesis de los resultados producto del proceso

- a) Formulación de la interrogante
- b) Representación de la tabla con porcentaje y frecuencia de respuestas
- c) Representación gráfica de porcentajes alcanzados
- d) Estudio e interpretación de resultados

4.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA LA ENCUESTA

4.2.1. Análisis de la información sobre datos generales

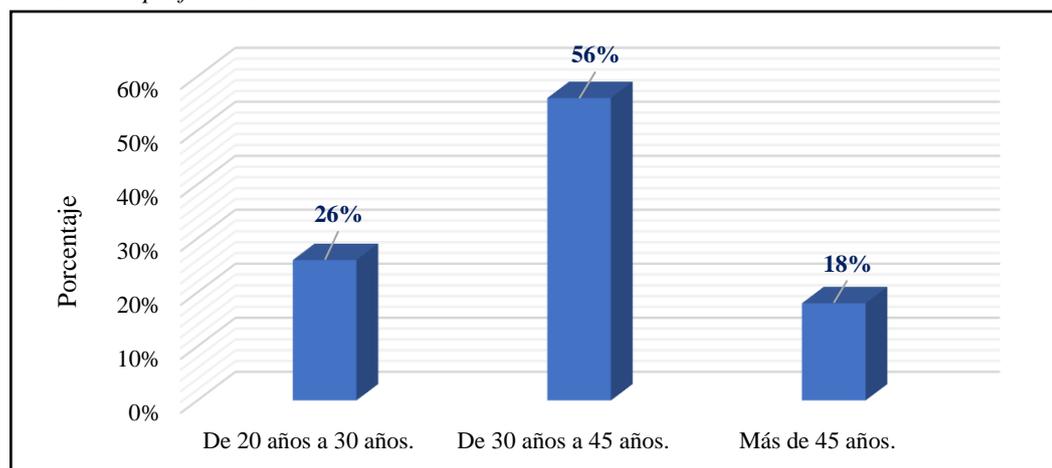
Tabla 12.

Edad de los profesionales.

Edades	F.A.	(%)
De 20 años a 30 años.	13	26%
De 30 años a 45 años.	28	56%
Más de 45 años.	9	18%
Total	50	100%

Figura 35.

Edad de los profesionales.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a las edades, el 26% se encuentra entre 20 a 30 años, el 56% se ubica entre las edades de 30 a 45 años y el 18% mayores a los 45 años.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, una pequeña parte son jóvenes, se deduce que su experiencia en la construcción es limitada, sin embargo, son la mayor cantidad de profesionales que se encuentran inmersos en el desarrollo de la metodología BIM. Por otro lado, hay un mayor grupo de profesionales que presentan más de 30 años de edad, reflejando experiencia y conocimientos ya sea

bajo la metodología BIM, así como en los sistemas tradicionales para el desarrollo de proyectos de construcción.

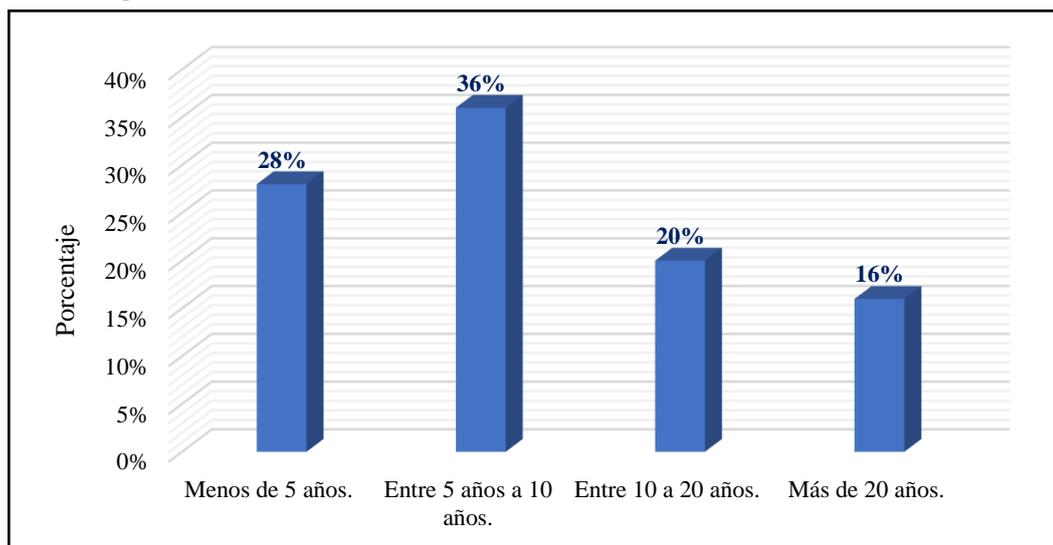
Tabla 13.

Años de experiencia en la construcción.

Años de experiencia en la construcción	F.A.	(%)
Menos de 5 años.	14	28%
Entre 5 años a 10 años.	18	36%
Entre 10 a 20 años.	10	20%
Más de 20 años.	8	16%
Total	50	100%

Figura 36.

Años de experiencia en la construcción.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a los años de experiencia en la construcción, el 28% comprende menos de 5 años, el 36% se ubica entre 5 a 10 años, el 20% está entre los 10 a 20 años y el 16% mayores a los 20 años.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales comprenden en una pequeña parte por jóvenes que se encuentra trabajando bajo el enfoque de la metodología BIM y también por asistentes técnicos que no emplean

ninguna metodología de trabajo. Por otro lado, hay un mayor grupo de profesionales que se encuentran dirigiendo con experiencia el desarrollo de proyectos BIM, así como también bajo sistemas tradicionales de construcción.

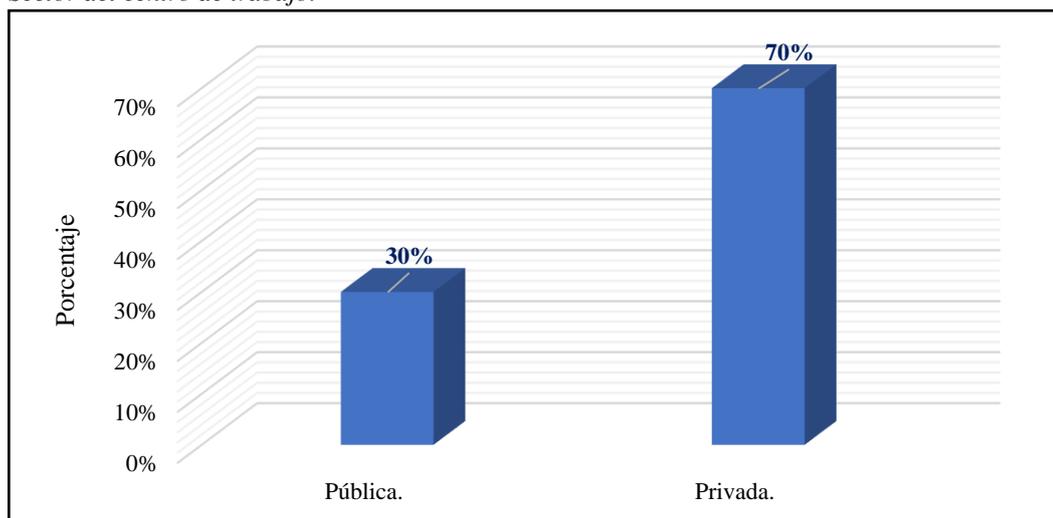
Tabla 14.

Sector del centro de trabajo.

Sector del centro de trabajo	F.A.	(%)
Pública.	15	30%
Privada.	35	70%
Total	50	100%

Figura 37.

Sector del centro de trabajo.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al sector de su centro de trabajo, el 70% se sitúa en el sector privado, frente a un 30% que labora en el sector público.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, la mayor parte de los profesionales labora en la entidad privada y vienen desarrollando proyectos e implementando la metodología BIM en el país, sin embargo, hay casos donde no emplean ninguna metodología de trabajo. Por otro lado, tenemos encuestados que

trabajan en el sector público y que desarrollan la mayoría de sus proyectos con un nivel escaso de metodologías o con sistemas tradicionales para la construcción.

4.2.2. Análisis de la información sobre conocimiento de la problemática

Pregunta N°01: Según su experiencia, marque las principales causas de los problemas que ocurren en etapa de construcción de un proyecto. (Máx. 3 respuestas por encuestado)

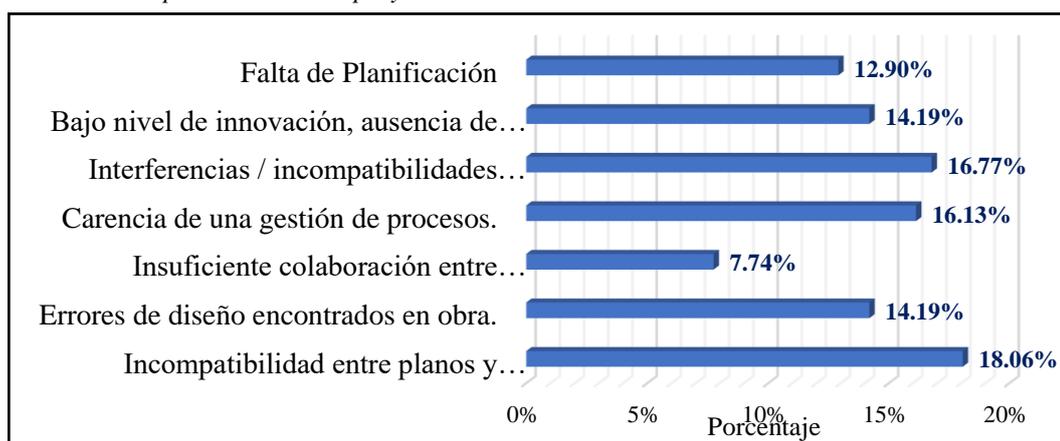
Tabla 15.

Causas de los problemas en los proyectos.

Causas de los problemas en los proyectos	F.A.	(%)
Incompatibilidad entre planos y metrados.	28	18.06%
Errores de diseño encontrados en obra.	22	14.19%
Insuficiente colaboración entre proyectistas.	12	7.74%
Carencia de una gestión de procesos.	25	16.13%
Interferencias / incompatibilidades entre especialidades.	26	16.77%
Bajo nivel de innovación, ausencia de herramientas y metodologías.	22	14.19%
Falta de Planificación	20	12.90%
Total	155	100%

Figura 38.

Causas de los problemas en los proyectos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales

encuestados con respecto a las causas de los problemas en los proyectos de construcción, el 18.06% afirma que el principal problema se encuentra en la incompatibilidad entre planos y metrados. En segundo lugar, con un 16.77% señala como problema las interferencias e incompatibilidades entre especialidades y finalmente un 16.13% indica que existe carencia de una gestión de procesos.

Se concluye entonces que las tres principales causas a los problemas que ocurren en la etapa de construcción se deben a las incompatibilidades e incongruencias que existen entre planos y metrados, además de las interferencias entre especialidades en la etapa de coordinación y por último a una carencia existente de procesos para la gestión de proyectos.

Pregunta N°02: ¿En qué medida se encuentra la comunicación entre el área de diseño y obra en su centro de trabajo?

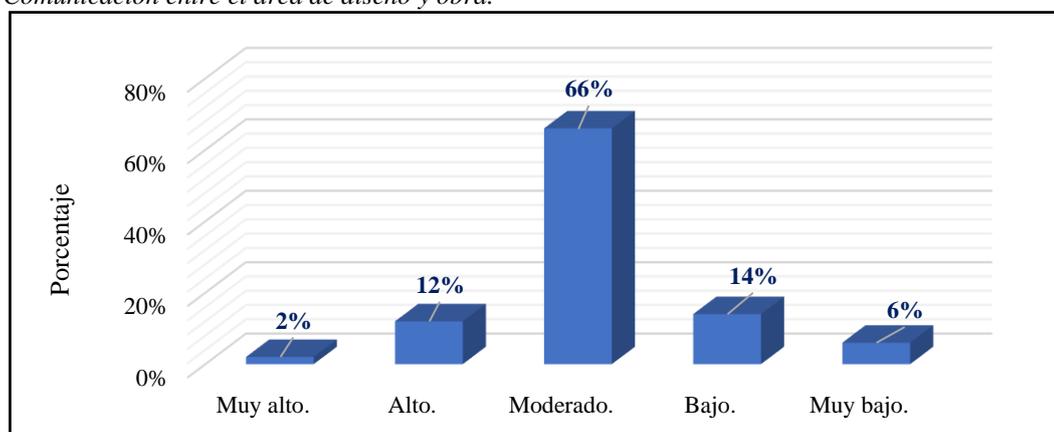
Tabla 16.

Comunicación entre el área de diseño y obra.

Comunicación entre el área de diseño y obra	F.A.	(%)
Muy alto.	1	2%
Alto.	6	12%
Moderado.	33	66%
Bajo.	7	14%
Muy bajo.	3	6%
Total	50	100%

Figura 39.

Comunicación entre el área de diseño y obra.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la comunicación entre el área de diseño y obra, el 66% afirma que es moderado, el 14% indica que es bajo, el 12% que es alto, el 6% señala que es muy bajo y solamente un 2% es muy alto.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, la mayor parte de los profesionales indican que se encuentran en un ambiente de comunicación moderada entre el área de diseño y obra.

Pregunta N°03: ¿Cuál de las siguientes alternativas describe mejor al BIM?

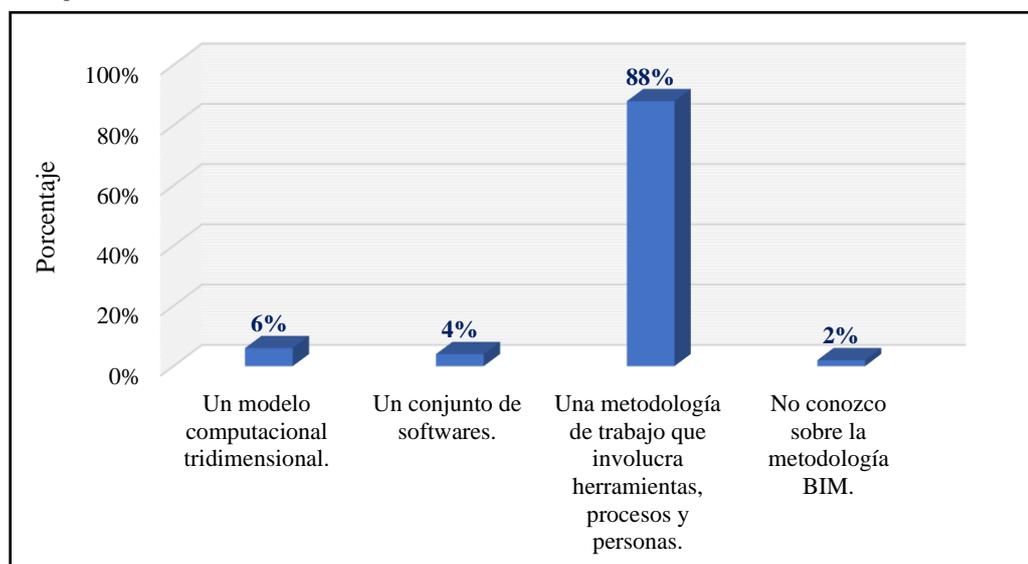
Tabla 17.

Descripción del BIM.

Descripción del BIM	F.A.	(%)
Un modelo computacional tridimensional.	3	6%
Un conjunto de softwares.	2	4%
Una metodología de trabajo que involucra herramientas, procesos y personas.	44	88%
No conozco sobre la metodología BIM.	1	2%
Total	50	100%

Figura 40.

Descripción del BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la definición del BIM, el 88% lo define como una metodología de trabajo que involucra a las herramientas, procesos y personas. El 6% indica que es un modelo computacional tridimensional, el 4% piensa que es un conjunto de softwares y solamente un 2% no conoce sobre la metodología BIM.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales señalan una definición correcta sobre la metodología BIM y actualmente es un mínimo los profesionales que desconocen sobre la metodología, la cual se viene implementando en los proyectos de construcción.

Pregunta N°04: ¿En los proyectos que usted ha participado, usó la Metodología BIM?

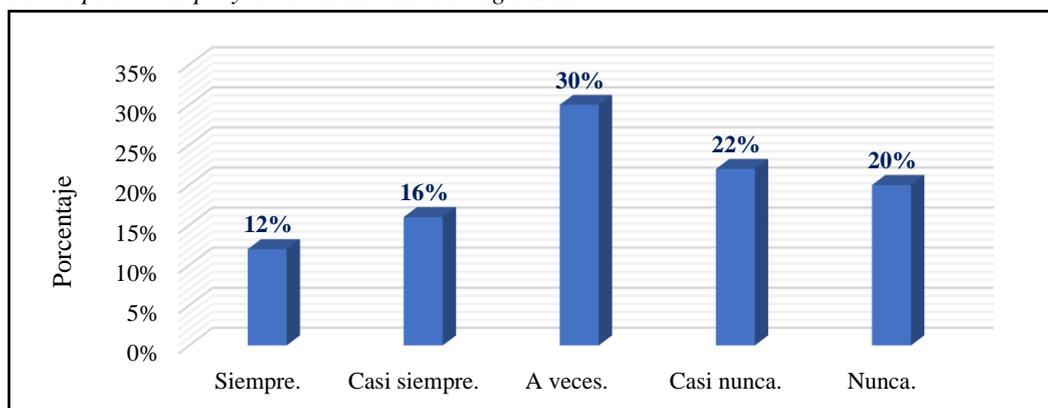
Tabla 18.

Participación en proyectos usando Metodología BIM.

Participación en proyectos usando Metodología BIM	F.A.	(%)
Siempre.	6	12%
Casi siempre.	8	16%
A veces.	15	30%
Casi nunca.	11	22%
Nunca.	10	20%
Total	50	100%

Figura 41.

Participación en proyectos usando Metodología BIM



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a su participación en proyectos con metodología BIM, el 30% indicó que a veces, el 22% señaló casi nunca, el 20% que nunca, el 16% casi siempre y un 12% lo viene desarrollando siempre.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una cantidad mínima de profesionales que aplican “siempre” la metodología BIM en sus proyectos. Este resultado implica con respecto a la pregunta anterior, los profesionales conocen sobre la metodología, pero la aplican regularmente en el desarrollo de sus proyectos.

Pregunta N°05: ¿En qué nivel de madurez se ha implementado la metodología BIM en su centro de trabajo?

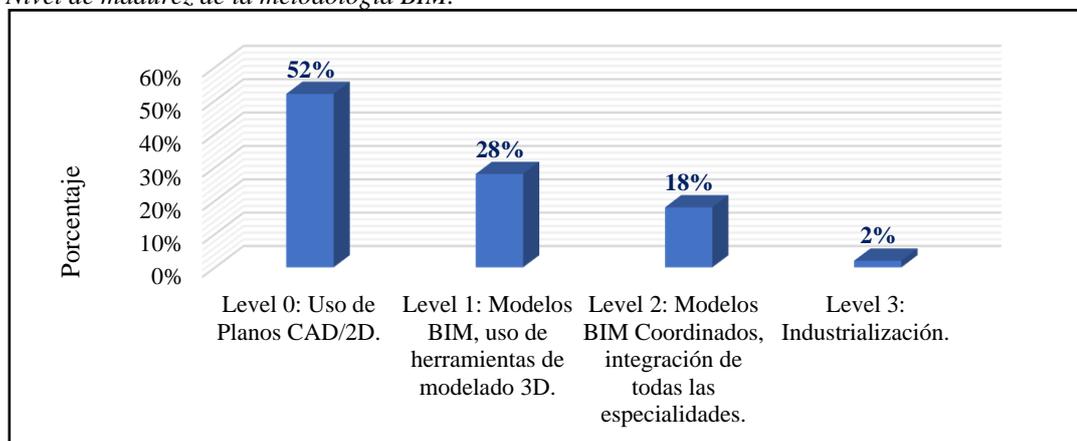
Tabla 19.

Nivel de madurez de la metodología BIM.

Nivel de madurez de la metodología BIM	F.A.	(%)
Level 0: Uso de Planos CAD/2D.	26	52%
Level 1: Modelos BIM, uso de herramientas de modelado 3D.	14	28%
Level 2: Modelos BIM Coordinados, integración de todas las especialidades.	9	18%
Level 3: Industrialización.	1	2%
Total	50	100%

Figura 42.

Nivel de madurez de la metodología BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al nivel de madurez de la metodología BIM en su centro de trabajo, el 52% se encuentran en el nivel 0 donde usan planos CAD/2D, el 28% están en el nivel 1 donde usan modelos BIM como herramientas de modelado 3D, el 18% están en el nivel 2 donde usan los modelos BIM coordinados e integran a todas las especialidades y el 2% en el nivel 3 para industrialización.

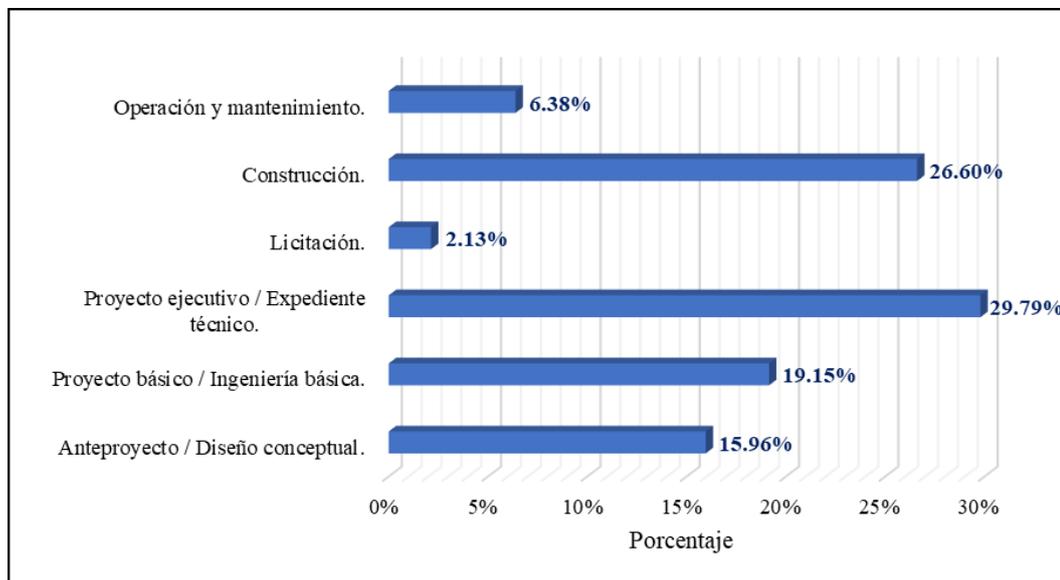
Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que vienen trabajando con los planos en CAD/2D y que es la metodología predominante. Además, los profesionales que emplean la metodología BIM en su centro de trabajo aplican un nivel básico donde cada especialidad trabaja de forma individual y no existe una coordinación.

Pregunta N°06: Según su opinión, ¿en qué etapa del proyecto resulta beneficioso la aplicación de la metodología BIM? (Máx. 2 respuestas por encuestado)

Tabla 20.

Etapa donde resulta beneficioso aplicar la metodología BIM.

Etapa donde resulta beneficioso aplicar la metodología BIM	F.A.	(%)
Anteproyecto / Diseño conceptual.	15	15.96%
Proyecto básico / Ingeniería básica.	18	19.15%
Proyecto ejecutivo / Expediente técnico.	28	29.79%
Licitación.	2	2.13%
Construcción.	25	26.60%
Operación y mantenimiento.	6	6.38%
Total	94	100%

Figura 43.*Etapa donde resulta beneficioso aplicar la metodología BIM***Interpretación de los resultados:**

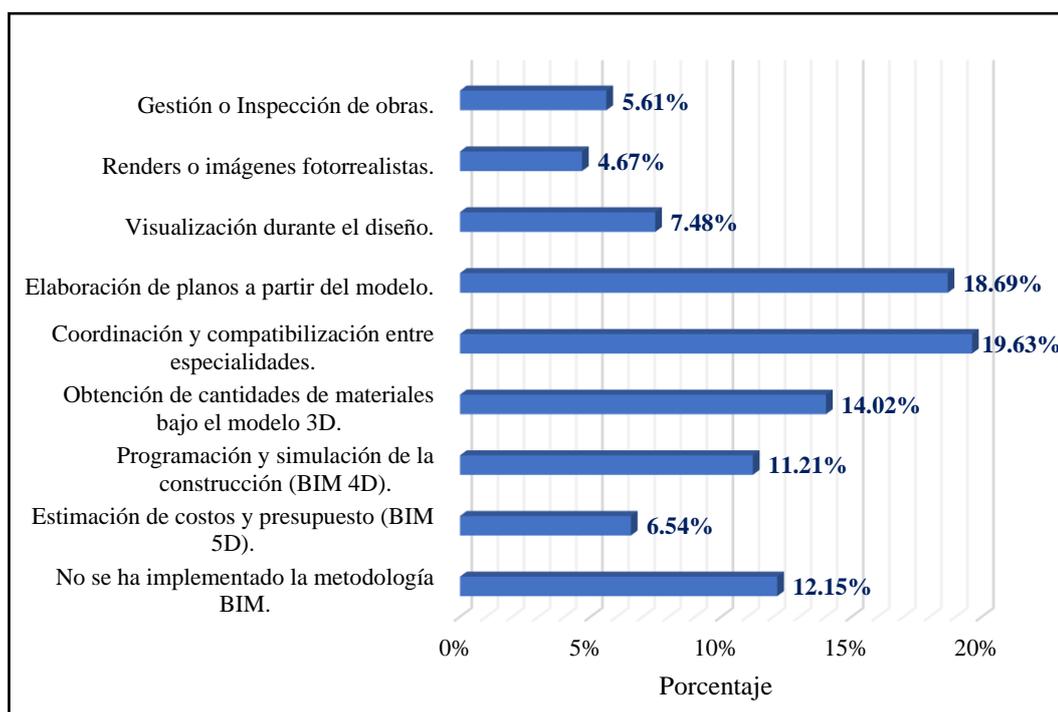
De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la etapa del proyecto que resulta beneficioso la aplicación del BIM, el 29.79% para expediente técnico, el 26.60% para construcción, el 19.15% para ingeniería básica, el 15.96% para diseño conceptual, el 6.38% para operación y mantenimiento y un 2.13% para licitación.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que les resulta beneficioso aplicar la metodología BIM para mejorar la elaboración de expedientes técnicos, el seguimiento y control de obra en la etapa de construcción y para una ingeniería básica del proyecto.

Pregunta N°07: ¿Para qué usos están aplicando la metodología BIM en su centro de trabajo? (Máx. 3 respuestas por encuestado)

Tabla 21.*Usos de la Metodología BIM en el centro de trabajo.*

Usos de la Metodología BIM en el centro de trabajo	F.A.	(%)
No se ha implementado la metodología BIM.	13	12.15%
Estimación de costos y presupuesto (BIM 5D).	7	6.54%
Programación y simulación de la construcción (BIM 4D).	12	11.21%
Obtención de cantidades de materiales bajo el modelo 3D.	15	14.02%
Coordinación y compatibilización entre especialidades.	21	19.63%
Elaboración de planos a partir del modelo.	20	18.69%
Visualización durante el diseño.	8	7.48%
Renders o imágenes fotorrealistas.	5	4.67%
Gestión o Inspección de obras.	6	5.61%
Total	107	100%

Figura 44.*Usos de la Metodología BIM en el centro de trabajo.***Interpretación de los resultados:**

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a los usos de la metodología BIM que desarrollan en su centro de trabajo, el 19.63% señala su uso para la coordinación y compatibilización

entre especialidades, el 18.69% para la elaboración de planos a partir del modelo, 14.02% para obtención de cantidades de materiales bajo el modelo 3D, el 12.15% no ha implementado la metodología BIM, 11.21% para la programación y simulación de la construcción, el 7.48% para la visualización durante el diseño, 6.54% para la estimación de costos y presupuesto, el 5.61% para inspección de obras, el 4.67% para renders o imágenes fotorrealistas.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que aplican la metodología BIM para tres usos importantes como son: la coordinación y compatibilización entre especialidades, la elaboración de planos a partir del modelado 3D y la obtención en la cuantificación de materiales desde el modelo.

Pregunta N°08: ¿Está de acuerdo en que la normatividad es fundamental para el desarrollo efectivo de la metodología BIM?

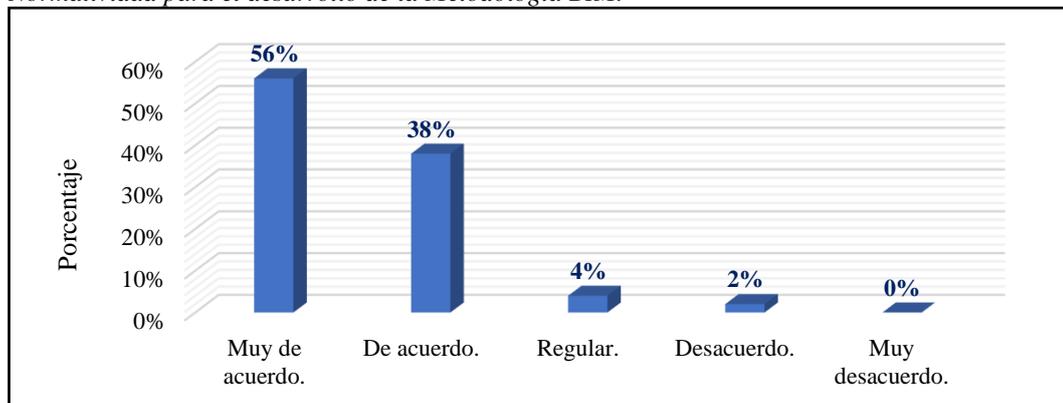
Tabla 22.

Normatividad para el desarrollo de la Metodología BIM.

Normatividad para el desarrollo de la Metodología BIM	F.A.	(%)
Muy de acuerdo.	28	56%
De acuerdo.	19	38%
Regular.	2	4%
Desacuerdo.	1	2%
Muy desacuerdo.	0	0%
Total	50	100%

Figura 45.

Normatividad para el desarrollo de la Metodología BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la normatividad y su rol para el desarrollo efectivo de la metodología BIM, el 56% está muy de acuerdo, el 38% indica que está de acuerdo, el 4% que es regular y solamente un 2% se encuentra en desacuerdo.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales señalan que la normatividad es fundamental para el desarrollo efectivo de la metodología BIM.

Pregunta N°09: ¿Conoce los objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú para la adopción progresiva del BIM en los procesos de inversión?

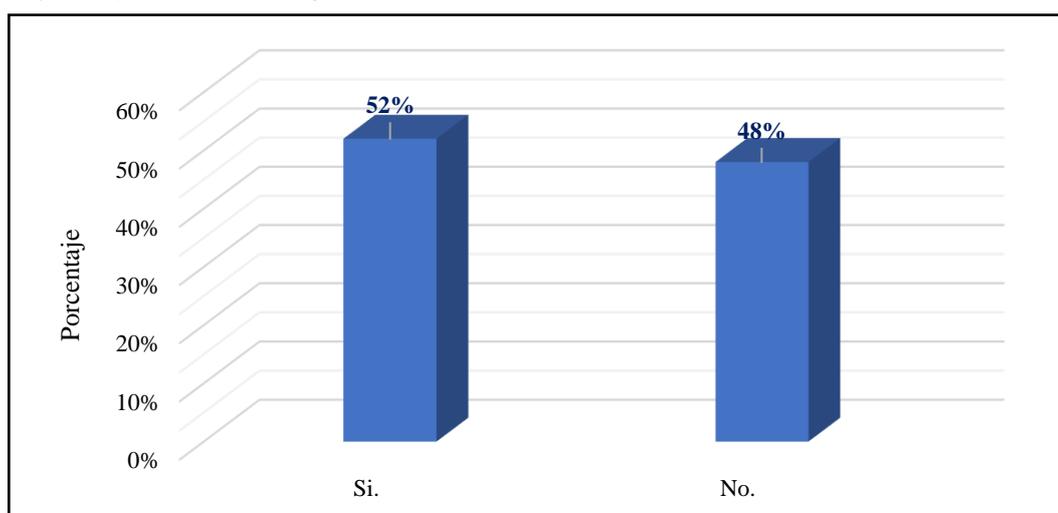
Tabla 23.

Objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú.

Objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú	F.A.	(%)
Si.	26	52%
No.	24	48%
Total	50	100%

Figura 46.

Objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a los objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú, el 52% si conoce sus objetivos, frente a un 48% que desconoce las estrategias para la adopción del BIM en los proyectos de inversión.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales “Si” conocen sobre los objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú para la adopción progresiva del BIM en los procesos de inversión, la respuesta es ALTO.

Pregunta N°10: ¿Con qué tipo de proyectos empezarías a implementar BIM en su centro de trabajo? (Máx. 3 respuestas por encuestado)

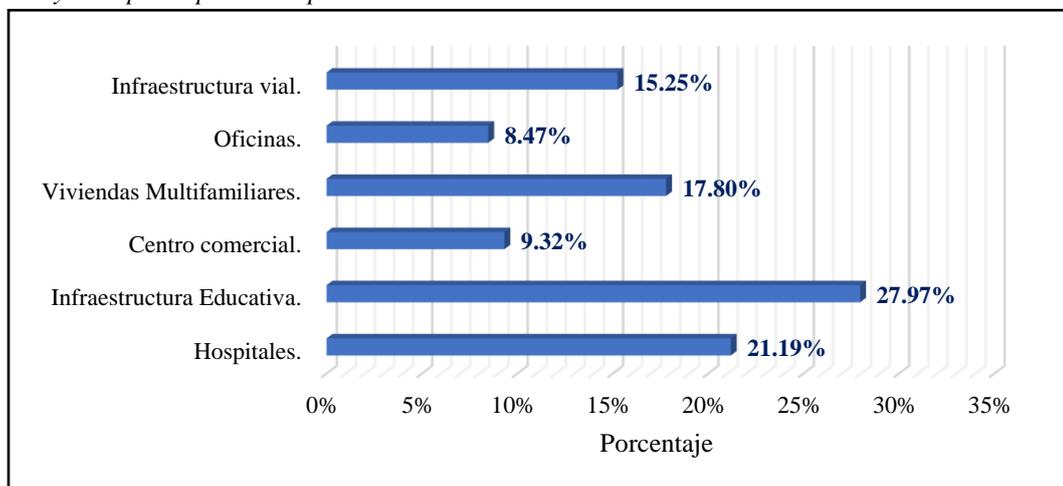
Tabla 24.

Proyectos piloto para la implementación BIM.

Proyectos piloto para la implementación BIM	F.A.	(%)
Hospitales.	25	21.19%
Infraestructura Educativa.	33	27.97%
Centro comercial.	11	9.32%
Viviendas Multifamiliares.	21	17.80%
Oficinas.	10	8.47%
Infraestructura vial.	18	15.25%
Total	118	100%

Figura 47.

Proyectos piloto para la implementación BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a los proyectos piloto para la implementación BIM, el 27.97% empezaría en infraestructura educativa, el 21.19% indicó iniciar en hospitales, el 17.80% en viviendas multifamiliares, el 15.25% en proyectos de infraestructura vial, el 9.32% para centro comercial y el 8.47% en oficinas.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, gran parte de los profesionales empezarían a implementar BIM en un proyecto piloto enfocado a las áreas como infraestructura educativa, hospitales y viviendas multifamiliares ya que su desarrollo aportará mejores resultados.

4.2.3. Análisis de la información sobre beneficios de la iniciativa

Pregunta N°11: ¿En qué área de la gestión de proyectos cree usted que la implementación del BIM resulta beneficioso? (Máx. 2 respuestas por encuestado)

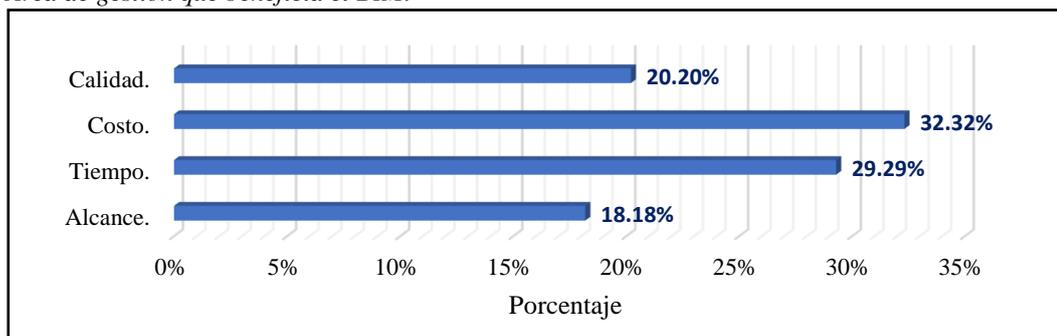
Tabla 25.

Área de gestión que beneficia el BIM.

Área de gestión que beneficia el BIM	F.A.	(%)
Alcance.	18	18.18%
Tiempo.	29	29.29%
Costo.	32	32.32%
Calidad.	20	20.20%
Total	99	100%

Figura 48.

Área de gestión que beneficia el BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a las áreas de gestión que resultan beneficiadas por la implementación del BIM, el 32.32% señalan al Costo, el 29.29% indican el Tiempo, el 20.20% se encuentra la Calidad y el 18.18% mejora el Alcance.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que las dos áreas de gestión que resultan con mayores beneficios al implementar la metodología BIM representan el Costo y el Tiempo.

Pregunta N°12: ¿En qué medida cree usted que el uso de BIM puede cubrir las necesidades de administración y gestión de proyectos en la construcción?

