

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN  
DEL PROYECTO: AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DEL BANCO DE  
COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO, MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE BIM

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**VICTOR RAÚL CALLE VELEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL  
PROYECTO: AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DEL BANCO DE  
COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO, MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE BIM

**TESIS PRESENTADA POR:**

VICTOR RAÚL CALLE VELEZ

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL



**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

  
M. Sc. NESTOR LEODAN SUCA SUCA

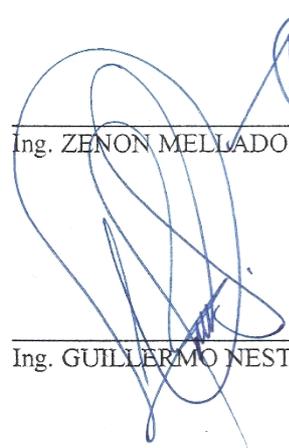
**PRIMER MIEMBRO:**

  
D. Sc. ELEODORO HUICHI ATAMARI

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
Ing. ZENON MELLADO VARGAS

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
Ing. GUILLERMO NESTOR FERNANDEZ SILA

**Tema :** Diseño y Ejecución de proyectos

**Área :** Construcciones

**Línea de Investigación:** Construcciones y Gerencia

## DEDICATORIA

*A mi madre por su paciencia y enseñanza  
quien es la responsable de todo lo bueno  
que hay en mi vida, a mi padre por su  
preocupación y cuidado; y a ambos por  
su incondicional apoyo y comprensión.*

*A mi hermanita Milagros por ser una  
excelente compañía y un estímulo en el  
día a día, quien me hace querer ser  
mejor persona.*

*A mi familia: mis abuelos, a quienes  
extraño y debo lo humano que soy; mis  
tíos, verdaderas inspiraciones de  
persona; mis tiernas y acogedoras tías y  
mis primos, quienes son mi competencia  
académica más sana.*

*A Lessly, porque hoy te quiero y admiro  
lo suficiente como para darte un lugar  
muy especial en mi vida, porque hoy me  
importas y eres esencial en el camino de  
mis sueños.*

## AGRADECIMIENTOS

*Aprovecho estas líneas para agradecer a los coautores de esta investigación; mi director de tesis, mis jurados de tesis, mis docentes de colegio, mis docentes de universidad, mis compañeros de clase y mis compañeros de vida, decirles que, con sus enseñanzas, consejos, risas, su compañía y sobre todo su valioso tiempo es que les debo este y muchos otros logros más.*

**ÍNDICE GENERAL**

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>14</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.3.1. Objetivo general .....	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. HIPÓTESIS.....	22
1.4.1. Hipótesis general.....	22
1.4.2. Hipótesis específicos.....	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>24</b>
2.1. ANTECEDENTES.....	24
2.2. MARCO TEÓRICO .....	26
2.2.1. El Significado de BIM – Definición .....	26
2.2.2. BIM Como un Modelo Interactivo de Trabajo en Equipo.....	27

2.2.3.	BIM – Tecnología de Información y Comunicación del Presente ..	29
2.2.4.	Adopción de BIM en el Perú .....	31
2.2.5.	Adopción de BIM en la Región Puno .....	33
2.2.6.	Aplicaciones de BIM en el Diseño de Proyectos de Edificaciones	34
2.2.6.1.	Etapa de diseño conceptual: .....	35
2.2.6.1.1.	Viabilidad y conceptualización del diseño .....	35
2.2.6.1.2.	Predeterminación de alternativas de diseño.....	35
2.2.6.2.	Etapa de diseño analítico: .....	35
2.2.6.2.1.	Interactividad y calidad en el diseño.....	35
2.2.6.2.2.	Percepción clara del diseño .....	37
2.2.6.2.3.	Detección de incompatibilidades .....	37
2.2.6.2.4.	Productividad en el diseño .....	38
2.2.7.	Aplicaciones de BIM en la Ejecución de Proyectos de Edificaciones .....	39
2.2.7.1.	Etapa de construcción:.....	39
2.2.7.1.1.	Revisión visual del diseño y planeamiento inicial. ....	39
2.2.7.1.2.	Estimación de la cantidad de materiales. ....	40
2.2.7.1.3.	Simulación de planeamiento y control de la producción. ....	40
2.2.7.1.4.	Intercambio electrónico de especificaciones de diseño. ....	41
2.2.7.2.	Etapa de operación y mantenimiento: .....	42
2.2.7.2.1.	Fuente de información ASBUILT.....	42
2.2.7.2.2.	Planificación de Espacios .....	42

2.2.7.2.3.	Planificación de Desastres .....	42
2.2.8.	Técnicas y herramientas BIM .....	43
2.2.8.1.	Organización interactiva de procesos:.....	43
2.2.8.2.	Modelamiento 3D de la edificación:.....	44
2.2.8.3.	Sinergia del Modelamiento 3D con softwares para su simulación: .....	47
2.2.8.4.	Validación de Códigos:.....	48
2.2.8.5.	Sesiones productivas ICE .....	49
2.2.8.6.	Control y medición de resultados .....	51
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>53</b>
3.1.	MATERIALES.....	53
3.1.1.	Población .....	53
3.1.2.	Muestra .....	53
3.2.	MÉTODOS.....	54
3.2.1.	Recolección de Datos.....	54
3.2.2.	Operacionalización de las Variables.....	55
3.2.3.	Análisis de Datos.....	59
3.2.3.1.	Confiabilidad del Instrumento (Encuesta): .....	59
3.2.3.2.	Validez del Instrumento (Encuesta):.....	60
3.2.3.3.	Método de Análisis .....	61
3.2.3.4.	Diseño de prueba de hipótesis .....	62

<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
4.1. CONOCIMIENTO PRELIMINAR ACERCA DE BIM .....	65
4.1.1. Nivel de Conocimiento de Tecnologías BIM: .....	65
4.1.1.1. Conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM. ....	65
4.1.1.2. Manejo de Tecnologías y Herramientas BIM. ....	67
4.1.1.3. Conocimiento sobre la funcionalidad de Tecnologías BIM. ....	68
4.1.2. Nivel de Conocimiento de Procesos BIM: .....	69
4.1.2.1. Conocimiento de aplicación de Procesos BIM. ....	69
4.1.2.2. Apreciación de las potencialidades de los Procesos BIM en el desarrollo de actividades.....	70
4.1.2.3. Apreciación de los beneficios de los Procesos BIM. ....	71
4.2. PROPUESTA METODOLÓGICA .....	73
4.2.1. Consideraciones Preliminares: .....	73
4.2.2. Propuesta Metodológica para la Etapa de Diseño .....	73
4.2.2.1. Integración de procesos, técnicas y herramientas. ....	73
4.2.2.2. Diseño y desarrollo de la metodología propuesta.....	76
4.2.2.2.1. Viabilidad y conceptualización del diseño: .....	78
4.2.2.2.2. Predeterminación de alternativas de diseño:.....	79
4.2.2.2.3. Interactividad y calidad en el diseño:.....	81
4.2.2.2.4. Percepción clara del diseño: .....	83
4.2.2.2.5. Detección de Incompatibilidades:.....	85
4.2.2.2.6. Productividad en el diseño: .....	86

4.2.2.3.	Identificación de desafíos y dificultades en la implementación. .	90
4.2.3.	Propuesta Metodológica para la Etapa de Ejecución.....	92
4.2.3.1.	Integración de procesos, técnicas y herramientas.....	92
4.2.3.2.	Diseño y desarrollo de la metodología propuesta.....	94
4.2.3.2.1.	Revisión visual del diseño y planeamiento inicial: .....	95
4.2.3.2.2.	Estimación de cantidad de insumos: .....	97
4.2.3.2.3.	Simulación de planeamiento y control de la producción: .....	98
4.2.3.2.4.	Intercambio electrónico de las especificaciones de diseño: .	100
4.2.3.2.5.	Fuente de información ASBUILT:.....	101
4.2.3.3.	Identificación de desafíos y dificultades en la implementación. .	105
4.3.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	107
4.3.1.	Nivel de aceptación de la metodología aplicada .....	110
4.3.1.1.	Calificación de los procesos y herramientas BIM. ....	110
4.3.1.2.	Calificación de la rutina de trabajo.....	111
4.3.1.3.	Satisfacción con la aplicación del modelo. ....	112
4.3.1.4.	Estimulación al manejo de herramientas BIM.....	112
4.3.1.5.	Facilidad para realizar actividades. ....	113
4.3.2.	Detección de incompatibilidades a partir de la aplicación de la metodología propuesta .....	114
4.3.3.	Anticipación a dificultades a partir de la aplicación de la metodología propuesta. ....	120

4.3.4.	Mejora de la productividad en el diseño a partir de la aplicación de la metodología propuesta .....	121
4.3.5.	Mejora la calidad de los documentos de diseño a partir de la aplicación de la metodología propuesta.....	123
4.3.5.1.	Calificación de la calidad de documentos generados. ....	124
4.3.5.2.	Nivel de satisfacción por especialidad.....	125
4.3.5.3.	Bondades de la documentación generada .....	126
4.3.5.4.	Disposición futura.....	127
4.3.6.	Optimización del costo de ejecución a partir de la aplicación de la metodología propuesta.....	128
4.3.7.	Optimización del tiempo de ejecución a partir de la aplicación de la metodología propuesta.....	129
4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	131
4.4.1.	Análisis de condiciones de prueba de hipótesis.....	131
4.4.1.1.	Dimensión: Nivel de conocimiento de tecnologías BIM .....	131
4.4.1.2.	Dimensión: Nivel de conocimiento de procesos BIM .....	132
4.4.1.3.	Dimensión: Productividad en el diseño.....	133
4.4.1.4.	Dimensión: Calidad en el diseño .....	134
4.4.1.5.	Dimensión: Costo en la ejecución .....	135
4.4.1.6.	Dimensión: Tiempo en la ejecución.....	135
4.4.1.7.	Dimensión: Nivel de aceptación .....	136
4.4.1.8.	Dimensión: Cantidad de incompatibilidades detectadas.....	137

4.4.1.9. Dimensión: Cantidad de dificultades previstas con anticipación	138
4.4.2. Contrastación de hipótesis .....	139
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....</b>	<b>145</b>
<b>CAPITULO VII: REFERENCIAS.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>150</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Representación Virtual BIM-3D (Universidad del Pacífico).....	27
Figura N° 2: Modelo Interactivo de Trabajo de BIM.....	29
Figura N° 3: Logotipo del Comité BIM del Perú.....	32
Figura N° 4: Esquema de procesos BIM .....	33
Figura N° 5: Relaciones de Comunicación en procesos BIM .....	37
Figura N° 6: Interfaz gráfica de integración 4D: Obra Mara.....	48
Figura N° 7: Ejemplo de sesión ICE .....	51
Figura N° 8: Conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM.....	65
Figura N° 9: Comparación de conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM .....	66
Figura N° 10: Manejo de Tecnologías y Herramientas BIM.....	67
Figura N° 11: Comparación de manejo de Tecnologías y Herramientas BIM...67	
Figura N° 12: Conocimiento de la Funcionalidad de Tecnologías BIM .....	68
Figura N° 13: Conocimiento de aplicación de Procesos BIM .....	69
Figura N° 14: Apreciación de las Potencialidades de los Procesos BIM. ....	70
Figura N° 15: Detalle de conocimiento de aplicación de Procesos BIM. ....	70
Figura N° 16: Apreciación de los beneficios de los Procesos BIM.....	71
Figura N° 17: Detalle de apreciación de los beneficios de los Procesos BIM. ..	72
Figura N° 18: Consideraciones preliminares para la implementación de BIM ..	74
Figura N° 19: Esquema de Integración de Técnicas y Herramientas .....	77
Figura N° 20: Esquema – Propuesta metodológica integrada (Etapa de Diseño) .....	89
Figura N° 21: Esquema – Propuesta metodológica integrada (Etapa de Ejecución) .....	104

Figura N° 22: Modelo BIM compatibilizado del proyecto .....	108
Figura N° 23: Modelo BIM renderizado del proyecto .....	108
Figura N° 24: Modelo BIM de la compatibilización del diseño de estructuras .	109
Figura N° 25: Vistas del modelo BIM compatibilizado del proyecto .....	109
Figura N° 26: Calificación de los procesos y herramientas BIM .....	110
Figura N° 27: Calificación de la rutina de trabajo .....	111
Figura N° 28: Satisfacción con la aplicación del modelo .....	112
Figura N° 29: Estimulación al manejo de herramientas BIM.....	112
Figura N° 30: Facilidad para realizar actividades .....	113
Figura N° 31: Incompatibilidad: malla a tierra existente y elementos estructurales .....	119
Figura N° 32: Incompatibilidad: conductores y uniones de malla a tierra existente y malla a tierra proyectada.....	119
Figura N° 33: Interferencia: canaleta para cables eléctricos y cerco perimétrico .....	120
Figura N° 34: Calificación de la calidad de documentos generados .....	124
Figura N° 35: Nivel de satisfacción por especialidad.....	125
Figura N° 36: Bondades de la documentación generada .....	126
Figura N° 37: Disposición futura .....	127
Figura N° 38: Curva “S” del proyecto .....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Herramientas TIC más influyentes en la construcción .....	31
Tabla N° 2: Niveles de detalle de un modelo .....	45
Tabla N° 3: Responsabilidades de los participantes en una reunión ICE .....	50
Tabla N° 4: Tipo de Métricas.....	52
Tabla N° 5: Definición de variables y dimensiones.....	55
Tabla N° 6: Definición operacional de dimensiones cuantitativas.....	56
Tabla N° 7: Definición operacional de dimensiones cualitativas .....	56
Tabla N° 8: Diseño de prueba de hipótesis .....	63
Tabla N° 9: Integración de Procesos – Etapa de Diseño.....	75
Tabla N° 10: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de viabilidad y conceptualización del diseño .....	78
Tabla N° 11: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de predeterminación de alternativas de diseño .....	79
Tabla N° 12: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de interactividad y calidad en el diseño .....	81
Tabla N° 13: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de percepción clara del diseño .....	83
Tabla N° 14: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de detección de incompatibilidades .....	85
Tabla N° 15: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de productividad en el diseño .....	86
Tabla N° 16: Pictogramas utilizados – Etapa de Diseño .....	88
Tabla N° 17: Desafíos y dificultades en la implementación de procesos integrados propuestos Etapa de Diseño .....	90

Tabla N° 18: Integración de Procesos – Etapa de Ejecución .....	93
Tabla N° 19: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de revisión visual del diseño y planeamiento inicial. ....	95
Tabla N° 20: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de estimación de cantidad de insumos.....	97
Tabla N° 21: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de simulación de planeamiento y control de la producción. ....	98
Tabla N° 22: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de intercambio electrónico de las especificaciones de diseño. ....	100
Tabla N° 23: Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de intercambio electrónico de las especificaciones de diseño. ....	101
Tabla N° 24: Pictogramas utilizados – Etapa de Ejecución .....	103
Tabla N° 25: Desafíos y dificultades en la implementación de procesos integrados propuestos Etapa de Ejecución .....	105
Tabla N° 26: Incompatibilidades y dificultades detectadas .....	115
Tabla N° 27: Planos AS BUILT entregados al cliente (Dosier de calidad) .....	121
Tabla N° 28: Comparación entre costo proyectado y costo ejecutado .....	128
Tabla N° 29: Contrastación de hipótesis .....	139

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>BIM</b>	Building Information Modeling Modelado de la Información de la Edificación
<b>IPD</b>	Integrated Project Delivered Entrega Integrada del Proyecto
<b>CAD</b>	Computer-aided Desing Diseño Asistido por Computadora
<b>TIC</b>	Tecnologías de Información y Comunicación
<b>CAD 3D</b>	3D Computer-aided Desing Diseño Tridimensional Asistido por Computadora
<b>ICD</b>	Instituto de la Construcción y Desarrollo
<b>CAPECO</b>	Cámara Peruana de la Construcción
<b>ICE</b>	Integrated Concurrent Engineering Ingeniería Concurrente Integrada
<b>ND</b>	Nivel de Detalle
<b>JPL</b>	Jet Propulsion Laboratory Laboratorio de Propulsión a Chorro
<b>RFI</b>	Request for Information Solicitud de Información
<b>PPC</b>	Porcentaje de Plan Completado

<b>VDC</b>	Virtual Desing and Construction Diseño y Construcción Virtual
<b>AEC</b>	Architecture, Engineering and Construction Arquitectura, Ingeniería y Construcción
<b>RNE</b>	Reglamento Nacional de Edificaciones

## RESUMEN

La presente investigación propone una metodología para el diseño y ejecución del proyecto: “AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO”, planteada en base a interacción de tecnologías y procesos BIM. Dicha metodología se basó en la integración de procesos, técnicas y herramientas analizando aportes y sinergias de los mismos; además, se evidenció el nivel de conocimiento deficiente e incompleto, por parte de los principales involucrados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto en estudio, respecto a tecnologías y procesos BIM al no superar una escala de evaluación de conocimiento escaso. Por otro lado, se aplicó la metodología diseñada en la etapa de ejecución, proceso en el cual se evidenció la aceptación del modelo al superar un análisis con una escala de aceptación destacada; enfatizando su utilidad, comodidad, satisfacción y disposición futura; se demostró la mejoría en la productividad generando mayor documentación final, 20% más de lo esperado evidenciando mejoría de calidad de diseño al superar el análisis con una escala de calidad mejorada, se optimizó el costo de ejecución con una diferencia positiva de US\$ 6422.60 y el tiempo de ejecución con un porcentaje adelantado de ejecución durante 9 de semanas consecutivas de un total de 16 semanas de plazo, sin ampliaciones de obra; se detectó y corrigió 38 incompatibilidades, y se anticipó oportunamente a 26 posibles dificultades. Obteniéndose una propuesta metodológica productiva para su replicación en el diseño y ejecución de proyectos en nuestra región.

**Palabras claves:** Metodología, BIM, Diseño de Proyectos, Ejecución de Proyectos

## ABSTRACT

This research proposes a methodology for the design and execution of project: “AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO”, based on the interaction of BIM technologies and processes. This methodology was based on the integration of processes, techniques and tools analyzing contributions and synergies thereof; also, it showed that the level of knowledge was deficient and incomplete, by the main stakeholders in the design and execution stages of the project in studio, about BIM technologies and processes, this to not overcome a scale of evaluation of little knowledge. On the other hand, the methodology designed was applied in the stage of execution, process in which the acceptance of the model was evidenced to overcome the analysis with a scale of acceptance featured; emphasizing its usefulness, comfort, satisfaction and future disposition; the improvement in design productivity was demonstrated generating more final documentation, 20% more than expected showing quality to overcome the analysis with a scale of improved quality, the cost of execution was optimized with a positive difference of US\$ 6422.60 and the time of execution was optimized with a percentage advance during 9 consecutive weeks of 16 weeks, without increases time, 38 incompatibilities were detected and corrected, and 26 possible difficulties were anticipated timely. Obtaining a productive methodological proposal for its replication in the design and execution of projects in our region.

**Key words:** Methodology, BIM, Design of Project, Execution of Project

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En nuestra Región, los proyectos de construcción, específicamente los proyectos de edificaciones ejecutados bajo la modalidad de contrato se ejecutan de acuerdo a una metodología obsoleta y que ha demostrado ser ineficaz de acuerdo a estándares internacionales y al creciente desarrollo tecnológico. De acuerdo a este método tradicional en la etapa de diseño, se generan los documentos necesarios producto de los requerimientos del proyecto, los cuales, luego de un proceso intermediario de Licitación, se derivan a los contratistas para su ejecución. En una situación ideal donde los documentos generados en la etapa de diseño son íntegramente correctos, presentando compatibilidad y detalle; la ejecución del proyecto se realizaría eficientemente, en el tiempo y con el costo previstos.

Lamentablemente los ejemplos de desarrollo eficaz de un proyecto de edificación en nuestra Región son muy pocos o nulos, en situaciones diarias y repetitivas, los contratistas han tenido que iniciar la ejecución de partidas con documentos discordantes entre sí, con ambigüedades que requieren, en muchos casos, esclarecimientos urgentes por parte de los proyectistas, cuya demora afecta tanto al costo como al tiempo de ejecución del proyecto. Sumándose a este problema la creciente complejidad de los proyectos de construcción, a causa de nuevas tecnologías y mejores estándares de calidad y comodidad requerida.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la metodología de trabajo propuesta, en desarrollo y optimización de las etapas de diseño y ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” mediante la implementación de BIM?

## 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Objetivo general

Elaborar una metodología de trabajo orientada al desarrollo y optimización de las etapas de diseño y ejecución de obras civiles, aplicada en el estudio de un caso: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” mediante la implementación de tecnologías y procesos BIM.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evidenciar el nivel de conocimiento actual sobre tecnologías y procesos BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”.
- ✓ Diseñar una propuesta metodológica para mejorar la productividad y la calidad en la documentación de diseño que optimice el costo y el tiempo de ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”.

- ✓ Aplicar el modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”, a fin de evidenciar la aceptación del modelo, permitir detectar incompatibilidades y anticiparse a posibles dificultades.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La metodología de trabajo desarrollada mediante la implementación de tecnologías y procesos BIM permite optimizar la etapa diseño y ejecución civil del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”

### **1.4.2. Hipótesis específicos**

- ✓ El nivel de conocimiento actual sobre tecnologías y procesos BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” es deficiente e incompleto.
- ✓ La propuesta metodológica mejora la productividad y la calidad en la documentación de diseño y optimiza el costo y el tiempo de ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”.
- ✓ La aplicación del modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la

S.E. Puno”, evidencia la aceptación del modelo, permite detectar incompatibilidades y anticiparse a posibles dificultades.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Para desarrollar un proyecto de construcción se requieren de diferentes especialistas entre los cuales se encuentran arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros sanitarios, ingenieros electricistas, entre otros; de acuerdo a la complejidad que el proyecto amerita. Dichos profesionales abarcan sus especialidades de manera autónoma con muy poca comunicación y colaboración entre ellos, que en consecuencia generan documentos para la ejecución con una integración superficial de los mismos; razón por la cual, esta deficiente interacción en la etapa de diseño, suscita incompatibilidades y errores que se presentan en la etapa de ejecución, las cuales se subsanan in situ, incluso sin intervención de los proyectistas, ocasionando un fuerte impacto negativo en el costo y tiempo programado, desperdiciándose este último en funciones que no se atribuyen a la empresa contratista. Todas estas repetitivas dificultades presentes en la ejecución de la mayoría de proyectos ejecutados en nuestra región evidencian urgentemente la necesidad de un cambio metodológico en el desarrollo de los proyectos de construcción que permita optimizar la generación de los documentos de obra, incidiendo en la interacción correcta, dinámica y adecuada de los mismos, la retroalimentación continua e interactiva en plataformas accesibles en cualquier etapa del desarrollo del proyecto.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Estudios realizados a una empresa constructora chilena demuestran que uno de los principales problemas presentes en la etapa de construcción son los errores de los propios diseñadores a falta de coordinación entre especialidades. Otros problemas son causados por cambios de última hora introducidas por el propietario y los diseñadores, la inconsistencia entre los dibujos y especificaciones, la falta de conocimiento de la construcción los diseñadores y especificaciones con poco contenido técnico. Estos defectos producen una serie de impactos en los proyectos de construcción, tales como: retrasos, pérdidas de mano de obra y uso inadecuado del equipo. (Alarcón & Mardones, 1998)

Por otro lado, Picchi (1993) asegura que las empresas en el tiempo estarán prácticamente obligadas a mejorar su calidad por aumento de la presión por un lado de la creciente demanda de los clientes, y por el otro por una competencia más eficiente debido a la reducción de los residuos. En este apartado es importante destacar que las entidades contratistas son ajenas a las entidades proyectistas, además carecen de relación interdisciplinarias con éstas, estableciéndose como un intermediario respecto a los clientes, no existiendo comunicación alguna frente a las necesidades de éstos para la solución de incompatibilidades, sin esclarecerse, a menudo, los objetivos del proyecto.