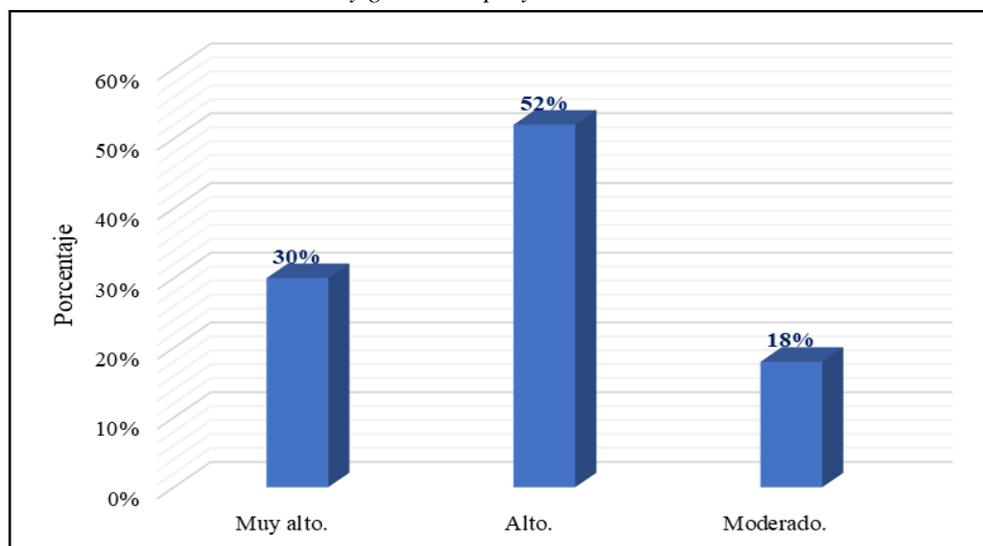
Tabla 26.

Necesidades de administración y gestión de proyectos.

Necesidades de administración y gestión de proyectos	F.A.	(%)
Muy alto.	15	30%
Alto.	26	52%
Moderado.	9	18%
Bajo.	0	0%
Muy bajo.	0	0%
Total	50	100%

Figura 49.

Necesidades de administración y gestión de proyectos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a que el uso del BIM cubre las necesidades de administración y gestión de proyectos, el 52% lo considera alto, el 30% indica que es muy alto y un 18% le resulta moderado.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que el uso del BIM logra cubrir en ALTO las necesidades de administración y gestión de proyectos, haciendo un desarrollo más eficiente.

Pregunta N°13: ¿Cuál es el nivel de protocolos o de estandarización de procesos en su centro de trabajo?

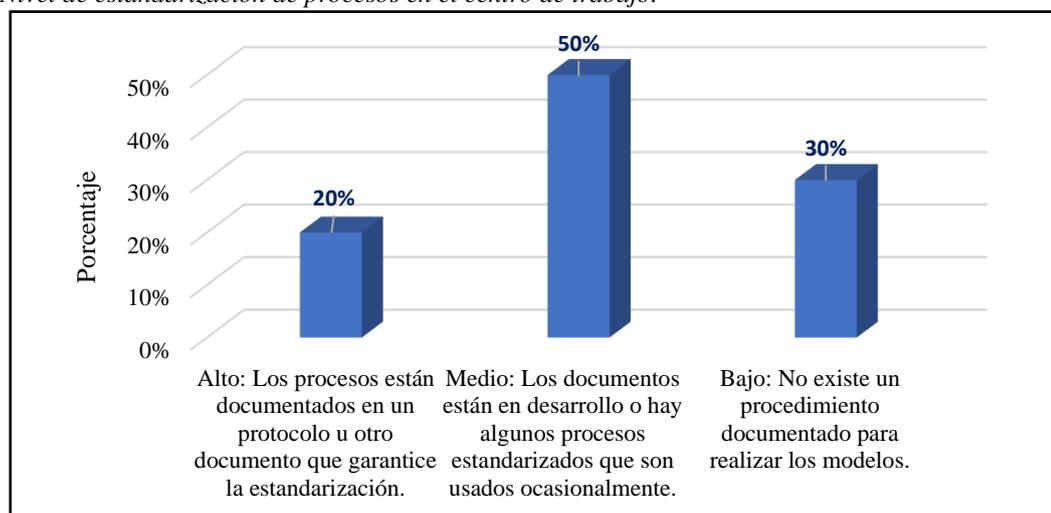
Tabla 27.

Nivel de estandarización de procesos en el centro de trabajo.

Nivel de estandarización de procesos en el centro de trabajo	F.A.	(%)
Alto: Los procesos están documentados en un protocolo u otro documento que garantice la estandarización.	10	20%
Medio: Los documentos están en desarrollo o hay algunos procesos estandarizados que son usados ocasionalmente.	25	50%
Bajo: No existe un procedimiento documentado para realizar los modelos.	15	30%
Total	50	100%

Figura 50.

Nivel de estandarización de procesos en el centro de trabajo.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al nivel de estandarización de procesos en su organización, el 50% se sitúa en medio con documentos que están en desarrollo o hay algunos procesos, el 30% es bajo por lo que no existe un procedimiento documentado para realizar los modelos y el 20% indica que es alto con los procesos documentados en un protocolo que garantiza la estandarización.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales se encuentran en un nivel Medio con respecto a la estandarización de procesos en su organización, los documentos están en desarrollo o existe algunos procesos escasamente definidos, no garantizan protocolos de estandarización.

Pregunta N°14: ¿Cree usted que es importante incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión para la mejora de la productividad en su centro de trabajo?

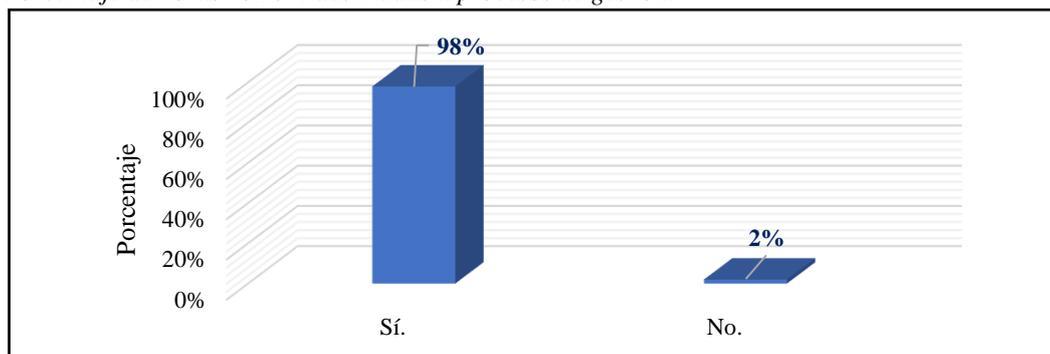
Tabla 28.

Importancia de incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión.

Importancia de incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión	F.A.	(%)
Sí.	49	98%
No.	1	2%
Total	50	100%

Figura 51.

Porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la importancia de incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión, el 98% considera que “Si” es de suma importancia, frente a un 2% que señala un “No” a los procesos para la mejora de la productividad en su centro de trabajo.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que “Si” es muy importante incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión para la mejora de la productividad. De acuerdo a la pregunta anterior, los encuestados no cuentan con un nivel de desarrollo de procesos, sin embargo, según el presente resultado buscan la forma de implementar mejoras a la gestión de sus proyectos.

Pregunta N°15: ¿Conoce algún entorno común de datos (CDE) para el desarrollo de proyectos BIM? (Máx. 3 respuestas por encuestado)

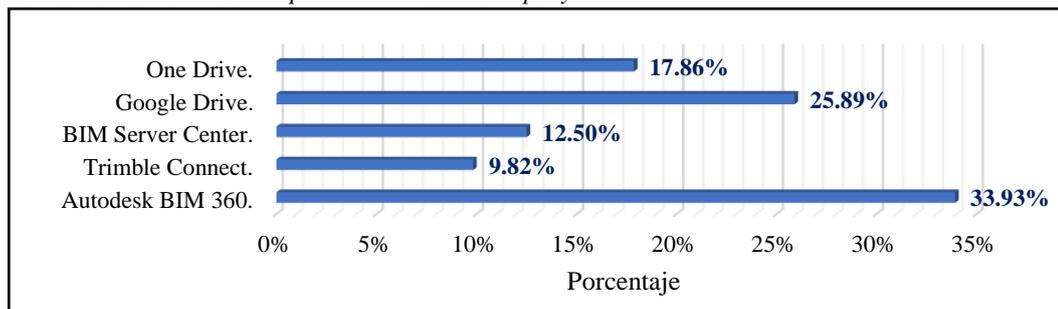
Tabla 29.

Entorno Común de Datos para el desarrollo de proyectos.

Entorno Común de Datos para el desarrollo de proyectos	F.A.	(%)
Autodesk BIM 360.	38	33.93%
Trimble Connect.	11	9.82%
BIM Server Center.	14	12.50%
Google Drive.	29	25.89%
One Drive.	20	17.86%
Total	112	100%

Figura 52.

Entorno Común de Datos para el desarrollo de proyectos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al entorno común de datos para el desarrollo de proyectos, el 33.93% conoce Autodesk BIM 360, con el 25.89% está Google Drive, el 17.86% conoce One Drive, con el 12.50% está BIM Server Center y el 9.82 % conoce Trimble Connect.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran entre los dos principales entornos común de datos para el desarrollo de proyectos a Autodesk BIM 360 y Google Drive.

Pregunta N°16: ¿Ha trabajado de forma colaborativa el diseño y planeación de algún proyecto?

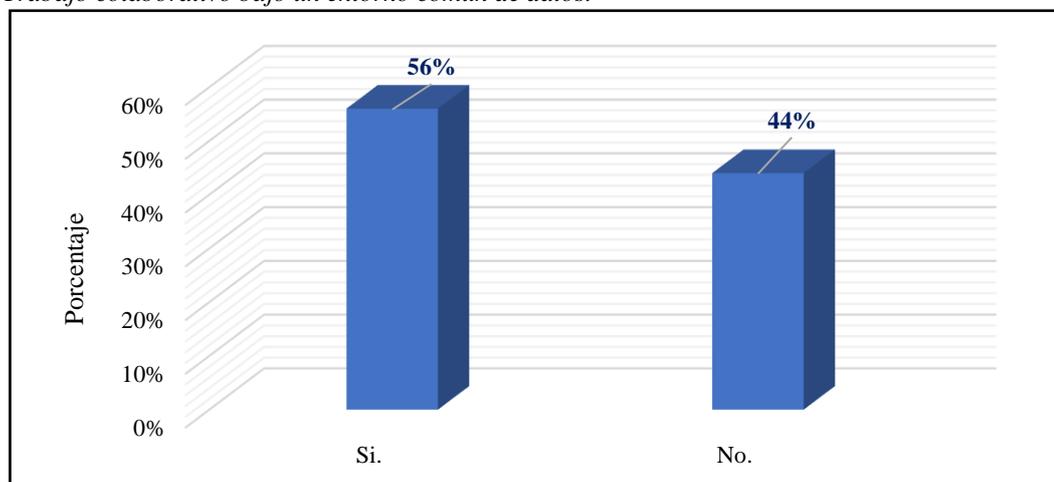
Tabla 30.

Trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos.

Trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos	F.A.	(%)
Si.	28	56%
No.	22	44%
Total	50	100%

Figura 53.

Trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al trabajo colaborativo bajo un entorno común de datos, el 56% afirma que “Si” trabaja de forma colaborativa, frente a un 44% que “No” trabaja en un entorno común de datos.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales han trabajado de forma colaborativo ya sea por medio de un entorno común de datos o bajo una plataforma de almacenamiento en la nube, la respuesta es ALTO.

Pregunta N°17: ¿Cuál de las siguientes alternativas describe el concepto de interoperabilidad BIM? Puede seleccionar más de una alternativa.

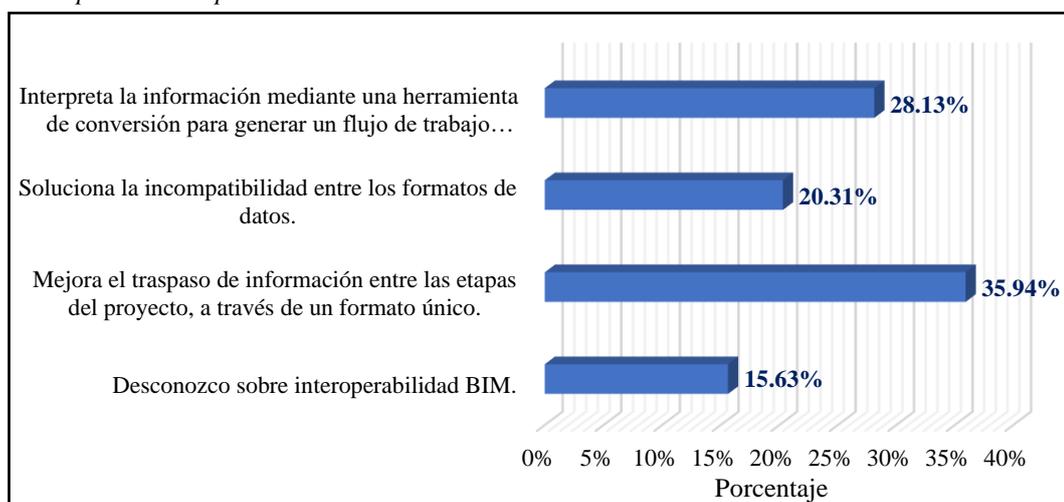
Tabla 31.

Concepto de Interoperabilidad BIM.

Concepto de Interoperabilidad BIM	F.A.	(%)
Desconozco sobre interoperabilidad BIM.	10	15.63%
Mejora el traspaso de información entre las etapas del proyecto, a través de un formato único.	23	35.94%
Soluciona la incompatibilidad entre los formatos de datos.	13	20.31%
Interpreta la información mediante una herramienta de conversión para generar un flujo de trabajo eficiente.	18	28.13%
Total	64	100%

Figura 54.

Concepto de Interoperabilidad BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al concepto de interoperabilidad BIM, el 35.94% lo define como la mejora en el traspaso de información entre las etapas del proyecto mediante un formato único, el 28.13% indica que interpreta la información mediante una herramienta de conversión para generar un flujo de trabajo eficiente, el 20.31% señala que soluciona la incompatibilidad entre los formatos de datos y el 15.63% desconoce sobre interoperabilidad BIM.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen correctamente el término de interoperabilidad BIM. Entre sus definiciones se tiene que: mejora el traspaso de información entre las etapas del proyecto a través de un formato único, interpreta la información mediante una herramienta de conversión para generar un flujo de trabajo eficiente y soluciona la incompatibilidad entre los formatos de datos. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°18: Con respecto a la utilización de las herramientas BIM 4D (Simulación de la construcción del modelo 3D con la variable en el tiempo), ¿Cuáles de los siguientes beneficios son los principales para usted? (Máx. 3 respuestas por encuestado)

Tabla 32.

Utilización de las herramientas BIM 4D.

Utilización de las herramientas BIM 4D	F.A.	(%)
Visualización del concepto del proyecto.	15	11.11%
Sectorización de obra.	12	8.89%
Iteraciones para la mejora de las secuencias constructivas.	16	11.85%
Secuencia lógica de instalación para las especialidades MEP.	14	10.37%
Coordinación entre especialidades.	27	20.00%
Confiabilidad al cronograma de obra.	21	15.56%
Optimización del espacio de trabajo en obra.	11	8.15%
Programaciones semanales.	10	7.41%
Reconocimiento de riesgos durante la construcción.	9	6.67%
Total	135	100%

Figura 55.*Utilización de las herramientas BIM 4D.***Interpretación de los resultados:**

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la utilización de las herramientas BIM 4D, el 20.00% indica coordinación entre especialidades, el 15.56% señala que da confiabilidad al cronograma de obra, el 11.85% indica sobre las iteraciones para la mejora de las secuencias constructivas, el 11.11% lo utiliza para la visualización del concepto del proyecto, el 10.37% indica sobre la secuencia lógica de instalación para las especialidades MEP, el 8.89% lo emplea para la sectorización de obra, el 8.15% para la optimización del espacio de trabajo en obra, el 7.41% señala programación semanales y el 6.67% para el reconocimiento de riesgos durante la construcción.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen como los tres principales beneficios de implementar las herramientas BIM 4D al proyecto son: la coordinación entre especialidades, la confiabilidad al cronograma de obra y las iteraciones para la mejora de las secuencias constructivas.

Pregunta N°19: Revisado el Listado de Precios, el Planeamiento de Obra y las cantidades ya verificadas del Modelado BIM ¿Qué tanto está de acuerdo a consolidar toda la información dentro de un modelo BIM 5D (Programa de Costos)?

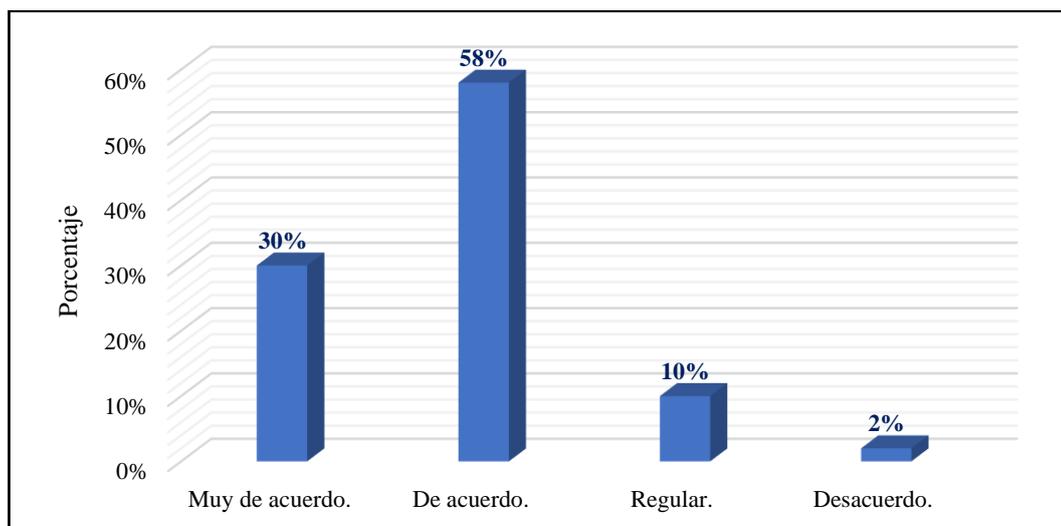
Tabla 33.

Modelo BIM 5D para costos.

Modelo BIM 5D para costos	F.A.	(%)
Muy de acuerdo.	15	30%
De acuerdo.	29	58%
Regular.	5	10%
Desacuerdo.	1	2%
Muy desacuerdo.	0	0%
Total	50	100%

Figura 56.

Modelo BIM 5D para costos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la consolidación de la información dentro de un modelo BIM 5D, el 58% está de acuerdo en su utilización, el 30% indica como muy de acuerdo en su empleo, el 10% señala que lo usaría de forma regular y el 2% se encuentra en desacuerdo.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales al terminar la revisión del listado de precios, el planeamiento de obra y las cantidades verificadas del modelo BIM, se encuentran “De acuerdo” en consolidar esta información dentro de un modelo BIM 5D, a través de un programa de costos. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°20: ¿Cuál de las siguientes alternativas describe el concepto de Plan de Ejecución BIM (BEP)?

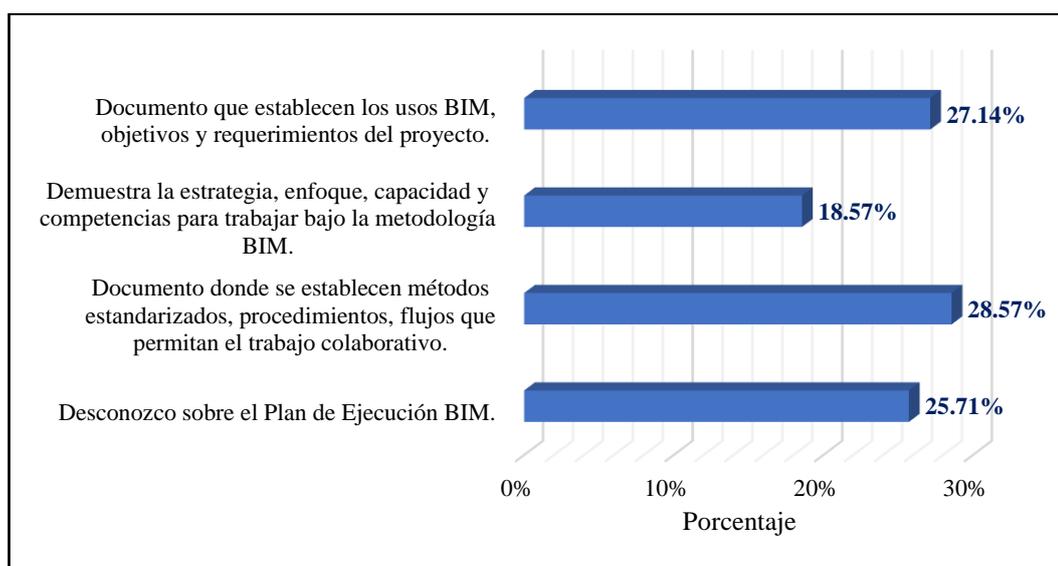
Tabla 34.

Concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB).

Concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB)	F.A.	(%)
Desconozco sobre el Plan de Ejecución BIM.	18	25.71%
Documento donde se establecen métodos estandarizados, procedimientos, flujos que permitan el trabajo colaborativo.	20	28.57%
Demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la metodología BIM.	13	18.57%
Documento que establecen los usos BIM, objetivos y requerimientos del proyecto.	19	27.14%
Total	70	100%

Figura 57.

Concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB).



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al concepto de Plan de Ejecución BIM (PEB), el 28.57% lo define como el documento donde se establecen los métodos estandarizados, procedimientos y flujos para el trabajo colaborativo, el 25.71% indica que es un documento que establecen los usos BIM, el 25.71% señala que desconoce sobre el Plan de Ejecución BIM y el 18.57% indica que demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la metodología BIM.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen correctamente el término de Plan de Ejecución BIM (BEP). Entre sus definiciones se tiene que es: documento donde se establecen los métodos estandarizados y los flujos para el trabajo colaborativo, se establecen los usos BIM, demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la metodología. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°21: ¿Cuál cree usted que describe el concepto de Diseño y Construcción Virtual (VDC)?

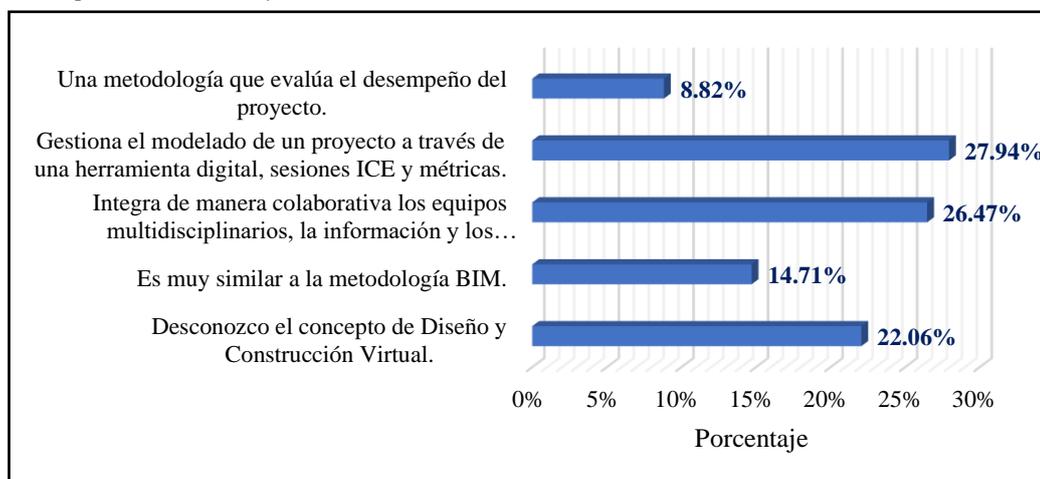
Tabla 35.

Concepto sobre Diseño y Construcción Virtual (VDC).

Concepto sobre Diseño y Construcción Virtual (VDC)	F.A.	(%)
Desconozco el concepto de Diseño y Construcción Virtual.	15	22.06%
Es muy similar a la metodología BIM.	10	14.71%
Integra de manera colaborativa los equipos multidisciplinarios, la información y los procesos.	18	26.47%
Gestiona el modelado de un proyecto a través de una herramienta digital, sesiones ICE y métricas.	19	27.94%
Una metodología que evalúa el desempeño del proyecto.	6	8.82%
Total	68	100%

Figura 58.

Concepto sobre Diseño y Construcción Virtual (VDC).



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al concepto sobre Diseño y Construcción Virtual, el 27.94% indica que gestiona el modelado de un proyecto a través de una herramienta digital, sesiones ICE y métricas, el 26.47% señala que integra de manera colaborativa los equipos multidisciplinarios, la información y los procesos, el 22.06% indica que desconoce sobre el concepto de Diseño y Construcción Virtual, el 14.71% lo describe como muy similar a la metodología BIM y el 8.82% lo define como una metodología que evalúa el desempeño del proyecto.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen parcialmente correcto el término de Diseño y Construcción Virtual (VDC). Entre sus definiciones se tiene que: gestiona el modelado de un proyecto a través de una herramienta digital, sesiones ICE y métricas. Integra de manera colaborativa los equipos multidisciplinarios, la información y los procesos, además de evaluar el desempeño del proyecto. No se considera similar a la metodología BIM, VDC por el contrario utiliza las herramientas BIM como parte de su metodología con la finalidad de definir el alcance y discutir el proceso constructivo. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°22: ¿Considera usted que el uso de plantillas personalizadas para el desarrollo del modelo digital permite estandarizar la gestión de proyectos utilizando la metodología BIM?

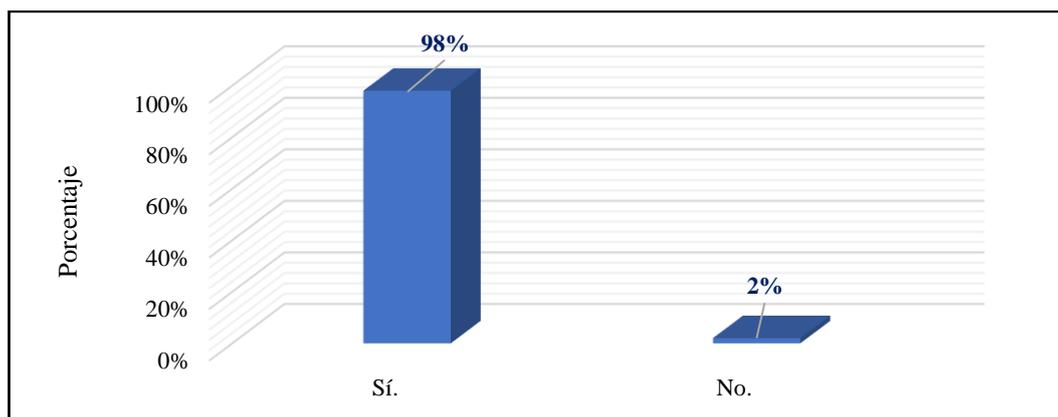
Tabla 36.

Uso de plantillas personalizadas en proyectos BIM.

Uso de plantillas personalizadas en proyectos BIM	F.A.	(%)
Sí.	49	98%
No.	1	2%
Total	50	100%

Figura 59.

Uso de plantillas personalizadas en proyectos BIM.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al uso de plantillas personalizadas para el desarrollo del modelo digital, el 98% afirma que “Si” permite estandarizar la gestión de proyectos bajo la metodología BIM, frente a un 2% que no consideran el uso de plantillas personalizadas.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que el uso de plantillas personalizadas para el desarrollo del modelo digital “Si” permite estandarizar la gestión de proyectos bajo la metodología BIM. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°23: ¿Considera usted que teniendo un plan de gestión de la información y almacenando los diferentes entregables de manera centralizada se organiza adecuadamente la gestión del proyecto?

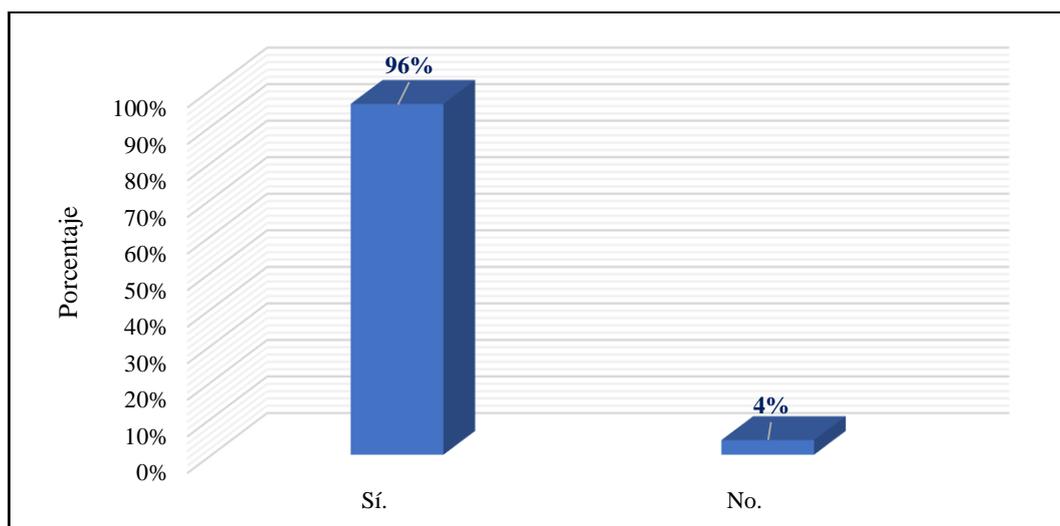
Tabla 37.

Plan de gestión de la información.

Plan de gestión de la información	F.A.	(%)
Sí.	48	96%
No.	2	4%
Total	50	100%

Figura 60.

Plan de gestión de la información



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto al empleo de un plan de gestión de la información, el 96% afirma que “Si” les interesa almacenar los diferentes entregables de manera centralizada, frente a un 4% que no consideran el uso de este proceso de gestión.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales “Si” están de acuerdo en implementar un plan de gestión de la información y almacenar

los diferentes entregables de manera centralizada para organizar adecuadamente la gestión del proyecto. La respuesta es ALTO.

Pregunta N°24: En caso exista un modelo de gestión de proyectos BIM con los siguientes procesos: 1) Diagnóstico Organizacional. 2) Desarrollo de Biblioteca de Familias Revit. 3) Elaboración de Plantillas Específicas. 4) Procedimientos para redactar PRE-BEP. 5) Desarrollo de aplicaciones específicas de BIM Tools. 6) Gestión de la Información. 7) Gestión de la Calidad. ¿Usaría usted los procesos mencionados para mejorar la gestión de proyectos?

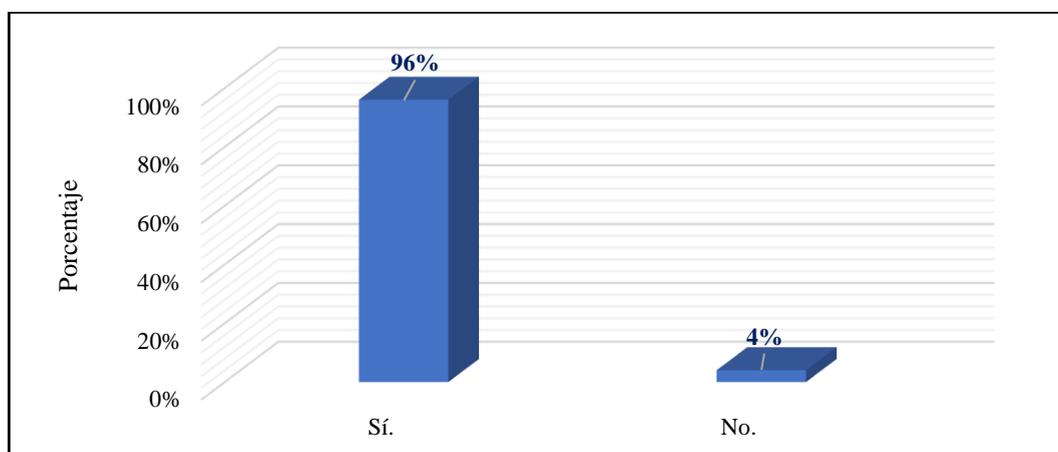
Tabla 38.

Modelo de gestión de proyectos BIM usando procesos.

Modelo de gestión de proyectos BIM usando procesos	F.A.	(%)
Sí.	48	96%
No.	2	4%
Total	50	100%

Figura 61.

Modelo de gestión de proyectos BIM usando procesos.



Interpretación de los resultados:

De acuerdo a los resultados, se interpreta que el 100% de los profesionales encuestados con respecto a la propuesta del modelo de gestión de proyectos BIM, el 96% afirma que “Si” los procesos mencionados mejoran la gestión de proyectos, frente a un 4% que no consideran el empleo de esta propuesta de metodología.

Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales “Si” están de acuerdo en implementar los procesos de gestión mencionados en la presente propuesta de metodología y de esta forma mejorar la gestión de los proyectos BIM. La respuesta es ALTO.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Los expertos en BIM que son el 65% de los encuestados consideran que “Si” utilizarían las plantillas personalizadas para el desarrollo del modelo digital, en un 98%, con el fin de estandarizar los procesos para la gestión de proyectos BIM.

Además, los profesionales en un 96%, “Si” están de acuerdo en implementar un plan de gestión de la información y almacenar los diferentes entregables de manera centralizada.

Del análisis en el diagnóstico, los profesionales indican que “Si” usarían los procesos mencionados anteriormente para mejorar la gestión de proyectos BIM, donde el rol para automatizar los procesos BIM con el apoyo de la programación se vuelve imprescindible, formando parte de la propuesta de metodología desarrollada en la presente investigación.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Fue muy importante la aplicación de la encuesta y las conclusiones obtenidas de estas, ya que se ratificó la ausencia de procesos en el diseño y planificación para los proyectos de construcción y la necesidad de implementar la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución.

De la encuesta realizada se puede concluir con los siguientes resultados:

Tabla 39.

Recapitulación de resultados para la encuesta.

N°	CONCLUSIONES
Análisis de la información sobre datos generales	
0	Se concluye que todos los encuestados por su profesión, edad, centro de trabajo y tiempo de experiencia en construcción manifiestan información cierta, significativa y confiable sobre el contexto en el que se desarrolla la presente investigación
Análisis de la información sobre conocimiento de la problemática	
1	Se concluye entonces que las tres principales causas a los problemas que ocurren en la etapa de construcción se deben a las incompatibilidades e incongruencias que existen entre planos y metrados, además de las interferencias entre especialidades en la etapa de coordinación y por último a una carencia existente de procesos para la gestión de proyectos.
2	Se concluye entonces que, del total de encuestados, la mayor parte de los profesionales indican que se encuentran en un ambiente de comunicación moderada entre el área de diseño y obra.
3	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales señalan una definición correcta sobre la metodología BIM y actualmente es un mínimo los profesionales que desconocen sobre la metodología, la cual se viene implementando en los proyectos de construcción.
4	Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una cantidad mínima de profesionales que aplican “siempre” la metodología BIM en sus proyectos. Este resultado implica con respecto a la pregunta anterior, los profesionales conocen sobre la metodología, pero la aplican regularmente en el desarrollo de sus proyectos.
5	Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que vienen trabajando con los planos en CAD/2D y que es la metodología predominante. Además, los profesionales que emplean la metodología BIM en su centro de trabajo aplican un nivel básico donde cada especialidad trabaja de forma individual y no existe una coordinación.
6	Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que les resulta beneficioso aplicar la metodología BIM para mejorar la elaboración de expedientes técnicos, el seguimiento y control de obra en la etapa de construcción y para una ingeniería básica del proyecto.
7	Se concluye entonces que, del total de encuestados, existe una mayor cantidad de profesionales que aplican la metodología BIM para tres usos importantes como son: la coordinación y compatibilización entre especialidades, la elaboración de planos a partir del modelado 3D y la obtención en la cuantificación de materiales desde el modelo.

8	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales señalan que la normatividad es fundamental para el desarrollo efectivo de la metodología BIM.
9	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales conocen sobre los objetivos y acciones estratégicas del Plan BIM Perú para la adopción progresiva del BIM en los procesos de inversión, la respuesta es ALTO.
10	Se concluye entonces que, del total de encuestados, gran parte de los profesionales empezarán a implementar BIM en un proyecto piloto enfocado a las áreas como infraestructura educativa, hospitales y viviendas multifamiliares ya que su desarrollo aportará mejores resultados.
Análisis de la información sobre beneficios de la iniciativa	
11	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que las dos áreas de gestión que resultan con mayores beneficios al implementar la metodología BIM representan el Costo y el Tiempo.
12	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que el uso del BIM logra cubrir en ALTO las necesidades de administración y gestión de proyectos, haciendo un desarrollo más eficiente.
13	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales se encuentran en un nivel Medio con respecto a la estandarización de procesos en su organización, los documentos están en desarrollo o existe algunos procesos escasamente definidos, no garantizan protocolos de estandarización.
14	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que SI es muy importante incluir un porcentaje de horas hombre destinadas a procesos de gestión para la mejora de la productividad. De acuerdo a la pregunta anterior, los encuestados no cuentan con un nivel de desarrollo de procesos, sin embargo, según el presente resultado buscan la forma de implementar mejoras a la gestión de sus proyectos.
15	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran entre los dos principales entornos común de datos para el desarrollo de proyectos a Autodesk BIM 360 y Google Drive.
16	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales han trabajado de forma colaborativo ya sea por medio de un entorno común de datos o bajo una plataforma de almacenamiento en la nube, la respuesta es ALTO.
17	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen correctamente el término de interoperabilidad BIM. Entre sus definiciones se tiene que: mejora el traspaso de información entre las etapas del proyecto a través de un formato único, interpreta la información mediante una herramienta de conversión para generar un flujo de trabajo eficiente y soluciona la incompatibilidad entre los formatos de datos. La respuesta es ALTO.
18	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen como los tres principales beneficios de implementar las herramientas BIM 4D al proyecto son: la coordinación entre especialidades, la confiabilidad al cronograma de obra y las iteraciones para la mejora de las secuencias constructivas.
19	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales al terminar la revisión del listado de precios, el planeamiento de obra y las cantidades verificadas del modelo BIM, se encuentran “De acuerdo” en consolidar esta información dentro de un modelo BIM 5D, a través de un programa de costos. La respuesta es ALTO.
20	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen correctamente el término de Plan de Ejecución BIM (BEP). Entre sus definiciones se tiene que es: documento donde se establecen los métodos estandarizados y los flujos para el trabajo colaborativo, se establecen los usos BIM, demuestra la estrategia, enfoque, capacidad y competencias para trabajar bajo la metodología. La respuesta es ALTO.
21	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales definen parcialmente correcto el término de Diseño y Construcción Virtual (VDC). Entre sus definiciones se tiene que: gestiona el modelado de un proyecto a través de una herramienta digital, sesiones ICE y métricas. Integra de manera colaborativa los equipos multidisciplinares, la información y los procesos, además de evaluar el desempeño del

	proyecto. No se considera similar a la metodología BIM, VDC por el contrario utiliza las herramientas BIM como parte de su metodología con la finalidad de definir el alcance y discutir el proceso constructivo. La respuesta es ALTO.
22	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales consideran que el uso de plantillas personalizadas para el desarrollo del modelo digital “Si” permite estandarizar la gestión de proyectos bajo la metodología BIM. La respuesta es ALTO.
23	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales “Si” están de acuerdo en implementar un plan de gestión de la información y almacenar los diferentes entregables de manera centralizada para organizar adecuadamente la gestión del proyecto. La respuesta es ALTO.
24	Se concluye entonces que, del total de encuestados, los profesionales “Si” están de acuerdo en implementar los procesos de gestión mencionados en la presente propuesta de metodología y de esta forma mejorar la gestión de los proyectos BIM. La respuesta es ALTO.

CAPITULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA FOCALIZADO

Para dar a conocer la situación problemática se harán uso de las encuestas aplicadas, la investigación en proyectos ejecutados con la metodología BIM/VDC y las entrevistas realizadas, así como fuentes externas e internas de información, las cuales van a ser analizadas para determinar factores que permitan un diagnóstico de la situación actual del sector construcción. Como se ha mencionado, el entorno y el trabajo bajo esta metodología afecta a las organizaciones en diversos procesos, este efecto puede ser perjudicial o favorable para cada empresa y, por lo tanto, influir negativa o positivamente en ellas; estas influencias del entorno externo se traducen en oportunidades o amenazas y las influencias positivas y negativas provenientes del interior de la organización se traducen en fortalezas y debilidades.

6.1.1. Presentación del nudo crítico

En las organizaciones que implementan la metodología BIM/VDC presentan 4 situaciones problemáticas clave: Poca productividad y demora en el entregable del modelo debido a los retrabajos por una mala estandarización de los procesos, falta al automatizar tareas repetitivas para optimizar los flujos de trabajo, bajo o nulo control al momento de gestionar la información del modelo digital y finalmente el poco enfoque que se le da a la mejora continua de los procesos.

Teniendo en cuenta los cuatro factores mencionados anteriormente, es necesario realizar mejoras en la automatización de procesos, por ser un factor determinante en la culminación de los entregables para un proyecto bajo la metodología BIM/VDC, y es la razón, por la que el presente estudio existe con el objetivo de mejorar la gestión de proyectos.

6.1.2. Características relevantes del caso

Es importante entender que estos procesos van a ser funcionales dentro de las empresas que ya iniciaron o tienen un estándar mínimo de implementación de la metodología BIM/VDC dentro de su organización. Las automatizaciones a los procesos que se mencionan en el desarrollo de la presente investigación servirán como guías, estándares y complementos a los flujos de trabajo de la organización para optimizar los tiempos en los entregables, reducir los costos en los retrabajos, mejorar la productividad y gestionar correctamente la información del modelo.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El modelo de propuesta tiene por finalidad promover el desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.

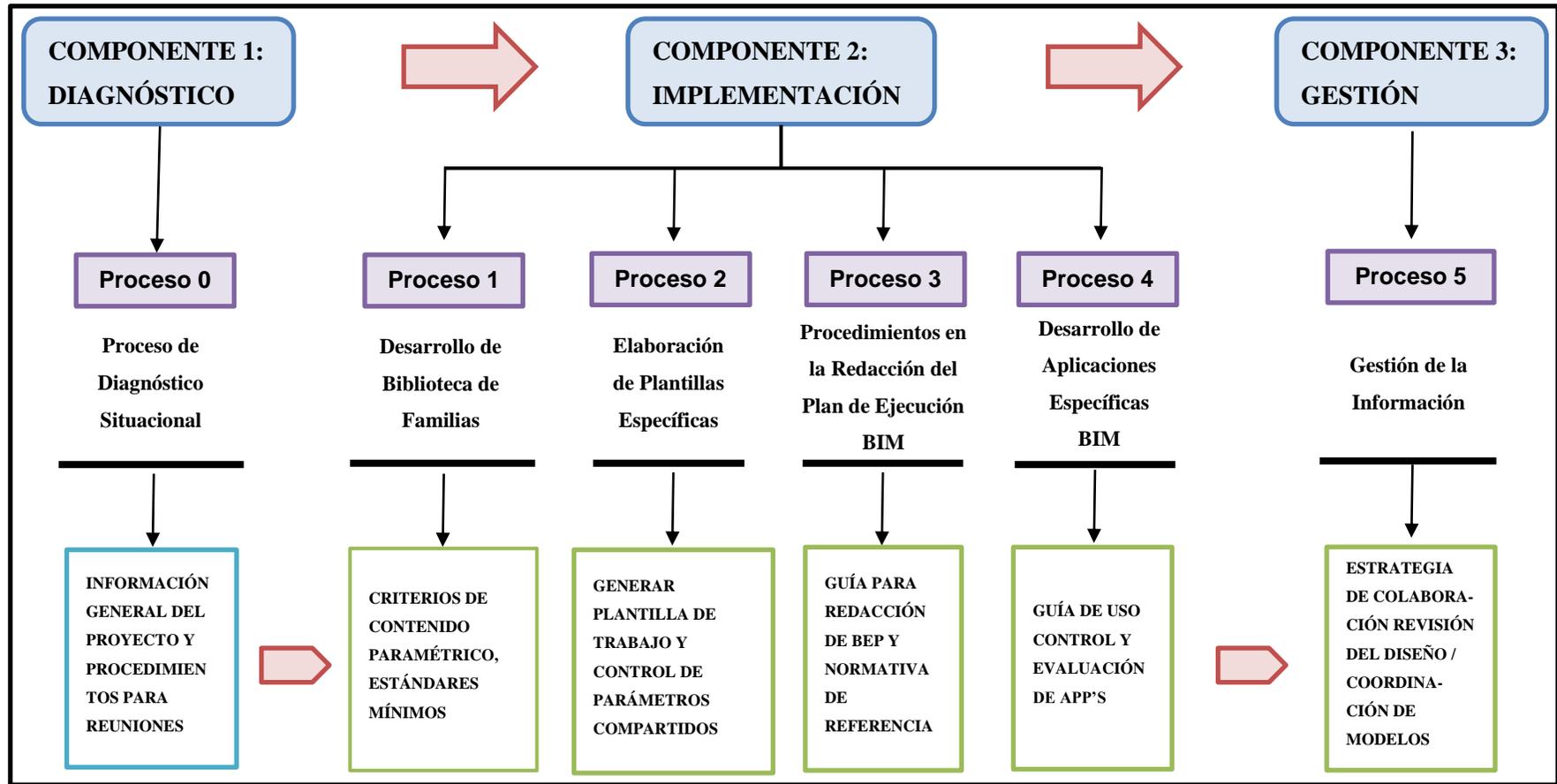
6.2.1. Caracterización de la propuesta

- a) Es normativa
- b) Trata de la implementación de la metodología BIM
- c) Indicadores de gestión
- d) Requiere de procesos
- e) Exige estándares y protocolos
- f) Es flexible
- g) Mejora continua
- h) Exige mecanismos de aplicación
- i) Auditorías internas de calidad

6.3. PROCESO DE MIGRACIÓN HACIA LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Figura 62.

Modelo de la Propuesta.



6.3.1. COMPONENTE 1: DIAGNÓSTICO

Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) es una entidad adscrita al Pliego Presidencia del Consejo de Ministros, de carácter excepcional y temporal, que cuenta con autonomía funcional, administrativa, técnica y económica; encargada de liderar, implementar y, cuando corresponda, ejecutar el Plan Integral de Reconstrucción con Cambios (PIRCC). El PIRCC contempla una serie de intervenciones que tienen por objetivo rehabilitar y reconstruir la infraestructura física dañada y destruida por el fenómeno de El Niño Costero en 13 regiones del país: Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Piura y Tumbes; siendo prioritaria, de interés nacional y de necesidad pública la implementación y ejecución del Plan.

Como parte del Acuerdo de Gobierno a Gobierno (G2G) suscrito entre Perú y el Reino Unido, la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) suscribió dos memorandos de entendimiento con el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial y la Autoridad de Infraestructura y Proyectos del Gobierno del Reino Unido, respectivamente, a fin de implementar el componente relativo a la transferencia de conocimientos sobre las buenas prácticas aplicadas a la adquisición, diseño, construcción y operación de los activos públicos construidos a favor de la ARCC.

El memorando suscrito con el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (BEIS por sus siglas en inglés) tuvo por objetivo la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en las intervenciones que desarrolla la ARCC, lo que permitirá mejorar los estándares de calidad, transparencia y relación calidad precio de las obras que desarrolle la institución como parte del programa de reconstrucción.

El Equipo de Implementación del Reino Unido (UKDT por sus siglas en inglés) identificó a la metodología BIM como una de las prioridades de desarrollo

de capacidades en la ARCC. Como parte del memorando se desarrollaron actividades que tuvieron por finalidad identificar el enfoque y estándares BIM del Reino Unido, a fin de ser aplicados en el programa de reconstrucción de la ARCC.

En ese sentido, con el objetivo de orientar la necesidad de recursos para la implementación del Plan Estratégico Institucional (PEI), tiene registradas 32 Actividades Operativas y 117 Inversiones correspondiente a la cartera de inversiones a ejecutarse con la asesoría y asistencia técnica del UKDT, que comprende 15 establecimientos de Salud (6 hospitales y 9 centros de Salud) y 74 colegios. Con un Presupuesto Institucional Modificado (PIM) total ascendente a S/ 4,230,465,963.

Como parte de la implementación del Componente de Transferencia de Conocimientos en el marco del Acuerdo de Gobierno a Gobierno, se han realizado capacitaciones, en temas como: Gestión de contratos NEC3, BIM, Gestión de costos, Gestión de cronograma, ACONEX, Risk Hive, Gestión de Riesgos, Seguridad, Salud, Calidad y Medio Ambiente, entre otros.

La Fase Piloto comprende 36 inversiones cuya ejecución ha sido contratada por paquete:

- Paquete 1: Piura (15)
- Paquete 2: La libertad (4)
- Paquete 3: Ancash (10)
- Paquete 4: Lambayeque (5)
- Paquete 5: Tumbes (2)

La Fase Optimización comprende 38 inversiones, se subdivide en dos.

Fase de Optimización 1:

- Paquete 6: 12 inversiones ubicadas en Ancash, Cajamarca y La Libertad.
- Paquete 7: 11 inversiones ubicadas en Piura.

Fase de Optimización 2:

- Paquete 8: 09 inversiones en Ancash, Huancavelica y Lima.

- Paquete 9: 06 inversiones en La Libertad, Piura y Tumbes.

Tabla 40.*Fase Piloto. Paquete 01 - Piura.*

FASE PILOTO: PAQUETE 1 - PIURA					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR N°517 CON CÓDIGO LOCAL 435106	2502653	4,413,745.77	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 15508 DOMINGO SAVIO CON CÓDIGO LOCAL 438398	2502892	17,848,489.86	Administración Indirecta - Obras Por Impuestos	Diciembre 2020	Activo
RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14790 MARÍA IGNACIA GARCÍA DE GONZALES CON CÓDIGO LOCAL 435390	2502993	8,755,939.64	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR CORONEL JOSÉ ANDRÉS RAZURI CON CÓDIGO LOCAL 413944	2503066	19,921,975.93	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR JACOBO CRUZ VILLEGAS CON CÓDIGO LOCAL 413294	2503076	9,094,990.78	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14032 MARÍA AUXILIADORA CON CÓDIGO LOCAL 413326	2503086	7,149,859.07	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo

REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 15027 AMAUTA CON CÓDIGO LOCAL 435272	2503124	16,599,485.91	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14924 DANIEL ALCIDES CARRIÓN CON CÓDIGO LOCAL 416198	2503125	14,638,237.71	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 20509 SAN JOSÉ CON CÓDIGO LOCAL 436530	2503176	7,003,529.28	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR GENARO MARTÍNEZ SILVA CON CÓDIGO LOCAL 413604	2503195	24,261,095.03	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 15079 CON CÓDIGO LOCAL 435564	2503213	14,809,198.78	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR JOSÉ CAYETANO HEREDIA CON CÓDIGO LOCAL 413576	2503626	23,177,889.90	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14064 CON CÓDIGO LOCAL 414694	2503222	8,702,492.71	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14641 CON CÓDIGO LOCAL 430689	2503622	6,074,895.29	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR TÉCNICO DE APLICACIÓN CON CÓDIGO LOCAL 414444	2503358	12,015,066.99	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo

Tabla 41.*Fase Piloto. Paquete 02 - La Libertad.*

FASE PILOTO: PAQUETE 2 – LA LIBERTAD					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 1639 CON CÓDIGO LOCAL 258882	2503451	3,429,098.32	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 80669 CON CÓDIGO LOCAL 265953	2503615	6,780,564.69	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 80892 LOS PINOS CON CÓDIGO LOCAL 249982	2503352	10,642,252.00	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 80382 CARLOS A. OLIVARES CON CÓDIGO LOCAL 258783	2503220	12,073,941.81	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo

Tabla 42.*Fase Piloto. Paquete 03 – Ancash.*

FASE PILOTO: PAQUETE 3 – ANCASH					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88014 JOSE OLAYA CON CÓDIGO LOCAL 034284	2502300	12,251,198.37	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88034 PEDRO RUIZ GALLO CON CÓDIGO LOCAL 034401	2503757	5,546,987.15	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo

REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 1556 ANGELITOS DE JESÚS CON CÓDIGO LOCAL 022016	2503208	8,444,391.54	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 89008 ANDRÉS AVELINO CÁCERES CON CÓDIGO LOCAL 034665	2503752	4,351,201.86	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88104 MARÍA PARADO DE BELLIDO CON CÓDIGO LOCAL 022177	2503217	6,640,964.85	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88100 INMACULADA CONCEPCIÓN CON CÓDIGO LOCAL 022144	2503218	13,808,563.39	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88331 CON CÓDIGO LOCAL 037541	2503624	7,121,469.41	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88037 ANTENOR SÁNCHEZ CON CÓDIGO LOCAL 034420	2503353	13,176,270.79	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88227 PEDRO PABLO ATUSPARIA CON CÓDIGO LOCAL 037923	2503356	8,513,982.76	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 34062	2428685	169,430.59	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo

Tabla 43.*Fase Piloto. Paquete 04 – Lambayeque.*

FASE PILOTO: PAQUETE 4 – LAMBAYEQUE					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 11011 SEÑOR DE LOS MILAGROS CON CÓDIGO LOCAL 278516	2503010	12,723,345.82	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 11057 SAN LORENZO CON CÓDIGO LOCAL 278724	2502654	16,815,044.99	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR MARIANO MELGAR VALDIVIEZO CON CÓDIGO LOCAL 673705	2502990	9,672,114.63	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 10945 HEROÍNA MARÍA PARADO DE BELLIDO CON CÓDIGO LOCAL 278696	2502989	7,488,315.99	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR CEBA – SAN JUAN CON CÓDIGO LOCAL 284094	2503006	11,160,158.08	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo

Tabla 44.*Fase Piloto. Paquete 05 - Tumbes.*

FASE PILOTO: PAQUETE 5 – TUMBES					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR N° 005 TARCILLA DE JESÚS GRANDA MORA CON CÓDIGO DE LOCAL 490193	2502855	4,651,236.81	Administración Indirecta - Por Contrata	Diciembre 2020	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N 094 SOTERITO LÓPEZ ESPINOZA CON CÓDIGO LOCAL 492583	2502861	13,594,688.06	Administración Directa	Diciembre 2020	Activo

Tabla 45.*Fase de Optimización - Paquete 06.*

FASE DE OPTIMIZACIÓN: PAQUETE 6					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
IRI EN EL LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 575917	2428687	6,889,337.45	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 257298	2428577	7,941,295.93	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 257528	2428652	15,879,803.37	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 100844	2428669	5,665,453.41	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 027151	2428726	10,077,395.02	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN EL LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 27698	2428729	689,019.96	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN EL LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 37961	2428736	1,016,583.54	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
RECUPERACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 84156 CON CÓDIGO DE LOCAL 021639	2513024	9,529,765.29	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo

REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88023 ALMIRANTE MIGUEL GRAU SEMINARIO CON CÓDIGO LOCAL N° 034340	2513466	9,172,890.06	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 86127 CON CÓDIGO LOCAL N° 017246	2513467	8,502,231.21	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 88106 JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI CON CÓDIGO LOCAL N° 025944	2513468	17,177,370.71	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 89001 CON CÓDIGO LOCAL N° 034613	2513471	12,141,502.02	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo

Tabla 46.*Fase de Optimización – Paquete 07.*

FASE DE OPTIMIZACIÓN: PAQUETE 7					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 413307	2428578	12,089,104.22	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN EL LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 437775	2428584	12,390,537.23	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 440773	2428585	8,259,815.17	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 770240	2428588	10,090,725.16	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 434927	2428627	7,865,768.43	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo

IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 438614	2428635	24,273,425.40	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 413350	2428716	508,291.77	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR SAN CRISTO CON CÓDIGO LOCAL N° 440688	2513470	19,137,044.00	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 14654 CON CÓDIGO LOCAL N° 432184	2513474	8,176,964.16	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR MARÍA AUXILIADORA CON CÓDIGO LOCAL N° 430284	2513475	16,460,611.71	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 414707	2428581	8,618,430.66	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo

Tabla 47.*Fase de Optimización – Paquete 08.*

FASE DE OPTIMIZACIÓN: PAQUETE 8					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 034397	2428686	10,779,674.41	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 034547	2428689	12,635,505.38	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 358061	2428747	7,981,055.25	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 358607	2428765	9,588,064.83	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR ANDRÉS AVELINO CÁCERES CON CÓDIGO LOCAL 179955	2509290	6,824,153.17	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo

REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 86620 SANTA FE CON CÓDIGO LOCAL N° 040647	2513476	14,418,572.22	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR VILLA MARÍA CON CÓDIGO LOCAL N° 037999	2514106	18,911,928.35	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 1563 CRISTO REY AMIGO DE LOS NIÑOS CON CÓDIGO DE LOCAL 037701	2515005	6,075,058.73	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACION DE AMBIENTE DE ADMINISTRACION Y/O GESTION PEDAGOGICA Y DE MOBILIARIO DE AULA Y DE EQUIPAMIENTO DE AULA Y DE MODULO DE ATENCION TEMPORAL	2515636	10,295,797.05	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo

Tabla 48.*Fase de Optimización – Paquete 09.*

FASE DE OPTIMIZACIÓN: PAQUETE 9					
Proyecto	CUI	Monto de Inversión (Soles)	Modalidad	Mes/Año de Inicio	Estado de Inversión
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 435719	2428628	13,819,067.75	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 490145	2428651	1,016,583.54	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
IRI EN LOCAL EDUCATIVO CON CÓDIGO DE LOCAL 426512	2428725	7,469,389.79	Administración Indirecta - Por Contrata	Agosto 2018	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 80374 JOSÉ SEVILLA ESCAJADILLO CON CÓDIGO LOCAL N° 264425	2513465	13,435,683.03	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR N° 80138 ABELARDO GAMARRA RONDO CON CÓDIGO LOCAL N° 269965	2513473	11,238,995.68	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo

REHABILITACION DE AMBIENTE DE ADMINISTRACION Y/O GESTION PEDAGOGICA Y DE MOBILIARIO DE AULA Y DE EQUIPAMIENTO DE AULA Y DE MODULO DE ATENCION TEMPORAL	2515563	12,089,862.25	Administración Indirecta - Por Contrata	Abril 2021	Activo
--	---------	---------------	---	---------------	--------

6.3.1.1. PROCESO 0: Proceso de Diagnóstico Situacional

En el Proceso de Diagnóstico Situacional se presenta el informe de gestión y colaboración del proyecto. Mediante este componente se pretende identificar el tipo de proyecto, responsable del diagnóstico, los requerimientos y usos BIM exigidos por parte del cliente dentro de los Términos de Referencia (TDR) y finalmente la presentación del equipo de trabajo con sus respectivos roles a desempeñar dentro de un cronograma de actividades.

1. Tipo de Proyecto (Modalidad de ejecución):

La modalidad de ejecución es presupuestaria indirecta, mediante un contrato o convenio, donde la entidad de acuerdo a un procedimiento de selección encarga la ejecución de la obra a una empresa constructora.

2. Responsable del Diagnóstico

En esta primera instancia el objetivo es sembrar las bases para abordar la implantación del BIM en el contexto de un proyecto piloto; donde el responsable de su elaboración es el contratista, quien designa a un BIM Manager o Coordinador BIM para empezar el primer diagnóstico situacional.

3. Desarrollo del Diagnóstico

Se desarrolla antes de la ejecución de la obra. La etapa de diseño es la

situación favorable para implementar el desarrollo de procesos debido a que se tendrá un mayor control gestionando la información y evitando los posibles conflictos presentes en obra. Suelen existir casos donde incorporan la implementación dentro de la etapa en obra, sin embargo, no es lo recomendable debido al tiempo tan ajustado para el desarrollo del modelo digital.

4. Términos de Referencia del Cliente (TDR):

a) Objetivo General

- Minimizar los errores en el Presupuesto y en los Plazos de ejecución.

b) Objetivos Específicos

- Tomar decisiones de rentabilidad desde la primera etapa de diseño.
- Conocer las cantidades de insumos y los costos de los componentes.
- Mejorar la coordinación entre disciplinas y solucionar posibles colisiones.
- Mejorar la comunicación, planificación y el cumplimiento de los plazos.

c) Usos o Requerimientos BIM

- Cuantificaciones y costos
- Documentación de planos
- Coordinación 3D
- Planificación de fases
- Simulación 4D
- Control de Obra

d) Tipos de Información (TDI)

- Información general del proyecto.
- Propiedades físicas y geométricas.
- Propiedades geográficas y de localización espacial.
- Especificaciones técnicas.

- Requerimientos y estimación de costos.
- Validación de cumplimiento de programa.
- Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y de construcción.

e) **Niveles de Desarrollo o de Información (LOD/NDI)**

- LOD 100: Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición definido por requerimientos y usos.
- LOD 200: Se define gráficamente el elemento, permite un primer análisis de cantidades, tamaño, forma y/o ubicación. Así como las características de pesos, manuales de mantenimiento y fabricantes.
- LOD 300: Se define gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades y sistemas constructivos respecto al conjunto del proyecto, permite generar planos de talleres, elementos detallados y sistemas.
- LOD 350: Similar al nivel LOD 300 pero incluye la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos desarrollados independientemente por disciplinas. Afecta al análisis, programación y coordinación del proyecto.

f) **Entregables**

- La entidad requiere que cada modelo o elemento a ser utilizado en este expediente técnico, sea generado en Revit, en una versión aprobada durante la Reunión de Lanzamiento.
- Las entregas de archivos a la Entidad deberán ser hechas en los formatos correspondientes a los Software adquiridos por la Entidad, los cuales son:

Tabla 49.*Formatos y entrega de archivos.*

ELEMENTO	SOFTWARE	VERSION	FORMATO
Modelos y Elementos BIM	Autodesk Revit	2019	. rvt, rfa, .ifc
Planos y modelos para Revisión	AutoCad y Navisworks	2019	.dwg y *.nwd
Otros documentos para revisión	Adobe Acrobat	Actual	.pdf
Detección de interferencias	Autodesk Navisworks Manage	2019	. nwd, nwf

g) **Organización de los modelos**

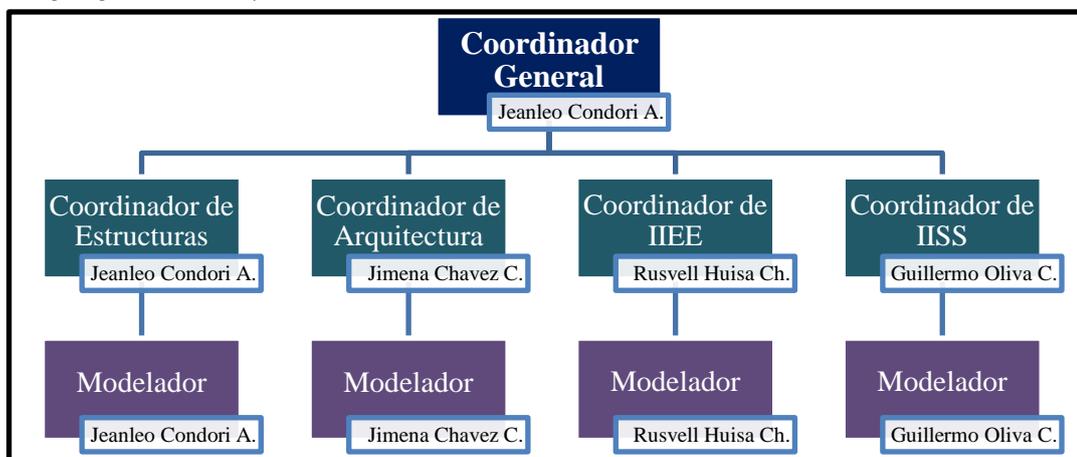
- Estructuración de modelos.
- Nomenclatura y Codificación.

5. Roles y responsabilidades del Equipo de Trabajo:**Tabla 50.***Roles y responsabilidades.*

ROL	RESPONSABILIDADES	NOMBRE RESPONSABLE
Coordinador General	Coordina todo el proyecto. Asegura la compatibilidad de todas las disciplinas del modelo BIM. Programa las reuniones ICE generales.	Jeanleo Jair Condori Atencio
Coordinador de Especialidad	Coordina el trabajo dentro de su disciplina. Realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM. Asegura la compatibilidad del modelo BIM de su disciplina. Coordina al equipo de modelado de su especialidad.	Jeanleo Jair Condori Atencio Jimena Paola Chávez Conde Rusvell Rene Huisa Chura Guillermo Oliva Cárdenas
Modelador BIM	Generación integral del modelo BIM acorde a la especialidad asignada. Cambios y actualización del modelo. Comunicación de cambios con el coordinador. Generación de documentación a partir del modelo (planos, Metrados).	Jeanleo Jair Condori Atencio Jimena Paola Chávez Conde Rusvell Rene Huisa Chura Guillermo Oliva Cárdenas

Figura 63.

Organigrama del Proyecto.



6. Estrategia de reuniones:

Para el adecuado seguimiento y coordinación imprescindible en un expediente técnico utilizando BIM, se requiere cumplir con precisión el cronograma de los trabajos a realizar, los cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 51.

Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	FECHA	CANAL	ENCARGADO
Reunión de Lanzamiento	Se determinará el inicio del expediente técnico, con la participación de todo el equipo involucrado. Los temas de agenda serán la presentación de todos los miembros del equipo, establecimiento del Entorno Común de Datos (ECD), alcances, objetivos, cronograma de Coordinación e Hitos del Proyecto	13/03/21	Video-conferencia en Google Meet	Coordinador General
Modelado de la Información	Tiempo durante el cual se desarrollará el diseño de las especialidades mediante el Modelo BIM.	Definido en Hitos del Proyecto	BIM 360 - Google Drive	Coordinador General
Reuniones de Coordinación	Para revisión de avances y toma de decisiones con relación al diseño y Expediente Técnico. Se estiman 4 reuniones para completar los hitos de entrega.	Reunión cada fin de mes	Reunión en Google Meet	Coordinador General
Sesiones ICE	Para absolución de consultas y, coordinación BIM según detección de interferencias e incompatibilidades en el modelo. Se recomienda como mínimo sesiones ICE por semana.	Reuniones por semana	Reunión en Google Meet	Coordinador General
Control de Calidad	Fechas en las cuales se deberá levantar al ECD los avances del modelo a fin de ser revisados por la Entidad.	Definido en Hitos del Proyecto	Reunión en Google Meet	Coordinador General

6.3.2. COMPONENTE 2: IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo del objetivo sobre el análisis de los estándares y flujos de trabajo más idóneos para mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa se describen dentro del proceso 1 y 2. Los principales estándares dentro de la investigación inician a partir del de desarrollo de una biblioteca de familias nativas en Revit, sin este primer proceso no se lograría modelar ningún tipo de elemento dentro del programa. A continuación, una vez definido las familias, mediante la presente propuesta se desea estandarizar los elementos bajo una codificación propia con el objetivo de filtrar de forma eficiente la información o data procedente de cada elemento modelado, siendo la base para la gestión de la información. Finalmente, se estandariza la correcta nomenclatura de los niveles para el proyecto, donde los niveles de trabajo cumplen la función de ser la referencia y restricción para la ubicación de todos los elementos en cada especialidad. además, al definir los nombres de los niveles, se pretende seguir estandarizando procesos para la presentación de plantillas de vistas o planos.

Con respecto a los flujos de trabajo, en la propuesta se diseña una guía de buenas prácticas de modelado, dentro de la guía se extiende la explicación al uso de aplicativos que complementan este proceso, resultando en la mejora de la productividad y evitando el incorrecto modelado de elementos. Además, se plantea el uso plantillas de vistas personalizadas, en la especialidad de Arquitectura y Estructuras, donde se mejora la presentación y se garantiza la coherencia entre los documentos de construcción para las plantas, cortes y elevaciones. Finalmente, la sigla “I” de información dentro de BIM define una gran cantidad de data que se almacena dentro del modelo y para la gestión efectiva de la información se emplean parámetros compartidos. Los parámetros compartidos forman parte del flujo de trabajo que se presenta en la propuesta, tienen el objetivo de filtrar la información de los elementos del modelo de acuerdo a las categorías por especialidad. Dichos parámetros se administran a través de un “Block de Notas” y pueden ser transferidos a cualquier modelo en Revit.

El desarrollo del objetivo sobre el diseño del Plan de Ejecución BIM para mejorar el planeamiento se describe en el proceso 3. Se inicia con la información del proyecto, se define las fechas de entregables y los objetivos de colaboración, se restringe los usos BIM para el proyecto, se define los formatos de archivos para los entregables, los niveles de desarrollo e información del modelo digital, se desarrolla la estructura de carpetas dentro del entorno común de datos (CDE) para la visualización del modelo y documentación como planos y especificaciones técnicas, se define los recursos humanos con sus roles y responsabilidades, se presenta la estrategia de comunicación y reuniones para la coordinación entre especialidades, finalmente se desarrolla un mapeo de procesos donde se describe los flujos de trabajo para mejorar la planificación.

El objetivo en la automatización de procesos repetitivos mediante la programación para desarrollar el modelado BIM de la infraestructura educativa se extiende dentro del proceso 4 y 5. En el proceso 4, se detalla los dos tipos de programación que se emplean en esta investigación, como es el caso de la programación visual con Autodesk Dynamo y la programación escrita con Visual Studio C#, además se presenta una tabla de aplicativos (Add-ins) para Revit de mi autoría, donde se describe el proceso que le corresponde a cada aplicativo dentro del flujo de trabajo, cuáles son los requisitos mínimos para su funcionamiento y la utilidad que se consigue al desarrollar estos aplicativos en el proyecto.

Dentro del proceso 5, se describe a detalle el uso de todos los aplicativos desarrollados dentro de flujo de trabajo, ya sea para la etapa de modelado, documentación o gestión. El resultado del modelado mediante un addin se obtiene en cuestión de segundos, por consiguiente, el objetivo de incorporar la programación dentro del flujo de trabajo es la reducción del tiempo que emplea una persona al modelar los elementos o al gestionar la información del proyecto. La principal ventaja de programar Add-ins es la realización de tareas repetitivas o tediosas de forma automatizada.

El responsable de desarrollar el componente de implementación es el Coordinador BIM del proyecto, quien representa al contratista, su experiencia en la gestión BIM permite proponer un paquete de procesos con el objeto de facilitar el flujo de trabajo dentro de la organización, desarrollar las buenas prácticas del modelado y verificar la calidad de la información dentro del modelo digital. Los procesos los propone el coordinador BIM, tiene la función de capacitar al equipo de modeladores para el correcto uso de las herramientas como los Addins, y también del trabajo colaborativo en cada especialidad.

La forma de validar que funcione un proceso es la reducción del tiempo que toma realizar una actividad y el aumento en la productividad, la mejora de procesos es un desarrollo constante.

6.3.2.1. PROCESO 1: Desarrollo de Biblioteca de Familias

En el proceso de desarrollo de bibliotecas de familias se identifican a grandes rasgos los elementos necesarios que serán esenciales en cada especialidad del proyecto. Es imprescindible empezar a establecer los requerimientos y usos de los ambientes para los diferentes pabellones, de esta forma se tendrá las primeras consideraciones de cuáles son las familias a utilizar.

En el proyecto partiremos definiendo las familias para la especialidad de Estructuras, estos elementos son totalmente paramétricos, es decir sus dimensiones son variables para afrontar cualquier cambio en el diseño. En las siguientes tablas se presentan familias estructurales para columnas, vigas y zapatas:

a) Sub Proceso: Familias que respondan a los estándares estructurales
Figura 64.

Familias de Columnas en Revit.

FAMILIAS DE COLUMNAS	
Columna de C°A° en "T"	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Ht	Altura Total
Bt	Base Total
Exs	Espesor Extremo Superior
Exi	Espesor Extremo Inferior
Columna de C°A° en "L" con ángulo	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Ed	Espesor Derecho
Lb	Largo Base
A	Ángulo
La	Largo de Ángulo
Ea	Espesor de Ángulo
Columna de C°A° en "L"	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Ht	Altura Total
Bt	Base Total
Exd	Espesor Extremo Derecho
Exi	Espesor Extremo Izquierdo
Columna Rectangular de C°A° / Columnetas en Muro de Albañilería	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
L	Largo/Altura
B	Base
Placa de C°A° en "U"	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Ht	Altura Total
Bt	Base Total
Ec	Espesor del centro/medio
Ex	Espesor en extremos

Figura 65.

Familias de Vigas en Revit.

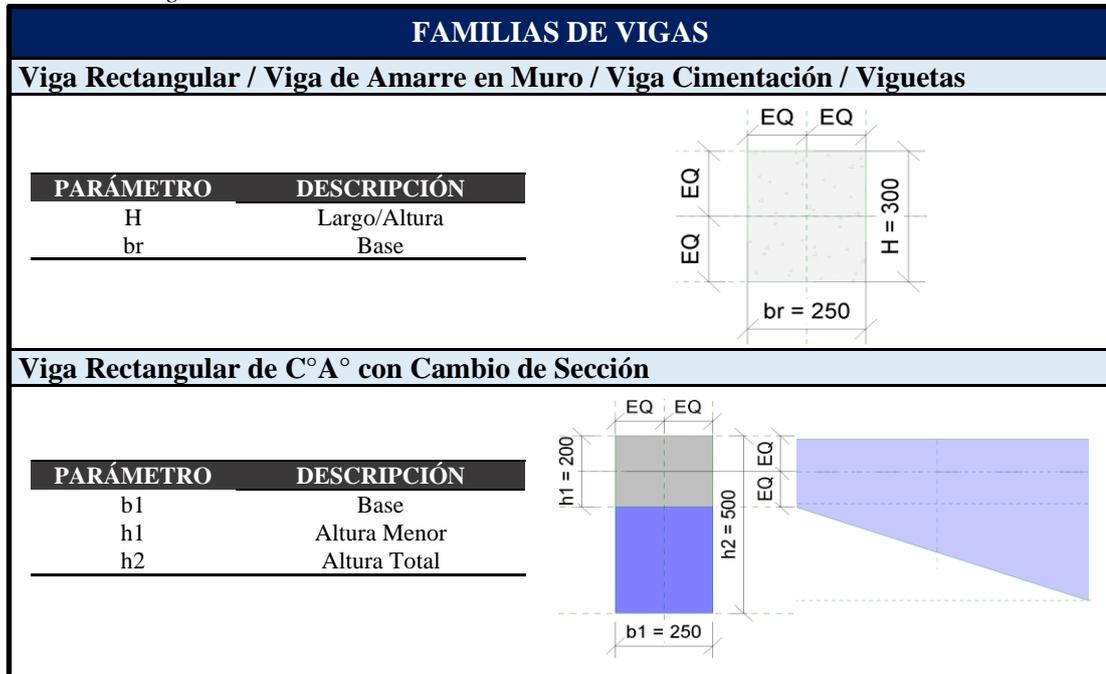
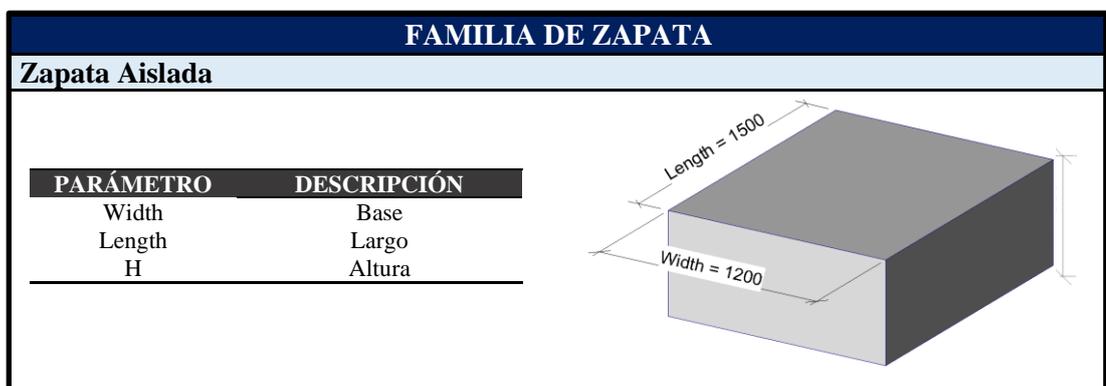


Figura 66.