Por su parte Salinas & Ulloa Román (2014) en una investigación referente a la implementación de BIM a una empresa inmobiliaria observan que el 30% del total del costo de las obras de edificaciones son desperdicios y una de las causas más incidentes de generación de desperdicios son los proyectos no optimizados con 6%. Asimismo, las tres causas más incidentes para los defectos del diseño y que representan el 38.34%, son los escasos detalles de los elementos estructurales, falta de planos detallados de arquitectura e incompatibilidad entre especialidades.

A causa de los desperfectos presentados por el modelo tradicional en los últimos años se exhiben respuestas proponiendo nuevas metodologías basadas en BIM en diferentes investigaciones y artículos, en lo referente a nuestro país BIM ofrece disminuir la brecha en la transferencia de información de los proyectos de construcción, generando un entorno proactivo e intenso de colaboración, integrando desde etapas tempranas del proyecto a los actores principales, logrando anticiparse a los problemas recurrentes en la etapa de ejecución, abandonando la tarea improvisada e incorrecta de corregir la falta de planificación y control en las obras, brindando información eficiente tanto en lo visual como en lo técnico, permitiendo la incorporación de herramientas tecnológicas de visualización y gestión de datos en la industria de la construcción, y principalmente maximizando los márgenes y resultados de los proyectos, mejorando la calidad, disminuyendo costos y acortando los tiempos preestablecidos (Eyzaguirre Vela, 2015). Por otra parte, el realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal

diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes (Alcántara Rojas, 2013).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. El Significado de BIM – Definición**

Tomando en cuenta la rápida expansión actual de BIM en la industria internacional de la construcción y la constante diversificación de sus alcances, podemos establecer que existen varias definiciones de este novedoso término, que la misma industria que la desarrolla no ha podido adaptarla en un concepto único e invariable.

BIM procede del acrónimo inglés “Building Information Modeling” (Modelado de la Información de la Edificación); que Eastman (2012) define como un conjunto de herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.

Podríamos decir que el BIM es una representación digital de características físicas, funcionales, de la creación y del conocimiento compartido de los recursos para obtener información acerca de lo que forma conceptos básicos para los análisis de su ciclo de vida, desde la concepción hasta la demolición (Gómez Fernandez, 2013).

A efectos de la presente investigación podríamos definir a BIM como un modelo de diseño integrado y automatizado que genera documentación digital de la edificación, a partir de modelos 3D interoperables, que permiten el planeamiento, modificación, gestión, construcción y posterior operación en tiempo real.



**Figura N° 1:** Representación Virtual BIM-3D (Universidad del Pacífico)

FUENTE: Alcántara Rojas (2013)

### **2.2.2. BIM Como un Modelo Interactivo de Trabajo en Equipo**

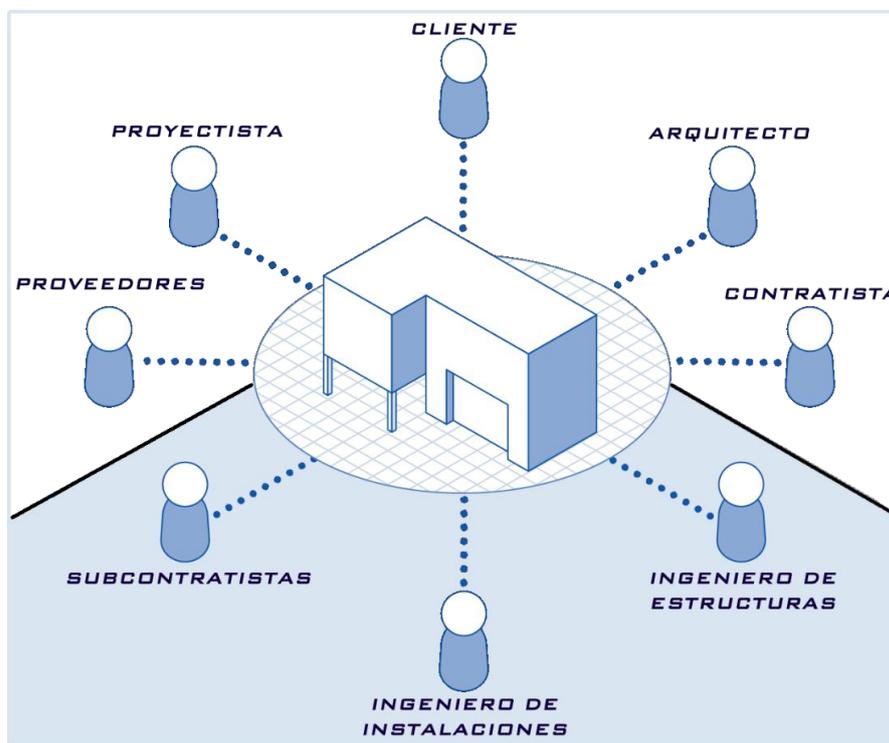
Hoy en día la demanda de profesionales cualificados para llevar a cabo proyectos de gran envergadura, en los que se aplica principalmente prácticas como entrega integrada del proyecto (IPD, integrated project delivered) y/o "Lean Construction" (Construcción sin Pérdidas) y software de última generación, es un número de gran relevancia. Para llevar a cabo de manera correcta, este tipo de metodologías es fundamental que la información de la que disponen todos los actores que intervienen en el

proceso constructivo sea consistente, coherente y se actualice de forma inmediata para evitar errores o duplicidad de trabajo, favoreciendo así la comunicación entre los mismos (Pietro Muriel, 2014), por lo que se requiere renovar la gestión desarrollada por una empresa contratista, para dar paso a nuevas tecnologías y metodologías eficaces que le permitan liderar o permanecer en el competente sector construcción.

Ejemplos de desarrollo de proyectos exitosos, evidencian que una correcta y coordinada información es esencial en la ejecución de una obra, para que esta se pueda desarrollar en múltiples disciplinas, por parte de profesionales calificados, los mismos que deben asegurar que la información que se ejecute o actualice debe estar disponible para la siguiente etapa en la construcción. Este asunto se ha venido afrontando con aplicaciones CAD (Computer-aided Desing) convencionales, en la medida que los procedimientos adecuados lo permitan. Por otro lado, en cuanto la edificación tiene características de gran envergadura, la documentación se hace mucho más complicada de administrar y por consiguiente la dificultad de transmitir e interactuar con esta causa retrasos y complicaciones en el desarrollo normal de la obra.

BIM pretende generar información real y actual de la edificación que pueda ser consultada y manipulada en cualquier etapa del proyecto, incluso después de la ejecución del mismo, dicha información se plantea como unificada, interactiva y retroalimentable, como un modelo integrado del proyecto, del cual se extrae documentación multidisciplinaria del proyecto; por lo que podemos afirmar que BIM establece una forma

interactiva de trabajo entre los diferentes especialistas que intervienen en el proyecto, proporcionando información real por disciplinas que puede ser tratado independientemente para luego ser integrado y actualizado en tiempo real.



**Figura N° 2:** Modelo Interactivo de Trabajo de BIM

FUENTE: Adaptado de (AUTODESK, 2017)

### 2.2.3. BIM – Tecnología de Información y Comunicación del Presente

Las TIC han ido transformando y complementando al proceso clásico de diseño. El CAD ha ido sustituyendo al papel y las maquetas de cartón de finales de los 70, para convertirse en una herramienta fundamental e imprescindible, hasta el punto que todavía hoy en día sigue siendo la herramienta profesional más extendida y conocida gracias, en parte, al

avance y abaratamiento de las computadoras personales. (Gómez Fernández, 2013)

Por otro lado, Alcántara Rojas (2013) sustenta que los programas de la generación BIM están caracterizados por la capacidad de compilar modelos virtuales de las edificaciones usando objetos paramétricos legibles por la máquina que exhiben su comportamiento en proporción con las necesidades del diseño, análisis y pruebas del diseño. Como algo semejante, los modelos CAD 3D no están expresados como objetos que exhiben formas, funciones y comportamientos; por lo tanto, no pueden ser considerados modelos BIM.

Es importante señalar que los procesos BIM tienen en cuenta el estudio completo del ciclo de vida de un edificio. Esto incluye la fase de diseño, la de producción y también la de explotación. Así, sus futuros usuarios podrán acceder a información que les será útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta (Gómez Fernández, 2013).

Colwell (2008) elaboró un estudio sobre las herramientas TIC más influyentes en la industria de la construcción, basado en opiniones de expertos y en su propia experiencia, logrando identificar las siguientes herramientas:

**Tabla N° 1:** Herramientas TIC más influyentes en la construcción

N°	HERRAMIENTA TIC	PESO
1	Software de Gestión de Proyectos	85%
2	Modelado 3D y 4D	77%
3	Computación Móvil	73%
4	Software para planeamiento y programación de obras	71%
5	Sistemas ERP	66%
6	Hojas de asistencia Web	38%
7	RFID y código de barras	32%

FUENTE: Adaptado de (Colwell, 2008)

De acuerdo a esta tabla se puede identificar a BIM (Modelado 3D y 4D) como segunda herramienta más influyente en la industria de la construcción.

#### 2.2.4. Adopción de BIM en el Perú

En nuestro país la utilización de BIM se encuentra en inicios de difusión, a pesar de que ya existen algunas empresas, grandes y pequeñas, que empiezan a apostar por su implementación, tal es el caso de Graña y Montero, Constructora AESA y COSAPI que desde los años 2012-2013 implementan un estándar de modelamiento BIM (Delgado, 2016).

Por otra parte, desde el 2015 se crea el Comité BIM del Perú que pertenece al ICD (Instituto de la Construcción y el Desarrollo) de la CAPECO (Cámara peruana de la Construcción), el cual está integrado por profesionales tanto independientes como integrantes de las diferentes empresas de la industria de la construcción, con experiencia aplicando BIM en todas las etapas de un proyecto (Delgado, 2016)

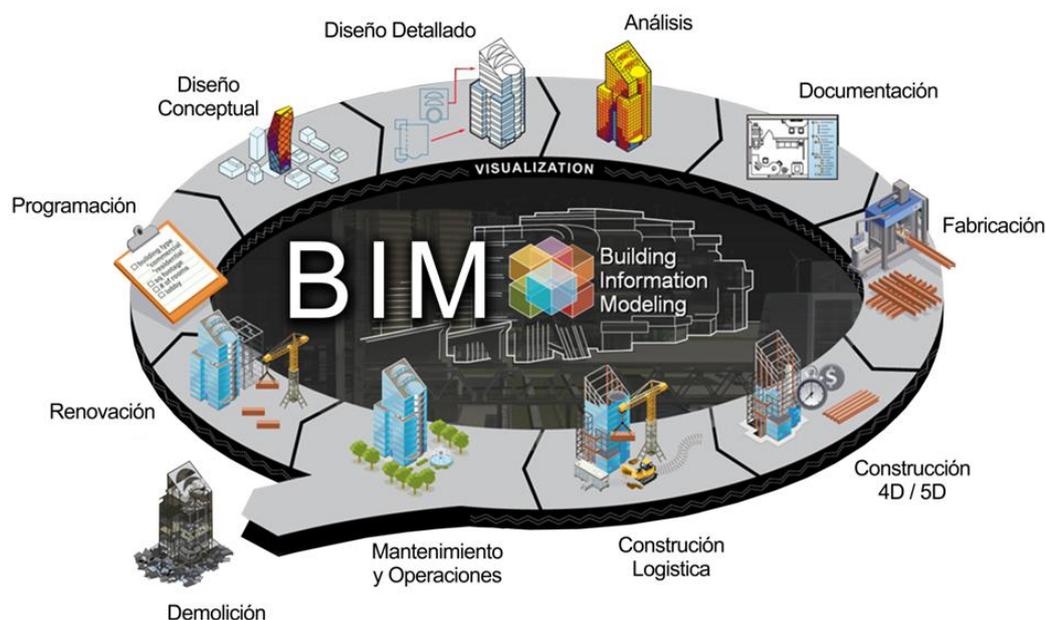


**Figura N° 3:** Logotipo del Comité BIM del Perú

FUENTE: Comité BIM - CAPECO

En un esfuerzo por estandarizar el uso de Tecnología BIM en nuestro país, la CAPECO, por medio de su Comité BIM, ha preparado una serie de documentos denominados Protocolos BIM que serán usados como la base para el desarrollo de Proyectos utilizando esta Metodología (CAPECO, COMITE BIM, 2014).

En el caso particular de Tecnología BIM, estos protocolos están orientados a definir procesos, procedimientos, mejores prácticas, técnicas de modelado, niveles de detalle y de desarrollo de un Modelo BIM entre otras, incluyendo Tecnología CAD como parte del proceso, ayudando a que un Proyecto sea exitoso y pueda ser llevado desde la etapa de Planificación (Conceptualización y Análisis), desarrollo del Ante-Proyecto y Proyecto (Diseño y Documentación), Construcción y Mantenimiento y Operaciones (CAPECO, COMITE BIM, 2014)



**Figura N° 4:** Esquema de procesos BIM

FUENTE: Comité BIM - CAPECO

### 2.2.5. Adopción de BIM en la Región Puno

En nuestra región, de acuerdo a los resultados de aplicación a cerca del conocimiento actual sobre BIM, que serán detallados en el capítulo IV de la presente investigación; existe una escasa información y, por consiguiente, adopción de BIM. Si bien es cierto los profesionales implicados en las etapas de diseño y ejecución presentan un conocimiento en ciertas áreas de aplicación, este es de carácter enfocado y con intenciones de aprovechamiento personal, es decir, de acuerdo a la necesidad de aplicación; en consecuencia, se desconoce las potencialidades globales que BIM ofrece como una metodología de gestión y manejo de proyectos.

Por otra parte, Flores Cervantes (2016) en el desarrollo de su investigación sobre la aplicación de Lean Construction (Construcción sin

pérdidas) en la construcción del Estadio de la UNA-Puno, explica que hay enfoques y herramientas concretas que permiten optimizar y encontrar los sistemas y cuadrillas óptimas para lograr mejoras substanciales en la construcción; además para obtener máximos frutos del sistema propuesto, es necesario que los profesionales manejen los proyectos con un enfoque de dueño de la obra (cliente).

Simultáneamente Flores Cervantes (2016) recomienda que se sigan investigando sobre nuevas herramientas y tecnologías modernas para mejorar la productividad de las obras en nuestra universidad (Universidad Nacional del Altiplano) y así mejorar la calidad y gerenciar los riesgos, y que de esa forma la Oficina de Arquitectura y Construcción esté preparada para entrar en un mercado competitivo de la construcción.

De todas formas, queda claro que el uso del BIM, aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto (Alcántara Rojas, 2013).

#### **2.2.6. Aplicaciones de BIM en el Diseño de Proyectos de Edificaciones**

Independiente del sistema de entrega de proyectos, la esencia de la metodología BIM está en crear procesos de profunda colaboración utilizando la mejor tecnología posible, alentando a la contribución temprana de conocimientos y experiencias e involucrando, de manera activa, a los participantes claves desde etapas iniciales (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA), 2007).

De acuerdo a los objetivos de un proyecto, en la etapa de diseño, las aplicaciones que se obtiene al implementar los procesos BIM se pueden clasificar en dos etapas:

#### **2.2.6.1. Etapa de diseño conceptual:**

##### **2.2.6.1.1. Viabilidad y conceptualización del diseño**

De acuerdo a las potencialidades que BIM ofrece, su intervención en un proyecto puede darse desde la concepción del mismo permitiendo realizar ensayos de pre factibilidad del diseño anticipado determinando la viabilidad del proyecto y la conceptualización del mismo.

##### **2.2.6.1.2. Predeterminación de alternativas de diseño**

El uso de herramientas y procesos BIM por su interactividad factible de manera inmediata permite una determinación anticipada de las alternativas de diseño, permitiendo alternarlas en cortos periodos de tiempo y con una gran potencialidad de percepción.

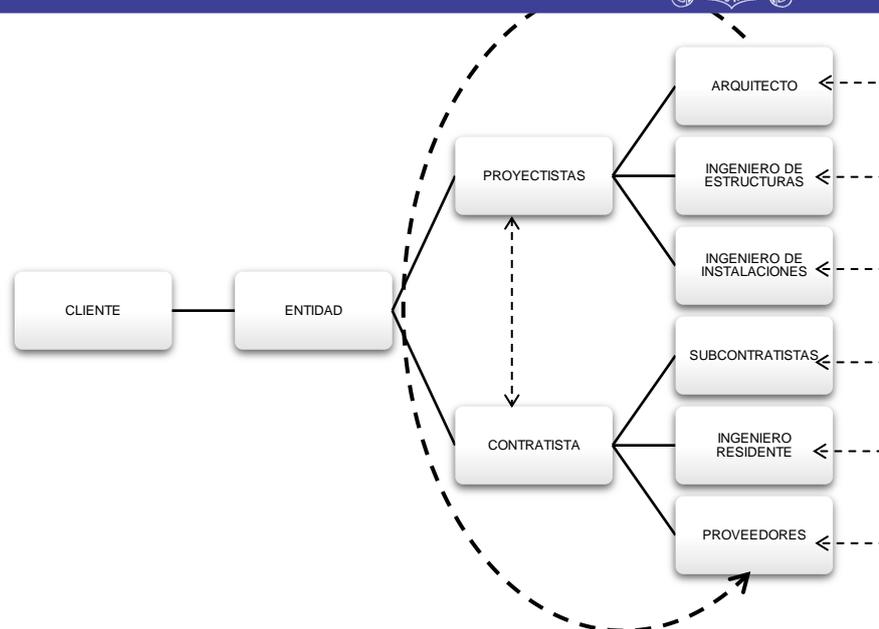
#### **2.2.6.2. Etapa de diseño analítico:**

##### **2.2.6.2.1. Interactividad y calidad en el diseño**

De acuerdo a lo detallado en las aplicaciones referentes al diseño conceptual, se tiene una participación temprana de los principales involucrados en el proyecto. Esto permite que el contratista, proyectista y cliente definan de manera interdisciplinaria la constructabilidad del proyecto, BIM permite retroalimentar la

información desarrollada en tiempo real haciéndolo más útil y comprensible para diferentes especialidades.

Como se detalló en el apartado 2.2.2. de la presente investigación BIM puede ser operado como un modelo interactivo de trabajo en equipo dando lugar a un modelo integrado de proyecto. Además, al ser modificado una de las características de algún elemento, esta será actualizada automáticamente en las diferentes vistas en las que se encuentra (elevaciones, cortes, en planta y en 3D), de esta manera las incompatibilidades que se presentan usualmente entre las vistas en planta y corte en una disciplina serán eliminadas (Fuentes, 2014). Asimismo, cuando los clientes o usuarios finales se dedican a la revisión simultánea de diferentes alternativas de diseño mediante modelos 3D, pueden identificar de manera más fácil los conflictos entre sus requerimientos y la funcionalidad de las propuestas de diseño de las diferentes especialidades del proyecto (Eastman, 2012), por otro lado, un sistema BIM actualiza automáticamente los cambios realizados en el modelo, en los informes y cronogramas, manteniendo la integridad entre ambos (Eastman, 2012).



**Figura N° 5:** Relaciones de Comunicación en procesos BIM

FUENTE: Adaptado de (Ruiz Conejo Neyra, 2015)

#### 2.2.6.2.2. Percepción clara del diseño

Ya sea en una forma estética como funcional, los sistemas BIM ofrecen la posibilidad de hacer los modelos con cierto grado de realismo pudiendo exportar vistas en 2D (Plantas, cortes, elevaciones, detalles, etc.), en 3D (isométricas, perspectivas, renders), en 4D (simulaciones de construcción) y 5D (estimaciones de costo). Esto permite que el diseño de un edificio sea más comprensible por parte de todos los involucrados del proyecto, incluso si no cuentan con conocimiento técnico sobre el tema (Fuentes, 2014).

#### 2.2.6.2.3. Detección de incompatibilidades

Existen dos tipos de incompatibilidades: “hard clash”, donde dos objetos ocupan el mismo espacio y “soft clash”, donde dos objetos están tan cerca que no dejan espacio suficiente para el acceso. Asimismo, hay varios productos de software especializados

(Navisworks, Solibri Model Checker y Tekla BIMsight) que permiten detectar incompatibilidades o conflictos en un modelo de manera automática (Dave, Koskela, Kivniemi, Owen, & Patricia, 2013). La utilización de este beneficio presenta su mayor aplicación en construcciones complejas reduciendo las solicitudes de cambio y ampliaciones innecesarias, lo que da lugar a un aumento de productividad y reducción de costos en la etapa de ejecución de obra.

#### **2.2.6.2.4. Productividad en el diseño**

Un modelo BIM adecuadamente desarrollado contiene la información geométrica y las propiedades de los elementos presentes, por lo que puede ser utilizada como una base de datos para extraer cantidades de materiales y reemplazar a los cálculos manuales desarrollados a lo largo de todo el proyecto, ya sea para obtener el presupuesto como también para pedir los volúmenes de materiales que serán utilizados en una determinada fecha (Fuentes, 2014).

El Software BIM permite automatizar el proceso de generación inicial de planos y documentos, restando que el usuario solo incluya anotaciones personalizadas en ellos. Por otro lado, gestionar los planos de las diferentes especialidades mediante un modelo 3D integrado acorta el tiempo de diseño y reduce las omisiones y errores entre los diseños de las diferentes especialidades (Eastman, 2012). Además, BIM ofrece la oportunidad de simular el modelo del diseño en contra de los criterios de rendimiento que figuran desde una etapa temprana como: comportamiento estructural, desempeño térmico,

iluminación, acústica, desempeño energético y sostenibilidad (Dave, Koskela, Kivniemi, Owen, & Patricia, 2013).

### **2.2.7. Aplicaciones de BIM en la Ejecución de Proyectos de Edificaciones**

La gestión de proyectos usando la tecnología BIM reduce la incertidumbre en su manejo, ya que aumenta las posibilidades de controlarlo, pues elimina las aproximaciones abstractas. Asimismo, la integración de las labores de diseño y construcción abre las puertas a una ingeniería en la que los profesionales se dedicarán a mejorar los diseños, la planificación de las obras y su control, reduciendo con ello el costo de los proyectos (Alcántara Rojas, 2013).

Tomando en cuenta la construcción, su posterior operación y de acuerdo a los beneficios obtenidos con la aplicación de BIM en la ejecución de un proyecto de construcción, tenemos:

#### **2.2.7.1. Etapa de construcción:**

##### **2.2.7.1.1. Revisión visual del diseño y planeamiento inicial.**

A través del análisis de los componentes del edificio, en los modelos 3D se puede analizar la topología de la construcción, que puede servir de ayuda para la generación del planeamiento de la construcción. Tradicionalmente, el planeamiento de la construcción es un factor crítico en la gerencia de la edificación. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de edificios que sabe estimar el trabajo y los equipos requeridos para la construcción del edificio. Usando este conocimiento

es creado un planeamiento de la construcción, el calendario para otros planes tales como transporte, medida, seguridad, etc. (Alcántara Rojas, 2013)

#### **2.2.7.1.2. Estimación de la cantidad de materiales.**

La estimación de la cantidad de materiales con BIM, comúnmente conocida en nuestro medio como metrados, ofrece una nueva forma de trabajar, pues estos pueden ser obtenidos directamente de un modelo BIM después de finalizada la etapa de modelado 3D. (Alcántara Rojas, 2013). Por otra parte, BIM permite obtener cómputos métricos de acuerdo al avance programado de obra simulando un desarrollo programático virtual, reduciendo pérdidas y optimizando solicitudes de insumos requeridos; además, esto también permite, un control adecuado de los costos reemplazando cálculos manuales y optimizando el tiempo de ejecución.

#### **2.2.7.1.3. Simulación de planeamiento y control de la producción.**

Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión del tiempo proveniente de las duraciones de las actividades de los procesos de construcción (Alcántara Rojas, 2013).

Es así como se puede simular el proceso constructivo antes de llevarse a cabo, permitiendo organizar cuadrillas con anticipación, en base a lo programado en el desarrollo normal del proyecto. Lo que permite tener un control exacto y otro proyectado, este último susceptible a modificación evaluando alternativas y predisposiciones generales, de la producción general de la obra.

Como Berdillana (2008) define de acuerdo al manejo de la productividad dice que los modelos 4D ayudan a reducir la variabilidad, optimizar el tiempo de los ciclos de producción, incrementar la transparencia de los procesos y, en general, mejorar la confiabilidad del planeamiento.

#### **2.2.7.1.4. Intercambio electrónico de especificaciones de diseño.**

En el proceso de diseño, BIM permite obtener información de la edificación en tiempo real, donde cada especialidad se desarrolla paulatinamente con las demás obteniéndose un producto final. El proceso inverso, es decir, fragmentar el diseño final, permite obtener información detallada de cada componente de obra, para ser analizado por cada especialidad interviniente en la ejecución.

Así mismo, otra ventaja es la de intercambiar detalles de diseño y fabricación con los proveedores de obra o subcontratistas, de ser el caso, permitiendo así no tener disconformidades con los insumos obtenidos externamente. De esta manera se puede asegurar que la ejecución sea adecuada para el propósito, mejorar el valor para el cliente y reducir pérdidas debido a mal funcionamiento del producto

durante su operación (Dave, Koskela, Kivniemi, Owen, & Patricia, 2013)

#### **2.2.7.2. Etapa de operación y mantenimiento:**

##### **2.2.7.2.1. Fuente de información ASBUILT.**

En el periodo post-ejecución de una edificación, más aún de presentarse un inconveniente, es indispensable contar con la información pertinente de operación y mantenimiento del mismo. Los documentos y herramientas generadas por BIM en el proceso de ejecución son una fuente fiable de acceso a la información de obra tal y como fue ejecutada.

Además, BIM permite tener acceso a la operación de instalaciones, si fuera necesario, permitiendo idear alternativas de operación, reparación, mantenimiento, demolición y sustitución de las mismas.

##### **2.2.7.2.2. Planificación de Espacios**

Se utiliza un Modelo BIM para distribuir administrar, mantener y registrar las diferentes áreas y espacios de una edificación con la información de los usuarios y usos de las mismas. La Planificación de Espacios asegura la ubicación espacial exacta de los recursos que están en la edificación (CAPECO, Protocolos BIM, 2016).

##### **2.2.7.2.3. Planificación de Desastres**

Por medio de esta aplicación el personal de emergencia podría tener acceso a un Modelo BIM el cual pueda proveer información crítica de

un edificio en caso de un desastre para que el personal de emergencia mejore su respuesta al incidente y minimice los factores de riesgo. Esta información podría incluir de donde exactamente proviene la emergencia, posibles rutas de acceso a la misma, rutas de evacuación, etc. (CAPECO, Protocolos BIM, 2016).

### **2.2.8. Técnicas y herramientas BIM**

De acuerdo al propósito de la investigación los procesos y herramientas BIM a tomar en cuenta son los siguientes:

#### **2.2.8.1. Organización interactiva de procesos:**

Es una herramienta visual para la documentación de todos los pasos o procesos que agregan valor al producto final a lo largo del flujo de trabajo. El equipo del proyecto debe discutir mientras crean el mapa, su entendimiento del diseño, el trabajo correspondiente a cada involucrado y cómo ese trabajo se conecta con el trabajo del resto del equipo (Dave, Koskela, Kivniemi, Owen, & Patricia, 2013).

Por otro lado, este mismo equipo de trabajo debe organizar los procedimientos de acuerdo a las necesidades de producción en sesiones productivas ICE, empezando con tareas iniciales y comunes por especialidad, luego desarrollar el plan con tareas más específicas con un nivel de detalle aún más complejo que se va desarrollando a medida que el diseño y el propio plan de trabajo evolucionan para obtener un producto final. En este proceso interactivo, también se descartan tareas que no logran dar contribución al desarrollo del

proyecto en un determinado momento, sin despreciar el valor subsidiario que aportaron al mismo.

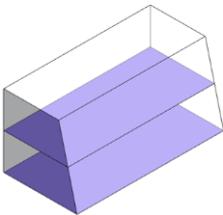
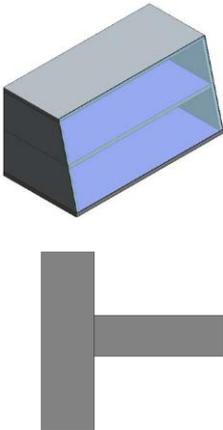
#### **2.2.8.2. Modelamiento 3D de la edificación:**

BIM permite obtener un modelo tridimensional de la edificación como una herramienta inteligente de visualización. Los componentes dentro del modelo saben cómo actuar e interactuar; por ejemplo, una habitación es más que un concepto abstracto, es un espacio único contenido por otros elementos de construcción (paredes, pisos y techos) que definen los límites del ambiente. Si los diseñadores cambian un elemento del modelo, el software utilizado coordina automáticamente el cambio en todas las vistas que muestran ese elemento, incluyendo vistas 2D, vistas informativas y vistas 3D (AUTODESK, 2017)

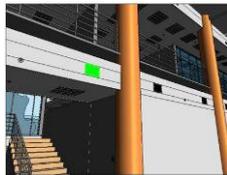
Además, en un modelo 3D una serie de aplicaciones (estructuras, iluminación, energía, acústica, evacuación, emergencias, simulación de desastres, etc.) utilizan un modelo BIM para evaluar el mejor método de las diferentes especialidades en base a cierto criterio de diseño, que mediante la creación de una maqueta virtual ofrece múltiples alternativas de diseño de una manera rápida (CAPECO, Protocolos BIM, 2016).

Es importante tener en cuenta los niveles de detalle, de acuerdo a CAPECO (2016) describen la cantidad de trabajo que se ha desarrollado dentro del modelo, así como sus requisitos mínimos. El Nivel de Detalle es acumulativo y debe avanzar de un nivel a otro.

**Tabla N° 2:** Niveles de detalle de un modelo

NIVEL DE DETALLE	DESCRIPCIÓN	MODELO
ND-100	<p>Incluyen elementos tales como masas que se utilizarán para estudios preliminares como diseño conceptual y etapas (phases) generales del proyecto.</p> <p>Análisis basados en ubicación y orientación, así como metrados generales de áreas y volúmenes pueden ser realizados en este nivel</p>	
ND-200	<p>Incluyen elementos en los cuales las masas han sido remplazadas por componentes genéricos (muros, losas, columnas, vigas, etc.) que indican los anchos y/o espesores finales de los diferentes objetos/elementos de la edificación.</p> <p>Análisis generales de sistemas, así como análisis más específicos pueden ser realizados en este nivel.</p>	
ND-250	<p>Incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido definidos por sus diferentes tipologías. Si bien los componentes siguen siendo genéricos, esta diferenciación permite un metrado más exacto especialmente para la constructabilidad del proyecto y para una fácil migración al Nivel de Detalle 300</p>	<p>Subnivel Intermedio de Detalle</p>

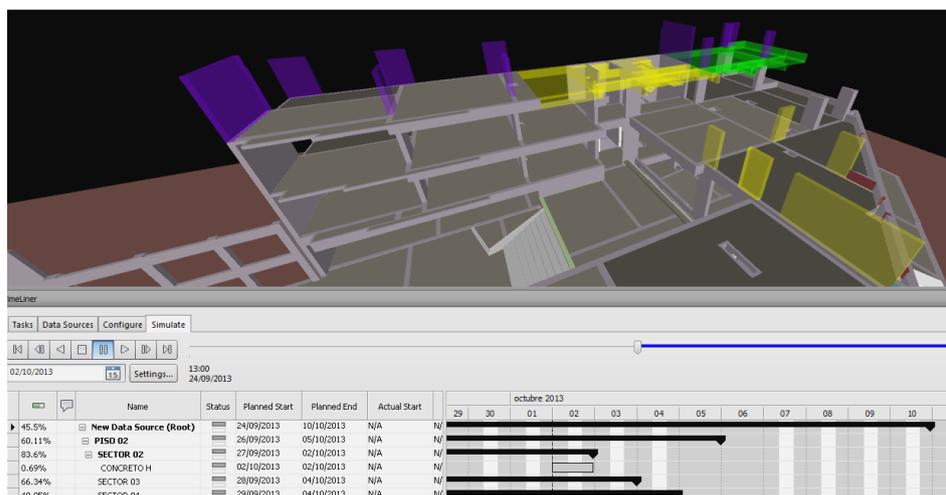
<p>ND-300</p>	<p>incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido reemplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos.</p> <p>Análisis específicos de sistemas, así como metrados exactos basados en los diferentes materiales pueden ser realizados en este nivel.</p>	
<p>ND-350</p>	<p>incluyen elementos en que los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementado con geometría adicional en 3D para asegurar la Constructabilidad de los mismos. Estos serán complementados con detalles en 2D a la hora de definirlos en la migración al Nivel de Detalle 400.</p>	<p>Subnivel Intermedio de Detalle</p>
<p>ND-400</p>	<p>Incluyen elementos en los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción e incluyen información 2d como texto, dimensiones, notas, etc.</p> <p>Detalles constructivos pueden ser obtenidos en este Nivel.</p>	
<p>ND-400</p>	<p><b>Modelo:</b></p>	

<p>ND-500</p>	<p>Incluyen parámetros asociados a todos los elementos de la edificación que permitirán, una vez exportados fuera del entorno BIM, realizar la programación de obra, así como mantenimiento y operaciones del proyecto.</p> <p>La vinculación del modelo con sistemas de base de datos puede ser realizada en este nivel.</p>	
---------------	---	---

FUENTE: Adaptado de (CAPECO, Protocolos BIM, 2016)

**2.2.8.3. Sinergia del Modelamiento 3D con softwares para su simulación:**

Los modelos BIM pueden ser exportados a diferentes programas en los cuales se utiliza la información espacial y geométrica de cada uno de los elementos para relacionarlos con actividades del cronograma de obra de un proyecto (MsProject o Primavera P6); el resultado de esta integración será una simulación en 4D (3D + tiempo) de la construcción virtual del edificio. Los elementos del modelo BIM son asignados a fechas reales programadas y que pueden representarse también las fechas reales de ejecución en la secuencia temporal, por lo que puede ser utilizado no solo en la etapa de diseño, sino durante etapas posteriores, como la construcción del proyecto (Fuentes, 2014).



**Figura N° 6:** Interfaz gráfica de integración 4D: Obra Mara.

FUENTE: (Eyzaguirre Vela, 2015)

Al comunicar el cronograma mediante un modelo 4D, se simula virtualmente una construcción real, logrando una intuitiva visualización del proyecto a lo largo del tiempo, avizorando los posibles problemas que puedan impactar negativamente en el proyecto, identificando secuencias de construcción más efectivas, ensayando con distintos escenarios de construcción en busca de la eficiencia en los procesos constructivos, anticipándose y evaluando las contingencias respecto a la seguridad en obra a lo largo del proyecto (Eyzaguirre Vela, 2015).

#### 2.2.8.4. Validación de Códigos:

Es el proceso en el cual una aplicación de Validación de Códigos es utilizada para comprobar si el Modelo BIM cumple con los códigos de construcción especificados para el proyecto (CAPECO, Protocolos BIM, 2016).

Según CAPECO (2016) el valor de la Validación de Códigos es:

- Comprobar si el diseño cumple con los códigos de construcción locales.
- Cuando se realiza en la fase de diseño conceptual (anteproyecto) y diseño (proyecto) ayuda a reducir errores de diseño y/o omisión que se traducen en un mayor tiempo de diseño que puede impactar el cronograma del proyecto.
- La Validación de Códigos en un proceso automático que retroalimenta continuamente el proceso de diseño.

#### 2.2.8.5. Sesiones productivas ICE

Las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering) tiene su inicio en 1990 donde el equipo de diseño “TeamX” del JPL (Jet Propulsion Laboratory) creó diseños conceptuales de la etapa de una misión espacial en pocas semanas mediante el desarrolló una cultura y un conjunto de métodos de diseño acelerado (Kunz & Fischer, 2012).

Durante las sesiones ICE se combina modelamiento avanzado, herramientas de visualización, análisis y comunicación eficaz, integración de expertos, un conjunto de procesos sociales coherentes y un ambiente con la tecnología adecuada para crear diseños preliminares de sistemas o proyectos complejos (Chachere, Kunz, & Levitt, 2009).

Según Ruiz Conejo Neyra (2015) los principales involucrados que forman una sesión ICE, así como sus roles se describen en la siguiente tabla:

**Tabla N° 3:** Responsabilidades de los participantes en una reunión ICE

PARTICIPANTE	RESPONSABILIDAD
<b>Líder del Equipo</b>	Controla en contenido y resultados de la sesión, busca la participación de los demás miembros, define los objetivos de la sesión y les da seguimiento durante el proceso.
<b>Facilitador</b>	Ayuda a coordinar la comunicación entre los miembros del equipo. Es un participante neutral en cuanto al contenido o temas que se están debatiendo.
<b>Recorder</b>	Toma nota y documenta todas las decisiones, compromisos e información importante que surgieron durante la sesión.
<b>Miembros del Equipo</b>	Expertos que contribuyen al desarrollo de los productos y procesos.

FUENTE: Adaptado de (Ruiz Conejo Neyra, 2015)

Por otro lado, uno de los mayores inconvenientes para lograr la realización de las sesiones ICE es la fragmentación ocasionada debido a que los involucrados del proyecto están distribuidos geográficamente en lugares diferentes. Sin embargo, ante este inconveniente, se presenta como solución la implementación de ambientes “big room” (Ruiz Conejo Neyra, 2015).

El “big room” o gran sala es un espacio de colaboración, donde los involucrados de las sesiones ICE trabajan juntos para acelerar la toma de decisiones, mejorar la comunicación, reducir la cantidad de RFI, mejorar los entregables y evitar retrasos en durante las etapas de diseño, pre-construcción y construcción (Allen, 2017).



**Figura N° 7:** Ejemplo de sesión ICE

FUENTE: Adaptado de **(Fischer, 2012)**

Mediante el proceso de coordinación se busca garantizar que se cumplan los requerimientos de calidad y funcionalidad holística del proyecto. Dependiendo de los procedimientos y herramientas que use la gerencia para coordinar la ingeniería, se puede establecer el nivel de satisfacción en la coordinación del proyecto (Alcántara Rojas, 2013).

#### **2.2.8.6. Control y medición de resultados**

Las denominadas métricas por Larson (2003) son los resultados de un proyecto que se miden durante un periodo definido de tiempo. Según el mismo autor, estas herramientas contienen tres elementos: una línea base, una meta establecida y un rendimiento medible de la meta.

Por otra parte, Murguía (2014) establece tres tipos de métricas que se pueden establecer a lo largo de un proyecto:

Tabla N° 4: Tipo de Métricas

TIPO DE MÉTRICA	DESCRIPCIÓN
<b>Métricas de Resultados</b>	Resultados al final del proceso. Ejemplo: Costo, plazo, calidad, seguridad.
<b>Métricas de Proceso</b>	Se miden en un determinado periodo de tiempo (anual, mensual, semanal o diario). Ejemplo: Número de RFI (Request for Information) generados durante el diseño, tiempo de respuesta promedio de RFI, PPC (Porcentaje del Plan Completado), entre otros.
<b>Factores Controlables</b>	Relacionados a las políticas, métodos y herramientas que se deciden usar o no. Ejemplo: Número de versiones de diseño, nivel de detalle del modelo 3D, número de personas en el equipo capacitadas en VDC (Virtual Desing and Construction), entre otros.

FUENTE: Adaptado de (Murgía, 2014)

De la tabla anterior se puede inferir que existen diferentes maneras de enfocar el control de resultados de un proyecto, diferenciándose del control común que resulta de los resultados finales solamente; BIM permite tener un control paulatino de las métricas del proyecto (Métricas de Proceso), con una simulación 4D del proyecto. Además, niveles de detalle y versiones de diseño. Según Ruiz Conejo Neyra (2015), para representar los resultados obtenidos de las métricas definidas, se pueden utilizar herramientas visuales como tablas, gráficos o diagramas y líneas de tiempo; herramientas con las que BIM trabaja interactivamente y en tiempo real.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Población

La metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación corresponde a un estudio de un caso particular con una unidad de análisis (muestra), ya que el desarrollo de la propuesta metodológica tiene su base en una teoría de reciente génesis y constante desarrollo, por lo cual la población resultaría ser igual a la muestra de estudio.

##### 3.1.2. Muestra

De acuerdo a un muestreo determinístico, del tipo sesgado, se toma como muestra de aplicación el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” a fin de evidenciar la mejoría en las etapas de diseño y ejecución del proyecto después de aplicar la metodología diseñada.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Recolección de Datos

De acuerdo a los objetivos planteados para el desarrollo de la presente investigación, la recolección de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- ✓ Mediante la aplicación de encuestas formalizadas, con preguntas de orden y redacción invariable, de carácter objetiva se obtuvo los datos que evidencian el conocimiento actual de los procesos y tecnologías BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución de la muestra.
- ✓ Mediante la integración de procesos, técnicas y herramientas BIM se desarrolló de la propuesta metodológica para mejorar la productividad y la calidad en la documentación de diseño y construcción que optimice el costo y el tiempo de ejecución de la muestra.
- ✓ Mediante aplicación directa de la metodología diseñada y la aplicación de encuestas formalizadas, con preguntas de orden y redacción invariable, al grupo implicado de carácter objetiva, se obtuvo datos que evidencian la aceptación de la metodología propuesta, la detección de incompatibilidades y la anticipación a posibles dificultades.

### 3.2.2. Operacionalización de las Variables

Tabla N° 5: Definición de variables y dimensiones

VAR	DEFINICIÓN NOMINAL	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES
X1	Conocimiento acerca de BIM.	Manejo y discernimiento de procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación.	A. Nivel de conocimiento de Tecnologías BIM. B. Nivel de conocimiento de procesos BIM
X2	Metodología de Trabajo.	Conjunto de operaciones que se van a seguir para el desempeño de cada una de las actividades de un proyecto.	A. Nivel de Aceptación. B. Cantidad de incompatibilidades detectadas. C. Cantidad de dificultades previstas con anticipación.
Y1	Diseño de Edificaciones.	Proceso en el cual se generan los documentos necesarios para la ejecución de edificaciones, de acuerdo a los requerimientos, normativa y calidad de la edificación.	A. Productividad en el Diseño (Generación de documentos) B. Calidad de Diseño
Y2	Ejecución de Edificaciones.	Proceso en el que se procede con la construcción del proyecto de acuerdo al costo y tiempo programado en el diseño.	A. Costo de Ejecución. B. Tiempo de Ejecución.