Familia de Zapata en Revit.



b) Sub Proceso: Codificación de elementos estructurales

La codificación de los elementos permite tener un mayor control al momento de filtrar las categorías en Revit. Los códigos planteados en las siguientes tablas tienen como finalidad agrupar los elementos estructurales, de esta manera se consigue automatizar las tablas de planificación (metrados) y filtrar los elementos en función de los diversos scripts realizados con Dynamo (por ejemplo: diferenciar una columna frente a una columneta).

Tabla 52.

Codificación de vigas estructurales.

CODIFICACIÓN EN VIGAS				
CÓD.	TIPO	NÚMERO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
SG	V	OO1	VIGA PERALTADA/CHATA	SGV001_VIGA_.25x.45m
SG	C	OO1	VIGA DE CIMENTACIÓN	SGC001_VIGA_CIMENTACIÓN_.30x.60m
SG	T	OO1	VIGA DE AMARRE EN MURO	SGT001_VIGUETA_.15x.20m
SG	A	OO1	VIGUETA LOSA ALIGERADA	SGA001_VIGUETA_.15x.15m

Figura 67.

Vista 3D - Tipos de elementos para vigas estructurales.

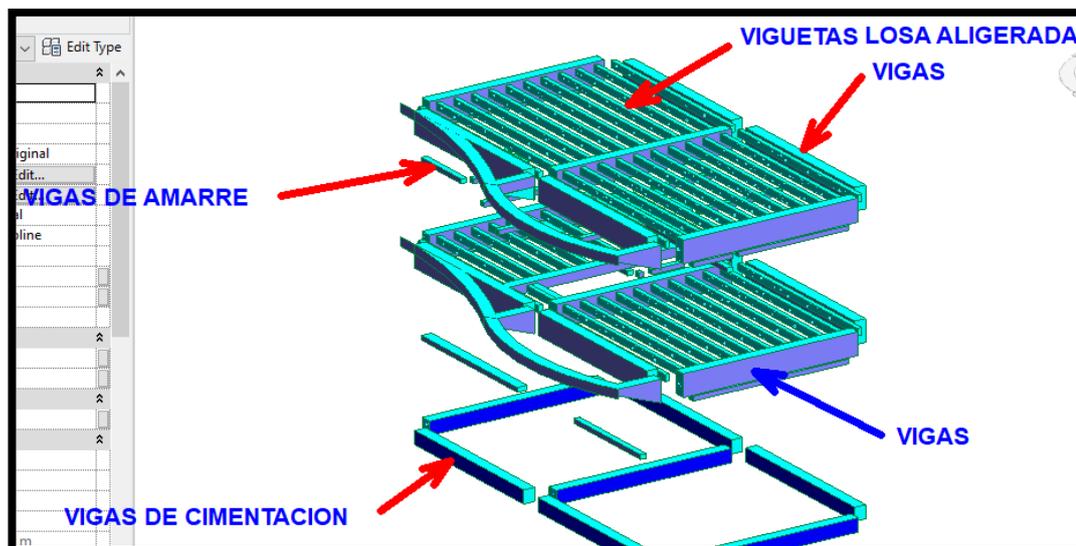


Tabla 53.

Codificación de elementos para muros.

CODIFICACIÓN EN MUROS				
CÓD.	TIPO	NÚMERO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
WL	A	OO1	MURO ALBAÑILERIA	WLA001_MURO_ALBAÑILERIA_e=0.15m
WL	M	OO1	MURO ARMADO	WLM001_MURO_ARMADO_0.20m
WL	R	OO1	SOBRECIMIENTO REFORZADO	WLR001_SOBREC_REFORZADO_0.15m
WL	S	OO1	SOBRECIMIENTO SIMPLE	WLS001_SOBREC_SIMPLE_0.15m

Figura 68.

Vista 3D - Tipos de elementos para muros.

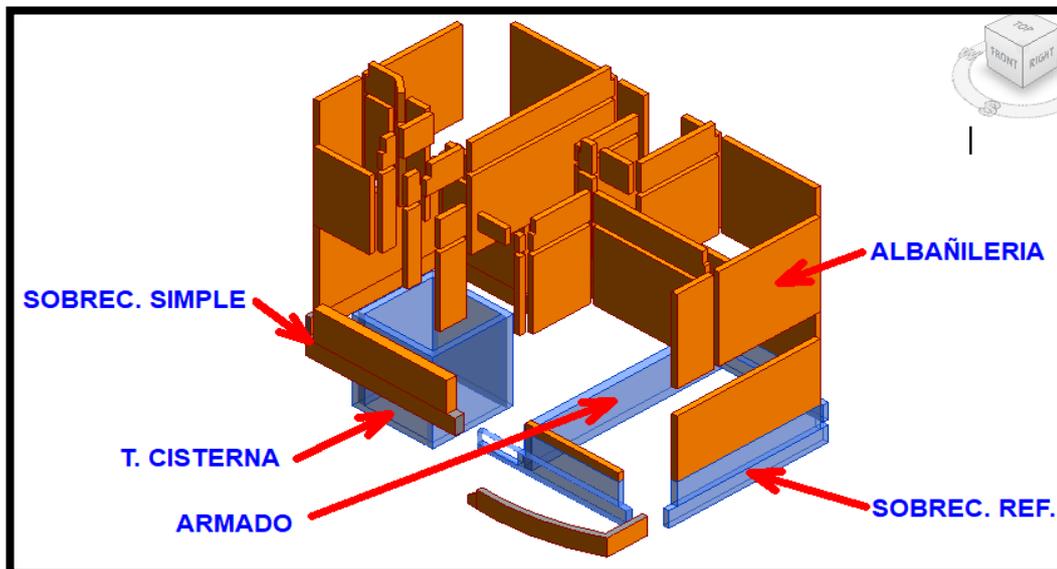


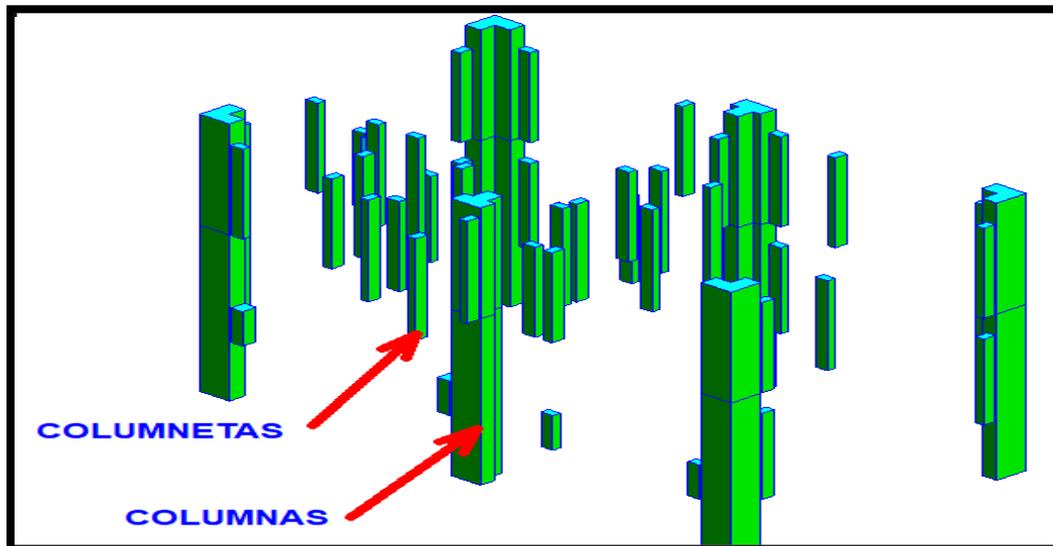
Tabla 54.

Codificación de elementos para columnas.

CODIFICACIÓN EN COLUMNAS				
CÓD.	TIPO	NÚMERO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
SC	C	001	COL. RECTANGULAR, T, L, CIRCULAR Y CUADRADA	SCC010_COL_RECTANGULAR_.30x.45m
SC	T	001	COLUMNETA	SCT001_COLta_RECTANGULAR_.2x.15m

Figura 69.

Vista 3D - Tipos de elementos para columnas.

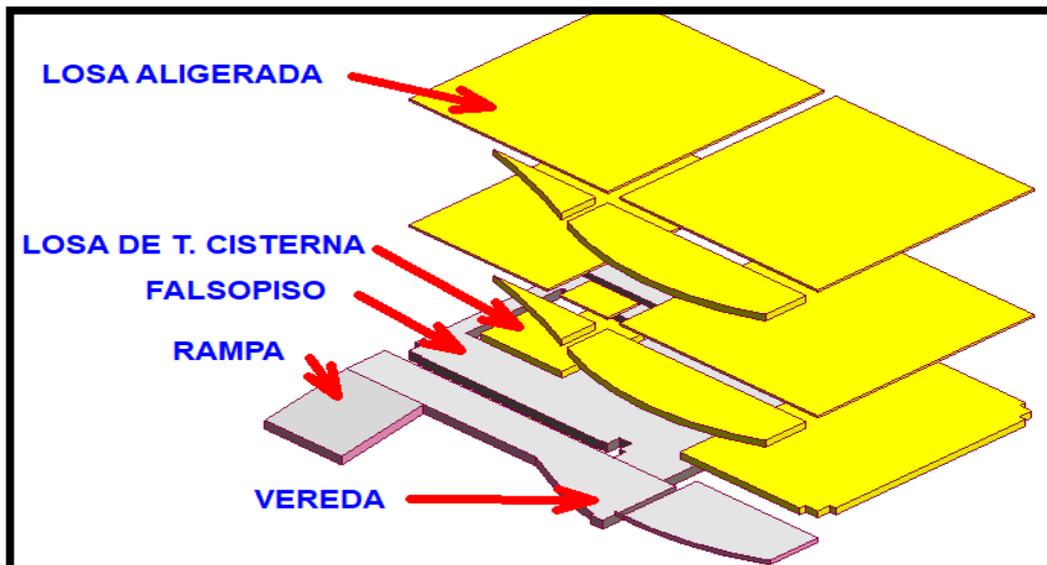
**Tabla 55.**

Codificación de elementos para losas.

CODIFICACIÓN EN LOSAS				
CÓD.	TIPO	NÚMERO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
FS	F	OO1	FALSO PISO	FSF001_LOSA_FALSO_PISO_e=.10m
FS	M	OO1	MACIZA/ALIGERADA	FSM001_LOSA_MACIZA_e=.15m
FS	R	OO1	RAMPA	FSR001_LOSA_RAMPA_e=.10m
FS	T	OO1	TANQUE/CISTERNA	FST001_LOSA_T_CISTERNA_e=.15m
FS	V	OO1	VEREDA	FSV001_LOSA_VEREDA_e=.10m

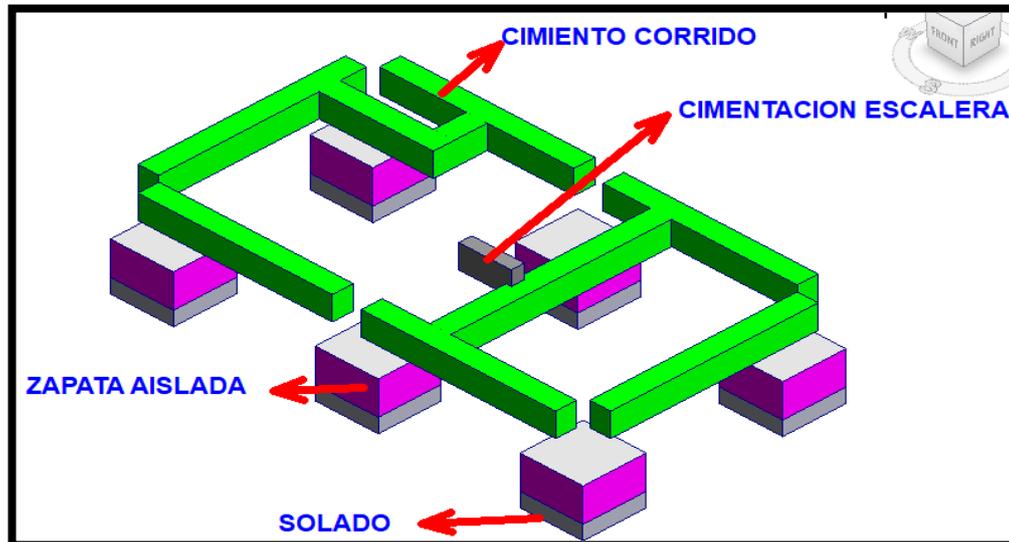
Figura 70.

Vista 3D - Tipos de elementos para losas.

**Tabla 56.**

Codificación de elementos para cimentación.

CODIFICACIÓN EN CIMENTACIÓN				
CÓD.	TIPO	NÚMERO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
SF	Z	OO1	ZAPATAS	SFZ001_ZAPATA_1.95x1.80m
SF	C	OO1	CIMIENTO	SFC001_CIMIENTO_.45x.60m
SF	E	OO1	CIMIENTO ESCALERA	SFE001_CIMIEN_T_ESCALERA_e=.55m
SF	S	OO1	SOLADO	SFS001_SOLADO_e=.10m

Figura 71.*Vista 3D - Tipos de elementos para cimentación.***c) Sub Proceso: Definición de los niveles estructurales**

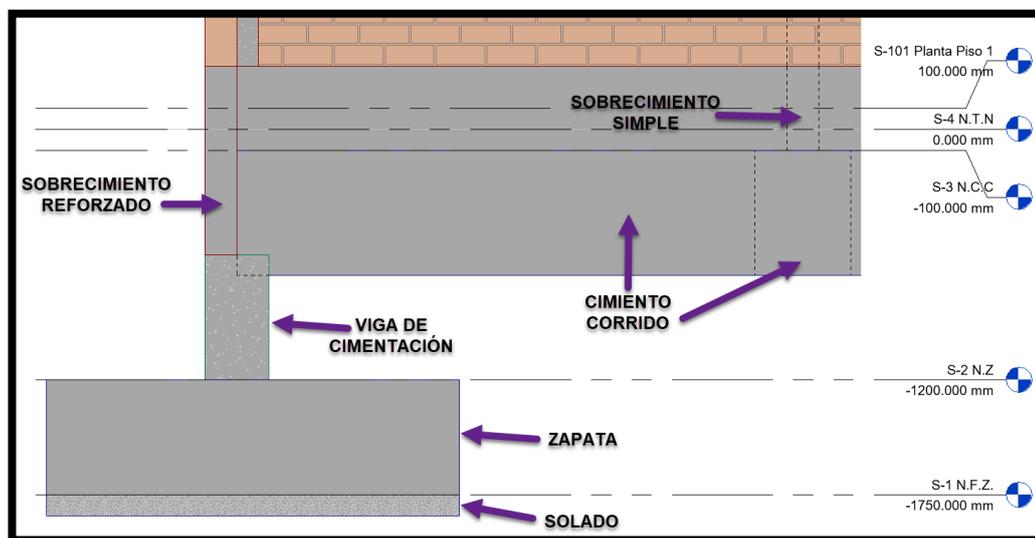
En Revit existe la posibilidad de crear una infinidad de niveles, sin embargo, se debe tener un adecuado control a partir del criterio de modelado; sin un apropiado estándar llenaremos de información innecesaria al proyecto. Por esa razón, se decide tomar la distribución que se muestra en la siguiente tabla, donde los niveles de trabajo para la especialidad de Estructuras cumplen la función de ser la referencia y restricción para la ubicación de todos los elementos estructurales.

Tabla 57.*Niveles de trabajo para el proyecto.*

ITEM	NOMBRE_NIVEL	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
S-1	N.F.Z.	-1.75	Nivel de Fondo de Zapata
S-2	N.Z.	-1.2	Nivel de Inicio de Zapata
S-3	N.V.C..	-0.1	Nivel Viga de Cimentación
S-4	N.T.N.	0	Nivel Terreno Natural
S-5	N.S.C.	0.3	Nivel Sobrecimiento
S-101	Planta Piso 1	0.1	Nivel 1° Falso Piso
S-102	Planta Piso 2	3.75	Nivel Losa Aligerada
S-103	Planta Piso 3	7.45	Nivel Losa Aligerada

Figura 72.

Vista en Elevación - Niveles del proyecto en Revit.



6.3.2.2. PROCESO 2: Elaboración de Plantillas Específicas

El proceso de elaboración de una plantilla personalizada para cada especialidad es primordial al iniciar un proyecto BIM. En la propuesta se define cuatro aspectos importantes de implementación para optimizar el flujo de trabajo en el modelo, como: una guía para el buen uso de Revit, desarrollar plantillas de vistas, gestionar parámetros compartidos y controlar las revisiones para entregables.

La plantilla generada de un primer proyecto se almacena en la base de datos de la empresa con el fin de utilizarse nuevamente, con un nivel de desarrollo mayor, en una futura edificación destinada a infraestructura educativa.

a) Sub Proceso: Manual guía para el buen uso de Revit

El desarrollo de un manual para el correcto uso del programa Revit mejora la productividad, se evita los problemas de modelado incorrecto de elementos por ende los retrabajos. En las siguientes figuras se presentan las buenas prácticas de modelado para los elementos estructurales en la etapa de ejecución y construcción.

Figura 73.

Formato para la Ubicación del Proyecto.

Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina, Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG

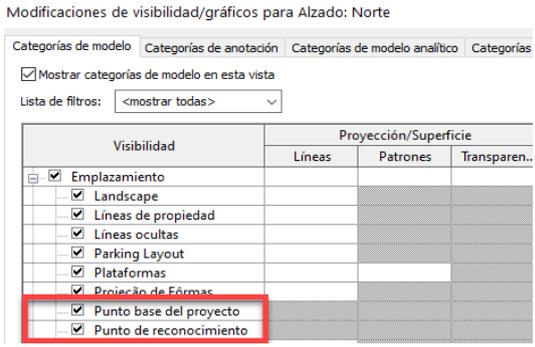
Ubicación del Proyecto

Punto Base del Proyecto: Define el origen de coordenadas del documento. Es el (0,0) del proyecto.

Punto de Reconocimiento: Representa un punto conocido en el mundo físico. Relaciona el proyecto con la realidad.

Activación y visualización:

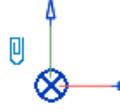
Por defecto, en la ventana de Modificaciones de Visibilidad/Gráficos (VV) aparecen desactivados. Están en la pestaña de categorías de modelo>Emplazamiento.



Consideraciones a Íconos:

Estos íconos no aumentan de tamaño al hacer zoom. Hay veces que es complicado seleccionarlos

P. Base del Proyecto:



P. de Reconocimiento:



Criterio de modelado:

Ambos íconos tienen un símbolo de un clip al seleccionarlos. Si pulsamos el clip podemos mover los puntos sin que muevan el resto del modelo. Si dejamos el clip fijo sin pulsar, al mover los puntos, todo el modelo se mueve manteniendo las distancias respecto a ellos.

Podemos seleccionar el punto base y modificar sus valores. Se previsualizan en azul los que podemos cambiar.

Coordenadas	
N/S (m)	8006247
E/O (m)	367353
Elevación (m)	538
Ángulo a norte real	146.17717601°

Project Base Point (1) Edit Type

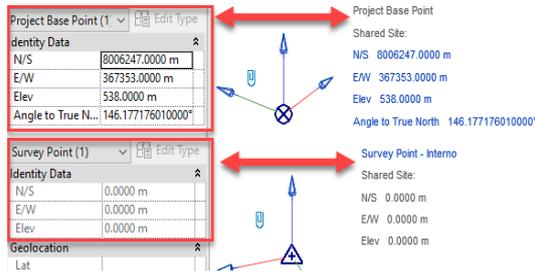
Identity Data

N/S 8006247.0000 m

E/W 367353.0000 m

Elev 538.0000 m

Angle to True N... 146.177176010000°



Survey Point (1) Edit Type

Identity Data

N/S 0.0000 m

E/W 0.0000 m

Elev 0.0000 m

Geolocation

Lat

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Nivel

Tipo: Extremo inicial 8 mm

Parámetro	Valor
Restricciones	Punto de reconocimiento

Observaciones:

Podemos referenciar los niveles del proyecto a cualquiera de los dos puntos. Para ello, seleccionamos el nivel en una sección o alzado, y en la ventana de propiedades, seleccionamos Editar tipo. Dentro del apartado Altura base, seleccionamos respecto a qué punto queremos la referencia.

Figura 74.

Formato para la Topografía del Proyecto.

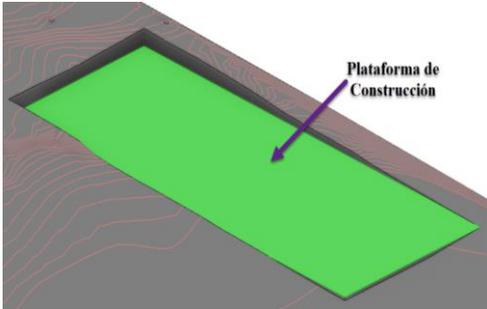
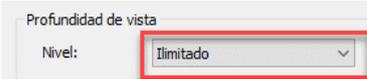
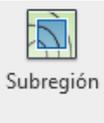
Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG			
Topografía			
<p>Modelado de la Topografía:</p> <p>Dentro de la pestaña Masa y Emplazamiento, se selecciona la herramienta Superficie Topográfica.</p> <p>Del archivo CAD importado para la topografía, se crea la superficie topográfica a partir del ejemplar de importación.</p>			
<p>Plataforma de construcción:</p> <p>Una plataforma de construcción es una solera y una adaptación del terreno. Puede ser excavación o relleno, se adapta a la topografía generada. Una vez generada podemos moverla, arrastrándola y siempre se adapta al terreno.</p> <p>Rellena o excava, según la topografía donde esté insertada. Puede desfasarse en altura respecto al nivel donde está dibujada. También podemos dibujarla inclinada si "Editamos contorno" y le añadimos una flecha de pendiente.</p>			
<p>Consideraciones de vista:</p> <p>En la ventana de propiedades seleccionar Subyacente>Ninguno, y en el Rango de vista>Profundidad de vista>Ilimitada. Todo ello con la finalidad de ver lo que dibujamos en todo momento y no seleccionar elementos de otros niveles.</p>			
<p>Componentes de emplazamiento y de aparcamiento:</p> <p>Elementos que podemos insertar en la topografía pueden ser: Vegetación, verjas (enrejados), elementos de aparcamiento, entre otros. Al cargarlo estarán dentro de la carpeta Emplazamiento.</p> <p>Se carga las familias en Revit para tenerlas disponibles en el proyecto. Para realizar esta operación, seleccionamos la pestaña Insertar>Cargar familia.</p>			
 <p>Dividir superficie</p>	 <p>Fusionar superficies</p>	 <p>Subregión</p>	 <p>Línea de propiedad</p>
<p>Al seleccionar entramos en el modo de dibujo. Se dibuja la línea que dividirá la superficie.</p>	<p>Seleccionamos esta herramienta y seguidamente con dos clics, uno en cada superficie a unir.</p>	<p>Se dibuja una región dentro de la topografía. Podemos arrastrar, mover o editarla posteriormente</p>	<p>Dentro de un terreno se puede delimitar una propiedad mediante líneas.</p>

Figura 75.

Formato para el Modelado de Columnas Estructurales.

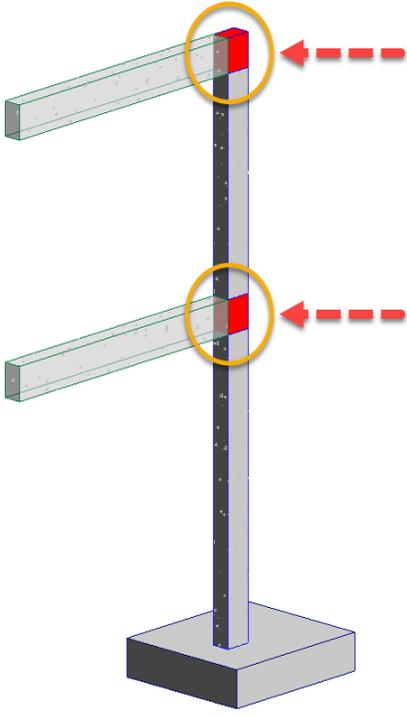
Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG																																			
Estructura																																			
<p>Categoría: Pilares Estructurales</p> <p>Elemento: Columna Rectangular</p> <p>Elección de modelado: Structural Column</p> <p>Familia: Cargable</p> <p>Codificación: SCC001_COL_RECTANGULAR_.30x.45m</p>	<p><u>Criterio de modelado:</u></p> <p>Se modela el elemento según la familia cargada en la plantilla. Asignamos los parámetros asociado a dicha familia. La intersección del nudo viga-columna, se emplea el script de Dynamo "Divide_Column" para dividir la columna en el nudo con la viga, es decir se modela el elemento vertical desde nivel de piso hasta fondo de viga y una pequeña columna que nace desde el fondo de viga hasta el nivel de losa.</p>																																		
	<p>Icono:  Comando: "CL"</p> <p><u>Parámetros:</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Construction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Frente</td><td></td></tr> <tr><td>Sector</td><td></td></tr> <tr><td>Nivel del Elemento</td><td></td></tr> <tr><td>Vaciado (H/V)</td><td></td></tr> <tr><td>Fecha de Vaceado</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Other</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Partida N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>N° Veces</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Construction		Frente		Sector		Nivel del Elemento		Vaciado (H/V)		Fecha de Vaceado		Other		Partida N° 1		Partida N° 2		Partida N° 3		Partida N° 4		Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4		N° Veces		Ubicación	
Construction																																			
Frente																																			
Sector																																			
Nivel del Elemento																																			
Vaciado (H/V)																																			
Fecha de Vaceado																																			
Other																																			
Partida N° 1																																			
Partida N° 2																																			
Partida N° 3																																			
Partida N° 4																																			
Unidad N° 1																																			
Unidad N° 2																																			
Unidad N° 3																																			
Unidad N° 4																																			
N° Veces																																			
Ubicación																																			
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>Todas las familias serán totalmente paramétricas. Todos los elementos tendrán el material asignado. Este criterio de modelado tiene como objetivo gestionar la data de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>																																			
<p><u>Principio de Modelado:</u></p> <p>Modelar como se construye, pensando en cómo se va a medir (facilitando al máximo dicha tarea). Seguir lo descrito en la Norma Técnica Peruana. Discretizar los modelos según secuencia constructiva.</p>																																			

Figura 76.

Formato para el Modelado de Vigas Estructurales.

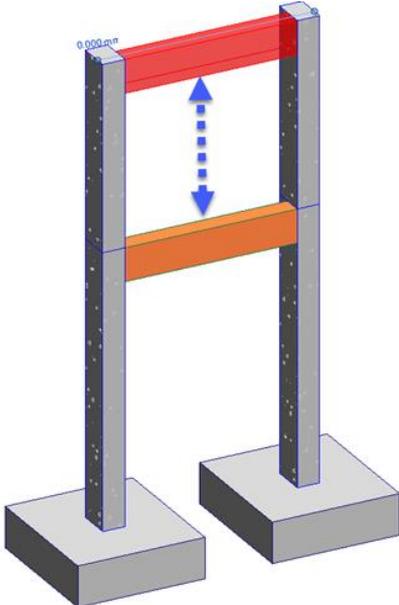
Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG																																			
Estructura																																			
<p>Categoría: Vigas Estructurales Elemento: Vigas Peraltadas Elección de modelado: Structural Framing Familia: Cargable Codificación: SGV001_VIGA_.30x.70m</p>	<p><u>Criterio de modelado:</u></p> <p>Se modela el elemento según la familia cargada en la plantilla. Generar el nivel al que estará asociado. Se modela el elemento desde la cara inicial hasta la cara final de las columnas, se puede hacer uso del comando "AE" para alinear la viga con las columnas. Finalmente utilizar el script de Dynamo "Divide_Viga" para hacer el corte de las vigas por tramos entre columnas.</p>																																		
	<p>Icono:  Comando: "SGV"</p> <p><u>Parámetros:</u> -</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2">Construction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Frente</td><td></td></tr> <tr><td>Sector</td><td></td></tr> <tr><td>Nivel del Elemento</td><td></td></tr> <tr><td>Vaciado (H/V)</td><td></td></tr> <tr><td>Fecha de Vaceado</td><td></td></tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2">Other</th> </tr> <tr><td>Partida N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>N° Veces</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Construction		Frente		Sector		Nivel del Elemento		Vaciado (H/V)		Fecha de Vaceado		Other		Partida N° 1		Partida N° 2		Partida N° 3		Partida N° 4		Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4		N° Veces		Ubicación	
Construction																																			
Frente																																			
Sector																																			
Nivel del Elemento																																			
Vaciado (H/V)																																			
Fecha de Vaceado																																			
Other																																			
Partida N° 1																																			
Partida N° 2																																			
Partida N° 3																																			
Partida N° 4																																			
Unidad N° 1																																			
Unidad N° 2																																			
Unidad N° 3																																			
Unidad N° 4																																			
N° Veces																																			
Ubicación																																			
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>Todas las familias serán totalmente paramétricas. Todos los elementos tendrán el material asignado. Este criterio de modelado tiene como objetivo gestionar la data de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>																																			
<p><u>Principio de Modelado:</u></p> <p>Modelar como se construye, pensando en cómo se va a medir (facilitando al máximo dicha tarea). Seguir lo descrito en la Norma Técnica Peruana. Discretizar los modelos según secuencia constructiva.</p>																																			

Figura 77.

Formato para el Modelado de Zapatas de Cimentación.

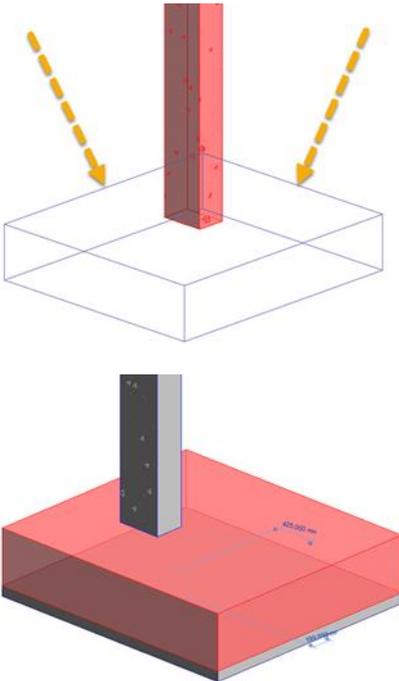
Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG																																			
Estructura																																			
<p>Categoría: Fundación Estructural</p> <p>Elemento: Zapata Rectangular</p> <p>Elección de modelado: Isolated Footings</p> <p>Familia: Cargable</p> <p>Codificación: SFZ001_ZAPATA_2.3x.2.6m</p>	<p><u>Criterio de modelado:</u></p> <p>Se modela el elemento según la familia cargada en la plantilla. Generar un nuevo nivel donde insertar la cimentación. Se tiene como alternativa usar el ícono "At Columns" para colocar la zapata bajo los pilares, permitido sólo en la vista 3D. De igual forma, para modelar de forma inmediata y eficaz se usa la herramienta de "Slab" que permite dibujar la geometría del elemento.</p>																																		
	<p>Icono:  Comando: "SFZ"</p> <p><u>Parámetros:</u> -</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">Construction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Frete</td><td></td></tr> <tr><td>Sector</td><td></td></tr> <tr><td>Nivel del Elemento</td><td></td></tr> <tr><td>Vaciado (H/V)</td><td></td></tr> <tr><td>Fecha de Vaceado</td><td></td></tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">Other</th> </tr> <tr><td>Partida N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>N° Veces</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Construction		Frete		Sector		Nivel del Elemento		Vaciado (H/V)		Fecha de Vaceado		Other		Partida N° 1		Partida N° 2		Partida N° 3		Partida N° 4		Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4		N° Veces		Ubicación	
Construction																																			
Frete																																			
Sector																																			
Nivel del Elemento																																			
Vaciado (H/V)																																			
Fecha de Vaceado																																			
Other																																			
Partida N° 1																																			
Partida N° 2																																			
Partida N° 3																																			
Partida N° 4																																			
Unidad N° 1																																			
Unidad N° 2																																			
Unidad N° 3																																			
Unidad N° 4																																			
N° Veces																																			
Ubicación																																			
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>Todas las familias serán totalmente paramétricas. Todos los elementos tendrán el material asignado. Este criterio de modelado tiene como objetivo gestionar la data de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>																																			
<p><u>Principio de Modelado:</u></p> <p>Modelar como se construye, pensando en cómo se va a medir (facilitando al máximo dicha tarea). Seguir lo descrito en la Norma Técnica Peruana. Discretizar los modelos según secuencia constructiva.</p>																																			

Figura 78.

Formato para el Modelado de Solados de Cimentación.

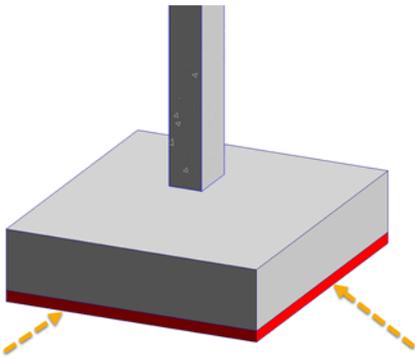
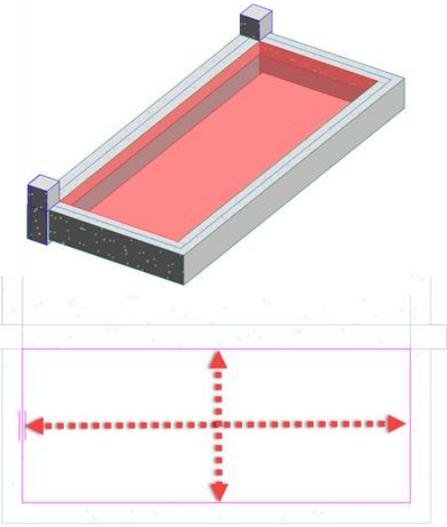
Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG																																			
Estructura																																			
<p>Categoría: Fundación Estructural</p> <p>Elemento: Losa de fundación</p> <p>Elección de modelado: Slab</p> <p>Familia: Del sistema</p> <p>Codificación: SFS001_SOLADO_0.10m</p>	<p><u>Criterio de modelado:</u></p> <p>Se modela el elemento según la familia propia del sistema. Generar un nuevo nivel donde insertar la losa de fundación. Si la fundación presenta una geometría irregular, mediante la herramienta "Pick lines" se dará la forma respectiva. Se propone el uso del script de dynamo "Crea_Solera" que permite crear un solado en la parte inferior de la zapata y de las vigas de cimentación de acuerdo a su geometría plana.</p>																																		
<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">  Structural Foundation: Slab </div>  	<p>Icono:   Comando: SFS"</p> <p><u>Parámetros:</u> -</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2">Construction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Frete</td><td></td></tr> <tr><td>Sector</td><td></td></tr> <tr><td>Nivel del Elemento</td><td></td></tr> <tr><td>Vaciado (H/V)</td><td></td></tr> <tr><td>Fecha de Vaceado</td><td></td></tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2">Other</th> </tr> <tr><td>Partida N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>N° Veces</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Construction		Frete		Sector		Nivel del Elemento		Vaciado (H/V)		Fecha de Vaceado		Other		Partida N° 1		Partida N° 2		Partida N° 3		Partida N° 4		Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4		N° Veces		Ubicación	
Construction																																			
Frete																																			
Sector																																			
Nivel del Elemento																																			
Vaciado (H/V)																																			
Fecha de Vaceado																																			
Other																																			
Partida N° 1																																			
Partida N° 2																																			
Partida N° 3																																			
Partida N° 4																																			
Unidad N° 1																																			
Unidad N° 2																																			
Unidad N° 3																																			
Unidad N° 4																																			
N° Veces																																			
Ubicación																																			
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>Si el diseñador establece que las losas de cimentación tendrán algún tipo de juntas, se discretizará la losa. Todas las familias serán totalmente paramétricas. Todos los elementos tendrán el material asignado. Este criterio de modelado tiene como objetivo gestionar la data de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>																																			
<p><u>Principio de Modelado:</u></p> <p>Modelar como se construye, pensando en cómo se va a medir (facilitando al máximo dicha tarea). Seguir lo descrito en la Norma Técnica Peruana. Discretizar los modelos según secuencia constructiva.</p>																																			

Figura 79.