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla N° 6:** Definición operacional de dimensiones cuantitativas

DIM.	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>VARIABLE X2: METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>		
B	Cantidad de Incompatibilidades detectadas	Unidades
C	Cantidad de dificultades previstas con anticipación	Unidades
<b>VARIABLE Y1: DISEÑO DE EDIFICACIONES</b>		
A	Cantidad de documentos generados	Unidades
<b>VARIABLE Y2: EJECUCIÓN DE EDIFICACIONES</b>		
A	Costo de Ejecución	Dólares
B	Tiempo de ejecución	Días calendarios

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla N° 7:** Definición operacional de dimensiones cualitativas

DIM.	POND.	INDICADORES	VALORACIÓN ESCALAR	VALOR (%)
<b>VARIABLE X1: CONOCIMIENTO ACERCA DE BIM</b>				
A1	5	Conocimiento de tecnologías y herramientas BIM.	a) Más de 4 herramientas b) 4 herramientas c) 3 herramientas. d) Menos de 3.	3 100 2 67 1 33 0 0
A2	8	Manejo de tecnologías y herramientas BIM	a) Más de 3 herramientas. b) 3 herramientas c) 2 herramientas d) Menos de 2 herramientas	3 100 2 67 1 33 0 0

A3	10	Conocimiento sobre la funcionalidad de herramientas y tecnologías BIM	a) Interacción, optimización e información en tiempo real b) Interactivos e interdisciplinarios c) Diseño CAD y uso frecuente. d) Gran potencialidad y uso.	3 2 1 0	100 67 33 0
B1	7	Conocimiento de aplicación de procesos BIM	a) Uso constante. b) Pocas veces. c) 1 vez. d) No las utiliza.	3 2 1 0	100 67 33 0
B2	8	Apreciación de la potencialidad de los procesos BIM para la facilidad en el desarrollo de actividades.	a) Más de 3 opciones. b) 3 opciones. c) 2 opciones. d) 1 opción. e) Ninguna opción	4 3 2 1 0	100 75 50 25 0
B3	8	Apreciación de los beneficios de los procesos BIM aplicados en obra	a) 6 – 7 opciones. b) 4 – 5 opciones c) 2 – 3 opciones. d) Menos de 2 opciones	3 2 1 0	100 67 33 0
<b>VARIABLE X2: METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>					
A1	8	Calificación de los procesos y herramientas BIM.	a) Útil y necesario. b) Novedoso e importante. c) Novedoso pero opcional d) Bueno pero innecesario.	3 2 1 0	100 67 33 0
A2	6	Calificación de la rutina de trabajo	a) Cómoda y Satisfactoria. b) Cómoda pero complicada c) Habitual. d) Pesada y trabajosa.	3 2 1 0	100 67 33 0

A3	8	Satisfacción con la aplicación del modelo.	a) Satisfecho.	3	100
			b) A gusto.	2	67
			c) Desorientado	1	33
			d) Incómodo	0	0
A4	7	Estimulación al manejo de herramientas BIM.	a) 3 herramientas.	3	100
			b) 2 herramientas.	2	67
			c) 1 herramienta	1	33
			d) Ninguna herramienta	0	0
A5	8	Facilidad para realizar actividades	a) Más de 3 opciones.	4	100
			b) 3 opciones.	3	75
			c) 2 opciones.	2	50
			d) 1 opción.	1	25
			e) Ninguna opción	0	0
<b>VARIABLE Y1: DISEÑO DE EDIFICACIONES</b>					
B1	7	Calificación de la calidad de los documentos generados.	a) Excelente.	3	100
			b) Buena.	2	67
			c) Sin distinción.	1	33
			d) Regular	0	0
B2	8	Nivel de satisfacción por especialidad	a) Totalmente satisfecho	3	100
			b) Satisfecho.	2	67
			c) Con expectativa.	1	33
			d) Insatisfecho.	0	0
B3	8	Bondades de la documentación generada.	a) Más de 3 opciones.	4	100
			b) 3 opciones.	3	75
			c) 2 opciones.	2	50
			d) 1 opción.	1	25
			e) Ninguna opción	0	0

B4	10	Disposición futura.	a) Profundizarlo, utilizarlo y recomendarlo.	3	100
			b) Volver a utilizarlo.	2	67
			c) Utilizarlo con fines personales.	1	33
			d) Sin ningún interés	0	0

FUENTE: Elaboración propia

### 3.2.3. Análisis de Datos

#### 3.2.3.1. Confiabilidad del Instrumento (Encuesta):

Para determinar el grado de confiabilidad de las encuestas aplicadas, se calculó el coeficiente de confiabilidad alfa de Cronbach. Este coeficiente requiere un solo manejo del instrumento de medición y produce valores que entre 0 y 1. No es necesario dividir en dos mitades a los ítems, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 1991).

Para ello se calcula el coeficiente de correlación de Pearson entre todos los ítems (todos contra todos) sin repeticiones, con la fórmula:

$$r = \frac{n(\sum_{i=1}^n X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n X_i^2) - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

Luego el promedio de correlaciones entre ítems, aplicando la fórmula:

$$\alpha = \frac{N(\bar{p})}{1 + \bar{p}(N - 1)}$$

Donde:  $\bar{p}$  = promedio de correlaciones entre ítems

$N$  = Número de ítems

Los procedimientos señalados incluyen varianza o correlación  $r$  de Pearson. es decir, el nivel de medición de la variable es por intervalos o razón, cuya interpretación se da de la siguiente manera:

Si  $\alpha$  está entre 0.00 – 0.50: El instrumento no es confiable, se rechaza el instrumento.

Si  $\alpha$  está entre 0.50 – 0.75: El instrumento tiene confiabilidad media, Se debe modificar o eliminar algunos ítems que no que no guardan correlación.

Si  $\alpha$  está entre 0.75 – 0.90: El instrumento tiene confiabilidad considerable, el instrumento es válido.

Si  $\alpha$  es mayor que 0.90: El instrumento es muy confiable, el instrumento es válido y presenta resultados certeros.

### **3.2.3.2. Validez del Instrumento (Encuesta):**

La validación del instrumento se realizó por medio de la validación de escala y en el marco teórico de “Validez de Contenido” elaborándose los enunciados de acuerdo a la adecuación muestral de los ítems y replicación de encuestas, validados por profesionales a cargo de la muestra (Obra).

Para la validación de la escala se determinó el coeficiente de reproductividad, calculándose el número de errores o inconsistencias. Los errores se detectan analizando las respuestas que rompen el patrón y para ello se establecen los “puntos de corte” en la tabla, previamente ordenada de acuerdo a sus puntuaciones totales, donde se cruzan las afirmaciones y sus categorías con las mismas. Cuando

una respuesta esta desubicada respecto de los puntos de corte, rompen el patrón de intensidad, se consideran errores o inconsistencias (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 1991).

$$\text{Coeficiente de Reproductividad} = 1 - \frac{N^{\circ} \text{ de errores}}{(N^{\circ} \text{ de Ítems})(N^{\circ} \text{ de sujetos})}$$

El coeficiente de reproductividad oscila entre 0 y 1, y cuando equivale a 0.90 o más nos indica que el número de errores es tolerable y la escala es unidimensional y se acepta. Cuando dicho coeficiente es menor a 0.90 no se acepta la escala.

### 3.2.3.3. Método de Análisis

Para el análisis de los datos obtenidos de las muestras y de acuerdo a las dimensiones de la presente investigación se optó por la prueba t-student para datos relacionados.

$H_0$ : Hipótesis Nula ( $\mu_1 = \mu_2$ )

$H_a$ : Hipótesis Alternativa ( $\mu_1 \neq \mu_2$ )

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

Se aplica la distribución t-student para calcular la probabilidad de error (Estadístico de Prueba P), se obtiene los valores de t de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma_d^2}{n}}} = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{\sigma_d^2}{n}}}$$

Donde:  $\bar{X}$  = media

$\mu$  = Valor a analizar

$\bar{d}$  = Promedio de las diferencias

$\sigma_d^2$  = Varianza de las diferencias

$n$  = Tamaño de la muestra

Luego se contrasta con los grados de libertad ( $gl = n - 1$ ) de los datos relacionados, obteniéndose el Estadístico de Prueba P.

#### 3.2.3.4. Diseño de prueba de hipótesis

Para la presente investigación, luego de establecer las hipótesis específicas, para cada una de estas se establecen condiciones de prueba, estas condiciones son preguntas de carácter puntual por lo tanto pueden ser contestadas con una afirmación (SI) o una negación (NO). Cabe mencionar que las condiciones de prueba, a manera de subhipótesis, contrastan cada dimensión que implica cada hipótesis.

Para aceptar o rechazar cada hipótesis específica planteada se sigue el siguiente procedimiento:

- Se analiza cada condición de prueba planteada por hipótesis específica con el método de análisis propuesto, para este propósito se establece la condición afirmativa de la condición de prueba como Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ) y la condición negativa de la condición de prueba como Hipótesis Nula ( $H_0$ ).
- Si el estadístico de prueba (P) es menor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ), entonces se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ) y se

rechaza la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), es decir se verifica el valor afirmativo de la condición de prueba.

- Por el contrario, si el estadístico de prueba ( $P$ ) es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ), entonces se rechaza la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ) y se acepta la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), es decir se verifica el valor negativo de la condición de prueba.
- Al finalizar el análisis de todas las condiciones de prueba de cada hipótesis específica se realiza la toma de decisión correspondiente, de acuerdo a los resultados obtenidos de cada condición de prueba verificada.

**Tabla N° 8:** Diseño de prueba de hipótesis

HIPÓTESIS ESPECÍFICA	DIMENSIÓN ANALIZADA	CONDICIONES DE PRUEBA	TOMA DE DECISIÓN
El nivel de conocimiento actual sobre tecnologías y procesos BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto: "Ampliación 17	Nivel de conocimiento de Tecnologías BIM.	¿El nivel de conocimiento de tecnologías BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto?	Se acepta o rechaza la hipótesis
Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno" es deficiente e incompleto.	Nivel de conocimiento de procesos BIM.	¿El nivel de conocimiento de procesos BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto?	

<p>La propuesta metodológica mejora la productividad y la calidad en la documentación de diseño y optimiza el costo y el tiempo de ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”.</p>	<p>Productividad en el Diseño</p>	<p>¿La propuesta metodológica mejora la productividad en el diseño?</p>	<p>Se acepta o rechaza la hipótesis</p>
	<p>Calidad de Diseño</p>	<p>¿La propuesta metodológica mejora la calidad de diseño?</p>	
	<p>Costo de Ejecución</p>	<p>¿La propuesta metodológica optimiza el costo de ejecución?</p>	
	<p>Tiempo de Ejecución</p>	<p>¿La propuesta metodológica optimiza el tiempo de ejecución?</p>	
<p>La aplicación del modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”, evidencia la aceptación del modelo, permite detectar incompatibilidades y anticiparse a posibles dificultades.</p>	<p>Nivel de Aceptación</p>	<p>¿La aplicación del modelo metodológico evidencia la aceptación del mismo?</p>	<p>Se acepta o rechaza la hipótesis</p>
	<p>Cantidad de incompatibilidades detectadas</p>	<p>¿La aplicación del modelo metodológico permite detectar incompatibilidades?</p>	
	<p>Cantidad de dificultades previstas con anticipación</p>	<p>¿La aplicación del modelo metodológico permite anticiparse a posibles dificultades?</p>	

FUENTE: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

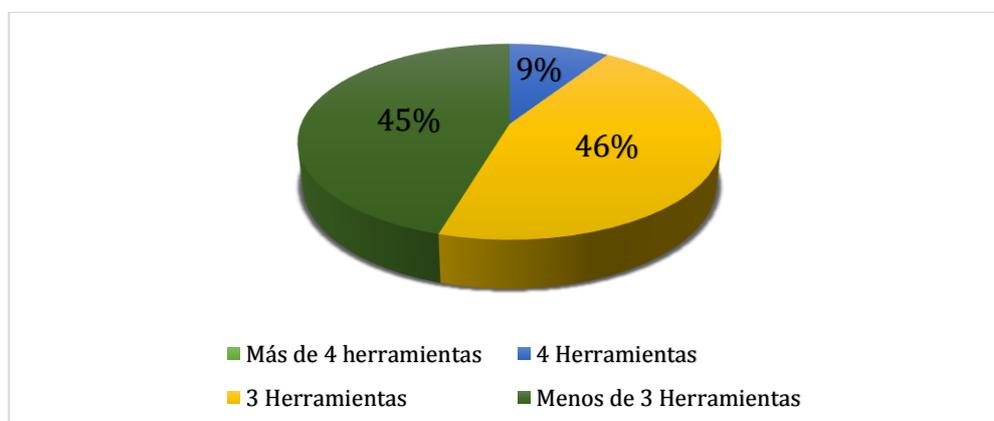
#### 4.1. CONOCIMIENTO PRELIMINAR ACERCA DE BIM

Con el objetivo de evidenciar el nivel de conocimiento actual sobre procesos y tecnologías BIM, se aplicó un formato de encuesta formalizada (Ver Anexo A) aplicada a la muestra de estudio, específicamente a los principales profesionales involucrados en la etapa de diseño y ejecución del proyecto en mención, dicha encuesta estuvo enfocada en recopilar información relevante de los profesionales más implicados.

A continuación, se procede a presentar los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada.

##### 4.1.1. Nivel de Conocimiento de Tecnologías BIM:

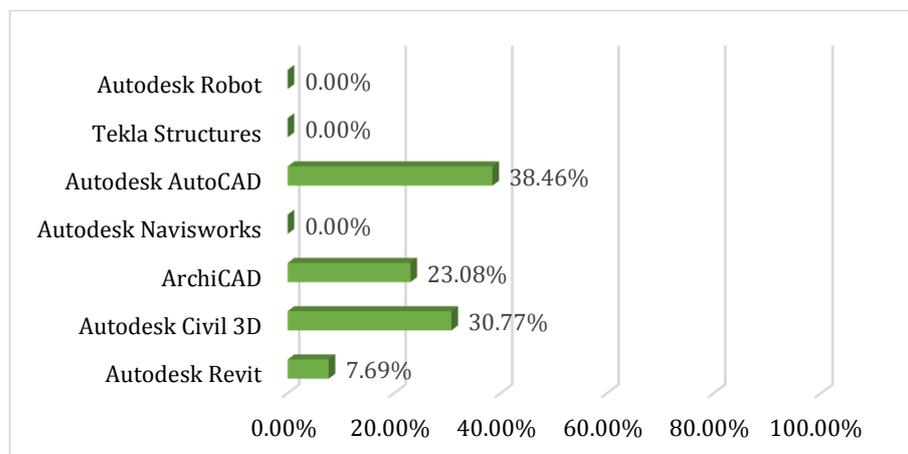
##### 4.1.1.1. Conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM.



**Figura N° 8:** Conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 9% de los encuestados evidencia conocimiento de 4 herramientas BIM de acuerdo a su aplicación en la industria de la construcción. El 46% conoce 3 herramientas BIM y el 45% conoce menos de 3 herramientas BIM.



**Figura N° 9:** Comparación de conocimiento de Tecnologías y Herramientas BIM

FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** De lo anterior, solo el 9% dice conocer la mitad de las herramientas propuestas; esto evidencia un desconocimiento a cerca de las herramientas y tecnologías BIM aplicadas. Por otro lado, de acuerdo al segundo gráfico, se evidencia un conocimiento mayoritario acerca de herramientas BIM comunes como es Autodesk AutoCAD (38.46%) y Autodesk Civil 3D que bien hacen apreciar un manejo común y primigenio que no evidencia el conocimiento de bondades BIM 3D.

4.1.1.2. Manejo de Tecnologías y Herramientas BIM.

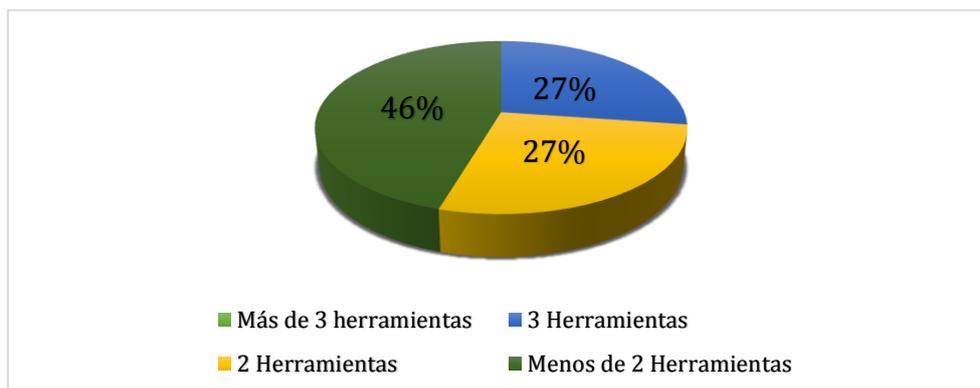


Figura N° 10: Manejo de Tecnologías y Herramientas BIM

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 27% de los encuestados evidencia el manejo de 3 herramientas BIM, el mismo porcentaje de encuestados maneja 2 herramientas BIM y el 46% maneja menos de 2 herramientas BIM.

**Comentarios:** De lo anterior, un 46% maneja solo una o ninguna herramienta BIM en el desarrollo de sus actividades; esto evidencia un desconocimiento de facultades y uso de las herramientas y tecnologías BIM.

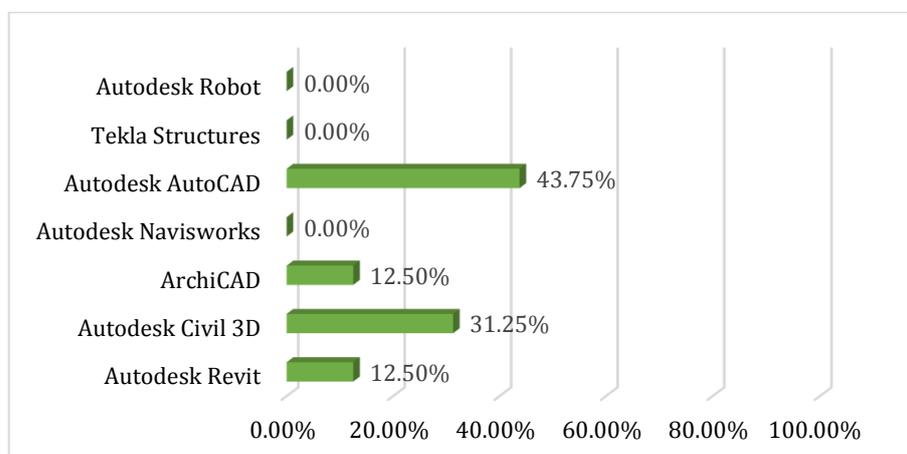
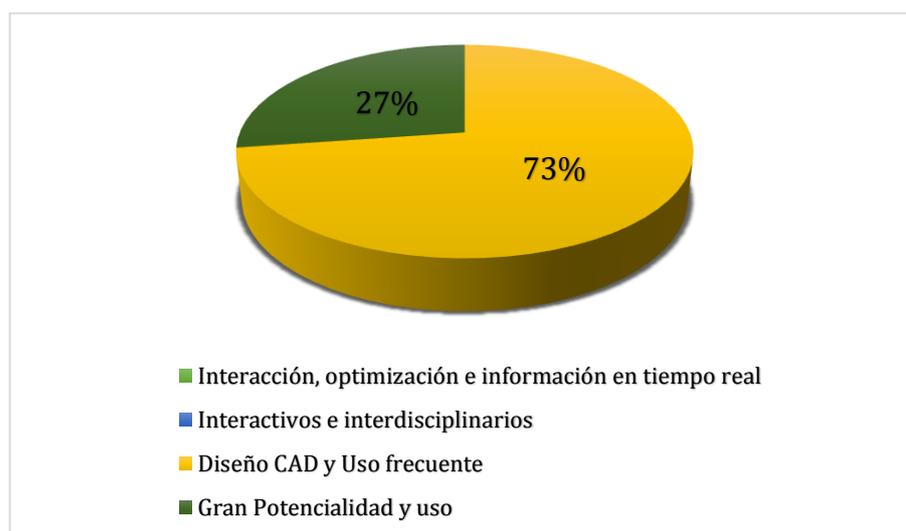


Figura N° 11: Comparación de manejo de Tecnologías y Herramientas BIM

FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** Según este gráfico un porcentaje de 43.75% manifiesta que maneja la herramienta Autodesk AutoCAD, seguido de Autodesk Civil 3D (31.25%), que son herramientas comunes en el diseño CAD, además otras herramientas con potentes aplicaciones BIM no presentan manejo alguno.

#### 4.1.1.3. Conocimiento sobre la funcionalidad de Tecnologías BIM.



**Figura N° 12:** Conocimiento de la Funcionalidad de Tecnologías BIM

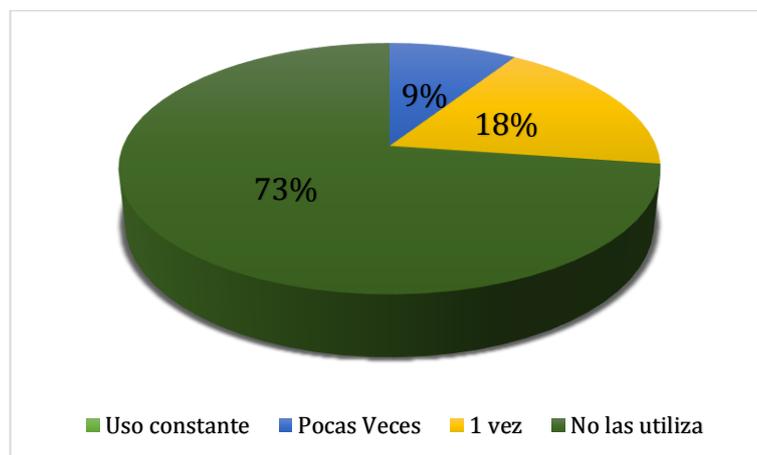
FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 27% de los encuestados cree que las herramientas BIM son utilizadas para diseño CAD y uso frecuente, un mayoritario 73% solo cree que tiene gran potencialidad y uso.

**Comentarios:** Ningún encuestado conoce la interacción y optimización de funciones de las tecnologías y herramientas BIM, esto evidencia el conocimiento incompleto de las herramientas que los encuestados manifiestan manejar.

#### 4.1.2. Nivel de Conocimiento de Procesos BIM:

##### 4.1.2.1. Conocimiento de aplicación de Procesos BIM.



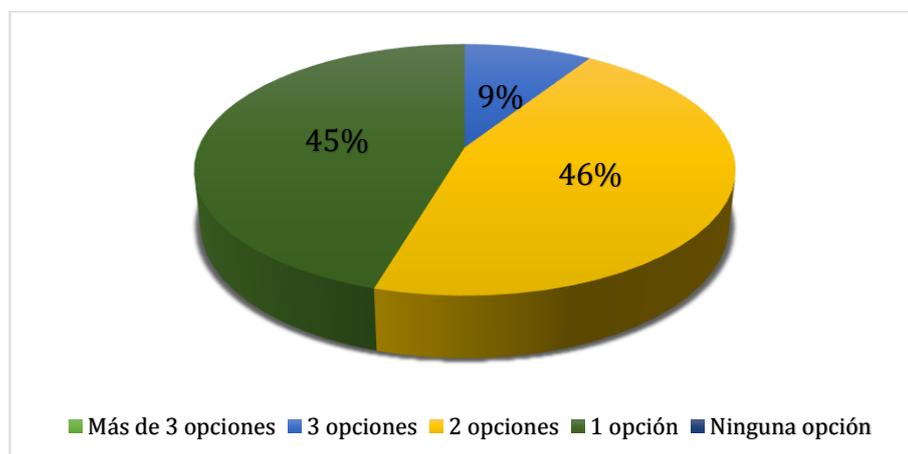
**Figura N° 13:** Conocimiento de aplicación de Procesos BIM

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, solo el 9% de los encuestados conoce la aplicación de los procesos con el fin de mejorar el diseño y/o ejecución del proyecto, un 18% ha aplicado una sola vez un proceso BIM y el 73% desconoce cualquier tipo de aplicación de procesos BIM.

**Comentarios:** Un porcentaje mayoritario desconoce la aplicación de procesos BIM en el diseño y/o ejecución de proyectos de edificación; esto evidencia la reciente intervención de BIM en la industria de la construcción.

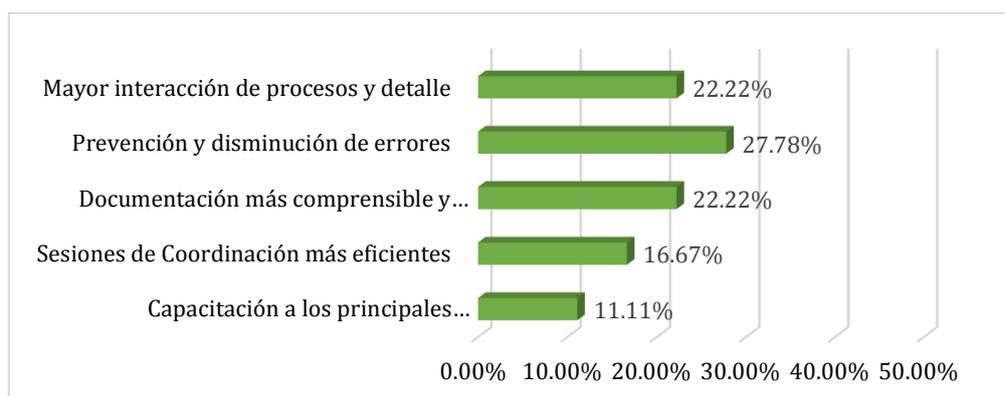
**4.1.2.2. Apreciación de las potencialidades de los Procesos BIM en el desarrollo de actividades.**



**Figura N° 14:** Apreciación de las Potencialidades de los Procesos BIM.

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 9% de los encuestados considera que BIM facilita 3 de las opciones propuestas en la ejecución correcta de la obra, el 46% considera 2 opciones y el 45% restante considera una sola opción.

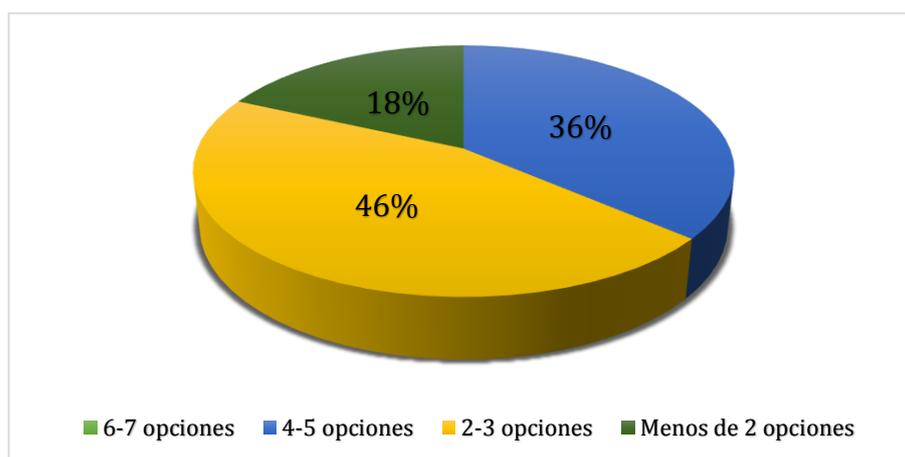


**Figura N° 15:** Detalle de conocimiento de aplicación de Procesos BIM.

FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** Se puede observar que las opciones extremas, es decir la apreciación máxima (Más de 3 opciones) y mínima (Ninguna opción), no tienen respuesta alguna en los encuestados; esto evidencia por un lado el desconocimiento de las potencialidades que ofrecen los procesos BIM y por otro la confianza a las mismas.

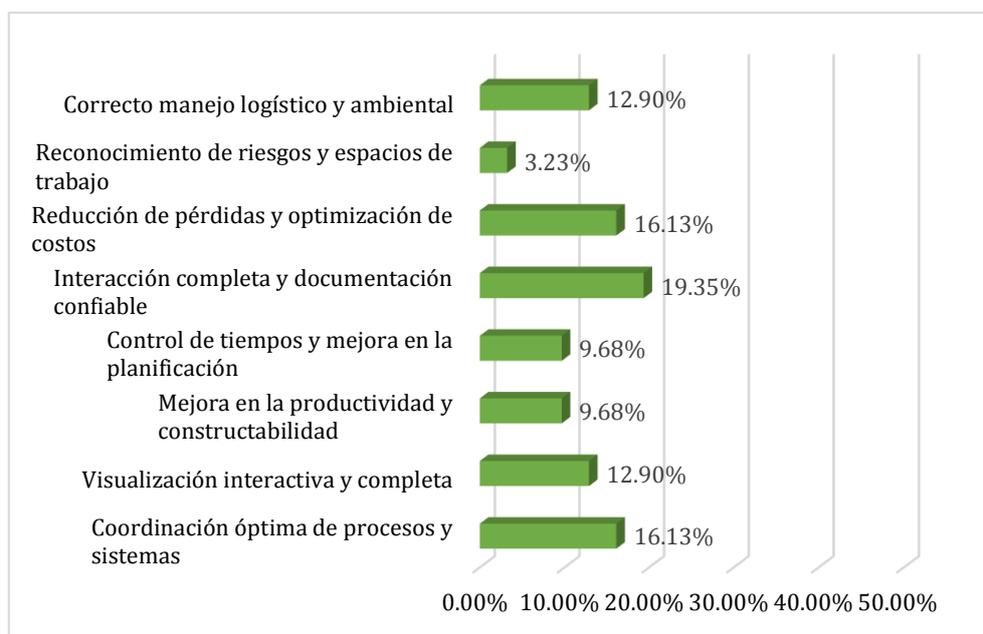
#### 4.1.2.3. Apreciación de los beneficios de los Procesos BIM.



**Figura N° 16:** Apreciación de los beneficios de los Procesos BIM.

FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico anterior, el 46% considera entre 2-3 beneficios, el 36% entre 4-5 opciones y el 18% restante considera menos de 2 opciones.



**Figura N° 17: Detalle de apreciación de los beneficios de los Procesos BIM.**

FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** Al igual que el caso anterior las opciones extremas no son consideradas, se aprecia mayor confiabilidad en la interacción completa y documentación confiable como beneficio (19.35%) y en menor porcentaje (3.23%) el Reconocimiento de riesgos y espacios de trabajo. Por otra parte, se observa incertidumbre acerca de las potencialidades enunciadas

## **4.2. PROPUESTA METODOLÓGICA**

### **4.2.1. Consideraciones Preliminares:**

Es un error común pensar que la compra de una pieza de software es la respuesta a la adopción de una nueva estrategia de negocios/diseño. BIM es en realidad un proceso que se basa en modelos de información para ayudar a los involucrados de un proyecto AEC (Architecture, Engineering and Construction) a planificar, diseñar, construir y gestionar el proyecto de manera más eficiente. Es por ello que su implementación en un proyecto o una organización impactará en las personas, procesos y en el conjunto de herramientas tecnológicas a utilizar (AUTODESK, 2011).

Antes de implementar BIM se debe tener en cuenta las consideraciones esquematizadas, de acuerdo a los campos que interactúan, en la figura N° 18.

### **4.2.2. Propuesta Metodológica para la Etapa de Diseño**

#### **4.2.2.1. Integración de procesos, técnicas y herramientas.**

Para la elaboración correcta y sistemática de la metodología propuesta fue necesario integrar los procesos orientados al diseño de proyectos, de acuerdo al diagnóstico obtenido de las bases, especificaciones técnicas del proyecto y documentos previos a la ejecución de la obra.

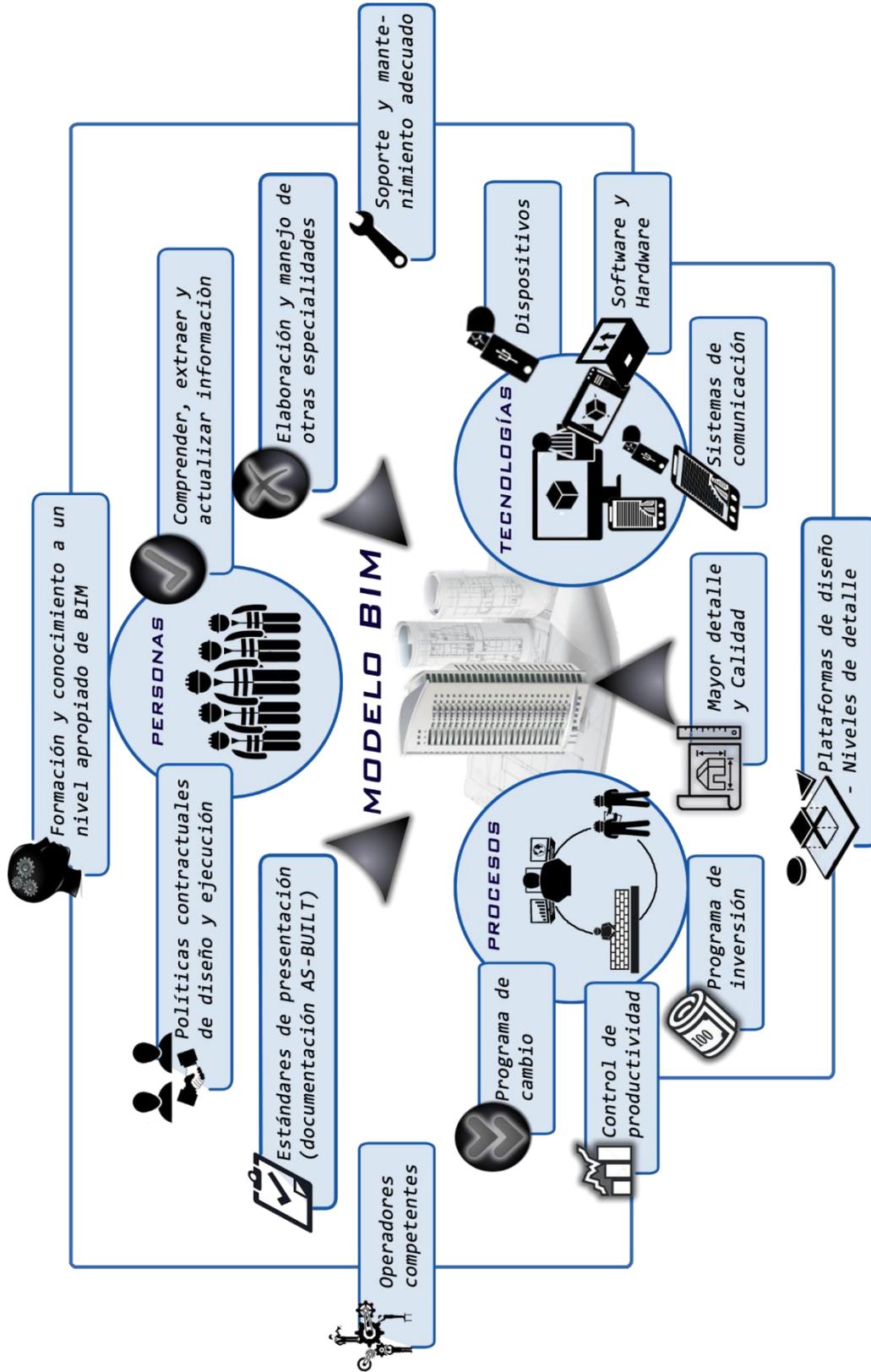


Figura N° 18: Consideraciones preliminares para la implementación de BIM

FUENTE: Elaboración propia: Información adaptada de Ruiz Conejo Neyra (2015)

Pictogramas obtenidos de Deposit Photos (2017)

Tabla N° 9: Integración de Procesos – Etapa de Diseño

	PROCESOS INTEGRADOS	DIAGNÓSTICO	REFERENCIA	PROPUESTA DE MEJORA
DISEÑO CONCEPTUAL	<i>Viabilidad y Conceptualización del diseño</i>	Nula intervención desde la conceptualización del proyecto. Solo se exige una descripción textual de las obras civiles.	<b>BASES</b> <b>Formato 14:</b> <b>Información de Prediseño</b>  ANEXO D	Necesidades y valores del cliente, teniendo en cuenta criterios de diseño (Diseño conceptual, esquemático y detallado)
	<i>Predeterminación de alternativas de diseño</i>	No existe predeterminación de alternativas de diseño	No se exige en ninguna parte de la documentación preliminar, ninguna alternativa de diseño.	Planificar la participación temprana de los principales involucrados.  Planificar la gestión del modelado BIM
DISEÑO ANALÍTICO	<i>Interactividad y calidad de diseño</i>	No especifica interactividad de diseño ni tampoco se exige ciertos criterios de calidad en la documentación preliminar.	<b>CONDICIONES GENERALES</b> <b>Aprobación de documentos</b>  ANEXO F	Modelado BIM compatibilizado del proyecto
	<i>Percepción clara de diseño</i>	No especifica parámetros adecuados para una clara percepción del diseño	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO</b>  ANEXO E	Ingeniería concurrente, diseño simultáneo del producto y el proceso.

	<i>Detección de Incompatibilidades</i>	Solo especifica el proceso para realizar correcciones a la documentación enviada.	<b>CONDICIONES GENERALES</b> <b>Aprobación de documentos</b>  ANEXO F	Planificar la gestión de comunicaciones y retroalimentación interactiva en el diseño con ingeniería concurrente.
	<i>Productividad en el diseño</i>	No especifica cantidades, ni mayor aún especificaciones de detalle necesarios en la documentación de diseño	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO</b>  ANEXO E	Simulación y compatibilización de documentos por especialidades, teniendo en cuenta estándares de detalle.

FUENTE: Elaboración propia

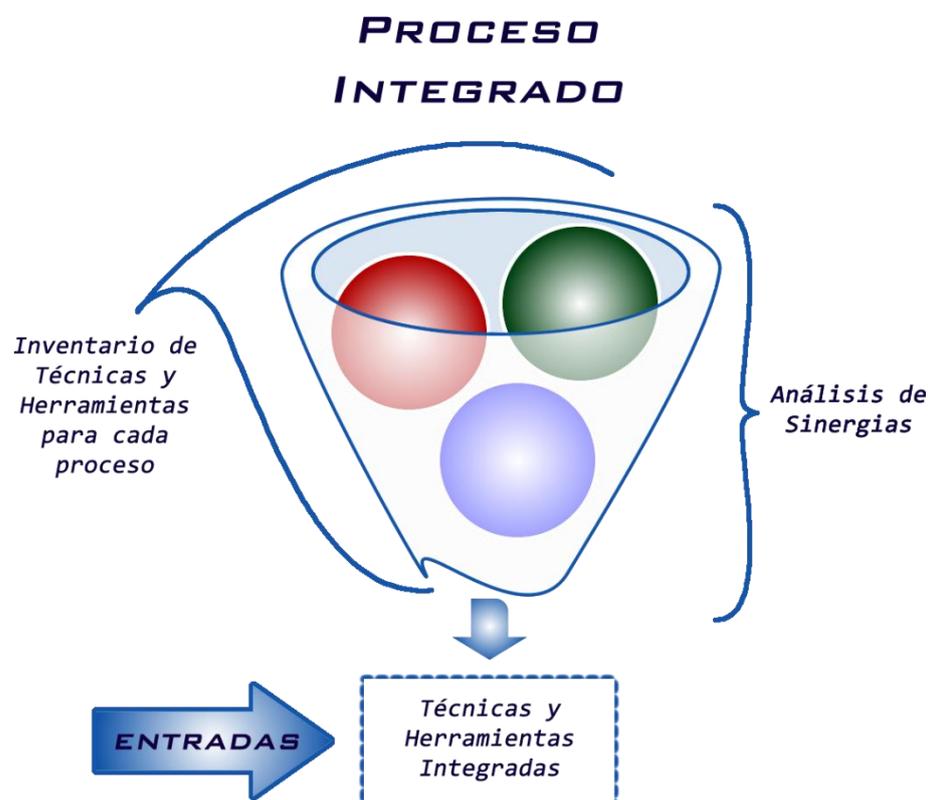
En el capítulo 2 se detalló los procesos y herramientas BIM que a efectos de diseño son los siguientes:

- Organización interactiva de procesos.
- Modelamiento 3D de la edificación.
- Sinergia del modelamiento 3D para su simulación.
- Validación de códigos.
- Sesiones productivas ICE.
- Control y medición de resultados.

#### 4.2.2.2. Diseño y desarrollo de la metodología propuesta

Para cada proceso integrado, en primera instancia, se elabora una tabla con las técnicas y herramientas intervinientes presentando la propuesta individual que cada una aporta al proceso en desarrollo, luego de analizar la sinergia entre las propuestas individuales se

desarrolla una propuesta integrada que responde a los requerimientos de cada proceso.



**Figura N° 19:** Esquema de Integración de Técnicas y Herramientas

FUENTE: Elaboración propia

Seguidamente se listan las entradas necesarias como documentos de etapas establecidas o procesos anteriores, a fin de relacionarlos correctamente. Con todo ello, se desarrolla el procedimiento propuesto y finalmente algunas consideraciones antes de su implementación.

Con la finalidad de conseguir un entendimiento visual e interpretar las relaciones entre los procesos con las técnicas y herramientas integradas; se elabora un esquema ilustrativo resumiendo toda la propuesta metodológica a seguir en la etapa de diseño.

**4.2.2.2.1. Viabilidad y conceptualización del diseño:**

**Tabla N° 10:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de viabilidad y conceptualización del diseño

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Definición de las características del proyecto.	- Determinación de la factibilidad del proyecto en base a discriminación de tareas.
Sesiones productivas ICE	- Determinación de tareas iniciales. - Discriminación de tareas iniciales.	- Determinación de las características del proyecto y asignación de tareas por especialidad.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las bases del proyecto, las especificaciones técnicas del diseño, condiciones generales del proyecto y un equipo de profesionales con una formación y conocimiento en un nivel apropiado de BIM.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una sesión ICE con el equipo de profesionales propuestos con el previo análisis individual de los documentos (bases, especificaciones técnicas y condiciones generales). Se procede a determinar la factibilidad del proyecto con las

propuestas y discriminación de tareas necesarias, definiéndose los aportes por especialidad para el desarrollo del diseño.

Luego se determinan las características del proyecto con lo que se procede a la asignación de tareas por especialidad tomando en cuenta los roles definidos.

- **Consideraciones**

Se debe tomar en cuenta: la disponibilidad de tiempo, ubicación geográfica y medios de comunicación para definir a los involucrados y sus roles de participación.

**4.2.2.2. Predeterminación de alternativas de diseño:**

**Tabla N° 11:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de predeterminación de alternativas de diseño

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Definición de necesidades de producción.	- Análisis y determinación de necesidades de producción con participación temprana
Sesiones productivas ICE	- Participación temprana de los involucrados.	- de los principales involucrados.
	- Propuestas de diseño por especialidad.	- Presentación preliminar BIM de las propuestas de diseño por especialidad.
	- Determinación de objetivos y tiempos de diseño.	

Modelamiento 3D de la edificación.	-	Modelamiento preliminar de las alternativas de diseño.	-	Elección de la mejor alternativa de diseño definiendo el trabajo e interconexión por especialidad.
Control y medición de resultados	-	Controlar la interacción y gestión de involucrados.	-	Determinación del sistema de control de resultados.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen las bases del proyecto, las especificaciones técnicas del diseño, condiciones generales del proyecto, un equipo de profesionales con una formación y conocimiento en un nivel apropiado de BIM y la viabilidad y conceptualización del diseño antes desarrollado.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una sesión ICE con el equipo de profesionales designados por especialidad para el análisis y determinación de las necesidades de producción; se procede con la presentación preliminar de las alternativas de diseño por especialidad de acuerdo a los requerimientos técnicos, luego se elige la mejor alternativa de diseño.

En segunda instancia se definen las actividades por especialidad y la intercomunicación entre las mismas, además se debe determinar el sistema de control y medición de resultados, teniendo en cuenta los objetivos y la frecuencia de monitoreo,

designando un especialista para este cargo (participación temprana del ingeniero integrador).

- **Consideraciones**

Se debe tomar en cuenta los medios de comunicación y la elección de medios electrónicos (software e internet) de diseño para propiciar la interactividad en el diseño BIM, así cada especialidad podrá trabajar en un mismo esquema a tiempo real.

**4.2.2.2.3. Interactividad y calidad en el diseño:**

**Tabla N° 12:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de interactividad y calidad en el diseño

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Elaboración de un plan de trabajo.	- Modelado 3D de la edificación con retroalimentación en tiempo real, teniendo en cuenta los niveles de detalle progresivos y la contrastación de códigos.
Modelamiento 3D de la edificación.	- Modelado 3D de la edificación por especialidad.	- Modelado 3D de la edificación con retroalimentación en tiempo real, teniendo en cuenta los niveles de detalle progresivos y la contrastación de códigos.
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación.	- Diseño y retroalimentación del proyecto en tiempo real.	- Modelado 3D de la edificación con retroalimentación en tiempo real, teniendo en cuenta los niveles de detalle progresivos y la contrastación de códigos.
Validación de Códigos	- Niveles de detalle	- Evaluar las métricas de proceso de acuerdo al plan de trabajo y a los factores controlables.
Control y medición de resultados	- Contrastación de códigos.	- Evaluar las métricas de proceso de acuerdo al plan de trabajo y a los factores controlables.
	- Factores controlables.	- Evaluar las métricas de proceso de acuerdo al plan de trabajo y a los factores controlables.
	- Métricas de proceso.	- Evaluar las métricas de proceso de acuerdo al plan de trabajo y a los factores controlables.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen el acta de constitución del proyecto, sistema de entrega del proyecto, equipo definido de profesionales por especialidad y la predeterminación de alternativas de diseño.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar un plan de trabajo teniendo en cuenta los requerimientos planteados por especialidad.

Se propone modelar la edificación bajo la concepción BIM del proyecto con los sistemas electrónicos definidos permitiendo el diseño y la retroalimentación en tiempo real; además se debe monitorear los niveles de detalle de manera progresiva y la contrastación del diseño con el RNE.