Formato para el Modelado de Suelos Estructurales.

Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNJBG																																			
Estructura																																			
<p>Categoría: Suelo Estructural Elemento: Losa Aligerada Elección de modelado: Floor Structural Familia: Del Sistema Codificación: FSM001_LOSA_ALIGERADA_e=0.25m</p>	<p><u>Criterio de modelado:</u></p> <p>Se modela el elemento según la familia propia del sistema. Se dibuja la geometría interior a vigas, columnas y placas. Si la losa presenta una geometría irregular, mediante la herramienta "Pick lines" se dará la forma respectiva. Se hace uso del script de Dynamo "Crea_Losa" para el modelado y la forma nace a partir de los elementos que sirven de apoyo al suelo estructural.</p>																																		
<p style="text-align: center;"> Floor: Structural</p> 	<p>Icono:   Comando: "SB"</p> <p><u>Parámetros:</u> -</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">Construction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Frente</td><td></td></tr> <tr><td>Sector</td><td></td></tr> <tr><td>Nivel del Elemento</td><td></td></tr> <tr><td>Vaciado (H/V)</td><td></td></tr> <tr><td>Fecha de Vaceado</td><td></td></tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">Other</th> </tr> <tr><td>Partida N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Partida N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 1</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 2</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 3</td><td></td></tr> <tr><td>Unidad N° 4</td><td></td></tr> <tr><td>N° Veces</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Construction		Frente		Sector		Nivel del Elemento		Vaciado (H/V)		Fecha de Vaceado		Other		Partida N° 1		Partida N° 2		Partida N° 3		Partida N° 4		Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4		N° Veces		Ubicación	
Construction																																			
Frente																																			
Sector																																			
Nivel del Elemento																																			
Vaciado (H/V)																																			
Fecha de Vaceado																																			
Other																																			
Partida N° 1																																			
Partida N° 2																																			
Partida N° 3																																			
Partida N° 4																																			
Unidad N° 1																																			
Unidad N° 2																																			
Unidad N° 3																																			
Unidad N° 4																																			
N° Veces																																			
Ubicación																																			
<p><u>Observaciones:</u></p> <p>Si el diseñador establece que las losas aligeradas tendrán algún tipo de juntas, se discretizará la losa. Todas las familias serán totalmente paramétricas. Todos los elementos tendrán el material asignado. Este criterio de modelado tiene como objetivo gestionar la data de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>																																			
<p><u>Principio de Modelado:</u></p> <p>Modelar como se construye, pensando en cómo se va a medir (facilitando al máximo dicha tarea). Seguir lo descrito en la Norma Técnica Peruana. Discretizar los modelos según secuencia constructiva.</p>																																			

b) Sub Proceso: Desarrollo de Plantillas de Vistas por Especialidad

El desarrollo de una plantilla de vista es fundamental para agilizar el flujo de trabajo en el modelado. Para el proyecto de investigación se plantea la optimización en la productividad con el uso plantillas de vistas personalizadas en la especialidad de Arquitectura y Estructuras, mejorando la presentación y garantizando la coherencia entre los documentos de construcción para las plantas, cortes y elevaciones. Al realizar la estandarización de las vistas, se puede insertar la configuración de la plantilla automáticamente a los nuevos pabellones y de igual forma en futuros proyectos de infraestructura educativa.

En la siguiente tabla, se presenta las plantillas de vista de acuerdo a la especialidad de Arquitectura y Estructuras. A continuación, se emplean vistas de trabajo desarrolladas en el modelo de Revit que serán de ejemplo para incorporar las plantillas ya configuradas con anterioridad.

Tabla 58.

Base de Datos para Plantillas de Vistas.

PLANTILLAS DE VISTAS		
ESPECIALIDAD	VISTAS DE TRABAJO	NOMBRE DE PLANTILLA
Arquitectura	Planta 1, 2, etc.	ARQ_Planta Nivel Típico
Arquitectura	Planta Techos	ARQ_Planta Techo
Arquitectura	Planta Muros	ARQ_Plano de Muros
Arquitectura	Planta Solera	ARQ_Solera
Arquitectura	Planta Pisos	ARQ_Pisos Acabados
Arquitectura	Elevación	ARQ_Elevación
Estructuras	Nivel Zapata	EST_Planta_Cimentación
Estructuras	Piso 1, 2, etc.	EST_Planta Encofrados
Estructuras	Piso Azotea	EST_Planta Azotea
Estructuras	Secciones	EST_Detalle_S_Cimentación
Estructuras	Sección Viga	EST_Detalle_S_Viga
Estructuras	Sección Columna	EST_Detalle_S_Columna
Estructuras	Sección Long.	EST_Detalle_S_Long.

Figura 80.

Configuración de Plantillas de Vistas en Revit.

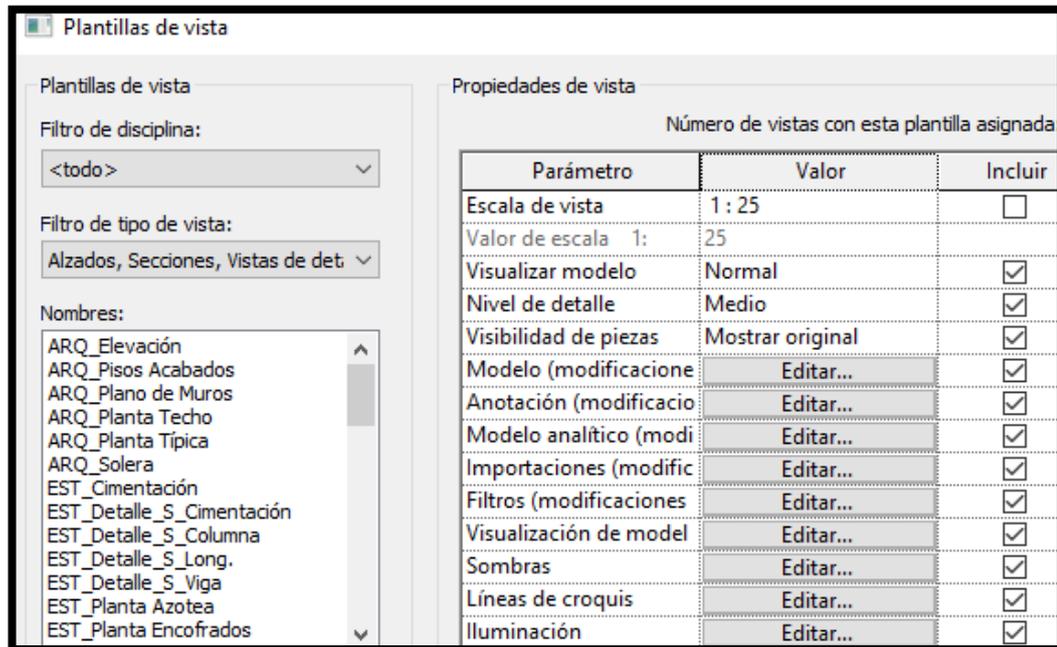


Figura 81.

Plantilla de Vista para Arquitectura en Planta Típica.

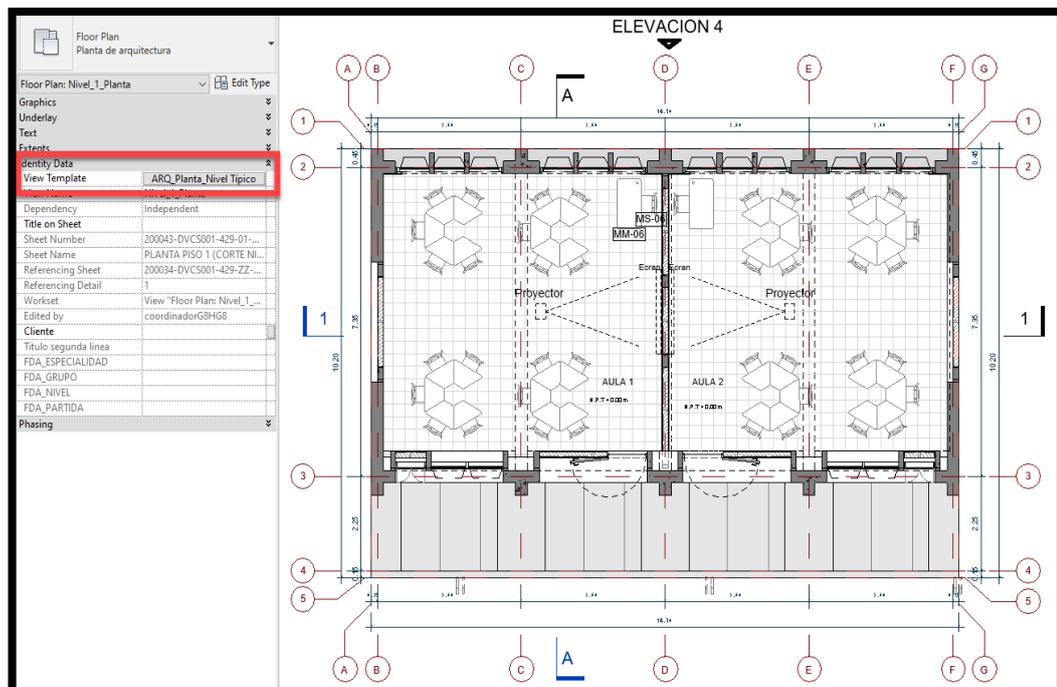


Figura 82.

Plantilla de Vista para Estructuras en Cimentación.

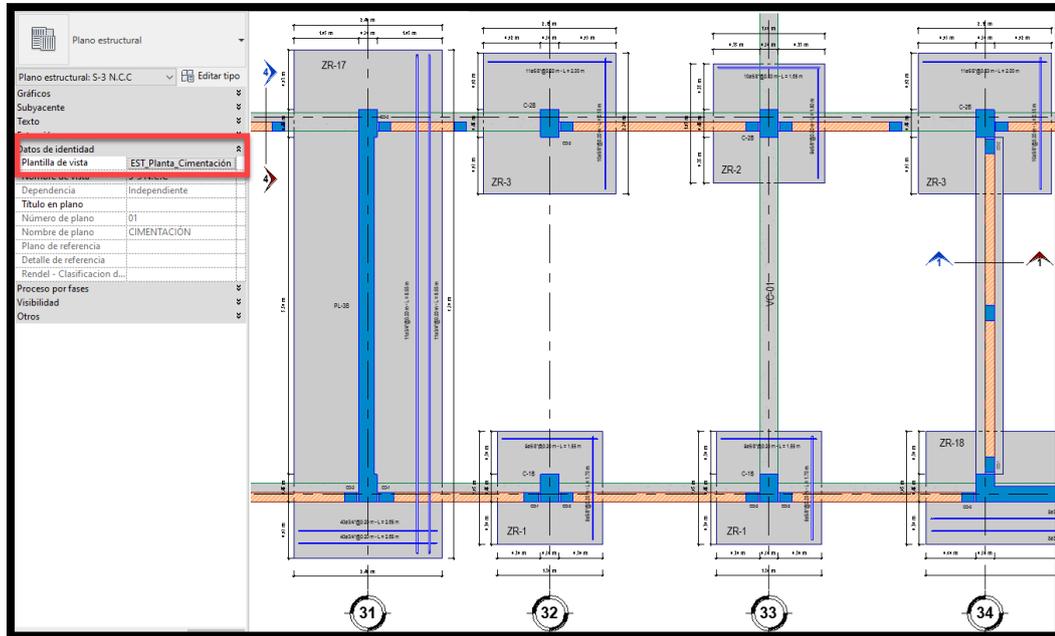
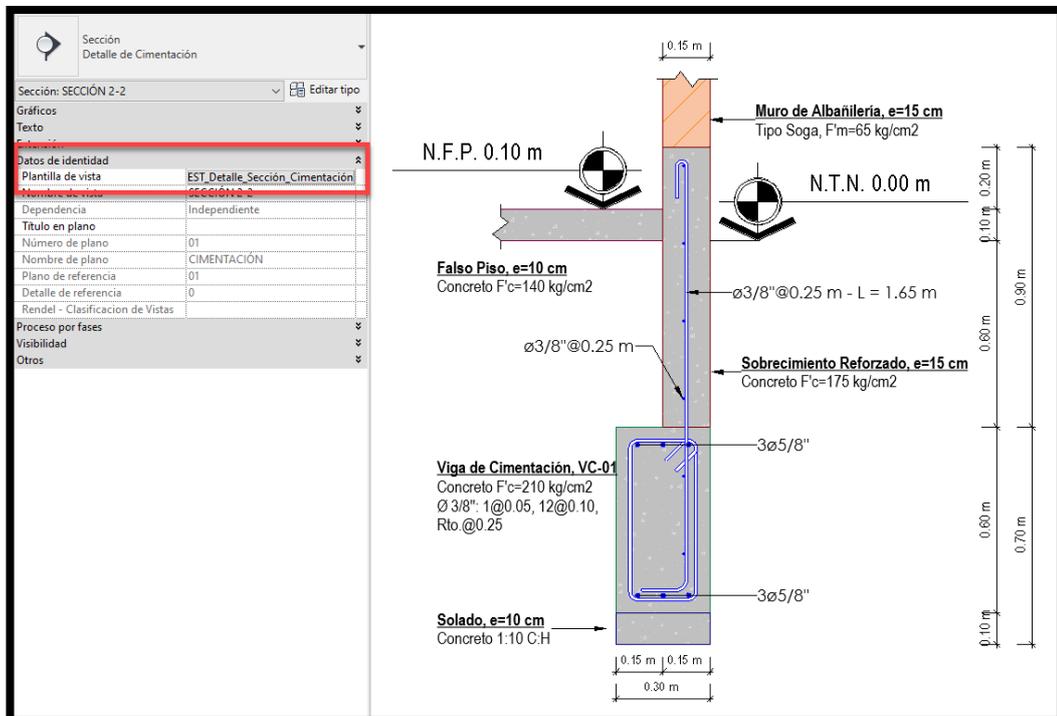


Figura 83.

Plantilla de Vista para Secciones Estructurales.



c) Sub Proceso: Gestión de Parámetros Compartidos

En el BIM, la sigla “I” de información define una gran cantidad de data que se almacena dentro del modelo tridimensional y para la gestión efectiva de la información se emplean parámetros del proyecto.

Los parámetros compartidos que se presentan en la siguiente tabla, tienen el objetivo de filtrar la información de los elementos en el modelo de acuerdo a las categorías para la especialidad de Estructuras, además de emplear la data para la etapa de construcción. Dichos parámetros se administran a través de un “Block de Notas” y pueden ser transferidos a cualquier modelo en Revit.

Tabla 59.

Parámetros Compartidos para el Proyecto.

PARÁMETROS COMPARTIDOS DEL PROYECTO				
NOMBRE	DISCIPLINA	TIPO	GRUPO	CATEGORÍAS
Frente	Común	Texto	Construcción	Aberturas de agujero
Sector	Común	Texto	Construcción	Armadura estructural
Nivel de Elemento	Común	Texto	Construcción	Armazón estructural
Vaciado (H/V)	Común	Texto	Construcción	Cimentación estructural
Fecha de Vaciado	Común	Texto	Construcción	Conexiones estructurales
Fecha de Encofrado	Común	Texto	Construcción	Contrafuertes estructurales
Junta Frente	Común	Texto	Construcción	Cubiertas
Para Uso en	Común	Texto	Construcción	Escaleras
Responsable	Común	Texto	Construcción	Forma de armadura
Partida N° 1	Común	Texto	Otros	Modelos genéricos
Partida N° 2	Común	Texto	Otros	Montajes
Partida N° 3	Común	Texto	Otros	Muros
Partida N° 4	Común	Texto	Otros	Piezas
Unidad N° 1	Común	Texto	Otros	Pilares estructurales
Unidad N° 2	Común	Texto	Otros	Rampas
Unidad N° 3	Común	Texto	Otros	Refuerzo de área estructural
Unidad N° 4	Común	Texto	Otros	Refuerzo estructural por camino
Ubicación	Común	Texto	Otros	Sistemas de vigas estructurales
Cant. Estribos	Común	Texto	Otros	Suelos
Peso Nominal	Común	Número	Datos de identidad	Vigas de celosía estructurales
Observaciones	Común	Texto	Datos de identidad	
Elemento	Común	Texto	Texto	Áreas de mallazo estructural
Área Encofrado	Común	Área	Cotas	

Tabla 60.

Definiciones y Usos para los Parámetros del Proyecto.

USOS DE PARÁMETROS DEL PROYECTO			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO	COD.
Frente	En proyectos extensos, este parámetro es útil para diferenciar cada torre o módulo por un código a definir junto al equipo del proyecto. Diferenciar los metrados, controlar el avance y realizar la programación de obra de cada "Frente".	Módulo 1	MOD_1
Sector	En orden de jerarquía a nivel de WBS de un proyecto, le sigue definir la cantidad de sectores de cada "Frente".	Sector 1	S_1
Nivel de Elemento	Cada "Frente" del proyecto dispone de una estructura con una cierta cantidad de niveles o pisos. Con este parámetro se ordena y clasifica el modelo 3D por niveles.	Piso 1	Nivel 1
Vaciado (H/V)	Desde el sentido operativo en el vaciado de concreto de elementos estructurales, se divide en dos tipos: Horizontal (H) y Vertical (V).	Horizontal	H
Fecha de Vaciado Fecha de Encofrado	Estos parámetros se crean para reflejar la fecha real (o programada) en que fue (o será) vaciado/encofrado un elemento estructural.	10 de mayo del 2021	10_05_21
Junta Frente	Al encontrarse una cimentación (Zapatas) entre dos "Frentes", se debe insertar la letra "J" y de esta forma al correr el script de "Soleras" sea considerado para su modelado.	Junta	J
Para Uso en	Para realizar el filtro de los solados, se considera un parámetro de "Uso", que nos permite separar tanto los elementos de vigas de cimentación y de zapatas en las tablas de planificación. Se puede aplicar también para falsos pisos y su respectiva área de uso.	Uso en Zapatas	Zapatas
Elemento	Se coloca la nomenclatura del elemento a modelar, para posteriormente ser utilizado en la documentación, cuantificación y filtro para el script de Dynamo en "Divide_Columnas_Por Nivel".	Viga Principal-101	VP-101

d) Sub Proceso: Control de Revisiones para Entregables

El desarrollo de la información para las láminas (sheets/planos), se empieza a partir de un Excel que almacena y controla toda la data, como bien podría ser la codificación, nombre del plano, uso de los ambientes, escalas y revisiones.

Posteriormente, mediante el uso del Dynamo, la información que se

almacena en el Excel se vincula directamente con los planos en Revit, permitiendo de esta forma agregar o actualizar más información cuando se requiera y presentar la visualización de las láminas de manera bidireccional y automatizada.

Tabla 61.

Gestión de información en Láminas.

GESTIÓN DE INFORMACIÓN EN LÁMINAS				
CODIFICACIÓN	NOMBRE DEL PLANO	AMBIENTE	ESC.	REV.
200073-DVCS001-444-XX-DR-AR-000000	Índice de Láminas	-	"-"	R00
200073-DVCS001-444-XX-DR-AR-000002	Memoria Descriptiva	-	"-"	R00
200073-DVCS001-444-01-DR-AR-000201	Planta Nivel 1 (Corte Niv. +1.20m)	Lab. + Aulas +Almacén	"1:50"	R01
200073-DVCS001-444-02-DR-AR-000206	Planta Nivel 2 (Corte Niv. +4.90m)	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R01
200073-DVCS001-444-RL-DR-AR-000226	Planta de Techo	-	"1:50"	R01
200073-DVCS001-444-01-DR-AR-000231	Planta de Señalética Nivel 1	Lab. + Aulas +Almacén	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-02-DR-AR-000232	Planta de Señalética Nivel 2	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-01-DR-AR-000246	Planta Muros y Tabiques Nivel 1	Lab. + Aulas +Almacén	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-02-DR-AR-000247	Planta Muros y Tabiques Nivel 2	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-01-DR-AR-000251	Planta Pavimentos Nivel 1	Lab. + Aulas +Almacén	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-02-DR-AR-000252	Planta Pavimentos Nivel 2	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-01-DR-AR-000256	Planta Mobiliario Nivel 1	Lab. + Aulas +Almacén	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-02-DR-AR-000257	Planta Mobiliario Nivel 2	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-ZZ-DR-AR-000302	Secciones A - B	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-ZZ-DR-AR-000306	Secciones 1 - 2	Laboratorio de Cirugía + Aulas	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-ZZ-DR-AR-000313	Elevaciones 1 - 2	-	"1:50"	R00
200073-DVCS001-444-XX-DR-AR-000501	Detalles Típicos Generales	-	"INDIC."	R00
200073-DVCS001-444-XX-DR-AR-000601	Cuadros de Vanos y Acabados	-	"-"	R01

Figura 84.

Configuración de Revisiones para Entregables.

Sequence	Numbering	Date	Description	Issued	Issued to	Issued by	Show
1	Numeric	30/07/21	ENTREGA 1: FINAL PARA REVISIÓN	<input type="checkbox"/>	EC	D/GC	Cloud and Tag
2	Numeric	08/09/21	ENTREGA 2: FINAL PARA REVISIÓN	<input type="checkbox"/>	EC	D/GC	Cloud and Tag
3	Numeric	15/10/21	ENTREGA 3: FINAL PARA REVISIÓN	<input type="checkbox"/>	EC	D/GC	Cloud and Tag
4	Numeric	28/11/21	ENTREGA 4: FINAL PARA REVISIÓN	<input type="checkbox"/>	EC	D/GC	Cloud and Tag

6.3.2.3. PROCESO 3: Procedimientos en la Redacción del BEP

El presente documento representa el Plan de Ejecución o BEP por sus siglas en inglés (BIM Execution Plan), la finalidad de este documento es definir y documentar los procesos BIM a ejecutarse en el proyecto que van de la mano con el TDR. Este documento describirá, explicará y definirá una serie de conceptos y procedimientos para que la metodología BIM utilizada sea la más eficiente. Además, define las bases, reglas y normas internas del proyecto para que se mantenga un flujo de trabajo y coordinación óptima entre todos los involucrados.

1. Alcance

El presente Plan de Ejecución BIM tiene como alcance la visualización, compatibilización, extracción de metrados y documentación del proyecto para la fase de Construcción.

2. Histórico de Revisiones

Tabla 62.

Histórico de Revisiones.

VERSIÓN	FECHA	RESPONSABLE	MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN
1.0	13/06/2021	Jeanleo Condori Atencio	Publicación Primera Versión
-	-	-	-
-	-	-	-

3. El Proyecto

3.1. Datos de Identificación

Tabla 63.

Datos de Identificación del Proyecto.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN	
Nombre del Proyecto	MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS - UNJBG
Dirección	DISTRITO: TACNA / PROVINCIA: TACNA / REGIÓN: TACNA
Fecha de comienzo	27/06/2021
Fecha final	29/06/2021
Descripción del Proyecto	Infraestructura Educativa Auditorio, Oficinas Administrativas, Aulas, Laboratorios y Cafetería.

3.2. Hitos del Proyecto

Figura 85.

Hitos del Proyecto.

N°	HITO	ENTREGABLE	FECHA INICIO	FECHA ENTREGA
1	Inicio del Servicio		28/05/2021	29/05/2021
1.1		Plan de Ejecución BIM	30/05/2021	03/06/2021
2	Implementación de Plataforma de Entorno Común de Datos			
2.1		Creación de Cuentas BIM360 DOCS	03/06/2021	03/06/2021
3	Arquitectura, Estructuras e Instalaciones Compatibilizadas		04/06/2021	17/06/2021
2.1		Modelado de Estructuras	04/06/2021	07/06/2021
2.2		Modelado de Arquitectura	07/06/2021	11/06/2021
2.3		Modelado de Instalaciones Sanitarias	11/06/2021	14/06/2021
2.4		Modelado de Instalaciones Eléctricas	11/06/2021	14/06/2021
2.5		Coordinación y Compatibilización de Arq. y Est.	11/06/2021	14/06/2021
2.6		Coordinación y Compatibilización de Arq. Est. e Instalaciones	14/06/2021	17/06/2021
3	Extracción de Información y Documentación		18/06/2021	24/06/2021
3.1		Metrados de Arq, Est. e Instalaciones	18/06/2021	20/06/2021
3.2		Planos de Arq, Est. e Instalaciones	20/06/2021	24/06/2021
4	Proyecto Compatibilizado		25/06/2021	30/06/2021
4.1		Modelos de Arquitectura, Estructuras e Instalaciones	25/06/2021	30/06/2021
5	Sesiones ICE		30/05/2021	27/06/2021
5.1		01 sesión ICE x Semana	30/05/2021	27/06/2021

3.3. Objetivos y Colaboración del Contratista

Objetivos Generales:

- Garantizar la adecuada ejecución del proyecto utilizando los recursos de la forma más eficiente incorporando procesos, metodologías y tecnologías de información durante el ciclo de ejecución del proyecto.
- Generar estándares y protocolos que articulen a todos los involucrados en el proyecto de forma homogénea.
- Implementar una plataforma colaborativa BIM, para la gestión de información y ejecución de todo el proyecto.
- Reducir costos y plazos durante el ciclo de vida del proyecto.
- Aumentar la trazabilidad y transparencia en la gestión de datos del proyecto.

Objetivos del contratista:

- Definir niveles de desarrollo del proyecto en sus distintas especialidades.
- Definir y armar plantillas por cada especialidad.
- Generar los protocolos BIM específicos entre especialidades.
- Definir criterios para la solución de interferencias entre especialidades con los actores correspondientes.
- Definir plataforma para generar las revisiones internas, como se recibe la información, como se manejará y el medio en que se enviará la información al cliente.
- Definir protocolos de información entre empresas subcontratistas.

4. Estrategia de Entrega de Información

4.1. Usos BIM

Se presentan un listado de usos BIM como estándar global los cuales se mencionan los requeridos para el proyecto.

Tabla 64.*Usos BIM del Proyecto.*

USO	DESCRIPCIÓN	FASE DE DISEÑO	
		¿APLICA?	RESPONSABLE
Control y planificación 3D	Es un proceso que utiliza un modelo 3D para diseñar las diferentes partes del proyecto, permitiendo generar planos, cortes y elevaciones. Estos planos pueden ser elementos 2D como 3D.	SI	Jeanleo Condori
Coordinación 3D	Es un proceso en el que se utiliza un software de detección de interferencias durante el proceso de coordinación.	SI	Jeanleo Condori
Obtención documentación 2D	Generación de planos con observaciones y detalles antes y durante la ejecución.	SI	Jeanleo Condori
Obtención de mediciones	Generación y cuantificación de metrados a partir de elementos modelados.	SI	Jeanleo Condori
Estimación de costos	Un proceso en el que se puede usar un modelo BIM para generar una estimación de cantidad y un cálculo de costos precisos en una etapa temprana y evitar sobrecostos presupuestarios.	SI	Jeanleo Condori
Planificación 4D	Es un proceso en el que se utiliza un modelo 3D (con la dimensión de tiempo tradicional) para planificar eficazmente las fases de la ocupación gradual o para mostrar la secuencia constructiva y los requisitos de los espacios.	SI	Jeanleo Condori

4.2. Entregables BIM

Estos entregables están pensados en la metodología BIM y la presentación de los modelos que van de la mano con el TDR.

Tabla 65.*Listado de entregables BIM.*

CÓDIGO Y NOMBRE ENTREGABLE	FASE DE PROYECTO	FECHA DE ENTREGA	RESPONSABLE DE LA ENTREGA	FORMATO DE ENTREGA	MÉTODO DE ENTREGA
Plan de Ejecución BIM	Diseño	03/06/21	Jeanleo Condori Atencio	.pdf	BIM 360
Modelos Estructuras	Diseño	07/06/21	Equipo Estructuras	.rvt	BIM 360
Modelos de Arquitectura	Diseño	11/06/21	Equipo de Arquitectura	.rvt	BIM 360
Modelos Compatibilizados EST vs ARQ	Diseño	14/06/21	Equipo de Estructuras y Arquitectura	.rvt .nwd	BIM 360
Metrados	Diseño	20/06/21	Equipo de modelado	.rvt .xlsx	BIM 360
Planos	Diseño	24/06/21	Equipo de modelado	.rvt .pdf. dwg	BIM 360

4.3. Niveles de Desarrollo y de Información LOD-LOI

El nivel de desarrollo de los elementos incluidos en el modelo, así como la información se basa en la matriz de responsabilidad del diseño. La precisión gráfica y el contenido de información de cada elemento del modelo vendrán definidos por su LOD siguiendo los criterios generales de la siguiente tabla:

Tabla 66.

Nivel de Desarrollo e Información.

LOD	CARACTERÍSTICAS DE CADA NIVEL DE DEFINICIÓN
LOD 100	Conceptual: Representación simple de la reserva de la ocupación del espacio de un objeto con el detalle mínimo para ser identificable. La representación es tridimensional y de color poco esmerado.
LOD 200	Genérico: Un modelo genérico suficientemente modelado para identificar el tipo y los componentes. Las dimensiones pueden ser aproximadas.
LOD 300	Específico: Un objeto específico suficientemente modelado para identificar materiales de tipos y componentes, con las dimensiones exactas. Adecuado para producción, o pre-construcción, es decir, con un diseño cerrado. Adecuado para la adquisición y análisis de costes.
LOD 350	Para construcción: Un objeto suficientemente detallado, preciso y concreto según requisitos de construcción y que incluye la geometría y datos para la subcontratación del especialista. Ha de incluir todos los subcomponentes necesarios adecuados para permitir la construcción.
LOD 500	Modelo "As built". Un modelo que representa de forma precisa el objeto construido con cualquier irregularidad de construcción o deficiencia modelado

Se indica una matriz de elementos, indicando claramente el nivel de modelado por fases, que a continuación se detalla en el siguiente cuadro:

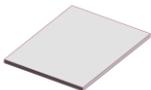
Tabla 67.

Matriz de elementos LOD.

DISCIPLINA	ELEMENTOS	ANTEPROYECTO	PROYECTO
		LOD	LOD
ESTRUCTURAS	Cimentaciones	200	350
	Placas	200	350
	Muros	200	350
	Columnas	200	350
	Vigas	200	350
	Losas	200	350
ARQUITECTURA	Tabiques	200	350
	Pisos	200	350
	Contrapisos	200	350
	Cielo raso	200	350
	Puertas	200	350
	Ventanas	200	350

Figura 86.

Matriz de LOD para elementos estructurales.

COLUMNA DE CONCRETO	
Se considera:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se modelarán en base a niveles de estructuras. - Nomenclatura según cuadro de codificaciones. 	
Anteproyecto (LOD 200)	Entregable (LOD 350)
1. Medidas aproximadas. 2. Nomenclaturas referenciales. 3. Sin anotaciones en planos.	 1. Medidas exactas. 2. Nomenclaturas según cuadro de codificaciones. 3. Con anotaciones de dimensiones en planos.
Características de Parámetros:	
Nivel	Parámetro adicionado
Frente	Parámetro adicionado
Ubicación	Parámetro adicionado
Volumen	Parámetro propio de Revit
VIGA DE CONCRETO	
Se considera:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se modelarán en base a niveles de estructuras. - Nomenclatura según cuadro de codificaciones. 	
Anteproyecto (LOD 200)	Entregable (LOD 350)
1. Medidas aproximadas. 2. Nomenclaturas referenciales. 3. Sin anotaciones en planos.	 1. Medidas exactas. 2. Nomenclaturas según cuadro de codificaciones. 3. Con anotaciones de dimensiones en planos.
Características de Parámetros:	
Nivel	Parámetro adicionado
Frente	Parámetro adicionado
Ubicación	Parámetro adicionado
Volumen	Parámetro propio de Revit
LOSA DE CONCRETO	
Se considera:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se modelarán en base a niveles de estructuras. - Nomenclatura según cuadro de codificaciones. 	
Anteproyecto (LOD 200)	Entregable (LOD 350)
1. Medidas aproximadas. 2. Nomenclaturas referenciales. 3. Sin anotaciones en planos.	 1. Medidas exactas. 2. Nomenclaturas según cuadro de codificaciones. 3. Con anotaciones de dimensiones en planos.
Características de Parámetros:	
Nivel	Parámetro adicionado
Frente	Parámetro adicionado
Ubicación	Parámetro adicionado
Volumen	Parámetro propio de Revit

4.4. Estructura de Datos

Se utilizará la siguiente nomenclatura para las diferentes disciplinas del proyecto:

Tabla 68.

Estructura de datos ficheros por disciplinas.

CÓDIGO DE PROYECTO	ZONA	DISCIPLINA	CÓDIGO DE DISCIPLINA	NOMENCLATURA
IES	TACNA	SITIOS	EM	IES-TACNA-EM
IES	TACNA	ARQUITECTURA	AR	IES-TACNA-AR
IES	TACNA	ESTRUCTURA	ES	IES-TACNA-ES

Se utilizará la siguiente nomenclatura para la codificación de los módulos o bloques que componen el proyecto:

Tabla 69.

Estructura de datos en Arquitectura.

ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA					
CÓDIGO DE PROYECTO	ZONA	DISCIPLINA	SUBPROYECTO	CÓDIGO DE SUBPROYECTO	NOMENCLATURA
IES	TACNA	AR	MODULO 2B	MD2B	IES-TACNA-AR- MD2B
IES	TACNA	AR	MODULO 2C	MD2C	IES-TACNA-AR- MD2C

Tabla 70.

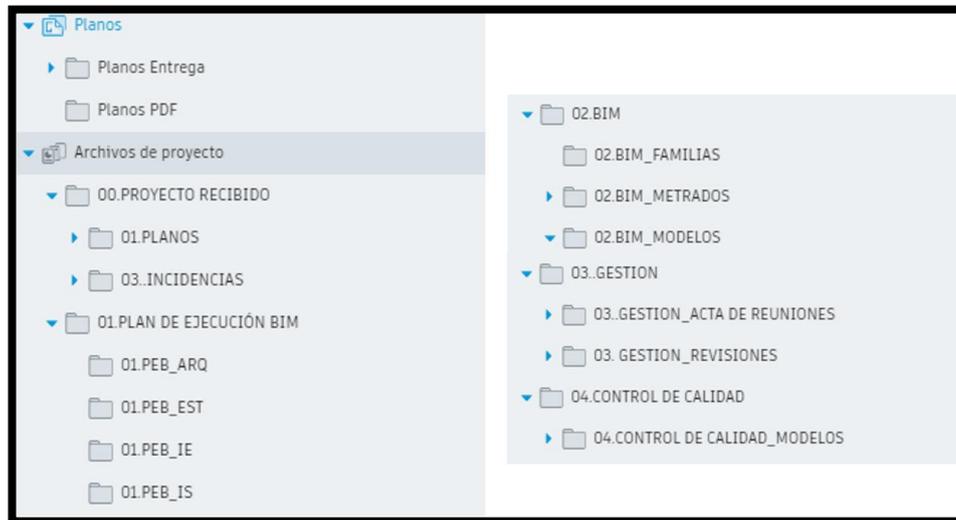
Estructura de datos en Estructuras.

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS					
CÓDIGO DE PROYECTO	ZONA	DISCIPLINA	SUBPROYECTO	CÓDIGO DE SUBPROYECTO	NOMENCLATURA
IES	TACNA	ES	MODULO 2B	MD2B	IES-TACNA-ES- MD2B
IES	TACNA	ES	MODULO 2C	MD2C	IES-TACNA-ES- MD2C

La estructura de carpetas en la plataforma BIM 360 Docs será la siguiente:

Figura 87.

Estructura de carpetas en BIM 360 Docs.

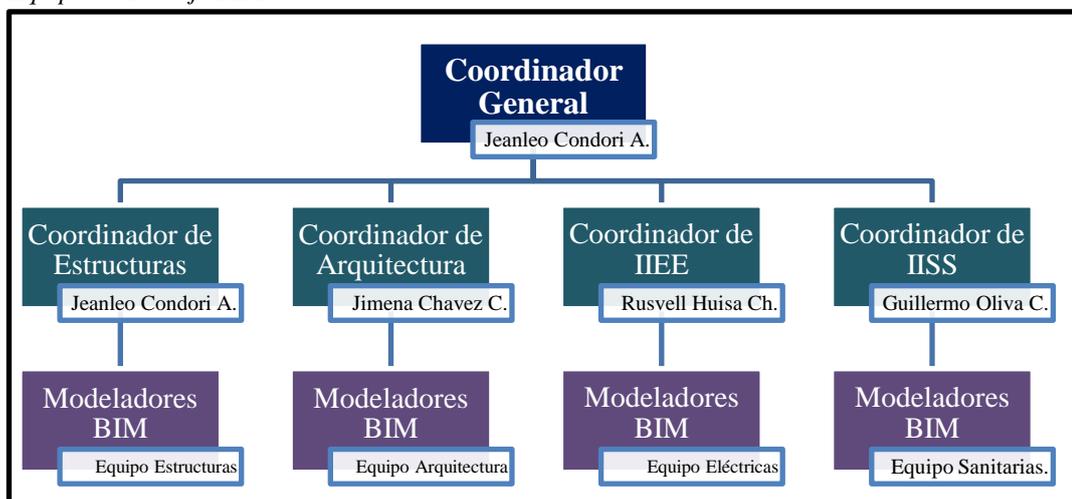


5. Recursos

5.1. Recursos Humanos

Figura 88.