Al mismo tiempo se plantea evaluar las métricas de proceso de acuerdo a la frecuencia planteada evaluando los factores controlables.

- **Consideraciones**

Se debe tener en consideración la actualización permanente de la normativa vigente de diseño, los requerimientos y modificaciones de diseño, y las necesidades y valores del cliente.

**4.2.2.2.4. Percepción clara del diseño:**

**Tabla N° 13:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de percepción clara del diseño

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos Modelamiento 3D de la edificación.	- Elaboración de un plan de revisión interactiva.  - Creación de vistas 2D (Planos en general)  - Creación de vistas 3D (Perspectivas, renders).	- Creación de vistas 2D y 3D, recorridos y exportación de detalles BIM teniendo en cuenta los niveles de detalle y las características de
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación.	- Creación de recorridos.  - Exportación de detalles BIM.	diseño detallado que se quiere obtener.  - Evaluar las métricas de proceso y el PPC
Validación de Códigos Control y medición de resultados	- Niveles de detalle.  - Métricas de proceso.  - Factores controlables.	de acuerdo al plan de revisión y a los factores controlables.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen el equipo definido de profesionales por especialidad y se lleva a cabo de manera posterior inmediata y conjunta con el proceso de interactividad y calidad en el diseño, siendo este último también una entrada para este proceso.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar un plan de revisión interactiva a tiempo real de calidad de diseño; a la vez se propone crear en esta etapa las vistas 2D y 3D del proyecto que serán el producto final de la etapa de diseño en desarrollo, a su vez la creación de recorridos interactivos y renders que proporcionen mayor detalle. Por otro lado, se contempla la exportación de detalles BIM para dar lugar a la etapa de diseño detallado, dicha exportación permitirá la creación de vistas 4D y 5D como la estimación de costo, estimación de cronograma y simulación de construcción (información a utilizarse en la etapa de ejecución).

Al mismo tiempo se plantea evaluar las métricas de proceso de acuerdo a la frecuencia planteada para un correcto desarrollo del diseño, tomando en cuenta el PPC evaluando los factores controlables.

- **Consideraciones**

En esta etapa es imprescindible el manejo informático sobresaliente del software que se maneja por especialidad y de los medios informáticos de comunicación elegidos; por consiguiente, se debe considerar el monitoreo y control del especialista a cargo (Ingeniero Integrador).

**4.2.2.2.5. Detección de Incompatibilidades:**

**Tabla N° 14:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de detección de incompatibilidades

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Elaboración de un plan de detección de incompatibilidades.	- Compatibilización de los diseños por especialidad y detalles.
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación.	- Compatibilización de diseños por especialidad.	- Evaluar las métricas de proceso, el número de RFI y su tiempo de respuesta de acuerdo al plan de revisión y a los factores controlables.
Validación de Códigos	- Niveles de detalle.	
Control y medición de resultados	- Métricas de proceso. - Factores controlables.	

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias se proponen el equipo definido de profesionales por especialidad, el proceso de interactividad y calidad en el diseño y el proceso de percepción clara de diseño.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone verificar la compatibilidad de diseños por especialidad de acuerdo a un plan de detección de incompatibilidades que reducirían los errores de diseño comunes de la metodología tradicional, se recomienda utilizar el software Autodesk Navisworks para la detección de incompatibilidades.

Por otro lado, de manera conjunta se propone evaluar las métricas de proceso potenciando los factores controlables, esto tomando en cuenta los RFI, que para propósitos de esta metodología deben ser mínimos, como también el tiempo de respuesta de los mismos.

- **Consideraciones**

Al igual que la etapa anterior es imprescindible el manejo informático sobresaliente del software que se maneja por especialidad y software BIM de detección de incompatibilidades.

**4.2.2.2.6. Productividad en el diseño:**

**Tabla N° 15:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de productividad en el diseño

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos Modelamiento 3D de la edificación.	- Modelo de presentación de resultados finales. - Presentación de diseños finales. - Calidad de diseño.	- Determinar el modelo y la forma de presentación de los diseños finales de acuerdo a los requerimientos de entrega del proyecto.
Sesiones productivas ICE.	- Discusión y decisión de resultados finales.	- Evaluar las métricas de resultado en sesiones productivas
Validación de Códigos	- Detalles y requerimientos de entrega.	ICE: costos, plazos y calidad de diseño.
Control y medición de resultados	- Métricas de resultados. - Factores controlables.	

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen el proceso de detección de incompatibilidades y el equipo de profesionales calificados, estos últimos podrían obviarse si el producto final está listo en una sola herramienta, correspondería al ingeniero integrador presentar los resultados finales.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una reunión ICE entre los principales involucrados del proyecto, los que sean necesarios, para poder definir el modelo y la forma de presentación de los diseños finales de acuerdo a los requerimientos del proyecto; además por las bondades que BIM ofrece se puede exportar resultados útiles para la etapa de ejecución del proyecto (propiedades geométricas y de elementos, comportamiento estructural, desempeño térmico, desempeño energético, sostenibilidad, cantidad de materiales en fechas predeterminadas, etc). Al final se propone compilar toda la información BIM para ser utilizada en la siguiente etapa.

En la misma reunión se propone evaluar las métricas de resultados finales costos, plazos y calidad de diseño que permitirán evaluar el total desempeño de la etapa de diseño, así se pueden corregir algunas deficiencias potenciando factores controlables.

- **Consideraciones**

Es importante tener en cuenta la calidad de diseño en esta etapa, que considera la eficiencia de manejo de herramientas y tecnologías BIM, se debe tener un proceso de generación automático de planos y documentos de diseño sin errores de compatibilidad y con percepción clara de diseño.

**Tabla N° 16:** Pictogramas utilizados – Etapa de Diseño

PICTOGRAMA	DETALLE
	Bases del proyecto
	Especificaciones técnicas del proyecto.
	Condiciones generales del proyecto.
	Equipo de profesionales con una formación y conocimiento en un nivel apropiado de BIM
	Sesión productiva ICE
	Determinación
	Equipo definido de profesionales por especialidad
	Acta de constitución del proyecto
	Modelamiento 3D de la edificación
	Evaluación y control
	Sinergia del modelamiento 3D para su simulación

FUENTE: Elaboración propia

Pictogramas obtenidos de Deposit Photos (2017)

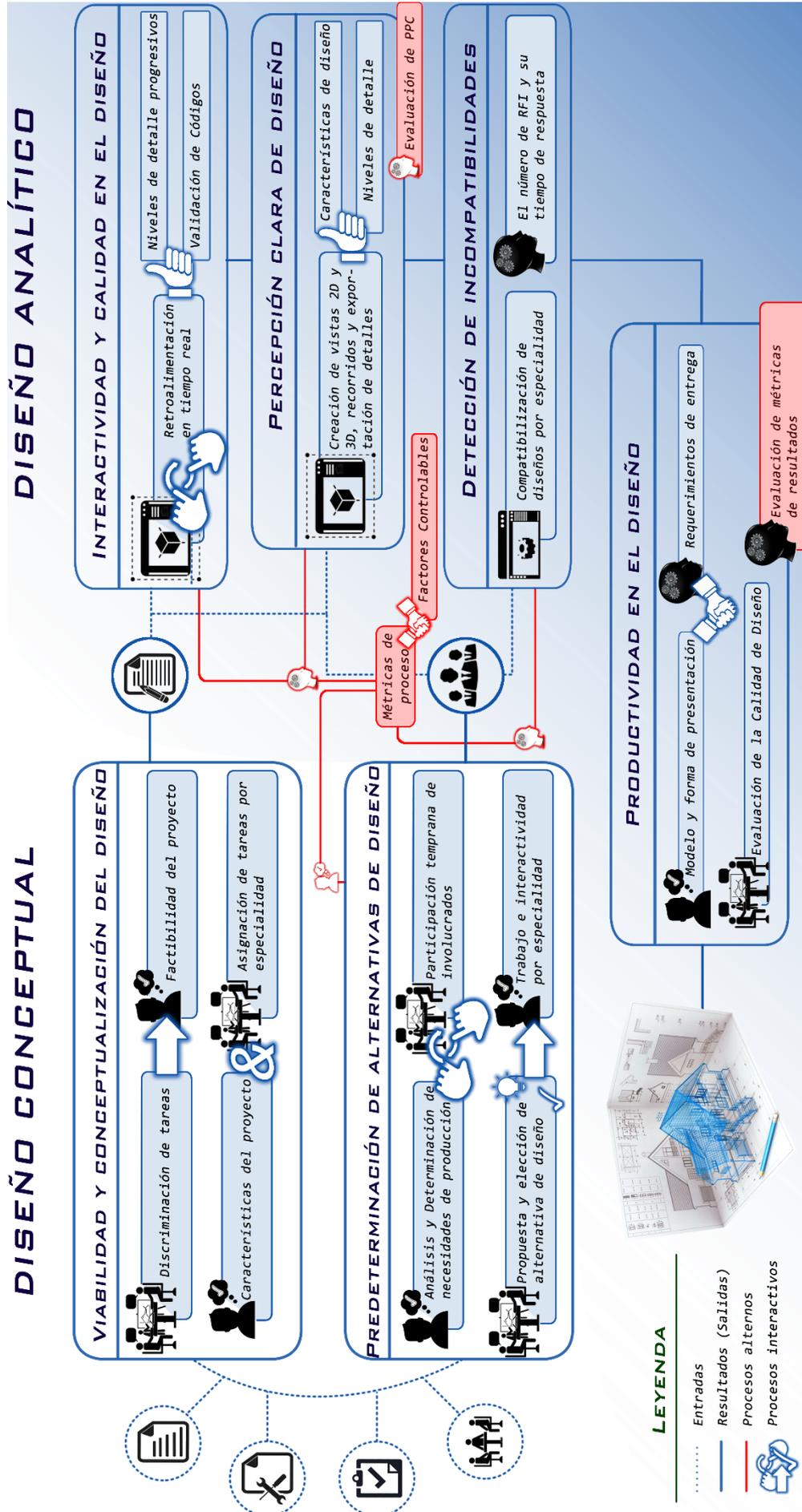


Figura N° 20: Esquema – Propuesta metodológica integrada (Etapa de Diseño)

FUENTE: Elaboración propia

Pictogramas obtenidos de Deposit Photos (2017)

**4.2.2.3. Identificación de desafíos y dificultades en la implementación.**

Se deben identificar los posibles desafíos y dificultades en la implementación de la metodología propuesta, para así obtener un entendimiento completo de los elementos y procedimientos que involucra la implementación de cada proceso integrado. Por otra parte, para quienes deseen realizar la implementación de la metodología propuesta, se recomienda tomar en cuenta la evolución del concepto en el que se basa la metodología en todos los aspectos organizacionales, tecnológicos y humanos para obtener resultados positivos.

A continuación, se muestra una tabla en la que se ha identificado los posibles desafíos y dificultades que pudiesen dificultar la implementación de los procesos integrados propuestos en la etapa de diseño de un proyecto.

**Tabla N° 17:** Desafíos y dificultades en la implementación de procesos integrados propuestos Etapa de Diseño

PROCESOS INTEGRADOS	DESAFÍOS Y DIFICULTADES
Viabilidad y conceptualización del diseño & Predeterminación de alternativas de diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presupuesto no adecuado para el diseño del proyecto.</li> <li>- Resistencia al cambio por parte de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto a cerca de herramientas y tecnologías BIM, y sistemas de comunicación modernos.</li> </ul>

<p>Viabilidad y conceptualización del diseño &amp; Predeterminación de alternativas de diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sistema tradicional de diseño de proyectos el cual no propicia un proceso colaborativo de trabajo entre los especialistas.</li> <li>- Reunir a los principales involucrados en un mismo lugar puede generar ruido en forma de sobrecarga de información.</li> <li>- Disponibilidad de tiempo insuficiente por parte de los involucrados</li> <li>- Inversión adicional para compra de herramientas tecnológicas necesarias.</li> </ul>
<p>Interactividad y calidad en el diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de tecnologías BIM.</li> <li>- Adaptabilidad de los sistemas lógicos y softwares a las condiciones, requerimientos y normativas locales.</li> <li>- Ausencia de normativa e información acerca de niveles de detalle y validación de códigos.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> <li>- Inversión adicional para capacitación de los involucrados y adquisición de licencias de software y mantenimiento.</li> </ul>
<p>Percepción clara de diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio por parte principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de tecnologías BIM.</li> <li>- Ausencia de normativa e información acerca de niveles de detalle y claridad características de diseño.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> </ul>

<p>Detección de incompatibilidades</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en la manipulación de tecnologías BIM de propia y ajena especialidad.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> <li>- Inversión adicional para capacitación de los involucrados y adquisición de licencias de software y mantenimiento.</li> <li>- Sistema inadecuado de control y respuesta de RFI.</li> </ul>
<p>Productividad en el diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de detalle de modelos y requerimientos de entrega de proyectos.</li> <li>- Reunir a los involucrados en un mismo lugar puede generar ruido en forma de sobrecarga de información.</li> <li>- Sistema inadecuado de evaluación de métricas de resultado</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de tecnologías BIM.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> </ul>

FUENTE: Elaboración propia

### 4.2.3. Propuesta Metodológica para la Etapa de Ejecución

#### 4.2.3.1. Integración de procesos, técnicas y herramientas.

Para la elaboración correcta y sistemática de la metodología propuesta fue necesario integrar los procesos, técnicas y herramientas, orientadas al a la ejecución del proyecto en análisis, de acuerdo al diagnóstico obtenido de la documentación preliminar, la absolución de consultas y la observación directa en la obra.

**Tabla N° 18:** Integración de Procesos – Etapa de Ejecución

<b>PROCESOS INTEGRADOS</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>
<i>Revisión visual del diseño y Planeamiento Inicial</i>	No se tiene una percepción clara del diseño y se tiene problemas para proceder con el planeamiento inicial	<b>ABSOLUCIÓN DE CONSULTAS</b> Ítem: <b>58, 59, 60, 61, 62, 63, 64</b> <b>Documentación Técnica</b> ANEXO G	Con la documentación entregada en la fase de diseño BIM se realizará una visualización interactiva y clara ando paso a un correcto planeamiento inicial
<i>Estimación de cantidad de insumos</i>	No se tenía la cantidad de insumos requeridos, además los requerimientos se hacían de acuerdo a las actividades programadas	<b>ABSOLUCIÓN DE CONSULTAS</b> Ítem <b>61</b> <b>Documentación Técnica</b> ANEXO G.	Estimación de cantidad de materiales e insumos de acuerdo a la extracción de documentación interactiva BIM de la obra.
<i>Simulación de Planeamiento y control de la Producción</i>	No se tenía ningún programa de orientación para la ejecución de partidas	<b>Observación personal</b>	Orientar al personal para la ejecución de partidas y control de la producción con una simulación del planeamiento BIM.
<i>Intercambio Electrónico de Especificaciones de Diseño</i>	Se tenía dudas respecto a la documentación técnica brindada	<b>ABSOLUCIÓN DE CONSULTAS</b> Ítem: <b>58, 59, 60, 61, 62, 63, 64</b> <b>Documentación Técnica</b> ANEXO G	Fragmentación del diseño BIM final obtenido en la etapa de diseño para obtener información detallada de cada componente de obra.

<p><i>Fuente de información ASBUILT</i></p>	<p>Se solicita la entrega de la información ABUILT de la obra, pero no se especifican características</p>	<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO – DOCUMENTOS DE ENTREGA ANEXO H</b></p>	<p>Producción y entrega de información y documentación ASBUILT de acuerdo a las características de diseño y ejecución BIM.</p>
---	---	---	--

FUENTE: Elaboración propia

En el capítulo 2 se detalló los procesos y herramientas BIM que a efectos de ejecución del proyecto son los siguientes:

- Organización interactiva de procesos.
- Modelamiento 3D de la edificación.
- Sinergia del modelamiento 3D para su simulación.
- Sesiones productivas ICE.
- Control y medición de resultados.

**4.2.3.2. Diseño y desarrollo de la metodología propuesta.**

Al igual que en el desarrollo de la metodología de diseño, para cada proceso integrado se elabora una tabla con las técnicas y herramientas intervinientes presentando la propuesta individual que cada una aporta al proceso en desarrollo, luego de analizar la sinergia entre las propuestas individuales se desarrolla una propuesta integrada que responde a los requerimientos de cada proceso.

Luego se detallan las entradas necesarias como documentos de etapas establecidas o procesos anteriores, a fin de relacionarlos

correctamente. Con todo ello, se desarrolla el procedimiento propuesto y finalmente algunas consideraciones antes de su implementación.

Con la finalidad de conseguir un entendimiento visual e interpretar las relaciones entre los procesos con las técnicas y herramientas integradas; se elabora un esquema ilustrativo resumiendo toda la propuesta metodológica a seguir en la etapa de ejecución.

**4.2.3.2.1. Revisión visual del diseño y planeamiento inicial:**

**Tabla N° 19:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de revisión visual del diseño y planeamiento inicial.

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Elaboración del planeamiento inicial.	- Capacitación e integración de expertos para la
Modelamiento 3D de la Edificación	- Plan de accesos, depósitos y almacenes	aprehensión, manejo e importación del modelo BIM 3D de diseño.
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación	- Aprehensión y manejo del modelo BIM 3D.	- Determinación de tareas para la elaboración del planeamiento inicial,
Sesiones productivas ICE	- Aprehensión e importación de las propiedades del modelo BIM 3D.	plan de accesos y almacenes.
Control y medición de resultados	- Determinación de tareas iniciales.	- Determinación de métricas de proceso de acuerdo a factores controlables.
	- Capacitación e integración de expertos.	
	- Métricas de proceso.	
	- Factores controlables	

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen los documentos físicos y electrónicos generados en la etapa de diseño (Productividad en el Diseño) y el Expediente Técnico del proyecto.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una sesión ICE con el equipo de profesionales aprobados para la ejecución del proyecto, propiciando una participación temprana de los principales involucrados (Integración de expertos), con la finalidad de capacitar al equipo en general para una mejor aprehensión colectiva del proyecto; a su vez se propone importar la documentación obtenida en el proceso de diseño, procediéndose al manejo colectivo de esta información, a fin de esclarecer y elaborar las metas a corto y largo plazo.

Seguidamente, se propone determinar y discriminar las tareas colectivas y por especialidad en el proyecto, para luego elaborar el planeamiento inicial de acuerdo a la información del proyecto, estableciendo las métricas de proceso.

- **Consideraciones**

Se recomienda considerar el nivel óptimo de manejo tecnológico BIM del equipo de profesionales a cargo de la ejecución. Por otra parte, para una ampliación o si hubiese proyectos afectados, es imprescindible contar con información referente a dichos proyectos en calidad BIM para prevenir riesgos y optimizar la ejecución.

**4.2.3.2.2. Estimación de cantidad de insumos:**

**Tabla N° 20:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de estimación de cantidad de insumos.

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Plan de requerimientos.	- Elaboración de requerimientos de materiales e insumos del proyecto.
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación	- Estimación de cantidad de materiales. - Cómputos métricos. - Control de costos. - Control de tiempos.	- Determinación de cómputos métricos para optimizar y controlar los requerimientos, costos y tiempos en la ejecución.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen, los metrados generados en la etapa de diseño de acuerdo a formato BIM establecido y el proceso de planeamiento inicial desarrollado en la anterior etapa.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone elaborar los requerimientos de insumos de acuerdo a un plan elaborado y controlado en concordancia con los cómputos métricos obtenidos del modelo BIM de acuerdo al avance programado en el planeamiento inicial simulando un desarrollo programático virtual; esto reducirá pérdidas y optimizará las

solicitudes de requerimientos con un control adecuado de costos y optimizando el tiempo de ejecución.

- **Consideraciones**

Se recomienda considerar el nivel óptimo de manejo tecnológico BIM del equipo a cargo de la elaboración de requerimientos. Es opcional realizar sesiones ICE para controlar costos y tiempos.

#### 4.2.3.2.3. Simulación de planeamiento y control de la producción:

**Tabla N° 21:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de simulación de planeamiento y control de la producción.

TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES	PROPUESTA INDIVIDUAL	PROPUESTA INTEGRADA
Organización Interactiva de Procesos	- Planeamiento diario de ejecución de partidas.	- Capacitación en la ejecución de partidas
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación	- Simulación visual de la secuencia constructiva.	con la simulación visual de la secuencia constructiva, de
Sesiones productivas	- Control de costo y tiempo.	acuerdo al plan diario.
ICE	- Capacitación en la ejecución de partidas.	- Control proyectado de costos y tiempos.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen el cronograma de obra, el calendario de avance de obra valorizado y el proceso de planeamiento inicial desarrollado en la primera etapa.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una sesión ICE, previa a la ejecución de partidas principales, con los principales profesionales a cargo conjuntamente con el personal determinante en la mano de obra para la orientación en la ejecución de las partidas con una simulación visual de la secuencia constructiva obtenida del modelo BIM; obteniendo un control proyectado susceptible a modificación de acuerdo a la evaluación de alternativas y predisposiciones generales; esto debe optimizar en tiempo en la producción, incrementar la transparencia en los procesos y controlar los costos del proyecto.

- **Consideraciones**

Se recomienda considerar el nivel óptimo de manejo tecnológico BIM del equipo de profesionales a cargo de la ejecución de partidas, también la aprehensión y ejecución de partidas de la mano de obra.

**4.2.3.2.4. Intercambio electrónico de las especificaciones de diseño:**

**Tabla N° 22:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de intercambio electrónico de las especificaciones de diseño.

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos	- Entendimiento de diseño. - Plan de intercambio de detalles de diseño.	- Fragmentación del diseño BIM obtenido de acuerdo al entendimiento por
Sinergia del modelamiento 3D para su simulación	- Fragmentación de diseño - Integración de información BIM	- Integración BIM de acuerdo al plan de intercambio de detalles
Control y medición de resultados	- Métricas de proceso. - Factores controlables	de diseño, midiendo las métricas de proceso.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se proponen, los documentos físicos y electrónicos generados en la etapa de diseño (Productividad en el Diseño)

- **Procedimiento propuesto**

Se propone fragmentar la información previa obtenida en la etapa de diseño analítico del proyecto, obteniendo información detallada de cada componente de obra para distribuir su manipulación de acuerdo a la especialidad y entendimiento. Para luego integrar y volver a fragmentar la información manipulada, logrando un

proceso interactivo de acuerdo al avance de obra. A su vez se propone intercambiar la información integrada con los proveedores y/o subcontratistas para la elaboración correcta del producto y que la ejecución sea adecuada para el propósito; se propone controlar estos de acuerdo a las métricas de proceso planteadas.

- **Consideraciones**

Se recomienda considerar el nivel óptimo de manejo tecnológico BIM del equipo de profesionales y propiciar la participación temprana de éstos, como también del personal implicado en el intercambio electrónico. Además, es muy importante propiciar un correcto ambiente tecnológico para el intercambio electrónico.

**4.2.3.2.5. Fuente de información ASBUILT:**

**Tabla N° 23:** Propuesta de integración de técnicas y herramientas para el proceso de intercambio electrónico de las especificaciones de diseño.

<b>TÉCNICAS/HERRAM. INTERVINIENTES</b>	<b>PROPUESTA INDIVIDUAL</b>	<b>PROPUESTA INTEGRADA</b>
Organización Interactiva de Procesos Modelamiento 3D de la Edificación Sesiones productivas ICE Control y medición de resultados	- Requerimientos de entrega. - Obtención de información ASBUILT. - Discusión y decisión de resultados - Métricas de resultados. - Factores controlables	- Obtención de información ASBUILT de acuerdo los requerimientos de entrega. - Evaluar las métricas de resultados en sesiones productivas ICE.

FUENTE: Elaboración propia

- **Entradas**

Como entradas necesarias en este proceso se propone el proceso de intercambio electrónico de las especificaciones de diseño.

- **Procedimiento propuesto**

Se propone realizar una sesión productiva ICE con la finalidad de analizar y discutir sobre los documentos finales de entrega del proyecto para así designar tareas y programar tiempos.

Paulatinamente e inclusive con anterioridad se propone obtener e integrar la información ASBUILT del proyecto de acuerdo al intercambio electrónico de las especificaciones de diseño que a su vez generan la información de la obra “tal como construida”.

Finalmente se propone evaluar las métricas de resultados finales del proyecto para retroalimentar la metodología desarrollada.

- **Consideraciones**

Se recomienda considerar el nivel óptimo de manejo tecnológico BIM y una extracción de la información ASBUILT paulatinamente a su determinación en obra.

**Tabla N° 24:** Pictogramas utilizados – Etapa de Ejecución

PICTOGRAMA	DETALLE
	Sesión productiva ICE
	Modelamiento 3D de la edificación
	Organización interactiva de procesos
	Determinación
	Evaluación y control
	Sinergia del modelamiento 3D para su simulación
	Equipo definido de profesionales por especialidad
	Optimización de costo de ejecución
	Optimización de tiempo de ejecución
	Capacitación en una sesión productiva ICE
	Calendario de avance valorizado de obra

FUENTE: Elaboración propia

Pictogramas obtenidos de Deposit Photos (2017)

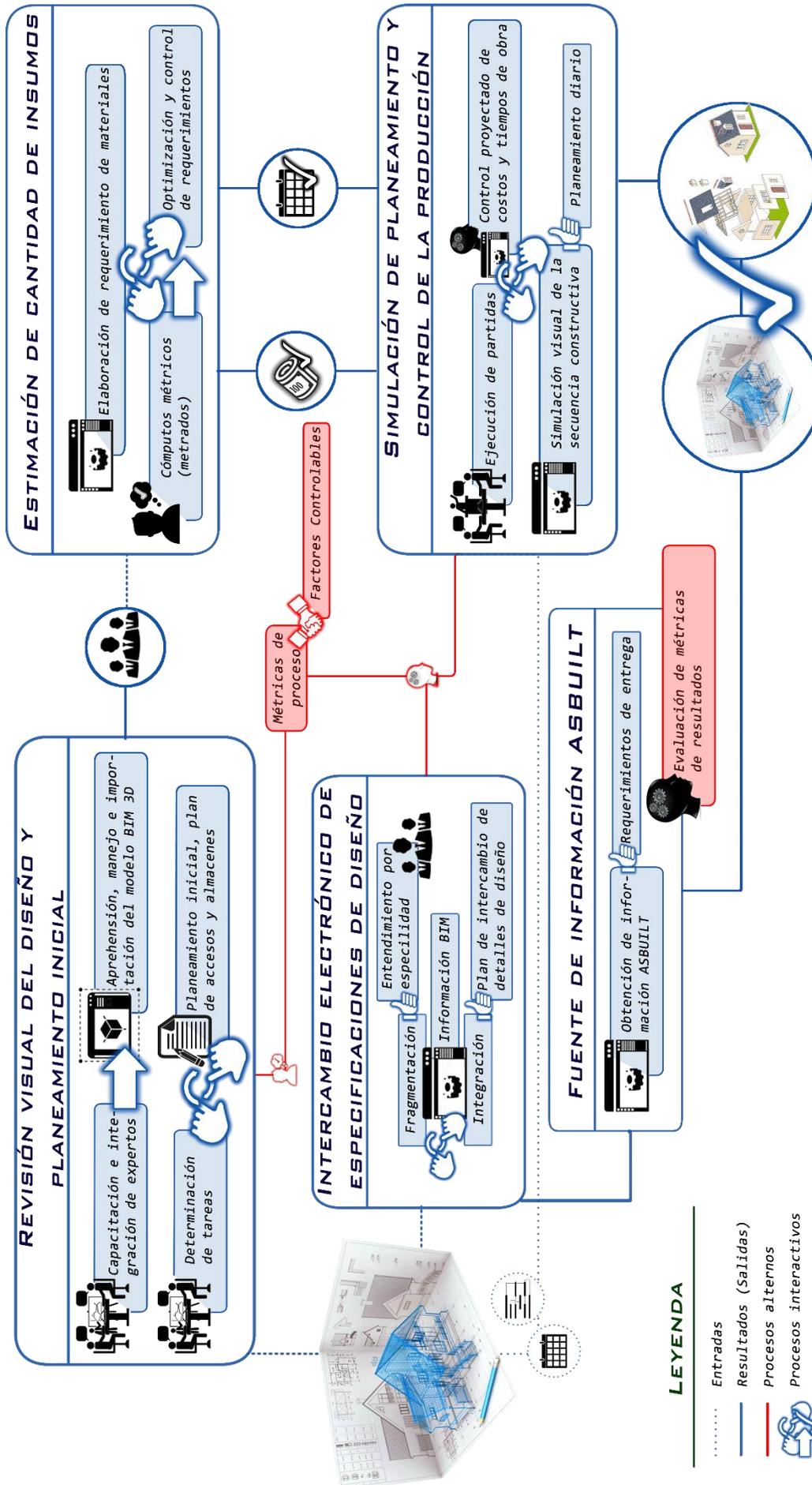


Figura N° 21: Esquema – Propuesta metodológica integrada (Etapa de Ejecución)

FUENTE: Elaboración propia

Pictogramas obtenidos de Deposit Photos (2017)

**4.2.3.3. Identificación de desafíos y dificultades en la implementación.**

Se deben identificar los posibles desafíos y dificultades en la implementación de la metodología propuesta, para así obtener un entendimiento completo de los elementos y procedimientos que involucra la implementación de cada proceso integrado.

A continuación, se muestra una tabla en la que se ha identificado los posibles desafíos y dificultades que pudiesen dificultar la implementación de los procesos integrados propuestos en la etapa de ejecución de un proyecto.

**Tabla N° 25:** Desafíos y dificultades en la implementación de procesos integrados propuestos Etapa de Ejecución

PROCESOS INTEGRADOS	DESAFÍOS Y DIFICULTADES
Revisión visual de diseño y planeamiento inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sistema tradicional de ejecución de proyectos no propicia un proceso colaborativo de trabajo entre los especialistas.</li> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Reunir a los principales involucrados en un mismo lugar puede generar ruido en forma de sobrecarga de información.</li> <li>- Disponibilidad de tiempo insuficiente de parte de los involucrados.</li> </ul>
Revisión visual de diseño y planeamiento inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión adicional para compra de herramientas tecnológicas necesarias.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto a cerca de herramientas y tecnologías BIM.</li> </ul>

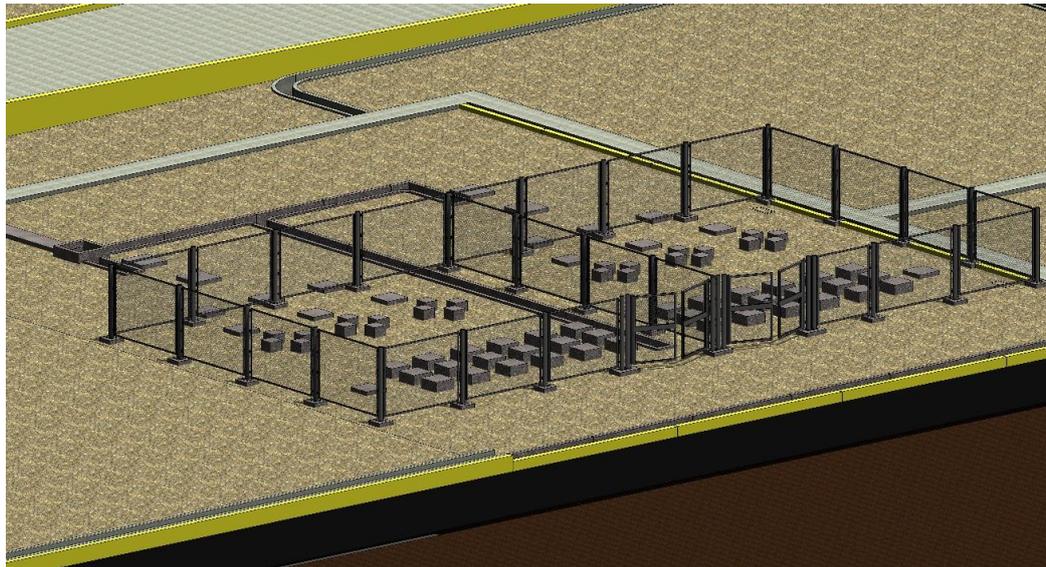
<p>Estimación de cantidad de insumos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de la sinergia del modelamiento BIM 3D para su simulación.</li> <li>- El sistema tradicional de diseño de proyectos no propicia un proceso colaborativo de trabajo entre los especialistas.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> </ul>
<p>Simulación de planeamiento y control de la producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de la sinergia del modelamiento BIM 3D para su simulación.</li> <li>- Adaptabilidad de los sistemas lógicos y softwares a las condiciones, requerimientos y normativas locales.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> <li>- Inversión adicional para capacitación de los involucrados y adquisición de licencias de software y mantenimiento.</li> </ul>
<p>Intercambio electrónico de especificaciones de diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio por parte principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de tecnologías BIM de propia y ajena especialidad, y de la sinergia del modelamiento BIM 3D para su simulación.</li> <li>- Sistema inadecuado de intercambio de detalles de diseño.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> </ul>

<p>Intercambio electrónico de especificaciones de diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> <li>- Inversión adicional para capacitación de los involucrados y adquisición de licencias de software y mantenimiento.</li> </ul>
<p>Fuente de información ASBUILT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio de los principales involucrados.</li> <li>- Nivel de conocimiento deficiente e incompleto en el manejo de tecnologías BIM de propia y ajena especialidad, y de la sinergia del modelamiento BIM 3D para su simulación.</li> <li>- Problemas de conexión e interoperabilidad.</li> <li>- Necesidad de equipos, accesorios y softwares de última generación y actualización de los mismos.</li> <li>- Inversión adicional para capacitación de los involucrados y adquisición de licencias de software y mantenimiento.</li> <li>- Requerimientos de entrega imprecisos en determinación y detalle.</li> </ul>

FUENTE: Elaboración propia

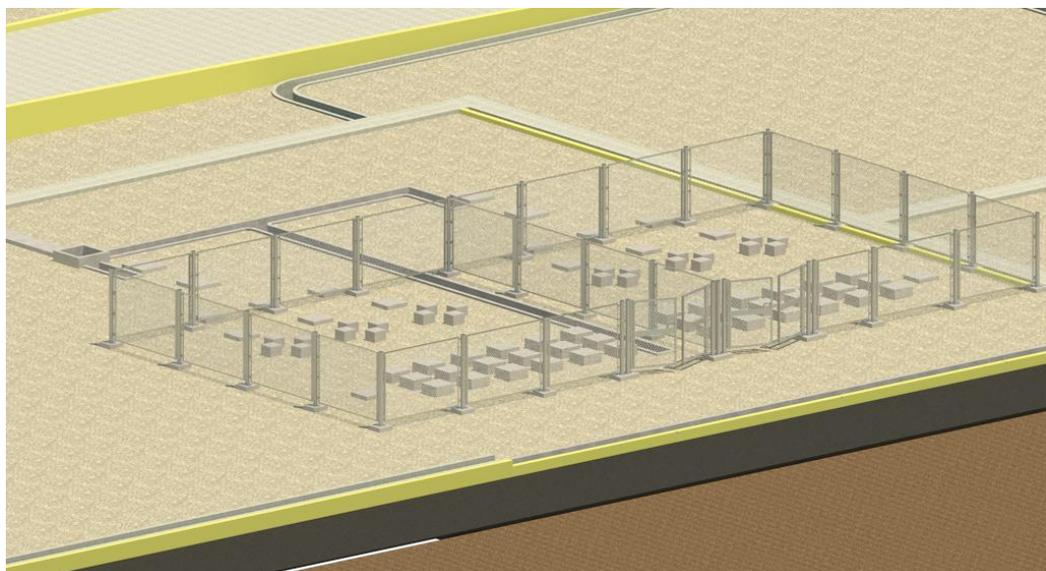
### 4.3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología propuesta desarrollada en el presente capítulo se aplicó en el periodo de ejecución de la obra “AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO”, tomándose como referencia completa y presentando resultados fidedignos para el periodo de ejecución; respecto a la etapa de diseño se elaboró el modelo BIM del proyecto de acuerdo a la metodología propuesta para el análisis respectivo, siendo este de uso indispensable para el periodo de ejecución, por lo que, los resultados obtenidos para la etapa de diseño son de carácter confiable.



**Figura N° 22:** Modelo BIM compatibilizado del proyecto

FUENTE: Autodesk Revit - Elaboración propia



**Figura N° 23:** Modelo BIM renderizado del proyecto

FUENTE: Autodesk Revit - Elaboración propia

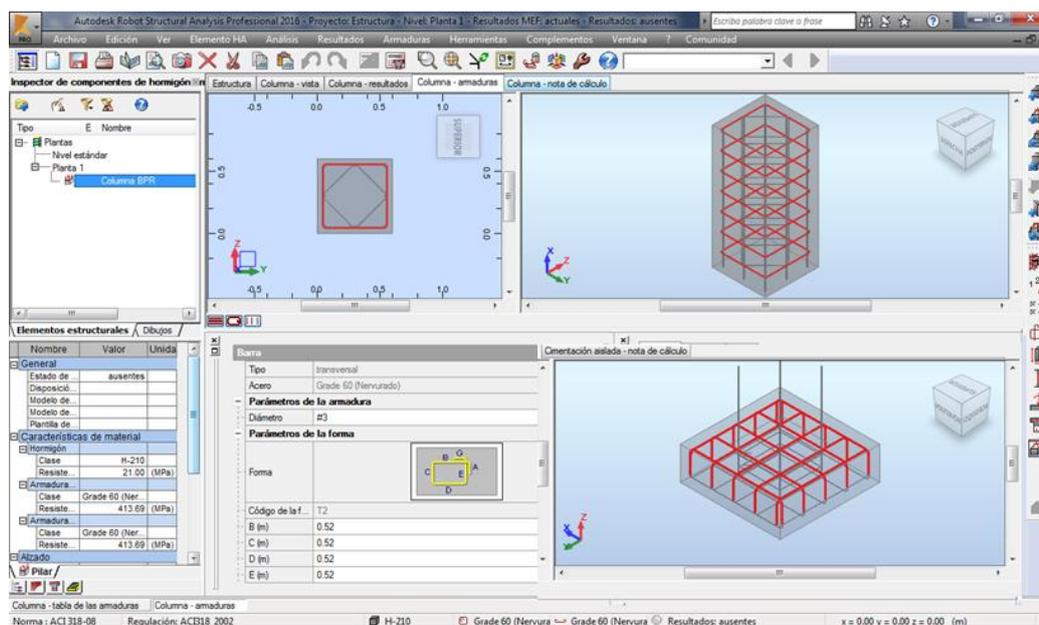


Figura N° 24: Modelo BIM de la compatibilización del diseño de estructuras

FUENTE: Autodesk Robot - Elaboración propia

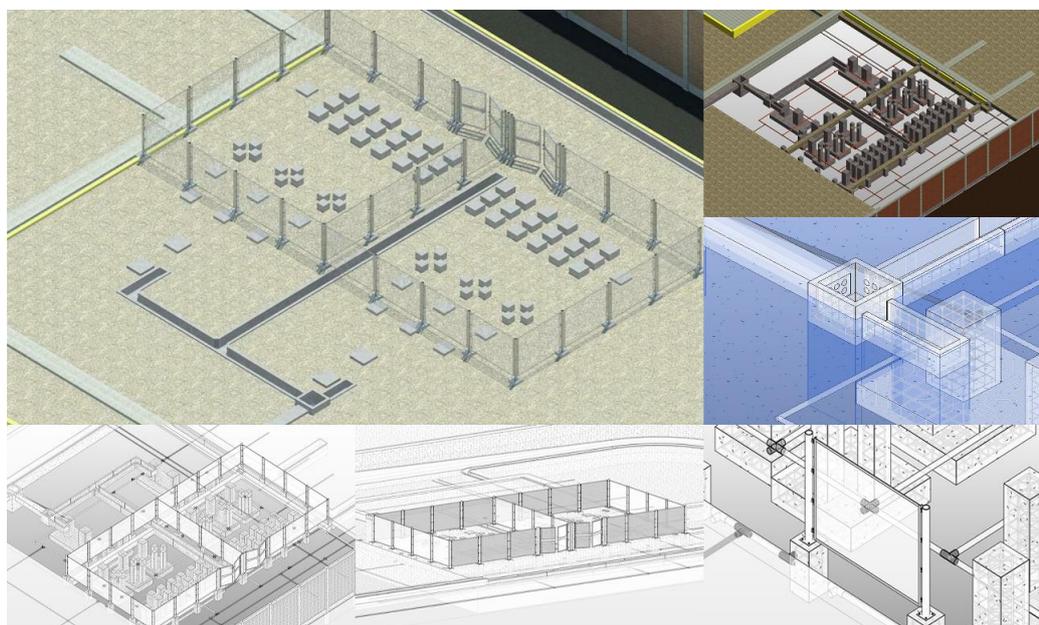


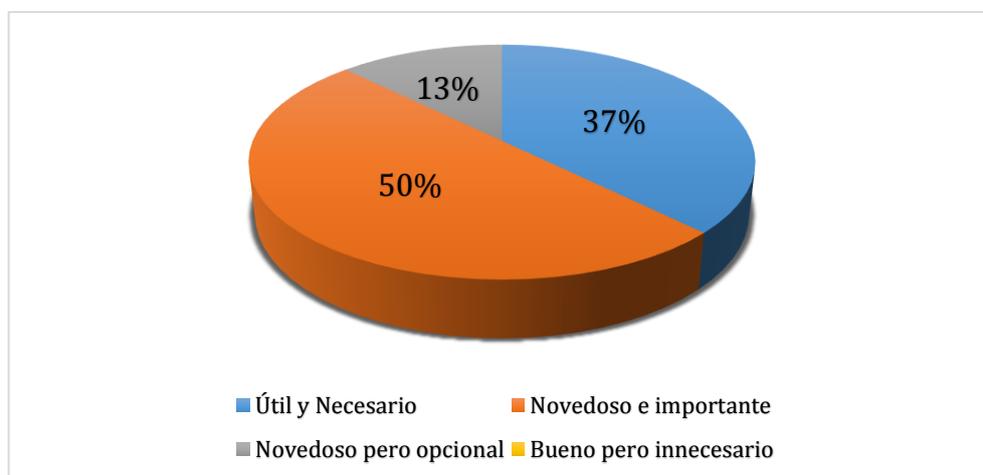
Figura N° 25: Vistas del modelo BIM compatibilizado del proyecto

FUENTE: Autodesk Revit - Elaboración propia

#### 4.3.1. Nivel de aceptación de la metodología aplicada

Para poder medir el nivel de aceptación de la metodología aplicada, a partir de la aplicación de la misma; se elaboró un formato de encuesta formalizada (Ver Anexo B) aplicada a la muestra de estudio, dicha encuesta se enfocó en la recopilación de la información respecto a la calificación, satisfacción y estimulación al uso. Los resultados de la encuesta son los siguientes:

##### 4.3.1.1. Calificación de los procesos y herramientas BIM.



**Figura N° 26:** Calificación de los procesos y herramientas BIM

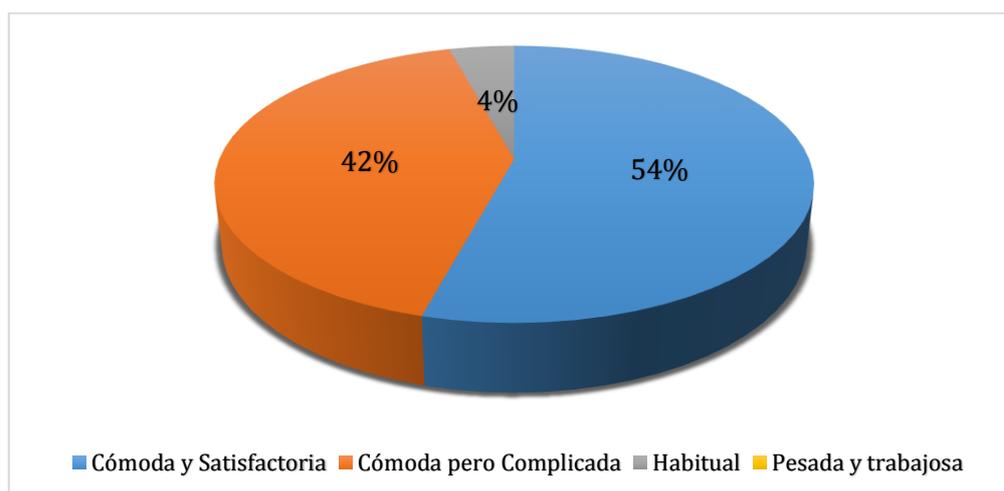
FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 37% de los encuestados calificó a los procesos y herramientas BIM como útiles y necesarios, el 50% como novedosos e importantes y el 37% como novedosos pero opcionales.