Equipo de Trabajo BIM.



El responsable del desarrollo de procesos en el diseño y planificación es el Coordinador BIM del proyecto, quien representa al contratista, y es su experiencia en la gestión BIM que le permite proponer un paquete de procesos con el objeto de facilitar el flujo de trabajo dentro de la organización, desarrollar las buenas prácticas del modelado y verificar la calidad de la información dentro del modelo digital. La

forma de validar que funcione un proceso es la reducción del tiempo que toma realizar una actividad y el aumento en la productividad. Una vez definido un nuevo proceso, el coordinador BIM lo presenta a la supervisión y ellos dan la validación.

5.2. Roles y Responsabilidades

Tabla 71.

Roles y Responsabilidades.

ROL	RESPONSABILIDADES
Coordinador General	Coordina todo el proyecto. Asegura la compatibilidad de todas las disciplinas del modelo BIM. Programa las reuniones ICE generales. Desarrolla los procesos en el diseño y planificación.
Coordinador de Especialidad	Coordina el trabajo dentro de su disciplina. Realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM. Asegura la compatibilidad del modelo BIM de su disciplina. Coordina al equipo de modelado de su especialidad.
Modelador BIM	Generación integral del modelo BIM acorde a la especialidad asignada. Cambios y actualización del modelo. Comunicación de cambios con el coordinador. Generación de documentación a partir del modelo (planos, Metrados).

5.3. Equipamiento y software

Teniendo en cuenta el desarrollo de la metodología BIM se define que se usaran los siguientes programas o softwares:

Tabla 72.

Requisitos de equipo y software.

ETAPA	SOFTWARE	SISTEMA OPERATIVO	CPU	MEMORIA RAM	RESOLUCIÓN PANTALLA	ADAPTADOR DE VIDEO	FORMATOS ENTREGA
Modelado	Revit 2019	Windows 10	i3-9100k	8Gb	1280x1024	Nvidia 1060 6GB	.rvt
Coordinación	Navisworks 2019	Windows 10	i3-9100k	8Gb	1280x1024	Nvidia 1060 6GB	.nwd
Documentación	Revit 2019	Windows 10	i3-9100k	8Gb	1280x1024	Nvidia 1060 6GB	.rvt
Colaboración	BIM 360	Windows 10	i3-9100k	8Gb	1280x1024	Nvidia 1060 6GB	-

6. Estrategia de Comunicación

6.1. Estrategia de Colaboración

Se describirá la estrategia de colaboración entre agentes en las siguientes líneas:

- Trabajo colaborativo entre modeladores que están elaborando un mismo pabellón.
- Intercambio de información entre agentes mediante la plataforma BIM 360 Docs.
- Incorporación de cambios al modelo según órdenes de cambio aprobadas.

6.2. Estrategia de Reuniones

Tabla 73.

Estrategia de Reuniones.

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	FECHA	CANAL	COORDINADOR DE LA REUNIÓN
Sesión 01	IES-EST-Z-01-21.06.11	11/06/2021	Videoconferencia	Coordinador General
Sesión 02	IES-EST-Z-02-21.06.13	13/06/2021	Videoconferencia	Coordinador General
Sesión 03	IES-EST-Z-03-21.06.18	18/06/2021	Videoconferencia	Coordinador General

Figura 89.
Mapa de Procesos General BIM.

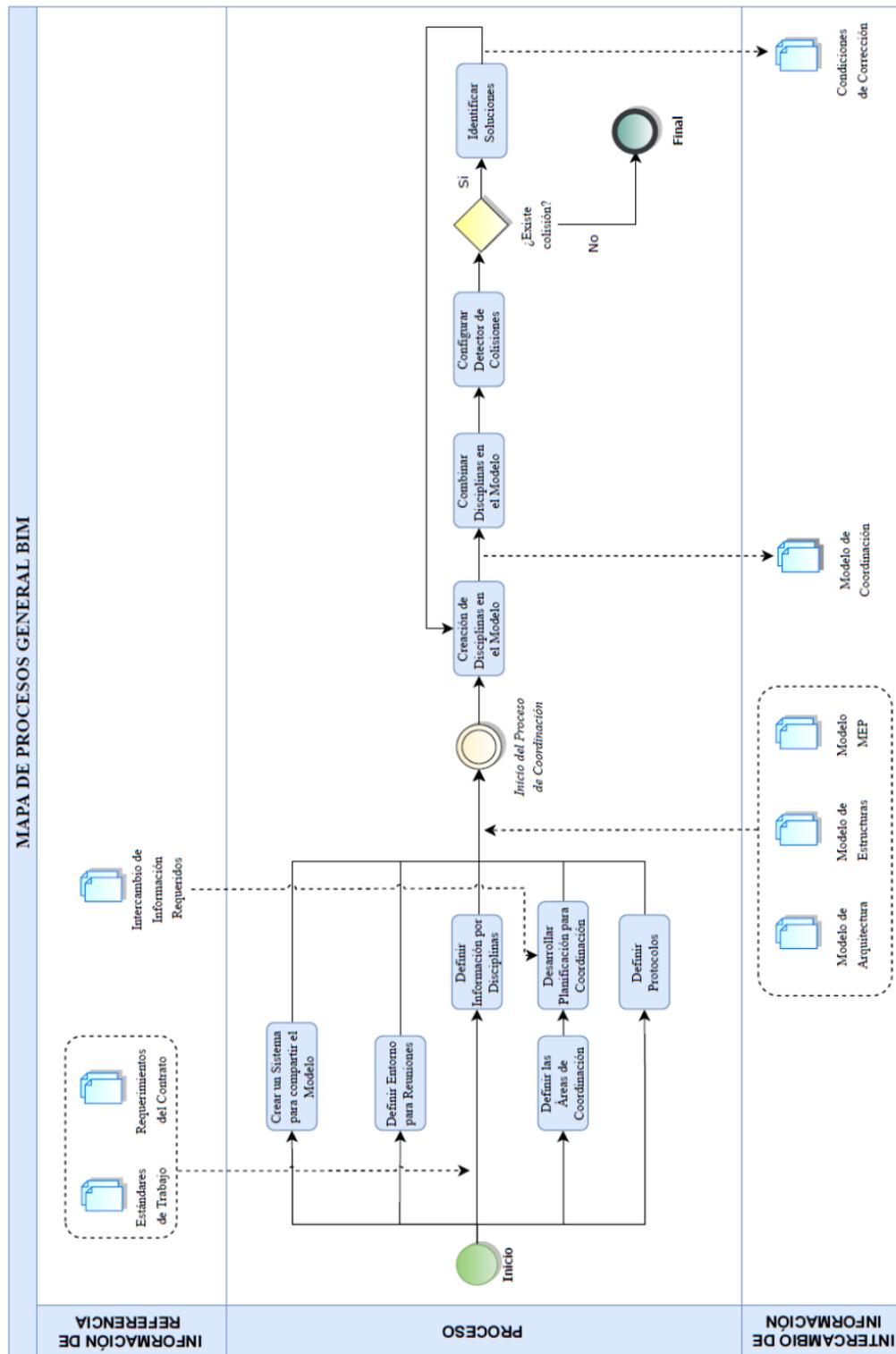
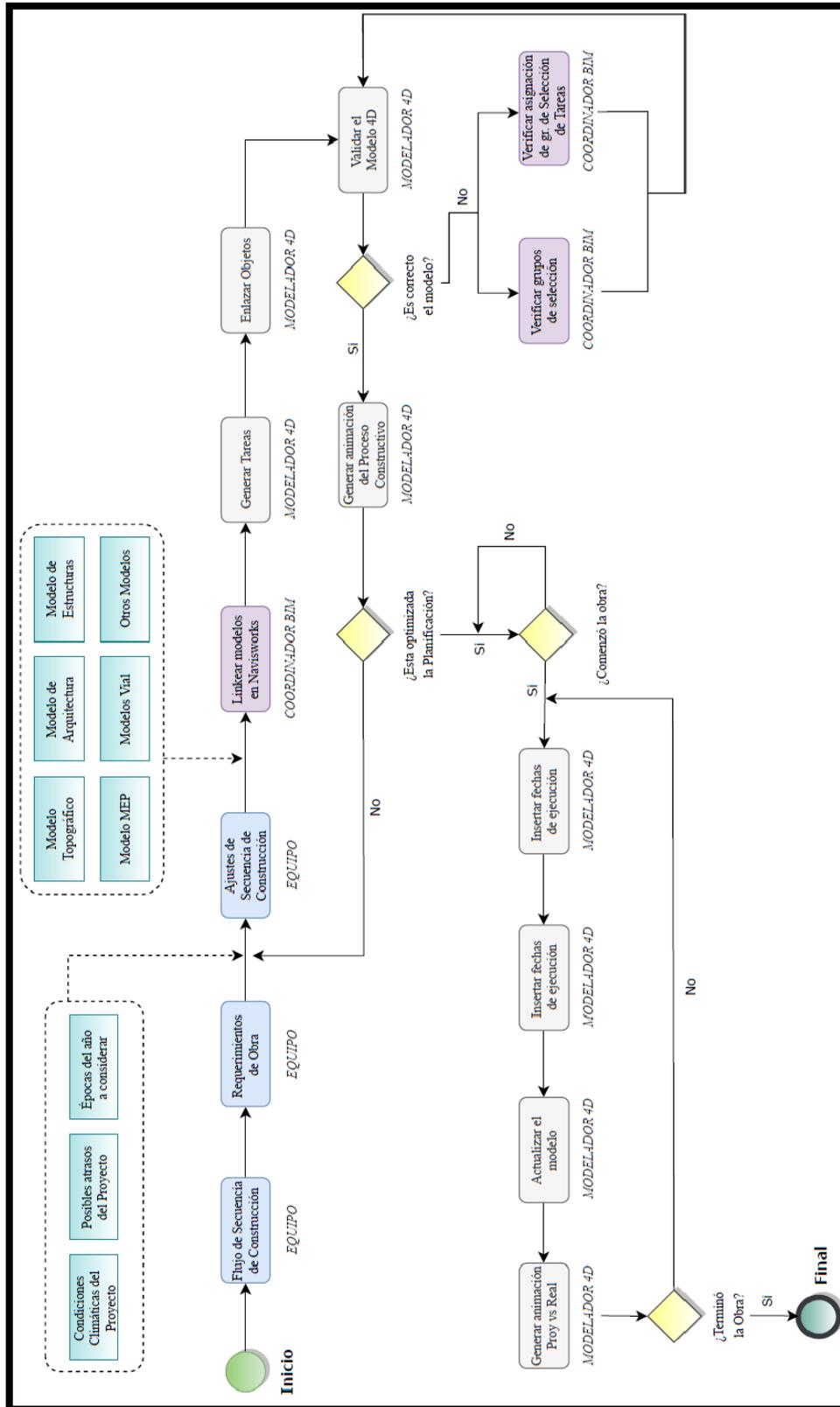


Figura 90.

Mapa de Procesos - Planificación BIM 4D.



6.3.2.4. PROCESO 4: Desarrollo de aplicaciones específicas BIM

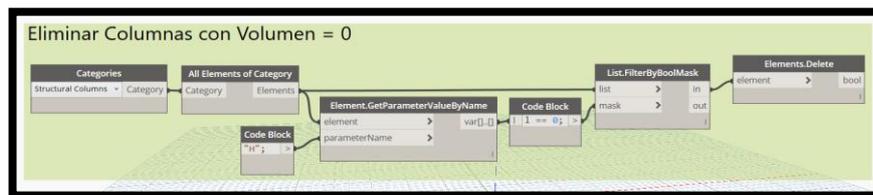
a) Programación Visual con Dynamo

Es la planificación de una serie de actividades de manera gráfica para obtener un resultado. Permite a los usuarios crear programas mediante la utilización de elementos gráficos.

Al trabajar con modelos de información (BIM) implica estandarizar procesos, por lo tanto, las tareas repetitivas se pueden automatizar. Dynamo es un software de programación visual de código abierto, emplea “nodos” para crear rutinas usando información de alguna base de datos (Excel y Revit).

Figura 91.

Proceso de filtro en rutina de Dynamo.



b) Programación con Visual Studio C#

Es un lenguaje de programación multiparadigma orientada a objetos. Imprescindible para desarrollos de envergadura, bien por su extensión o bien por su complejidad. También es aconsejable cuando la velocidad de proceso sea un factor determinante.

Figura 92.

Proceso de filtro en Visual Studio 2019.

```

10 using Autodesk.Revit.UI;
11 using Autodesk.Revit.DB;
12 using Autodesk.Revit.UI.Selection;
13 using Autodesk.Revit.ApplicationServices;
14 using System.Collections.Generic;
15 using System.Linq;
16
17 namespace MODULO_TRABAJO
18 {
19     [Autodesk.Revit.Attributes.Transaction(Autodesk.Revit.Attributes.TransactionMode.Manual)]
20     [Autodesk.Revit.DB.Macros.AddInId("702967CB-F908-4278-AA4C-2345DC167CB1")]
21     public partial class ThisApplication
22     {
23         private void Module_Startup(object sender, EventArgs e)
24         {
25         }
26         private void Module_Shutdown(object sender, EventArgs e)
27         {
28         }
29         [Revit_Macros_generated_code]
30         public void PRACTICA_1()
31         {
32             UIDocument uidoc = this.ActiveUIDocument;
33             Document doc = uidoc.Document;
34
35             //Filtro Columnas
36             List<Element> SCC = new FilteredElementCollector(doc).OfCategory(BuiltInCategory.OST_StructuralColumns)
37                 .WhereElementIsNotElementType().Where(e => (e).Name.Contains("SCC")).ToList();
38         }
39     }
40 }

```

Tabla 74.*Desarrollo de Addins BIM.*

N°	PLUGIN	VERS.	VERS. REVIT	PROCESO	CARPETA	REQUISITO	UTILIDAD
01	Ejes Referencia	v1.0	2019	Documentación	Dynamo	Modelar elementos estructurales.	Agrega el parámetro de "Ejes" con la información de ubicación, de acuerdo a grillas modeladas.
02	Solados	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar zapatas y vigas de cimentación.	Modela automáticamente los solados en vigas y zapatas, ubicándolas en la parte inferior.
03	Falso Piso	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar un "Suelo" en toda el área.	Recorta los elementos que interceptan al falso piso, haciendo el descuento en área. Además, los divide por ambientes.
04	Excavación	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar "Solados" en zapatas y vigas. Modelar cimientos corridos.	Modela plataformas que simulan las excavaciones, brinda información de volúmenes de excavación.
05	Rellenos	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar zapatas, vigas de cimentación y cimientos corridos.	Modela rellenos que son recortados por los elementos de cimentación, brinda información de volumen de rellenos.
06	Losas de Piso	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar columnas y vigas de piso.	Modela automáticamente las losas de piso de acuerdo a la geometría cerrada que existe entre columnas y vigas.
07	Ladrillos	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar losas de piso para aligerados.	Modela ladrillos que recortan la cantidad de volumen de las losas de piso para sistema de aligerados.
08	Corte Columnas	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar columnas y vigas de piso.	Realiza el corte de columnas en uniones con vigas de piso y agrega parámetros de vaciado Horizontal.
09	Corte Vigas	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar columnas y vigas de piso.	Realiza el corte de vigas por tramos (pañes), los elementos son cortados cuando se cruzan con columnas.
10	Estribos	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar columnas y vigas de piso.	Modela automáticamente grupos de "Estribos" para Columnas y Vigas.
11	Encofrado	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar elementos estructurales.	Modela elementos genéricos de encofrado con la información de áreas de superficies/caras.
12	Tarrajeo	v1.0	2019	Modelado	Dynamo	Modelar elementos estructurales (Link Revit).	Modela elementos genéricos de tarrajeo con la información de áreas de superficies/caras.
13	Acotar Vistas	v1.0	2019	Documentación	Dynamo	Modelar elementos estructurales.	Se crean una cantidad determinada de vistas con su plantilla de trabajo.
14	Crear Vistas	v1.0	2019	Documentación	Dynamo	Vistas en Planta.	Se crean una cantidad determinada de vistas con su plantilla de trabajo.
15	Crear Láminas	v1.0	2019	Documentación	Dynamo	Data en Excel.	Se crean las láminas o membretes donde se inserta toda la información del Excel.
16	ProSheets	DiRoots	2019	Documentación	C#	Láminas en Revit.	Exporta las láminas del modelo a formato PDF.
17	Exportar Excel	v1.0	2019	Documentación	Dynamo	Parámetro de Partida en Elementos Estructurales	Exporta la información de metrados/cuantificaciones de elementos modelados en Revit.
18	BLIM	v1.0	2019	Gestión	C#	Elementos sectorizados	Análisis de Datos por Sectores, información del modelo para la gestión en la construcción

6.3.3. COMPONENTE 3: GESTIÓN

Esta fase se desarrolla a partir de un modelo BIM con un nivel de desarrollo básico (LOD 200), un modelo con la información suficiente para identificar el tipo y sus componentes. Se garantizará que la implementación de los procesos desarrollados en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC produzcan una mejora en la calidad y productividad de los servicios que ofrecen los proyectos bajo un enfoque BIM.

El criterio para desarrollar los procesos propuestos a continuación se basa en: agilizar y automatizar las tareas repetitivas (sea el caso cuando al modelador le toma mucho tiempo realizar cierta actividad), desarrollar soluciones lógicas para aumentar la productividad del modelado (asegurando el valor y la calidad del modelo digital) y finalmente, ya que BIM representa una base extensa de datos y es la información que existe dentro del modelo que en ciertas circunstancias se hace complicado gestionarla se propone las siguientes automatizaciones de procesos:

5.4.3.1. PROCESO 5: Gestión de la Información

1. Sub Proceso: Automatización en Modelado

Para desarrollar un correcto modelo BIM se debe considerar dos puntos esenciales. Primero es la habilidad del modelador con el que se agiliza el tiempo para la entrega del modelo, sin embargo, con el límite de tiempo tan ajustado de los proyectos se tienden a generar muchos errores conllevando a retrabajos de modelado. El segundo aspecto importante es la forma en cómo se modela, es totalmente diferente una etapa de diseño comparado a una de ejecución, es decir los modelos para ambas etapas tienen sus propios requerimientos.

El desarrollo al automatizar procesos en el modelado permite ahorrar tiempo significativamente, aumentar la productividad de los modeladores, alistar el modelo

para la etapa de ejecución con un nivel de desarrollo mayor y dando de esta forma un valor agregado al trabajo.

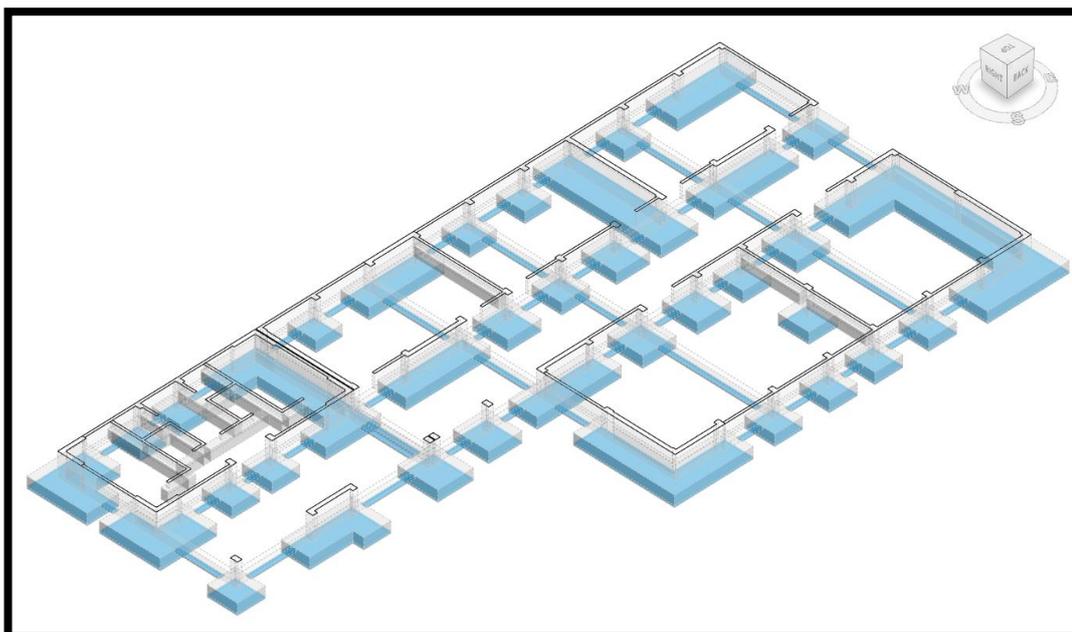
1.1. Solados v1.0

En este primer aplicativo se necesita como información base que se hayan modelado los elementos zapatas y vigas de cimentación, no necesariamente tienen que estar ambos ya que podemos configurar las opciones para que solo se modelen solados para ciertos elementos de cimentación. Además, la información de los parámetros como “Frente, Nivel del Elemento, Ubicación, Nombre del Elemento” deben estar insertados en los elementos base (zapatas y vigas de cimentación) para que los solados vinculen esa información y sean traspasados junto al modelado.

En la siguiente figura se observa los elementos zapatas y vigas de cimentación con una textura transparente y los elementos de solado que se han modelado de forma automática están filtrados con un color celeste ubicados en la zona inferior a los elementos base.

Figura 93.

Aplicación de script de Solados.



1.2. Falso Piso v1.0

En primer lugar, se modela un elemento “Suelo/Floor” con las propiedades de falso piso (ver fig. 80). Mediante uso del script de Dynamo se consigue cortar el área de la losa en función a los elementos que choquen contra ella, obteniendo de esta forma un área real y una cuantificación más precisa (ver fig. 81). Al mismo tiempo el aplicativo permite la división del falso piso de acuerdo al uso que se dará a cada ambiente, facilitando de esta forma el proceso constructivo por sectores.

La información de los parámetros como “Frente, Nivel del Elemento, Ubicación, Uso de ambiente” deben ser insertados manualmente por el modelador.

Figura 94.

Modelado de suelo para Falso Piso.

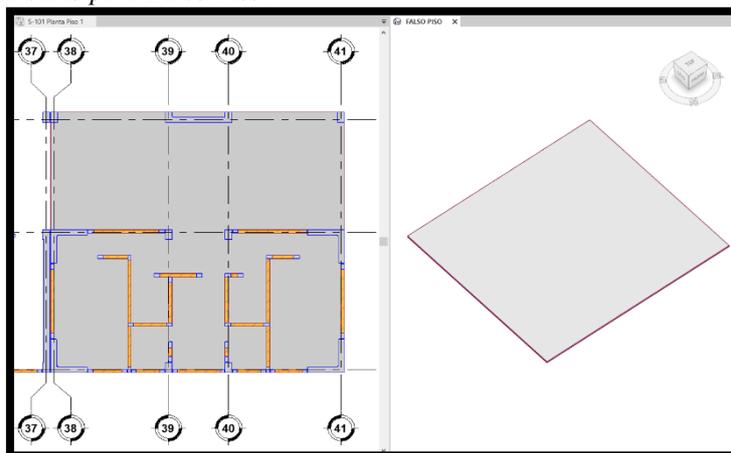
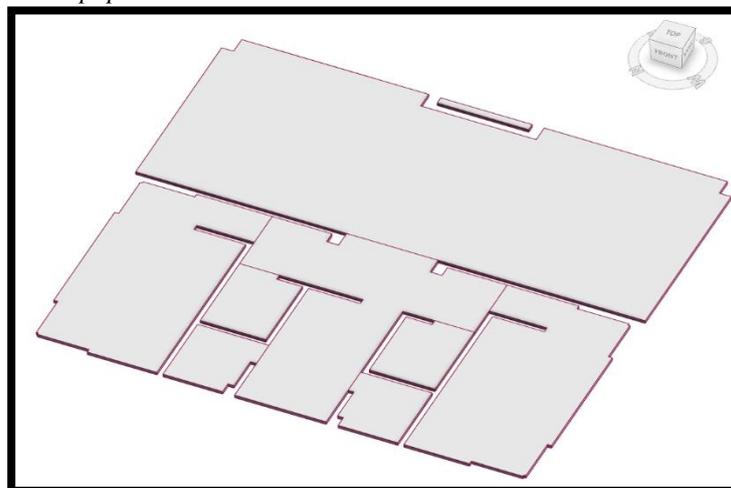


Figura 95.

Aplicación del script para Falso Piso.



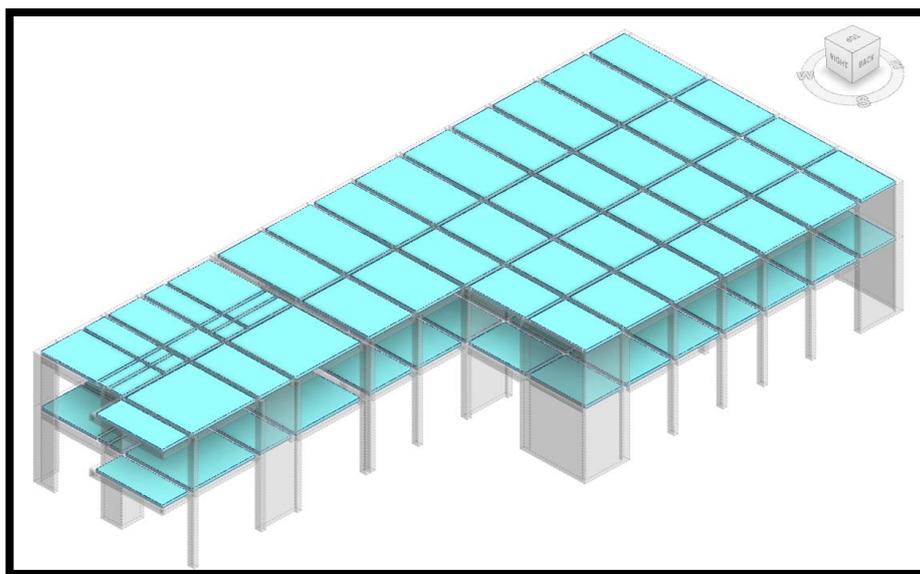
1.3. Losas y ladrillos v1.0

Para el uso del aplicativo se requiere con anterioridad el modelado de elementos base como son: columnas, placas y vigas de piso. El script se encarga de crear un “Suelo/Floor” dentro de un área cerrada, la nueva losa modelada respeta la geometría de las columnas y además la funcionalidad del script se aplica tanto para losas horizontales y en pendiente (ver fig. 82).

La información de los parámetros como “Frente, Nivel del Elemento, Ubicación, Uso de ambiente” deben ser insertados manualmente por el modelador.

Figura 96.

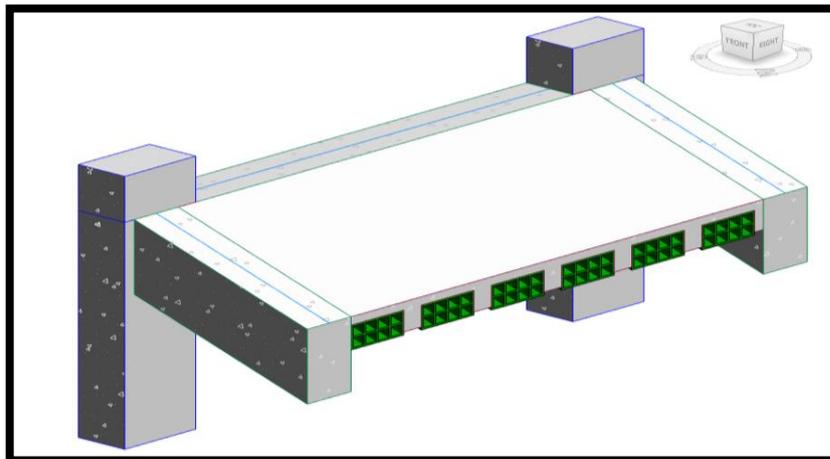
Aplicación del script para Losas de piso.



Finalmente, se emplea el script de Ladrillos para el modelado con elementos genéricos y hacer un corte a la losa descontando el volumen de concreto excedente en el sistema de aligerado. (ver fig. 83).

Figura 97.

Aplicación del script para Ladrillos.

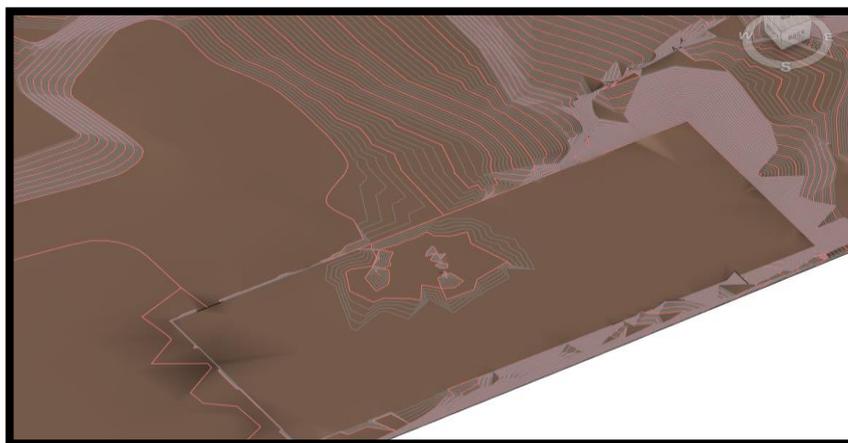


1.4. Excavaciones y Rellenos v1.0

Para el empleo del script en Dynamo de excavaciones y rellenos se debe incorporar la topografía dentro del modelo en Revit. De igual forma los elementos base son: los cimientos corridos y los solados para las zapatas/vigas de cimentación.

Figura 98.

Topografía inicial del proyecto en Revit.

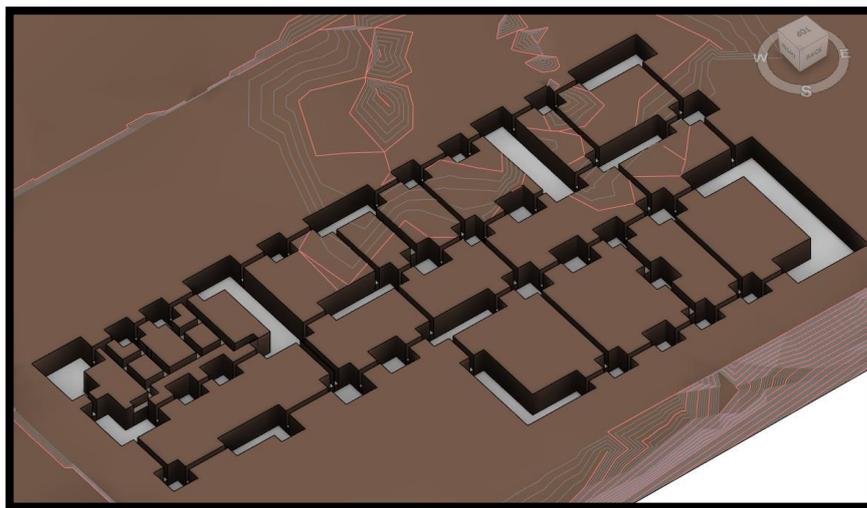


La forma de las excavaciones se genera de acuerdo a la geometría de los elementos base, cortando la topografía desde el nivel del terreno natural y dando un volumen de excavación exacto. La información de los parámetros: “Frente, Nivel

del Elemento, Ubicación, Nombre” deben ser insertados en los elementos base para que las plataformas/pad’s vinculen esa información.

Figura 99.

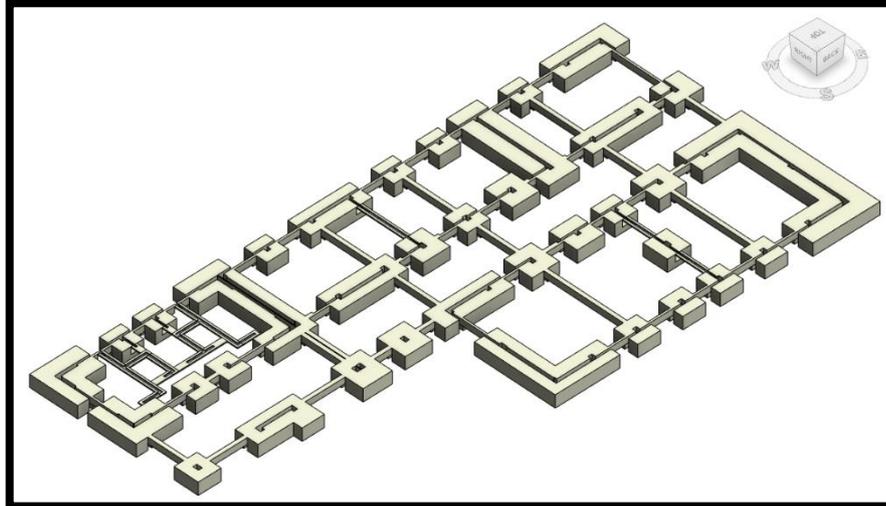
Aplicación del script para Excavaciones.



La forma de los rellenos se genera de acuerdo a la geometría de los elementos base (vigas, zapatas y cimientos corridos), creando elementos “Suelos/Floor” desde la cara superior de dichos elementos hasta un nivel tope definido como “Planta Piso 1”. A continuación, se puede vincular/link el modelo Revit de estructuras con el de arquitectura y empezar con el proceso de Tarrajeo. La información de los parámetros: “Frente, Nivel del Elemento, Ubicación, Nombre” deben ser insertados en los elementos base para que los rellenos vinculen esa información.

Figura 100.

Aplicación del script para Rellenos.

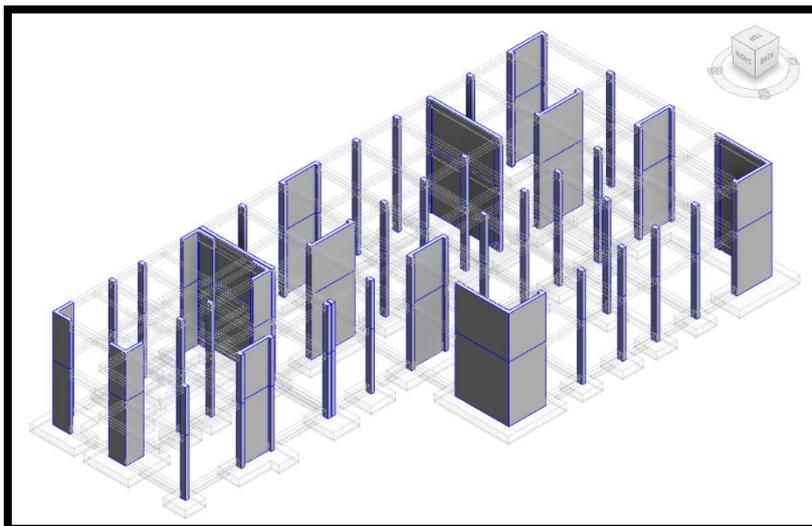


1.5. Cortes en Columnas y Vigas v1.0

Para el uso del script de corte es necesario que se modelen los elementos base: vigas de piso y columnas, como se puede observar en la siguiente figura. Es importante el desarrollo de este aplicativo para agilizar el modelado en la etapa de ejecución, prepara la información de los elementos para el proceso constructivo con los parámetros correspondientes de elemento horizontal o vertical.

Figura 101.

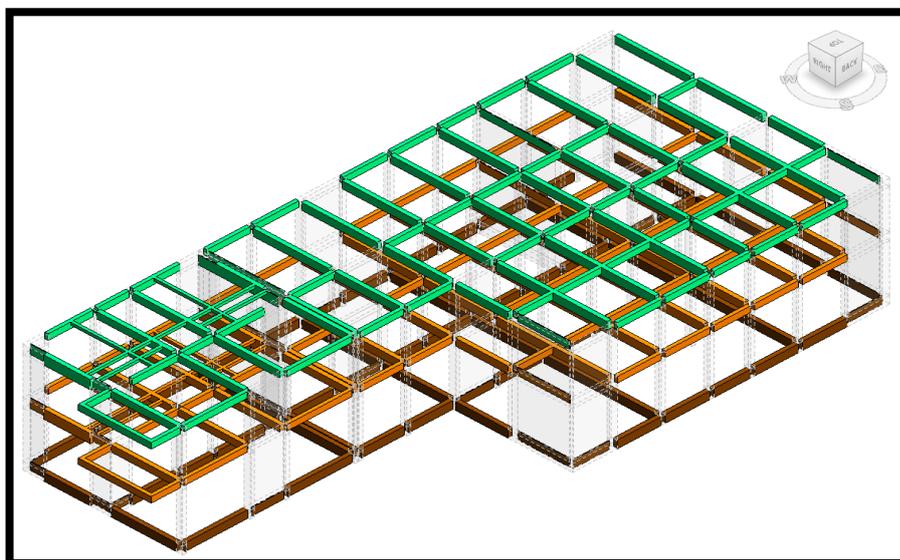
Elementos iniciales de vigas de piso y columnas.



El modelado de la viga de piso se realiza de forma continua (un único ejemplar para varios tramos) ya que con el script de corte se aprovecha la intersección que existe con las columnas, permitiendo la división automática, de esta forma se evita colocar vigas por tramos manualmente. La información de los parámetros: “Frente, Nivel del Elemento, Ubicación, Nombre” deben ser insertados en los elementos base para que las nuevas vigas vinculen esa información. El resultado final se obtiene de forma inmediata como se ve en la siguiente figura:

Figura 102.

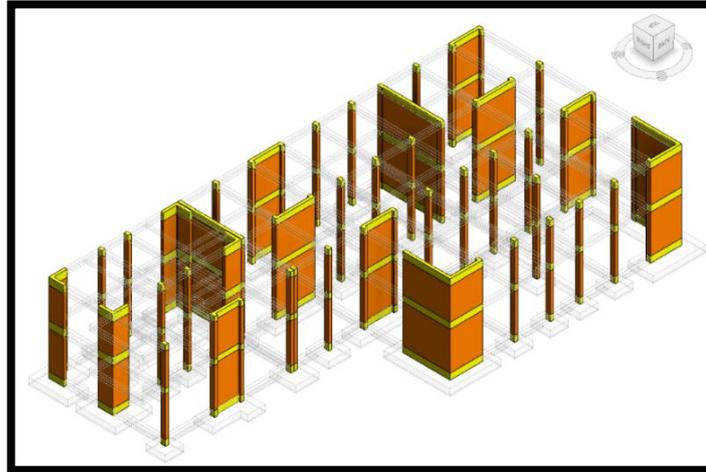
Aplicación del script para corte en Vigas.



En la etapa de ejecución, las columnas son vaciadas de dos maneras: la primera como elemento vertical y en segunda instancia de forma horizontal junto a la losa y viga de piso. Por tal motivo, preparar el modelo para cumplir con tal requerimiento es una tarea laboriosa que se puede automatizar, con la ayuda del script de Dynamo, las columnas identifican la viga con mayor peralte y realizan el corte inmediato. En la siguiente figura se observa la división de los elementos columnas: verticales con una textura naranja y horizontales de un color amarillo.

Figura 103.

Aplicación del script para corte en Columnas.

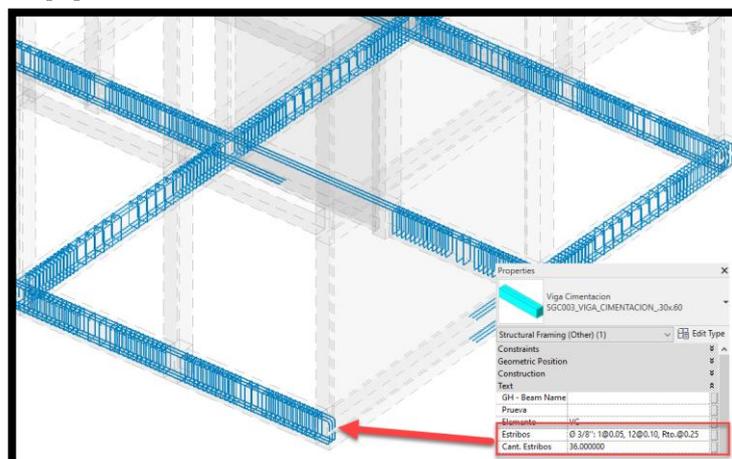


1.6. Estribos v1.0

El modelado del acero de refuerzo en los elementos de concreto es un reto complicado para los modeladores. La función del aplicativo es modelar grupos de estribos de acuerdo a una serie de condiciones, es decir los grupos mantienen como parámetro la cantidad y el espaciamiento que existe entre ellos. Para emplear el script de Dynamo se necesita elementos anfitriones como vigas o columnas. Por último, la información que se almacena dentro del anfitrión está conformado por la cantidad total de estribos, un texto indicando la distribución y espaciado existente (Ejm: Cant. = 36 estribos, Ø3/8": 1@0.05, 12@0.10, Rto.@0.25)

Figura 104.

Aplicación del script para Estribos.

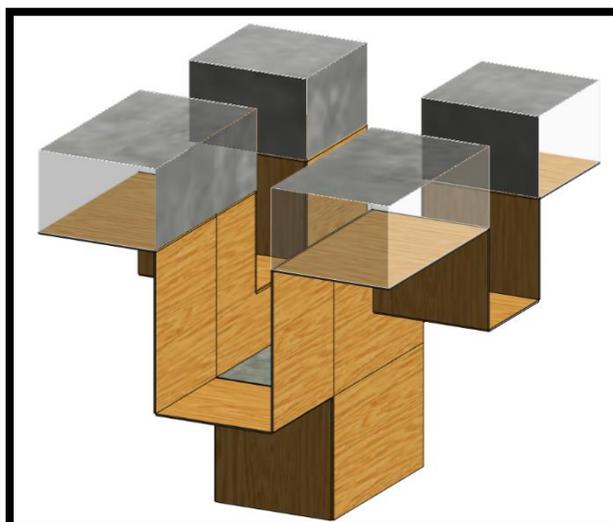


1.7. Encofrados v1.0

En la etapa de modelado, existe una partida en especial que genera demasiado trabajo calcular como es el caso de los encofrados. La dificultad parte en la forma y los elementos que interceptan entre sí. Por ejemplo, las columnas se conectan con losas y vigas de piso, produciendo un área a descontar en particular para cada columna. El desarrollo del script permite que la información del propio modelo calcule las áreas de las superficies/caras para todos elementos estructurales.

Figura 105.

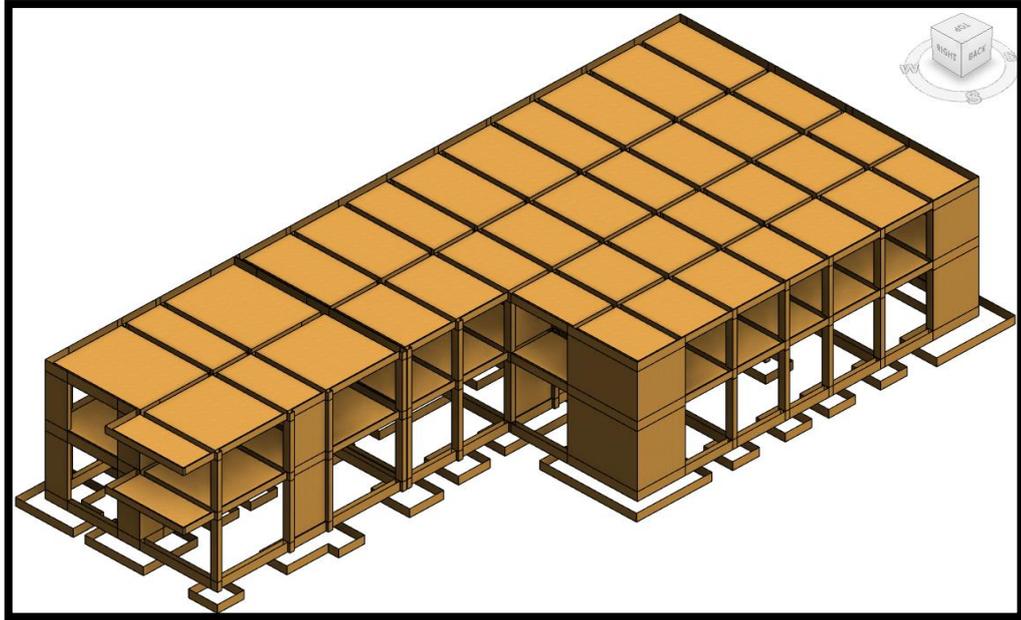
Modelado de encofrado para columnas, vigas y losa.



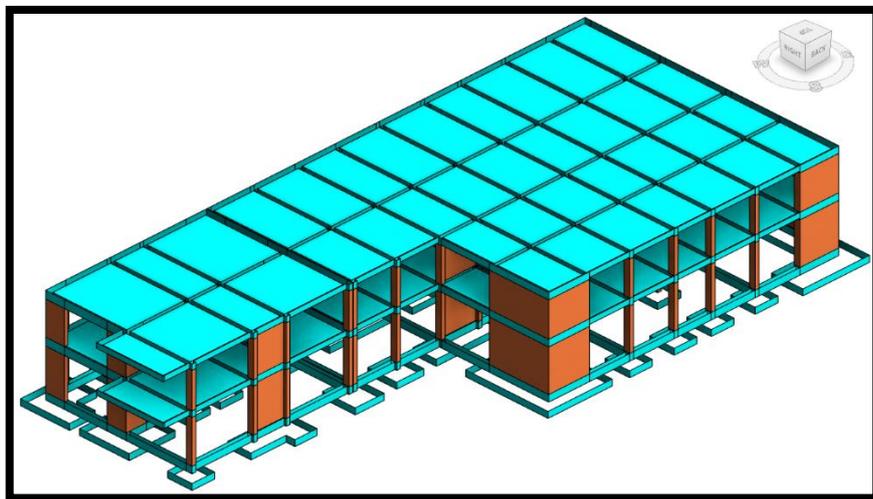
Además de calcular las áreas de encofrado para los elementos estructurales como columnas, vigas, losas, zapatas, cimientos y sobrecimientos. El aplicativo también identifica e incorpora dentro de la información el proceso constructivo que le corresponde, ya sea en el caso que pertenezca a un elemento vertical (textura naranja) u horizontal (textura celeste), como se observa en la figura 103.

Figura 106.

Aplicación del script para Encofrados de Elementos Estructurales.

**Figura 107.**

Modelado de encofrados aplicado a etapa de ejecución.



1.8. Tarrajeo v1.0

El desarrollo de un aplicativo para mejorar la productividad en la especialidad de arquitectura y de mayor complicación viene a ser el modelado de Tarrajeo. La base para armar el aplicativo es similar a la programación que se hizo

en los encofrados, sin embargo, tiene otras particularidades cuando se habla de otra especialidad. En primer lugar, se entiende que el modelo de estructuras se trabaja como un Revit Link o Vínculo en la plantilla de Arquitectura, por tal motivo dentro del desarrollo del código la principal diferencia es la información base, se inicia desde el modelo estructural.

Figura 108.

Vista inicial del proyecto.



El aplicativo tiene como función modelar elementos genéricos en cada superficie/cara del elemento estructural (columnas, vigas y losas). Como ejemplo tenemos el caso de columnas, las áreas a descontar serán el material de relleno, el falso piso, juntas de dilatación, sobrecimientos armados, vigas, losas, entre otros. Las consideraciones para el caso de tarrajeos es mayor a comparación de los encofrados debido a que existen mayor cantidad de elementos que interceptan o cortan al elemento a tarrajear. El aplicativo no solo coloca la cantidad de área de tarrajeo sino también incorpora automáticamente el material correspondiente.

Figura 109.

Aplicación del script de Tarrajeo para elementos estructurales.



2. Sub Proceso: Automatización en Documentación

En el desarrollo del modelo BIM no solo influye los elementos o sus geometrías sino también la representación en vistas y la documentación como entregable final. Por tal motivo, se han desarrollado una serie de aplicativos que automaticen la etapa de documentación del proyecto y permita estandarizar los procesos en la entrega de cuantificaciones y planos de construcción.

2.1. Ejes de Referencia v1.0

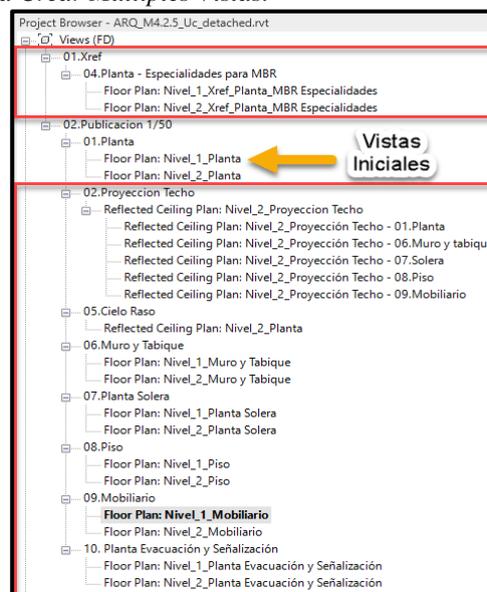
Es importante referenciar los elementos que se han modelado de acuerdo a los ejes o grillas de trabajo. El desarrollo de un script que permita insertar automáticamente la ubicación para los elementos estructurales es de gran ayuda, el modelador ya no se preocupa de estar colocando esa información manualmente para cada elemento. Al automatizar este proceso, ahorramos significativamente el tiempo de trabajo y se puede ocupar en otra tarea de mayor valor.

2.3. Crear Vistas v1.0

Para usar efectivamente el script es primordial desarrollar las “vistas iniciales” en planta, serán la base en la creación de las múltiples vistas. Los nombres para las nuevas vistas se vinculan de acuerdo a la data generada en un Excel, de igual forma las plantillas/View Template se insertan automáticamente en las nuevas vistas, es importante desarrollar y estandarizar este proceso dentro de la organización. En la siguiente figura se tiene las vistas iniciales y dentro del recuadro rojo son las nuevas vistas generadas con el aplicativo.

Figura 112.

Aplicación del script para Crear Múltiples Vistas.



2.4. Crear Láminas v1.0

En el proceso para la documentación de las láminas suele ser sencillo cuando se trata de unos pocos planos, sin embargo, en el caso que se deba realizar una gran cantidad y le sumamos que sean para una variedad de módulos o pabellones, se vuelve una tarea compleja y estresante. En Revit se puede organizar las láminas a través del Navegador de Proyectos (ver figura 99).

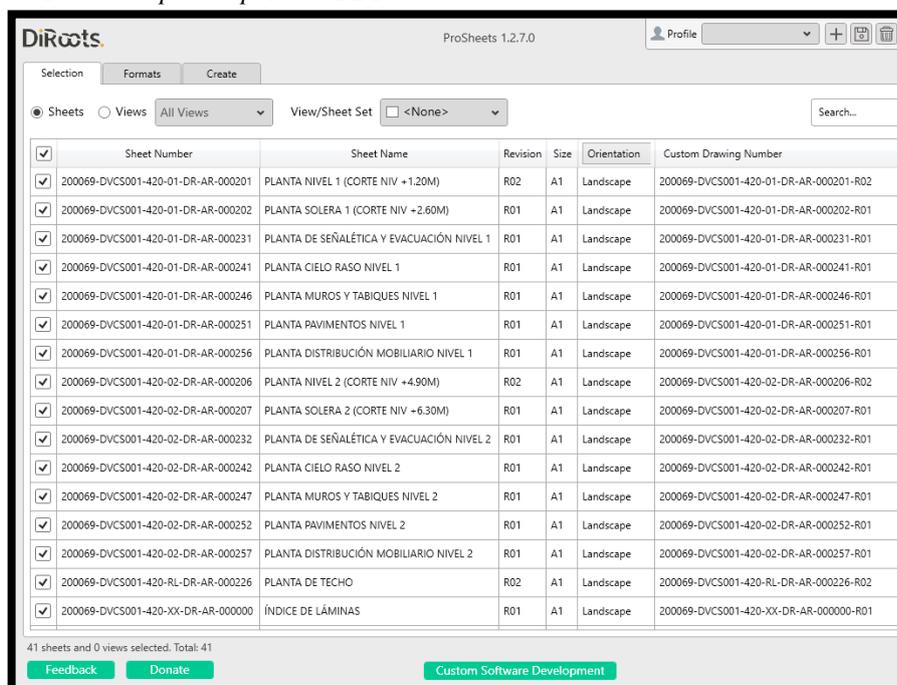
El desarrollo del script en Dynamo permite al usuario crear una gran cantidad de láminas junto a la información que se insertará en el membrete, como

2.5. ProSheets - DiRoots

Al finalizar el desarrollo de las láminas para el entregable, la mejor manera de exportar desde Revit a un formato PDF es mediante la aplicación del plugin “ProSheets”. El addin presenta un interfaz amigable para el usuario, facilita la exportación de todas o ciertas láminas que existan dentro del modelo en Revit y permite configurar el nombre del archivo PDF (como buena práctica se recomienda insertar el código del plano y su última revisión).

Figura 115.

Aplicativo ProSheets para exportar a PDF.



2.6. Exportar a Excel v1.0

Las cuantificaciones o metrados de los elementos en Revit suele ser una tarea complicada cuando se trabaja sin un estándar, con la programación se logra automatizar los códigos de las partidas e insertarlas a cada elemento para de esta forma aplicar los filtros. Al desarrollar el script, el modelador logra exportar toda la información que contiene el modelo hacia una Hoja de Excel de acuerdo a la Norma Técnica de Metrados (como pueden ser: Nombre del Elemento, ID en Revit, Ejes de Referencia, Nivel, Unidad, Largo, Ancho, Altura, Área y Volumen).

Figura 116.

Aplicación del Script para Exportar a Excel.

PLANILLA DE METRADOS - ESTRUCTURAS										
Obra: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS – UNJBG"										
Lugar: TACNA-TACNA										
ITEM	DESCRIPCION	ID	EJES	NIVEL	UND	METRADO			PARCIAL	TOTAL
						LARGO	ANCHO	ALTURA		
OE.02	ESTRUCTURAS									
OE.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS									
OE.02.01.01	EXCAVACIONES									
OE.02.01.01.01	EXCAVACION MANUAL PARA ZAPATAS				m3					151.32
	ZR-23	4236063	Entre Eje 37-37 y Eje O-O	Cimentación		2.60	2.30	1.95	11.66	
	ZR-2	4236081	Entre Eje 41-41 y Eje O-O	Cimentación		1.95	1.80	1.95	6.84	
	ZR-2	4236089	Entre Eje 39-39 y Eje P-P	Cimentación		1.95	1.80	1.95	6.84	
	ZR-2	4236097	Entre Eje 40-40 y Eje P-P	Cimentación		1.95	1.80	1.95	6.84	
	ZR-1	4236125	Entre Eje 39-39 y Eje O-O	Cimentación		1.65	1.70	1.95	5.13	
	ZR-1	4236133	Entre Eje 40-40 y Eje O-O	Cimentación		1.85	1.70	1.95	6.13	
	ZR-22	4236055	Entre Eje 38-38 y Eje O-O	Cimentación		Área =	21.93	1.95	42.77	
	ZR-24	4236073	Entre Eje 39-39 y Eje O-O	Cimentación		Área =	9.64	1.95	18.80	
	ZR-25	4236107	Entre Eje 41-41 y Eje P-P	Cimentación		Área =	11.70	1.95	22.81	
	ZR-26	4236117	Entre Eje 41-41 y Eje O-O	Cimentación		Área =	11.83	1.95	23.08	
OE.02.01.01.02	EXCAVACION MANUAL P/MGAS DE CIMENTACIÓN				m3					6.68
	VC	4236445	Eje 41-41 entre P y O	Cimentación		0.80	0.30	1.40	0.34	
	VC	4236453	Eje O-O entre 37 y 39	Cimentación		3.15	0.30	1.40	1.32	
	VC	4236461	Eje O-O entre 40 y 41	Cimentación		2.95	0.30	1.40	1.24	
	VC	4236469	Eje P-P entre 37 y 39	Cimentación		1.75	0.30	1.40	0.74	
	VC	4236477	Eje P-P entre 39 y 40	Cimentación		0.80	0.30	1.40	0.34	
	VC	4236485	Eje P-P entre 40 y 41	Cimentación		1.40	0.30	1.40	0.59	
	VC	4236493	Eje O-O entre 37 y 39	Cimentación		1.80	0.30	1.40	0.76	
	VC	4236501	Eje O-O entre 39 y 40	Cimentación		0.90	0.30	1.40	0.38	
	VC	4236509	Eje O-O entre 40 y 41	Cimentación		1.45	0.30	1.40	0.61	
	VC	4236517	Eje 41-41 entre O y P	Cimentación		2.90	0.30	1.40	1.22	
	VC	4236525	Eje 37-37 entre O y P	Cimentación		3.25	0.30	1.40	1.37	
OE.02.01.01.03	EXCAVACION MANUAL PICOMIENTOS				m3					3.69
	CC-1	4236557	Eje 37-37 entre O-Q y O-Q	Cimentación		0.45	0.15	0.80	1.84	
	CC-1	4236565	Eje 37-37 entre O-Q y P-P	Cimentación		5.10	0.45	0.80	0.65	
	CC-1	4236573	Eje 37-37 entre P-P y P-P	Cimentación		1.80	0.45	0.80	0.79	
	CC-1	4236581	Eje 37-37 entre P-P y P-P	Cimentación		2.20	0.45	0.80	0.49	
	CC-1	4236589	Eje 37-37 entre O-Q y O-Q	Cimentación		1.35	0.45	0.80	1.37	
	CC-1	4236597	Eje 37-37 entre P-P y P-P	Cimentación		3.80	0.45	0.80	0.28	
	CC-1	4236607	Eje 37-37 entre O-Q y P-P	Cimentación		1.46	0.45	0.80	0.41	
	CC-1	4236615	Eje 37-37 entre O-Q y O-Q	Cimentación		1.35	0.45	0.80	1.84	
	CC-1	4236623	Eje 37-37 entre O-Q y P-P	Cimentación		0.45	0.15	0.80	0.65	
	CC-1	4236631	Eje 37-37 entre P-P y P-P	Cimentación		5.10	0.45	0.80	0.63	
	CC-1	4236639	Eje 37-37 entre O-Q y O-Q	Cimentación		1.80	0.45	0.80	0.49	
	CC-1	4236647	Eje 37-37 entre P-P y O-Q	Cimentación		1.75	0.45	0.80	0.28	
OE.02.01.02	RELLENOS									
OE.02.01.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO ZAPATAS				m3					68.46
	ZR-22	4228818	Entre Eje 38-38 y Eje O-O	Cimentación				Vol =	23.78	
	ZR-23	4228826	Entre Eje 37-37 y Eje O-O	Cimentación				Vol =	6.80	

3. Sub Proceso: Automatización en Gestión

El último sub-proceso engloba a todos los anteriores, con la data acumulada dentro del modelo BIM se puede gestionar y analizar la información de los elementos para la etapa de ejecución. La automatización también forma parte de este proceso, por lo que se ha desarrollado un aplicativo que nos facilite la gestión de la información dentro del programa Revit.

3.1. Sectorización

Como parte del planeamiento de obra, previo a la ejecución de los vaciados de concreto de elementos horizontales, se realiza una sectorización del proyecto con el propósito de tener una idea de cuánto volumen de concreto se podrá vaciar directamente en función a los recursos de mano de obra, materiales y logística que la obra dispone.

Tabla 75.

Parámetros para Control de Obra.

PARÁMETROS DEL PROYECTO			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO	COD.
Frente	En proyectos extensos, este parámetro es útil para diferenciar cada torre o módulo por un código a definir junto al equipo del proyecto. Diferenciar los metrados, controlar el avance y realizar la programación de obra de cada "Frente".	Módulo 1	MOD_1
Sector	En orden de jerarquía a nivel de WBS de un proyecto, le sigue definir la cantidad de sectores de cada "Frente".	Sector 1	S_1
Nivel de Elemento	Cada "Frente" del proyecto dispone de una estructura con una cierta cantidad de niveles o pisos. Con este parámetro se ordena y clasifica el modelo 3D por niveles.	Piso 1	P_1
Vaciado (H/V)	Desde el sentido operativo en el vaciado de concreto de elementos estructurales, se divide en dos tipos: Horizontal (H) y Vertical (V).	Horizontal	H
Fecha de Vaciado Fecha de Encofrado	Estos parámetros se crean para reflejar la fecha real (o programada) en que fue (o será) vaciado/encofrado un elemento estructural.	10 de mayo del 2021	10_05_21

En el modelo tridimensional se realizó la sectorización, donde en una primera instancia se propone emplear cuatro sectores y mantener un volumen de concreto similar para cada sector. El sector 1 está representado del color azul, el sector 2 mediante el color verde, el sector 3 figura de color rojo y finalmente el sector 4 representado por el color magenta. Esta información se configura dentro de los “Filtros” de Revit y de tal manera este parámetro permite gestionar la cantidad de metrado por sectores.

Figura 117.

Configuración de Filtros por Sectores en Revit.

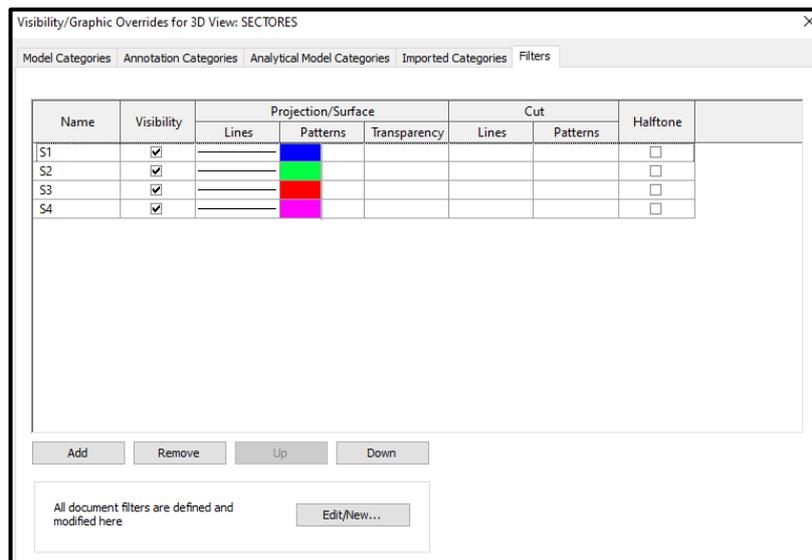
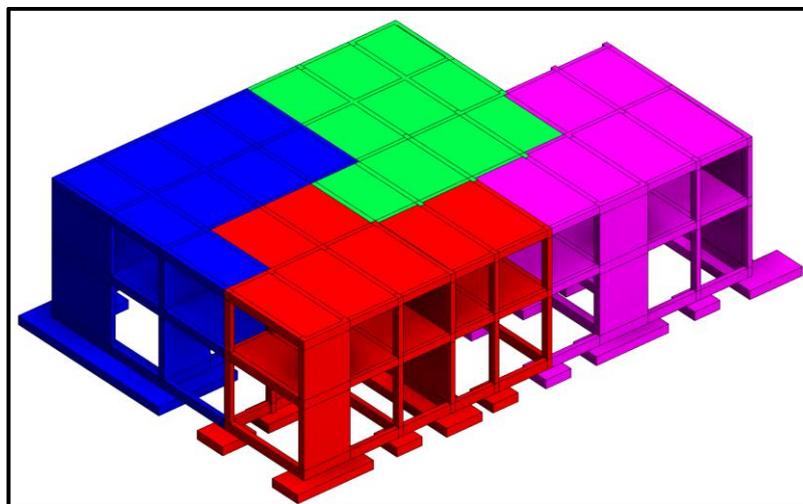


Figura 118.

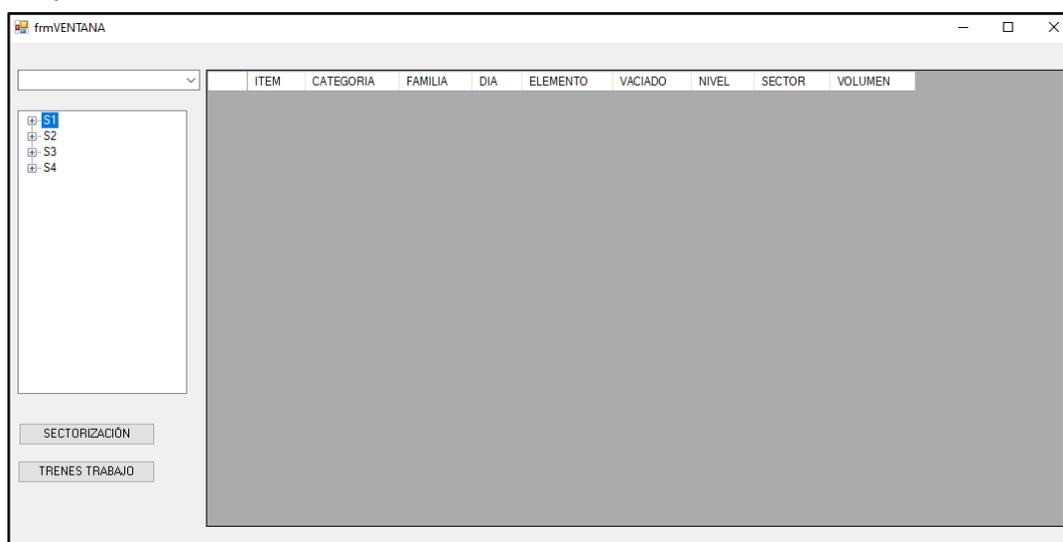
Modelo tridimensional sectorizado en Revit.



Con el apoyo de la programación en C# se realizó el aplicativo (Addin) llamado “BLIM” que presenta nuevas funciones que en el mismo Revit no aplica. El desarrollo de este aplicativo automatiza el proceso de gestionar la información de cada elemento que pertenece al modelo, se presenta el siguiente interfaz al iniciar el aplicativo:

Figura 119.

Interfaz del "Addin" BLIM.

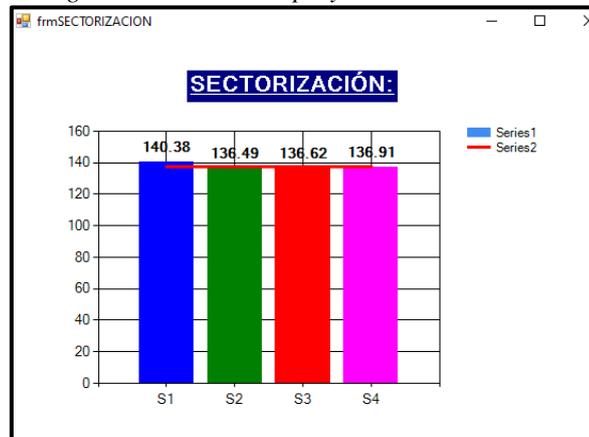


La primera característica del aplicativo se genera de forma visual a través de un botón de comando llamado “Sectorización” que se encuentra ubicado en la zona inferior izquierda del interfaz. Este comando genera un diagrama de barras cuya función es realizar una comparación entre los sectores y determinar la cantidad de volumen de concreto para cada sector. Mediante este gráfico se facilita el proceso de iteración con el objetivo de determinar el sector que le corresponde a cada elemento estructural, consiguiendo cantidades muy similares en cada sector.

En la siguiente figura se presenta el promedio de los sectores, mediante una línea horizontal de color rojo, siendo un volumen promedio por los cuatro sectores de 137.6m³. De esta manera se cumple el objetivo de la sectorización.

Figura 120.

Sectorización mediante diagrama de barras del proyecto.



El aplicativo “BLIM” realiza la cuantificación de los elementos de acuerdo a ciertos parámetros de filtros. En primer lugar, se presenta el filtro por el nivel del elemento, ubicado en la zona superior de la izquierda. En el ejemplo, se tiene el “Nivel 1”, es decir que solo se van a visualizar los elementos pertenecientes a este nivel. A continuación, existe un segundo filtro ubicado en la parte inferior del nivel 1, el filtro realizado es de acuerdo a los sectores, en el ejemplo los únicos elementos visibles de la tabla son del “Sector 1”. Finalmente, en la tabla se presenta las columnas estructurales y su información sobre: categoría, familia, día de ejecución, nombre del elemento, forma de vaciado, nivel, sector y volumen de concreto.

Figura 121.

Cuantificaciones realizadas por el Add-in BLIM.

ITEM	CATEGORIA	FAMILIA	DIA	ELEMENTO	VACIADO	NIVEL	SECTOR	VOLUMEN
304	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-3B	H	Nivel 1	S1	0.08
305	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-2B	H	Nivel 1	S1	0.07
306	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-3B	H	Nivel 1	S1	0.08
308	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-3B	H	Nivel 1	S1	0.08
309	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-3B	H	Nivel 1	S1	0.08
311	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-2B	H	Nivel 1	S1	0.07
312	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	3	C-2B	H	Nivel 1	S1	0.07
325	Structural Columns	M_Concrete-Placa-U+L	3	PL-5B	H	Nivel 1	S1	1.19
326	Structural Columns	M_Concrete-Placa-U	3	PL-1B	H	Nivel 1	S1	0.54
333	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-3B	V	Nivel 1	S1	0.51
334	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-2B	V	Nivel 1	S1	0.51
335	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-3B	V	Nivel 1	S1	0.51
337	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-3B	V	Nivel 1	S1	0.51
338	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-3B	V	Nivel 1	S1	0.51
340	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-2B	V	Nivel 1	S1	0.51
341	Structural Columns	Columna Rectangular Concreto	2	C-2B	V	Nivel 1	S1	0.59
354	Structural Columns	M_Concrete-Placa-U+L	2	PL-5B	V	Nivel 1	S1	7.44
355	Structural Columns	M_Concrete-Placa-U	2	PL-1B	V	Nivel 1	S1	3.35

El aplicativo “BLIM” cuenta finalmente con la opción de crear automáticamente los trenes de trabajo de los sectores, de acuerdo a la información incorporada dentro de los parámetros de “Dia de Ejecución” en los elementos estructurales. A continuación, se presenta un avance básico del nivel de programación de obras que se puede planificar:

Figura 122.

Trenes de Trabajo por Sectores.

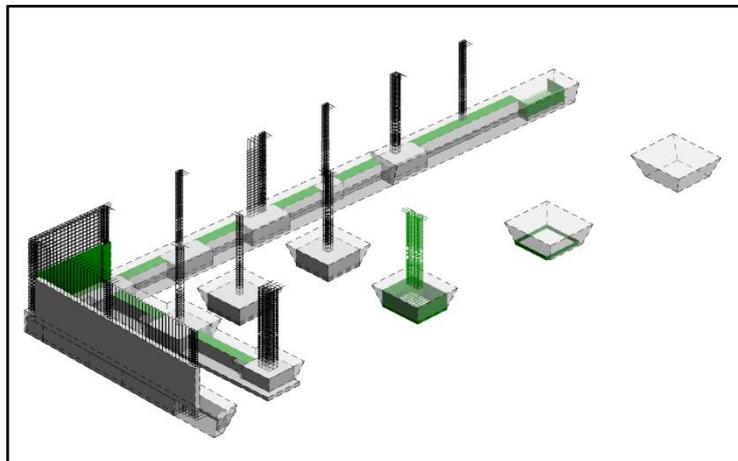
Actividad	DIA1	DIA2	DIA3	DIA4	DIA5	DIA6	DIA7	DIA8
HORIZONTAL	S1P1-H	S2P1-H	S3P1-H	S4P1-H				
VERTICAL		S1P1-V	S2P1-V	S3P1-V	S4P1-V			
HORIZONTAL			S1P2-H	S2P2-H	S3P2-H	S4P2-H		
VERTICAL				S1P2-V	S2P2-V	S3P2-V	S4P2-V	
HORIZONTAL				S1P3-H	S2P3-H	S3P3-H	S4P3-H	

3.2. Creación de Vistas 3D para Avance de Obra

En el control del avance de obra también se realizaron automatizaciones para la creación de vistas 3D con el objetivo de generar reportes diarios y semanales. El primer reporte que se genera como ejemplo práctico es para el día 13, en la siguiente figura se presenta de color verde los elementos de concreto, encofrado y acero que se ejecutaron en dicho día:

Figura 123.

Vista 3D del Avance de Obra para el Día 13.



Adicionalmente, se crearon dos vistas automáticas para crear los reportes semanales que inicia desde el día 8 y termina el día 13. En la figura 119, se representa de color verde los elementos que se han ejecutado en el transcurso de la semana. Por otro lado, en la figura 120 se generó una segunda vista con su leyenda donde cada día de la semana presenta un color respectivo.

Figura 124.

Vista 3D del Avance de Obra Semanal.

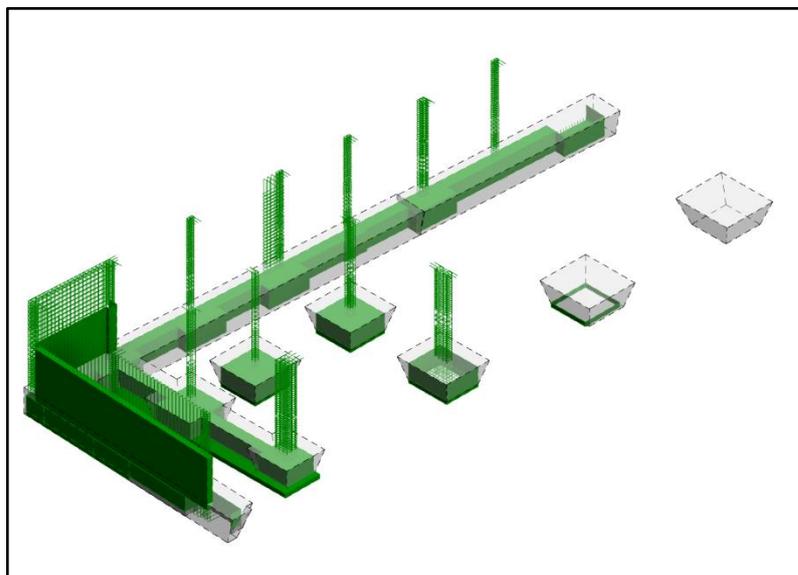
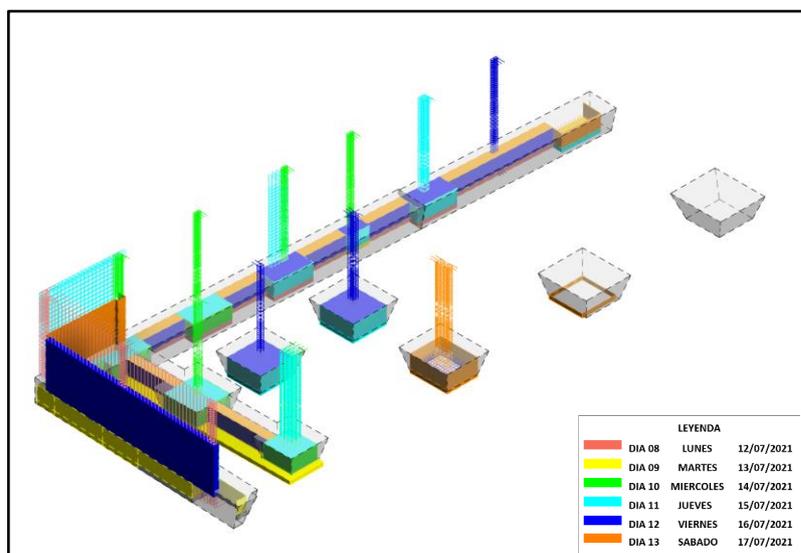


Figura 125.

Vista 3D del Avance de Obra de lunes a sábado.



6.4. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

El costo de la implementación de la presente propuesta se basa en licencias para usuarios independientes o empresas dentro del sector de la construcción. Es importante aclarar que el usuario con licencia solo podrá usar los aplicativos dentro de una sola computadora y en un tiempo establecido (es variable dependiendo del usuario).

En la siguiente tabla se presenta los costos por unidades y los descuentos que se ofrecen al adquirir una licencia independiente para un tiempo de 3, 6 o 12 meses. Además, existe un descuento para las empresas que deseen adquirir una mayor cantidad de licencias para sus trabajadores, de igual manera se ofrece descuentos por cantidad de usuarios y un mayor descuento al adquirir la licencias por un año.

Tabla 76.

Costos de implementación.

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U.	MESES	PARCIAL
Licencia Usuario Independiente: Por Meses					
Licencia de Aplicativo	und	1	S/ 60.00	1	S/ 60.00
Licencia de Aplicativo	und	1	S/ 54.00	3	S/ 160.00
Licencia de Aplicativo	und	1	S/ 51.00	6	S/ 310.00
Licencia de Aplicativo	und	1	S/ 48.00	12	S/ 580.00
Licencias para Empresas: Cantidad					
Licencia de Aplicativo	und	3	S/ 54.00	1	S/ 160.00
Licencia de Aplicativo	und	5	S/ 51.00	1	S/ 260.00
Licencia de Aplicativo	und	9	S/ 48.00	1	S/ 430.00
Licencias para Empresas: Cantidad/Año					
Licencia de Aplicativo	und	3	S/ 46.80	12	S/ 1,680.00
Licencia de Aplicativo	und	5	S/ 45.00	12	S/ 2,700.00
Licencia de Aplicativo	und	9	S/ 42.00	12	S/ 4,540.00

6.5. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA

1. Desarrollar un grupo de familias nativas en Revit para las especialidades que se trabajarán dentro del modelo destinado a una infraestructura educativa.
2. Realizar la codificación de los elementos para las especialidades con el objetivo de gestionar y filtrar correctamente la información del modelo.
3. Definir los niveles de trabajo dentro del modelo en Revit para evitar problemas de interferencias entre elementos y determinar correctamente su ubicación.
4. Elaborar un manual guía para el correcto modelado de elementos durante el uso del Software Revit.
5. Elaborar las plantillas de vistas por especialidad, de esta forma se presentarán todas las vistas de trabajo dentro de las láminas o planos. Controlar las revisiones de los entregables para las láminas o planos del proyecto.
6. Crear automáticamente los parámetros que almacenaran la data de cada elemento y su categoría correspondiente, siendo de vital importancia para la gestión de la información.
7. Diseñar una guía para la redacción del plan de ejecución BIM (BEP) con el objetivo de mejorar el planeamiento previo a la etapa de ejecución de una infraestructura educativa.
8. Automatizar los procesos de modelado donde se mejora la productividad del equipo de trabajo, automatizar la etapa de documentación y de esa forma agilizar los tiempos para los entregables y finalmente automatizar los procesos de gestión donde se mejora el control y la calidad del modelo gestionando correctamente la información del activo.

CAPITULO VII: VALIDACIÓN DE EXPERTOS

7.1. DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO

7.1.1. Planificación del trabajo de campo

El presente trabajo de campo consistió en hacer una encuesta de investigación a los arquitectos e ingenieros civiles que han realizado proyectos de construcción, ejecutado y/o supervisado. La encuesta ha sido elaborada mediante un cuestionario y se divide en tres partes: en primer lugar, corresponde a datos generales con 3 preguntas, la segunda se enfocó en la comprensión de la problemática con un total de 10 preguntas y finalmente la tercera corresponde a la percepción de calidad de la propuesta que incluyó 14 preguntas.

7.1.2. Realización de la encuesta para el diseño de la propuesta

Para realizar la encuesta, se envió por medio de un correo electrónico a todos los profesionales que han participado en proyectos de construcción, un link donde se encuentra el formulario de Google Forms para que pueda ser completado y enviado a la base de datos de esta investigación.

7.1.3. Evaluación de la encuesta

Una vez culminada la encuesta de investigación, la información se ordenó y clasificó para su adecuado procesamiento en el programa SPSS V25. Los resultados se presentan en el capítulo IV del presente proyecto de investigación.

7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS PREVISIBLES

7.2.1. Explicación de la validación de Expertos

Para validar la propuesta se realizó una segunda encuesta, esta vez sólo para el grupo de profesionales que se desempeñan como expertos y especialistas en el desarrollo de proyectos bajo la metodología BIM/VDC, así como también de especialistas en proyectos de inversión para infraestructura educativa en Perú.

Tabla 77.

Información detallada de los especialistas.

NOMBRE	ESPECIALIDAD	TELÉFONO/CORREO
Ing. Antony Campos Vega	Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de Ingeniería Civil, Lima-Perú. Experiencia gestionando proyectos estructuras de edificaciones, viales y minería con enfoque PMBOK, BIM, VDC, LEAN CONSTRUCTION. Docente en diplomados de Gerencia de proyectos, BIM, VDC, gestión minera, preparación PMP, CAPM. Miembro Lima-Perú, New York city-EEUU chapter PMI.	966673897 ajcamposv@uni.pe
Ing. Cristhian Castillo Muñoa	Ingeniero Civil de la Universidad Alas Peruanas. Programador BIM Developer en el uso de herramientas como Dynamo y C# para la creación de Addins. Fundador y CEO de EngineerGeek, cuenta con la certificación profesional de Autodesk en la especialidad de Arquitectura y Estructuras.	974139552 cristhiancastillo@engineergeek.org
Arq. Giuliana Nicho Gómez	BIM Manager certificada de la UPC, arquitecta con 10 años de experiencia, egresada de la carrera de ingeniería civil. Trabajó para Construsoft en la difusión de las tecnologías de la construcción. Trabajó en el área BIM como coordinadora para los proyectos deportivos de los Panamericanos 2019, docente en SENCICO.	920851150 gnicho@colaboractivo.com
Ing. Walter Stwen Gómez	Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Barranca, especialista en presupuestos y gestión de la metodología BIM/VDC. Coordinador BIM en proyectos en el Ministerio del Interior – MININTER y la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria – SUNAT, Gerente General DOZER Construcción & Capacitación S.A.C.	979793138 wgomez@unab.edu.pe

Ing. Leonard Mendoza Chuctaya	Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco, especialista en instalaciones Electromecánicas, en el sector Hotelero, Minería, Hospitalario de Categoría II-2, III-1 y Aeropuerto. Actualmente Coordinador BIM en el nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco (AICC)	996345241 leonardmc@gmail.com
Arq. Gilmar Guzmán Dávila	Arquitecto por la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco, Coordinador BIM en Montoya Ingenieros S.A.C. Programador especializado en aplicaciones (API) para los programas Revit en la especialidad de Arquitectura y Estructura, ACP®. (Autodesk Certified Profesional). Gerente General 3DCON S.R.L.	957168488 aguzmand@drc-cusco.gob.pe

Fuente: Información proporcionada por los propios especialistas.

Elaboración propia.

Tabla 78.

Roles BIM de los Expertos.

ROLES BIM	CANTIDAD
Implementador BIM	2
Coordinador BIM	3
Director de Proyectos BIM	1
TOTAL	6

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Llenado de encuestas para la validación de la propuesta

Se diseñó un formato tipo cuestionario correspondiente a la propuesta y cuya matriz se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 79.

Matriz del instrumento de validación de la propuesta.

DIMENSIÓN DE LA METODOLOGÍA	PREGUNTAS	GRADO DE VALIDEZ		
		Alta	Media	Baja
		3	2	1
Componente 1				
Proceso 0: Diagnóstico Situacional	¿Qué grado de validez le otorga efectuar un adecuado diagnóstico situacional para determinar la viabilidad de implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos BIM?			
Componente 2				
Proceso 1: Desarrollo de biblioteca de familias	¿Qué grado de validez le otorga al modelo propuesto definir el proceso en el desarrollo de una biblioteca de familias para implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos BIM?			
Proceso 2: Elaboración de plantillas específicas	¿Qué grado de validez le otorga al modelo propuesto definir el proceso en la elaboración de plantillas específicas para implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos BIM?			
Proceso 3: Procedimientos en la redacción del PRE-BEP	¿Qué grado de validez le otorga al modelo propuesto definir el proceso de procedimientos en la redacción del Plan de Ejecución BIM para implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos?			
Proceso 4: Desarrollo de aplicaciones específicas BIM	¿Qué grado de validez le otorga al modelo propuesto definir el proceso en el desarrollo de aplicaciones específicas BIM para implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos BIM?			
Componente 3				
Proceso 5: Gestión de la información	¿Qué grado de validez le otorga al modelo propuesto definir el proceso en la gestión de la información para implementar procesos de mejora en la gestión de proyectos BIM?			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se aprecia la matriz del instrumento de validación de la propuesta, en la primera columna se plantean las dimensiones metodológicas, en la segunda columna se plantean las cuestiones relacionadas con cada proceso anteponiendo el grado de validez que le otorga la dimensión pertinente; y en la

tercera columna, el experto determinará el grado de efectividad o validez según la escala de evaluación que se muestra en dicha tabla, es decir, 3 cuando el grado de validez se considera “Alto”, 2 cuando el grado de validez se encuentra en un estado “Medio” y 1 si se considera un grado de validez “Bajo”.

7.2.3. *Procesamiento de la información*

Una vez culminada la encuesta, la información se ordenó y clasificó para su adecuado procesamiento en el programa SPSS V25, con la finalidad de procesar la encuesta de validación a los expertos.

7.2.4. *Resultados esperados o previsibles de la iniciativa*

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos de la encuesta de validación a los expertos con referente al desarrollo de procesos aplicando la metodología BIM/VDC para mejorar la gestión de proyectos.

Tabla 80.

Resultados de la aplicación de los procesos en la metodología BIM/VDC.

ÍTEM DE EVALUACIÓN	GRADO DE VALIDEZ
Proceso 0: Diagnóstico Situacional	MEDIO
Proceso 1: Desarrollo de biblioteca de familias	ALTO
Proceso 2: Elaboración de plantillas específicas	ALTO
Proceso 3: Procedimientos en la redacción del Plan de Ejecución BIM	ALTO
Proceso 4: Desarrollo de aplicaciones específicas BIM	ALTO
Proceso 5: Gestión de la información	ALTO

Fuente: Elaboración propia.

7.3. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA PROPUESTA

7.3.1. Prueba estadística de validez de la Metodología Propuesta

Para establecer el nivel de validez de la propuesta al desarrollar procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, se presenta la siguiente prueba de hipótesis considerando los siguientes aspectos:

a) Formulación de las hipótesis estadísticas

Considerando, seis procesos (proceso 0 hasta el proceso 5) y tres grados de validez (alto, medio y bajo).

$$\begin{array}{l} \Rightarrow 6 \times 3 = 18 \text{ (puntaje máximo.)} \\ \Rightarrow 6 \times 1 = 6 \text{ (puntaje mínimo.)} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \Rightarrow 6 \times 3 = 18 \text{ (puntaje máximo.)} \\ \Rightarrow 6 \times 1 = 6 \text{ (puntaje mínimo.)} \end{array}} \right\} \begin{array}{|l} \mu = 18 - 6 = 12 \\ \mu = 12 \end{array}$$

Por lo tanto, la hipótesis para la metodología propuesta:

Hipótesis nula (H0): $\mu < 12$ propuesta tiene baja validez.

Hipótesis alterna (H1): $\mu > 12$ propuesta tiene una alta validez.

Nivel de significación

α : 5% Nivel de significación (95% de nivel de confianza)

b) Estadígrafo de prueba

Se aplica la prueba de “t” de Student

$$t(\text{obtenido}) = \frac{X - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

Donde:

X = media muestral

μ = constante no nula (media poblacional)

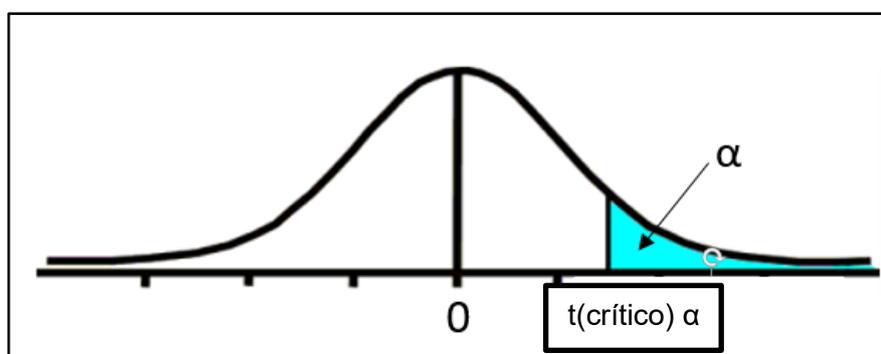
S = desviación estándar

n = tamaño de muestra

t (crítico) = valor obtenido de la tabla t-Student

Figura 126.

Tabla t-Student.



Fuente: Prueba t-Student.

c) Grados de libertad

$$Gl = n - 1$$

Donde, n = tamaño de la muestra (expertos entrevistados) = 6

$$Gl = 6 - 1$$

$$Gl = 5$$

d) Zona de aceptación y de rechazo

Para:

$$\alpha = 5\% \text{ o } 0.05$$

$$Gl = 5$$

Tabla 81.*Grados de Libertad Tabla t-Student.*

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321

Fuente: Prueba t-Student.

El valor de t(crítico), se obtiene de la tabla de distribución normal, para lo cual con un grado de libertad $G1 = 3$ y un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$, da como resultado un $t(\text{crítico}) = 2.0150$.

e) Resultados de la aplicación del estadístico de prueba

Reemplazando los datos del análisis estadístico, en el estadístico de prueba “Z”, se obtiene lo siguiente:

$$t(\text{obtenido}) = \frac{17 - 12}{0.83666/\sqrt{6}}$$

Se tiene que el valor de $t(\text{obtenido}) = 13.175$

f) Regla de decisión

Si $t(\text{obtenido}) < t(\text{crítico}) \Rightarrow$ Entonces se rechaza la hipótesis.

Si $t(\text{obtenido}) > t(\text{crítico}) \Rightarrow$ Entonces se acepta la hipótesis.

g) Decisión

Como el valor de: “t (obtenido)” = 13.175 es mayor a $t(\text{crítico}) = 2.015$,

Entonces se decide rechazar la hipótesis nula (H_0) y en consecuencia se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

h) Conclusión estadística

Se concluye que, con un nivel de confianza del 95% el nivel de validez de la propuesta al desarrollar procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC, es alta; por lo tanto, constituye una alternativa viable para la solución del problema de investigación, según los expertos.

7.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

La hipótesis General de la presente investigación es:

El desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC mejora la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna, 2022.

Considerando los resultados de los análisis de la opinión de expertos, se determina que la metodología de implementación propuesta, constituye una alternativa viable para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, con un nivel de confianza del 95%.

Por lo descrito, queda verificada la hipótesis.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, región Tacna.
2. Se identificó el grado de implementación de la metodología BIM-VDC para una infraestructura educativa a partir del diagnóstico situacional, definiendo los requerimientos para los usos BIM solicitados según los términos de referencia, tipos de información, nivel de desarrollo, formatos para los entregables, responsabilidades del equipo y estrategias de reuniones colaborativas entre los involucrados.
3. Se logró determinar que la aplicación estándares y flujos de trabajo dentro de la metodología BIM-VDC permite mejorar la productividad y agilizar la entrega del modelo virtual con los requerimientos exigidos en la etapa de control de obra. Se presenta la creación de familias nativas de Revit para el uso respectivo en cada especialidad, se estandariza la codificación de los elementos, se diseña una guía de buenas prácticas de modelado, se plantea el uso de plantillas de vistas personalizadas y finalmente la creación de parámetros del proyecto para almacenar la data obtenida modelo, generando un modelo BIM de alta calidad y métricas confiables.
4. Se desarrolló un plan de ejecución BIM que sirva como lineamiento, guía y estándar de trabajo organizacional para definir, planificar y documentar los procesos BIM a ejecutarse en el proyecto de infraestructura educativa. Se comienza con los datos de identificación del proyecto y definiendo los objetivos de colaboración, se restringe los usos BIM del proyecto; se define los formatos de archivos y fechas de los entregables junto con la estructura de carpetas dentro del entorno común de datos (CDE) para la visualización del modelo y documentación; se demarca los niveles de desarrollo e información del modelo digital; se define los recursos humanos con sus respectivas responsabilidades y

la estrategia de reuniones colaborativas para la coordinación entre especialidades. Finalmente, se presenta un mapeo de procesos que ayudan a mejorar el flujo de trabajo en la organización.

5. Se elaboró aplicativos para automatizar procesos en la etapa de modelado, documentación y gestión de obra. Al automatizar tareas repetitivas y complejas ahorramos tiempo significativamente que se derivan a otras tareas de similar o mayor valor; además de reducir los errores de modelado y gestión de la información que conllevan a los retrasos en las entregas. Se detalla los dos tipos de programación que se emplean en esta investigación, la programación visual con Dynamo y la programación escrita con Visual Studio C#, por último, se presenta la propuesta de aplicativos (Add-ins) para Revit describiendo el proceso que le corresponde dentro del flujo de trabajo, los requisitos para su funcionamiento y la utilidad que se consigue al mejorar significativamente la productividad del equipo.
6. Se validó con expertos que el desarrollo de procesos estandarizados y automatizaciones de implementación en la metodología BIM-VDC es una alternativa viable para mejorar la gestión de proyectos durante la etapa de diseño y ejecución de una infraestructura educativa.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las empresas contratistas tomen en cuenta la aplicación de los procesos desarrollados en la presente investigación validada por expertos como una alternativa para mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa.
2. Los coordinadores de proyectos BIM interesados en mejorar los flujos de trabajo podrían considerar la presente investigación y aplicarla a otros tipos de proyecto de infraestructura como pueden ser: multifamiliares, oficinas, hospitales, entre otros.
3. La metodología BIM-VDC forma parte de la innovación e implementación de la tecnología dentro del sector construcción, por tal motivo se recomienda a los coordinadores o jefes de proyectos BIM seguir investigando y desarrollando procesos para estandarizar flujos de trabajo y buenas prácticas.
4. El gobierno está promoviendo el Plan BIM Perú y desarrollando estándares que se adecuen a la realidad nacional, se recomienda a los profesionales inmersos en el sector construcción seguir capacitándose y adaptarse al cambio que genera el uso de la metodología BIM-VDC dentro de la industria.
5. La presente propuesta de metodología siembra las bases para que futuros investigadores, en el tema de automatización de procesos, puedan incorporar ecosistemas de programación con referencia a la ciencia de datos o big data, machine learning o inteligencia artificial dentro del modelo digital.
6. Se recomienda implementar dentro de la organización un entorno común de datos para almacenar de forma estructurada todas las carpetas de información, por efectos de la pandemia se están generando ambientes colaborativos y las reuniones ICE se pueden realizar bajo una plataforma como Meet o Zoom.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, L. F., & Mardones, D. A. (1998). *Improving the design-construction interface [Mejorar la interfaz diseño-construcción]. In Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction (pp. 1-12).*
- Alvarado, N., & Gerson, J. (2018). *Optimización de la infraestructura de las instituciones educativas del centro poblado Santa Rosa para fortalecer el servicio educativo, Sayan, 2017.*
- Apaza Vizcarra, J. A. (2015). *Aplicación de metodología BIM para mejorar la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna.*
- Ayala. (2017). *Diseño del edificio multifamiliar “Los Robles” urbanización Santa María, distrito de José Leonardo Ortiz, provincia Chiclayo, Región Lambayeque 2017. Trujillo*
- Borja, J. (2017). *Aplicación de Metodología BIM, en el Ciclo de Vida de Estructuras Industriales para Instalaciones Mecánicas. España: Escuela Técnica Superior de Barcelona.*
- Botero, L. F. (2006). *Construcción sin pérdidas. Análisis de procesos y filosofía lean construction.*
- Cadavid Osorno, J. E., & Caro Londoño, D. L. (2012). *Administración de riesgos en proyectos de construcción de túneles (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).*
- Cámac Leonardo, L. M. (2015). *Identificación de incompatibilidades en la construcción de estructuras y arquitectura utilizando un modelo 3D en Revit Architecture 2014.*
- Céspedes, A., & Mamani, C. (2016). *Modelo de gestión de proyecto aplicando la metodología building information modeling (BIM) en la planta agroindustrial de Lurín. Lima*

- Chacón Pérez, D. E., & Cuervo Coronado, G. (2017). *Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software REVIT (Bachelor's thesis)*.
- Condori Atencio, J. J. (2020). *Análisis y diseño estructural de una edificación de 5 pisos de concreto armado mediante la aplicación de la metodología BIM en el distrito de Tacna. Universidad Privada de Tacna*.
- Corrales Tamayo, J. L., & Saravia Torres-Llosa, R. E. (2000). *Implementación de la metodología Virtual Design & Construction-VDC en las etapas de Diseño y Construcción para reducir el plazo en proyectos de edificaciones en el Perú*.
- Díaz, H. P., Rivera, O. G. S., & Guerra, J. A. G. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. Avances: Investigación en Ingeniería, 11(1), 32-53*.
- Espinoza Rosado, J., & Pacheco Echevarría, R. M. (2014). *Mejoramiento de la constructibilidad mediante herramientas BIM*.
- Gerber, D. J., Becerik-Gerber, B., & Kunz, A. (2010). *Building information modeling and lean construction: Technology, methodology and advances from practice. In Proc. 18th Int'l Group for Lean Const.*
- González Acha, J., Macedo Medina, V., Medina Gonzales, G. Y., & Cacsire Bautista, A. D. (2020). *Utilización de la metodología BIM en la fase de diseño de la infraestructura educativa N° 2026 Simón Bolívar-Distrito de Comas-Lima, en la empresa Chung y Tong Ingenieros SAC*.
- Loyola Osorio, L. I. (2018). *Desarrollo de aplicación en software BIM para la interoperabilidad entre el análisis y la representación 3D del refuerzo estructural en muros de edificios de hormigón armado*.
- Lozano Serna, S., Patiño Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., & Torres, A. (2018). *Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en*

- proyectos de construcción en Colombia. Ingeniería y ciencia, 14(27), 117-151.*
- Marchant Silva, A. F. (2012). *Desarrollo de guía de recomendaciones para la gestión del riesgo en proyectos de construcción, utilizando la metodología PMBOK.*
- Martínez Ayala, S. J. (2019). *Propuesta de una metodología para implementar las tecnologías VDC/BIM en la etapa de diseño de los proyectos de edificación.*
- Mateus Malagón, J. A., & Paredes Acosta, J. A. (2020). *Análisis de tiempos y costos de la implementación de impresoras 3d para proyectos de construcción desarrollados en Colombia con metodología BIM.*
- Melo-Becerra, L. A., Ramos-Forero, J. E., & Hernández-Santamaría, P. O. (2017). *La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia. Revista Desarrollo y sociedad, (78), 59-111.*
- Miñín Medina, F. E. (2018). *Implementación del BIM en el edificio multifamiliar "Fanning" para mejorar la eficiencia del diseño en el distrito Miraflores-Lima 2018.*
- Moghadam, M., Alwisy, A., & Al-Hussein, M. (2012). *Integrated BIM/Lean base production line schedule model for modular construction manufacturing. In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World (pp. 1271-1280).*
- Moreno Pineda, C. E. (2019). *Análisis comparativo entre el modelo virtual de proyectos de construcción building information modeling y el modelo convencional de gestión de proyectos, para obras de concreto armado, en empresas constructoras, Huaraz-2017.*
- Murguía, D. (2017). *Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017.*

- Noriega Cáceres, A. R. (2021). *Factores relacionados a la corrupción en obras de construcción en Arequipa 2019*.
- Ogbamwen, J. (2016). *Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD). Análisis y estudio de dos casos en EE. UU.*
- Oussouboure, G., & Victore, R. D. (2017). *La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. Revista Arquitectura e Ingeniería, 11, 4.*
- Palomino, J., Hennings, J., y Echevarría, V. (2017). *Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú. Quipukamayoc, 25(47), 95 - 101.*
- Paxi Mamani, A. (2015). *Propuesta metodológica para la mejora de la planificación, programación y control de obras de construcción aplicando la interacción de las herramientas de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM).*
- Picchi, F. A. (1993). *Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção [Sistemas de calidad: uso en empresas constructoras]. São Paulo: EDUSP.*
- Portocarrero Lozano, A. C. (2017). *Análisis de las principales debilidades en la gestión de proyectos de obras públicas, durante los últimos 4 años en el Municipio de Medellín. 2013–2016.*
- Puma Lupo, H., & Goyzueta Balarezo, G. J. (2016). *Implementación de la metodología bim y el sistema Last Planner 4D para la mejora de gestión de la obra residencial Montesol-Dolores.*
- Ribón, J. G. T. M. (2011). *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).*

- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). *Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of construction engineering and management, 136(9), 968-980.*
- Salinas Saavedra, J. R., & Ulloa Román, K. A. (2013). *Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan.*
- Silva, J. P., Otoya, J. H., & Alvarado, V. R. E. (2017). *Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú. Quipukamayoc, 25(47), 95-101.*
- Vargas, A., Castro, V., & Bautista, E. (2011). *Importancia del crecimiento del sector construcción en la economía y sociedad peruana. Gestión en el Tercer Mundo, 14(28), 25-32.*
- Vásquez Ayala, J. C. (2006). *El "Lean Design" y su aplicación a los proyectos de edificación.*

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente: METODOLOGÍA BIM-VDC	Interoperabilidad BIM	Transferencia de la información del modelo
¿Cuáles son los procesos de diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna?	Desarrollar los procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna, 2022.	El desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC mejora la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, de la región Tacna, 2022.		Revit	Modelado virtual
				Arquimedes	Presupuesto
				MsProject	Programación
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Navisworks	Planificación
¿Cuáles son las principales oportunidades que se presentan al implementar la metodología BIM-VDC en una infraestructura educativa?	Desarrollar un diagnóstico situacional que nos permita identificar el grado de implementación de la metodología BIM-VDC para una infraestructura educativa.	El desarrollo de un diagnóstico situacional permitirá identificar el grado de implementación de la metodología BIM-VDC en una infraestructura educativa.	Variable dependiente: GESTIÓN DE PROYECTOS	Diseño BIM del proyecto	Cuantificación de materiales
					Planos de detalle constructivo

¿Cuáles son los estándares y flujos de trabajo más idóneos para mejorar la gestión de la construcción en una infraestructura educativa aplicando la metodología BIM-VDC?	Analizar los estándares y flujos de trabajo más idóneos para mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa.	El análisis de los estándares y flujos de trabajo más convenientes podrán mejorar la gestión de proyectos en una infraestructura educativa.	Variable dependiente: GESTIÓN DE PROYECTOS	Diseño BIM del proyecto	Automatización
¿Cuáles son los elementos fundamentales que debe contener un plan de ejecución BIM (BEP) para una infraestructura educativa?	Diseñar el plan de ejecución BIM (BEP) para mejorar el planeamiento previo a la etapa de ejecución de una infraestructura educativa.	El diseño y aplicación de un plan de ejecución BIM (BEP) mejorará el planeamiento previo a la etapa de ejecución de una infraestructura educativa.		Planificación del modelo BIM	Interferencias entre especialidades
¿Cómo se puede utilizar la programación para automatizar procesos repetitivos en el modelado BIM de una infraestructura educativa?	Automatizar procesos repetitivos mediante la programación para desarrollar el modelado BIM de la infraestructura educativa durante la etapa de diseño y ejecución.	La automatización de procesos repetitivos a través de la programación permitirá desarrollar el modelado BIM de una infraestructura educativa de manera más eficiente durante la etapa de diseño y ejecución.			Simulación 4D
¿Cómo se puede validar la metodología BIM-VDC en la gestión de proyectos de infraestructuras educativas?	Validar la metodología implementando el desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.	La validación de la metodología BIM-VDC mediante la implementación de procesos en el diseño y planificación mejorará la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa.			Desarrollo de Aplicativos de mi autoría
Sectorización					

METODO Y DISEÑO		POBLACIÓN Y MUESTRA		TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	
Tipo de investigación:	Tipo aplicada, soluciona problemas prácticos en la búsqueda de nuevos conocimientos	Población:	Arquitectos e ingenieros que se desempeñan como proyectistas	Técnicas:	1. Indagación 2. Revisión de documentación 3. Entrevistas
Nivel de investigación:	Aplicativo, orientado a la tecnología e innovación			Instrumentos:	1. Entrevista a profesionales 2. Aprendizaje y desarrollo de herramientas tecnológicas
Diseño de investigación:	Campo Experimental	Muestra:	Encuesta a 50 especialistas	Análisis de Datos	Recolección de datos en proyectos con metodología BIM

Anexo 2. Caso Aplicativo

La universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann alberga dentro de sus sedes a la escuela académico profesional de medicina veterinaria y zootecnia que pertenece a la facultad de ciencias agropecuarias; una de las facultades más antiguas de la Universidad Nacional de Tacna - Perú

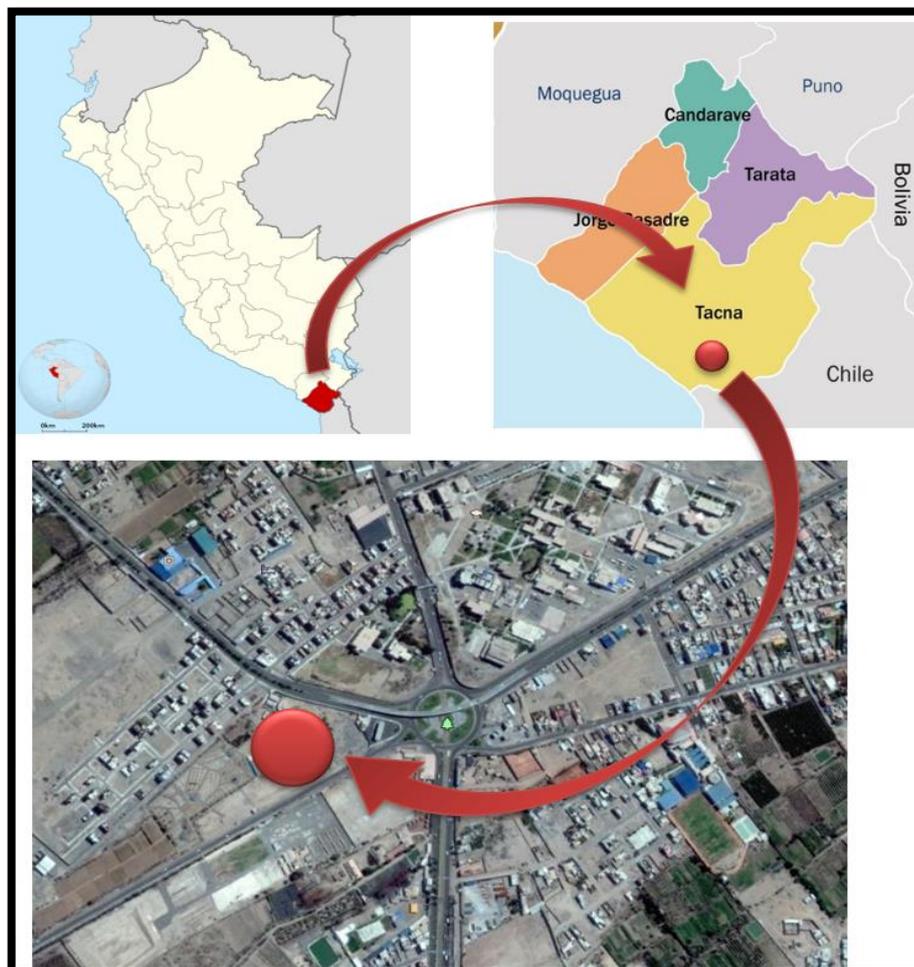
1. Localización geográfica del proyecto:

Actualmente la escuela hace uso de instalaciones ubicadas en la sede los pichones norte, con espacios insuficientes e inadecuados para la realización de clases y prácticas de pre grado, por ello se elaboró un PIP que se registra en el banco de Proyectos, el PIP denominado “Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Facultad de Ciencias Agrícolas – UNJBG”. El proyecto ha de ejecutarse en el siguiente ámbito geográfico:

Tabla 82.

Ámbito geográfico del proyecto.

Región, Provincia y Distrito:	Tacna
Sede:	Pichones sur
Altitud:	550 m.s.n.m
Zona ecológica:	Baja
Región geográfica:	Costa
Código de Ubigeo:	20101

Figura 127.*Ciudad universitaria – Sede los Pichones Sur.*

Fuente: Expediente técnico: “Mejoramiento del Servicio de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Facultad de Ciencias Agrícolas – UNJBG”.

2. Descripción del proyecto:

El proyecto: “Mejoramiento del Servicio Académico de la E.A.P. de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Distrito Tacna”, consta de 03 módulos, los cuales están organizados a partir de una plazoleta de recepción, siendo estos:

MÓDULO 01: Auditorio y oficinas administrativas

MÓDULO 02: Aulas teóricas y laboratorio

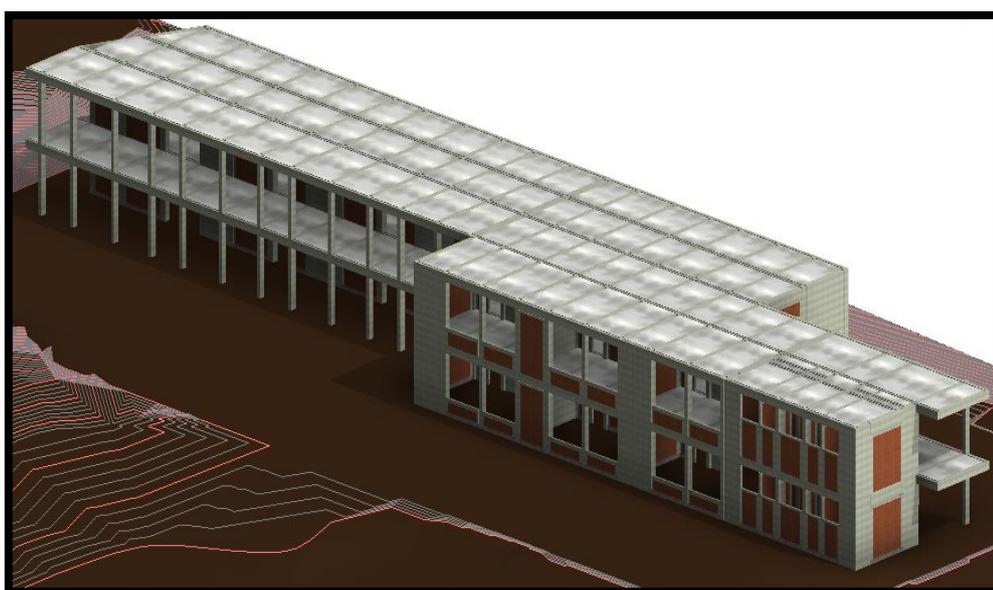
MÓDULO 03: Cafetería

En la presente investigación se determinó evaluar el Módulo 2 “Aulas teóricas y laboratorio” que cuenta con mayores características para el área de trabajo, siendo predominante la mayor cantidad de especialidades y sirviendo de esta forma como un proyecto piloto para la implementación de la metodología BIM-VDC.

El módulo 2 está dividido en modulo 2A que consta de laboratorios, oficinas, sala de equipos y consta además de 01 escalera lineal con 01 depósito debajo de las gradas que comunica al segundo nivel. El módulo 2B, correspondiente a ambientes de laboratorios, almacenes y aulas que se organizan a través de 01 pasillo de circulación. Finalmente, el módulo 2C correspondiente a los servicios higiénicos para varones, damas y personas con discapacidad; teniendo en su conjunto como circulación vertical 02 escaleras de acceso a las plantas.

Figura 128.

Proyecto de Infraestructura Educativa - Módulo 2.



Es una construcción con sistema aporticado, losa aligerada con cobertura de ladrillo pastelero. En el interior de los ambientes se usará pisos de porcelanato para el pasillo de circulación, laboratorios, aulas y oficinas, y pisos de cerámico para los servicios, contrazócalos de 10 cm de alto del mismo material que en los pisos, mesones de concreto con enchape de porcelanato, los zócalos serán de porcelanato en los laboratorios y enchape de cerámico en los servicios higiénicos, las características de los aparatos sanitarios y lavamanos estarán indicados en los planos de detalles. Columnas con acabado caravista, muros y cielo raso con tarrajeo y acabado de pintura látex. Divisiones con tabiquería de drywall e=10cm. Las puertas de madera serán tipo tablero y contraplacadas, con instalación total de cerrajería. Ventanas con marco aluminio y vidrio crudo de 6mm, muro cortina con vidrio tipo espejo indicado en los planos, barandas metálicas con anticorrosivo y esmalte.