**Comentarios:** Se puede observar que más de la tercera parte de los encuestados calificó a los procesos y herramientas BIM como útiles y necesarios evidenciando la utilidad y el impacto positivo de la aplicación del modelo, sin embargo, el resto de encuestados lo califica

como necesario, importante e incluso opcional; esto vuelve a demostrar el impacto positivo de la aplicación pero también evidencia la resistencia al cambio de los principales involucrados, además del incompleto conocimiento que se tiene sobre el manejo de las herramientas y tecnologías BIM.

#### 4.3.1.2. Calificación de la rutina de trabajo.



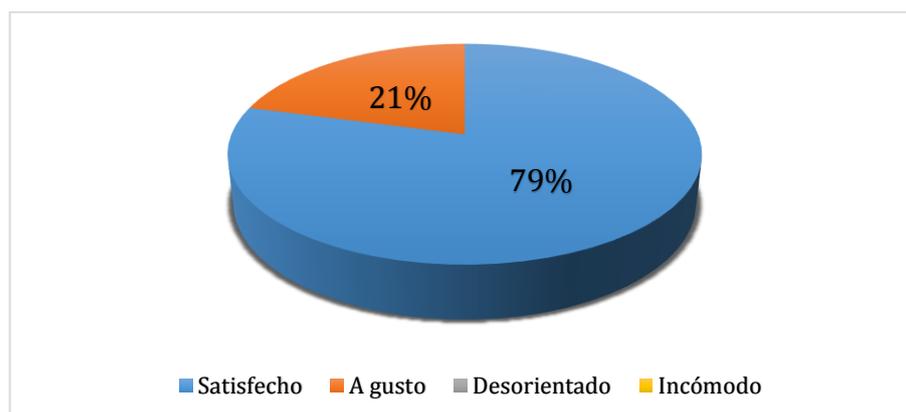
**Figura N° 27:** Calificación de la rutina de trabajo

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 54% de los encuestados calificó a la rutina de trabajo como cómoda y satisfactoria, un 42% como cómoda pero complicada y un mínimo 4% como habitual.

**Comentarios:** Se puede notar que una mitad de los encuestados se mantuvo cómodo y satisfecho con la rutina de trabajo que propone la metodología aplicada y otra mitad aún no puede manejar las herramientas y tecnologías BIM con facilidad; esto evidencia la necesidad de capacitación previa y profesional a los involucrados y la adaptación local del concepto BIM.

#### 4.3.1.3. Satisfacción con la aplicación del modelo.



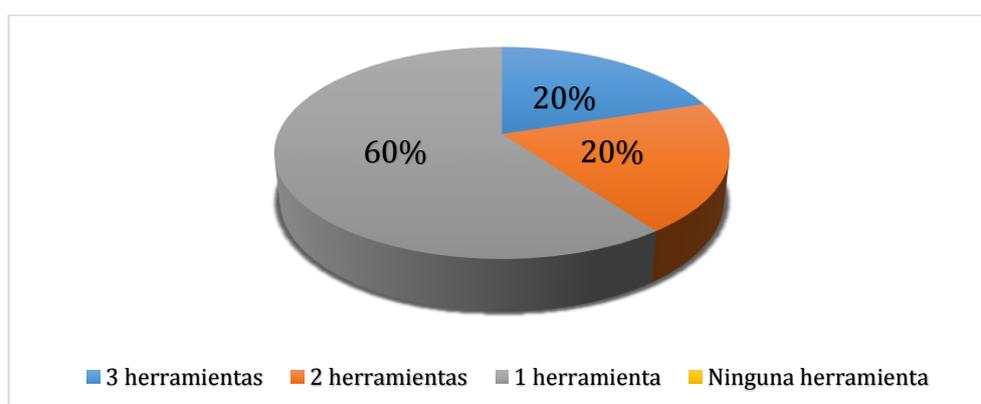
**Figura N° 28:** Satisfacción con la aplicación del modelo

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 79% se encontró satisfecho con aplicación del modelo en la ejecución del proyecto y un 21% se encontró a gusto.

**Comentarios:** Se puede observar que más de las tres cuartas partes de los encuestados mostró satisfacción con aplicación del modelo, no existieron desorientaciones o incomodidades resaltantes, siento esto positivo respecto a la metodología aplicada.

#### 4.3.1.4. Estimulación al manejo de herramientas BIM.



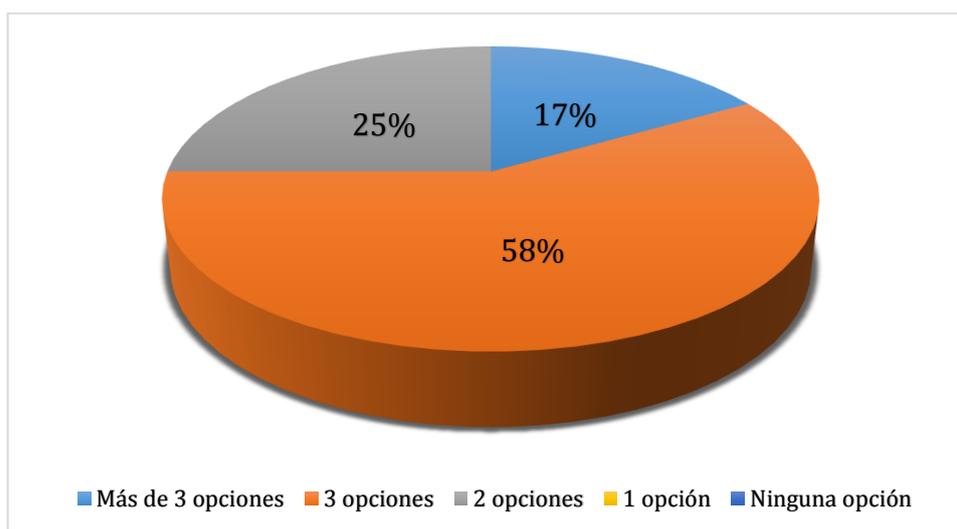
**Figura N° 29:** Estimulación al manejo de herramientas BIM

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, a un 20% le interesa manejar y profundizar el manejo de tres herramientas BIM, el mismo porcentaje 2 herramientas y un 60% solo una herramienta.

**Comentarios:** En este rubro se puede observar una actitud contraproducente respecto a la estimulación futura, asunto en el cual se debe trabajar respecto a la aplicación de la metodología propuesta, este resultado además permite evidenciar la resistencia al cambio de los involucrados además cabe resaltar el problema de la necesidad de inversión adicional para equipos y accesorios tecnológicos que implica una correcta aplicación de la metodología.

#### 4.3.1.5. Facilidad para realizar actividades.



**Figura N° 30:** Facilidad para realizar actividades

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, un 17% evidencia facilidad para realizar actividades, un 58% las realiza de manera regular y un 25% tiene dificultades.

**Comentarios:** Se puede observar la necesidad de capacitación para la realización de las actividades implicadas en la aplicación de la metodología, además las nuevas características de trabajo horizontal que proponen las sesiones productivas ICE puede ocasionar ruido y desorden; por otra parte, es rescatable la adaptabilidad del modelo respecto a la localidad del proyecto.

#### **4.3.2. Detección de incompatibilidades a partir de la aplicación de la metodología propuesta**

La detección de incompatibilidades se realizó conforme al modelo BIM compatibilizado modelado en el periodo de ejecución del proyecto, exportado a la herramienta BIM Autodesk Navisworks, el cual generó un informe de incompatibilidades (Ver Anexo I), detectando 38 incompatibilidades e interferencias en el proyecto. En la siguiente tabla se agrupan las incompatibilidades detectadas de acuerdo a sus categorías, dentro de las cuales se especifica las dificultades anticipadas a la vez se expresa el método de solución optado por categoría.

Tabla N° 26: Incompatibilidades y dificultades detectadas

DESCRIPCIÓN / DIAGNÓSTICO	CANT. INCOM.	DIFICULTADES DETECTADAS	MÉTODO DE SOLUCIÓN	CANT. DIFIC.
Interferencia entre Base y Red de malla existente.		- Mayor metrado de conductor de Cu no contemplado.	- Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.	
Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K140 Red de Tierra profunda Existente y PE-AM17-GP077-PUN-K355 Base de Equipos 72.5 kV - Pararrayos (BPR)	1	- Existencia de conductor no contemplado que podría generar retraso en la partida de excavaciones. - Riesgo potencial no previsto.	- Ejecución: Corte y sustitución de Red profunda de malla a tierra en condiciones adecuadas. - Seguridad: Identificación de zonas de riesgo y prevención en la ejecución.	3
Interferencia entre canaleta central y tubería de drenaje.		- Corte innecesario en canaleta para cables eléctricos que podría generar retrasos.	- Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.	
Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K344 Canaletas para Cables Eléctricos y PE-AM17-GP077-PUN-K360 Sistema de Drenaje	4	- Elaboración de un nuevo requerimiento de materiales (Tubería).	- Ejecución: Reprogramación de actividades (Variación en el orden de ejecución de partidas)	2

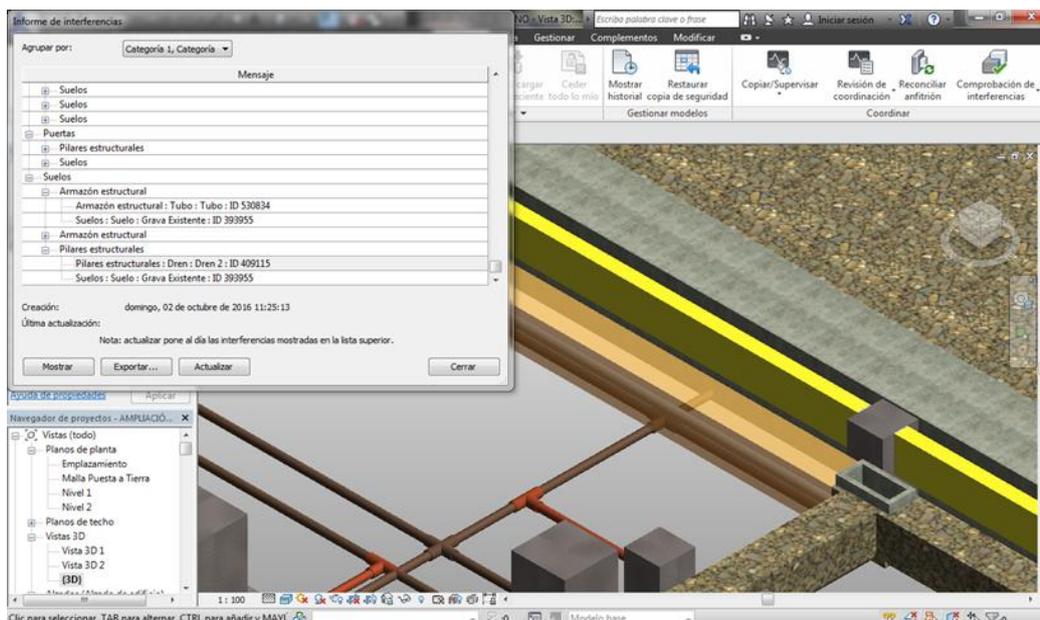
<p>Incorrecta ubicación del armazón estructural de buzones.</p> <p>Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K341 Buzones y Ductos Secciones y Detalles y PE-AM17-GP077-PUN-K343 Buzones y Ductos Planta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferencia de armazón estructural para colocar la tubería de los ductos.</li> <li>- Cortes y posible demolición innecesaria que podría generar retrasos.</li> </ul>	<p>Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.</p> <p>Ejecución: Ejecución de actividades paralelas.</p>	<p>2</p>
<p>Interferencia entre canaleta central y sistema de drenaje con geotextil.</p> <p>Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K344 Canaletas para Cables Eléctricos y PE-AM17-GP077-PUN-K360 Sistema de Drenaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte innecesario en canaleta para cables eléctricos que podría generar retrasos.</li> <li>- Mayores metrados de excavación no contemplados.</li> </ul>	<p>Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.</p> <p>Ejecución: Reprogramación de actividades (Variación en el orden de ejecución de partidas)</p>	<p>2</p>
<p>Interferencia entre Canaleta para cables y Red de malla existente.</p> <p>Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K344 Canaletas para Cables Eléctricos y PE-AM17-GP077-PUN-K140 Red de Tierra profunda Existente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor metrado de conductor de Cu no contemplado.</li> <li>- Existencia de conductor no contemplado que podría generar retraso en la ejecución.</li> <li>- Riesgo potencial no previsto.</li> </ul>	<p>Diseño: Elaboración de información AS BUILT corregida.</p> <p>Ejecución: Corte de red profunda de malla a tierra innecesaria.</p> <p>Seguridad: Identificación de zonas de riesgo y prevención en la ejecución.</p>	<p>3</p>

Interferencia entre Canaleta para cables y Cerco perimétrico.	- Posible demolición en canaleta que afectaría características estructurales y arquitectónicas.	- Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.	3
Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K344 Canaletas para Cables Eléctricos y PE-AM17-GP077-PUN-K371 Cerco Perimétrico Elevación.	1 - Adecuación de tramo de canaleta que podría generar retrasos. - Riesgo potencial no previsto.	- Ejecución: Corte de red profunda de malla a tierra innecesaria.	3
Interferencia entre Drenaje proyectado para patio de llaves y Red de malla proyectada.	- Existencia de conductor no contemplado que podría generar retraso en la ejecución.	- Diseño: Elaboración de información AS BUILT corregida.	2
Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K360 Sistema de Drenaje y PE-AM17-GP077-PUN-K140 Red de Tierra profunda proyectada.	1 - Riesgo potencial no previsto.	- Ejecución: Corte de red profunda de malla a tierra innecesaria. - Seguridad: Identificación de riesgo y prevención en la ejecución.	2
Interferencia entre Red de malla existente y Red de malla proyectada.	- Mayor metrado en la ejecución de partidas de excavación y longitudes de conductor de Cu.	- Diseño: Elaboración de información AS BUILT con correcciones.	4
Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K140 Red de Tierra profunda proyectada.	5 - Existencia de conductor no contemplado que podría generar retraso en la ejecución. - Riesgo potencial no previsto.	- Ejecución: Corte y sustitución de Red profunda de malla a tierra en condiciones adecuadas. - Seguridad: Identificación de riesgo y prevención en la ejecución.	4

<p>Interferencia entre soldadura exotérmica red de malla proyectada y Red de malla existente.</p> <p>Incompatibilidad entre planos estructurales: PE-AM17-GP077-PUN-K140 Red de Tierra profunda proyectada.</p>	<p>13</p> <p>5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor metrado en los insumos requeridos para soldadura exotérmica en malla a tierra.</li> <li>- Elaboración de un nuevo requerimiento de materiales.</li> <li>- Existencia de conductor no contemplado que podría generar retraso en la ejecución.</li> <li>- Reubicación innecesaria de conductores previstos e instalados.</li> <li>- Riesgo potencial no previsto.</li> </ul>	<p>Diseño: Elaboración de información AS BUILT con las características corregidas.</p> <p>Ejecución: Corte y sustitución de Red profunda de malla a tierra en condiciones adecuadas y ubicación adecuada de conectores de Cu para malla a tierra proyectada.</p> <p>Seguridad: Identificación de zonas de riesgo y prevención en la ejecución.</p>
---	--	--

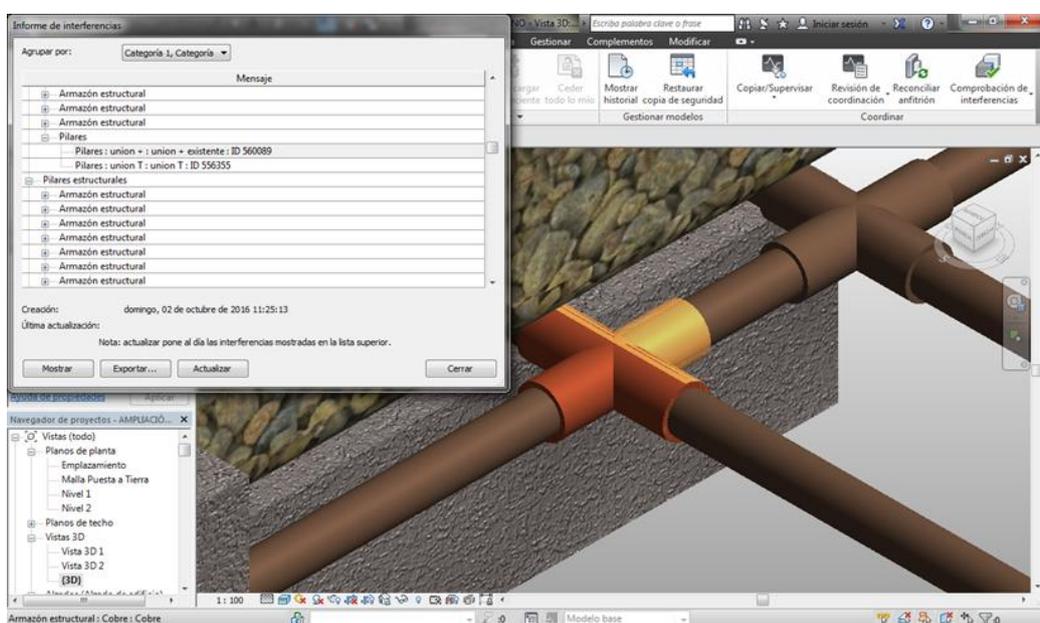
FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** Se puede observar la potencialidad del modelo BIM al detectar incompatibilidades y anticiparse a posibles dificultades permitiendo optar por alternativas de solución viables que no afecten el normal desarrollo de las actividades programadas, controlando la cantidad insumos requeridos y optimizando el tiempo y costo de ejecución, asunto que se analizará posteriormente.



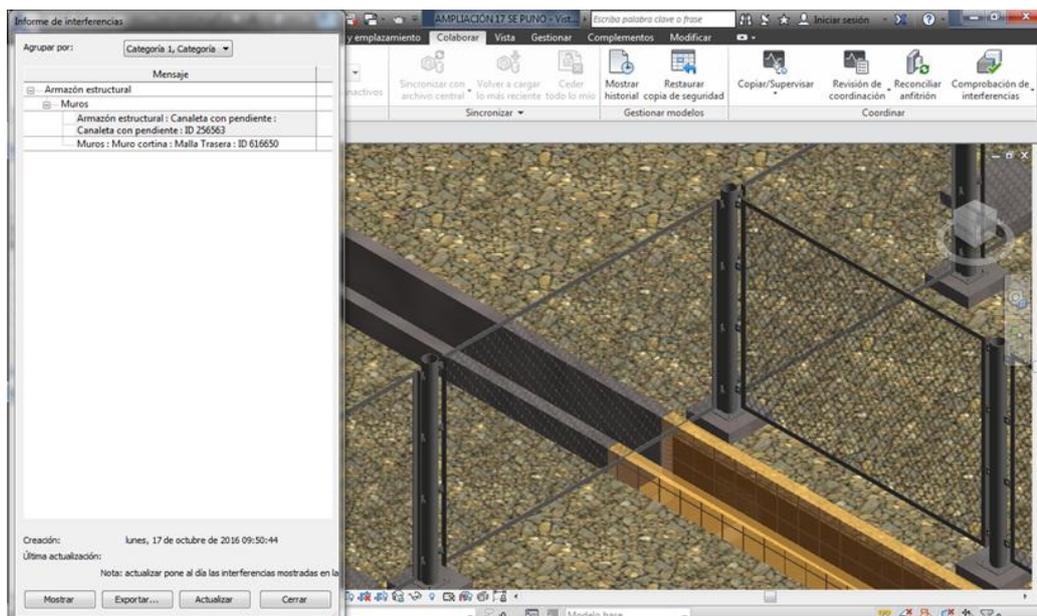
**Figura N° 31:** Incompatibilidad: malla a tierra existente y elementos estructurales

FUENTE: Elaboración propia



**Figura N° 32:** Incompatibilidad: conductores y uniones de malla a tierra existente y malla a tierra proyectada

FUENTE: Elaboración propia



**Figura N° 33:** Interferencia: canaleta para cables eléctricos y cerco perimétrico

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.3.3. Anticipación a dificultades a partir de la aplicación de la metodología propuesta.**

Las dificultades previstas con anticipación se controlaron y solucionaron con métodos adecuados conforme al modelo BIM compatibilizado modelado en el periodo de ejecución del proyecto y al informe de incompatibilidades (Ver Anexo I) desarrollado en el ítem anterior. La lista de dificultades detectadas, agrupadas por categoría, conjuntamente con las alternativas de solución mostradas se desarrollaron en la Tabla N° 25 del ítem anterior a fin de lograr la interacción con las incompatibilidades detectadas, así como la organización pertinente de las dificultades previstas.

#### 4.3.4. Mejora de la productividad en el diseño a partir de la aplicación de la metodología propuesta

A efectos de medición de resultados se considera la generación de documentos generados a partir del modelo BIM compatibilizado modelado en el periodo de ejecución del proyecto tomando como referencia los planos AS BUILT generados, de acuerdo a la lista maestra del dossier de calidad son los siguientes:

**Tabla N° 27:** Planos AS BUILT entregados al cliente (Dossier de calidad)

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	REV. VER.	FECHA APROB.
4.03.01.	PE-AM17-GP077-PUN-K140	Red de tierra profunda existente vista en planta	02	05/08/2016
4.03.02.	PE-AM17-GP077-PUN-K141	Lista de conectores de red de tierra superficial	01	19/08/2016
4.03.03.	PE-AM17-GP077-PUN-K142	Detalles de conectores de red de tierra superficial	02	05/08/2016
4.03.04.	PE-AM17-GP077-PUN-K300	Levantamiento topográfico vista de planta y perfil	01	06/07/2016
4.03.05.	PE-AM17-GP077-PUN-K301	Levantamiento topográfico - secciones transversales	01	06/07/2016
4.03.06.	PE-AM17-GP077-PUN-K310	Adecuación del terreno - planta y secciones	01	06/07/2016
4.03.07.	PE-AM17-GP077-PUN-K320	Plano de demoliciones planta	01	19/08/2016
4.03.08.	PE-AM17-GP077-PUN-K321	Edificio de control demoliciones	01	06/07/2016
4.03.09.	PE-AM17-GP077-PUN-K330	Disposición general de bases de equipos	01	07/09/2016

4.03.10.	PE-AM17-GP077-PUN-K331	Cortes y elevaciones de base de equipos	01	07/09/2016
4.03.11.	PE-AM17-GP077-PUN-K340	Canaletas para cables eléctricos - planta	01	15/07/2016
4.03.12.	PE-AM17-GP077-PUN-K341	Canaletas para cables eléctricos secciones y detalles	01	15/07/2016
4.03.13.	PE-AM17-GP077-PUN-K343	Buzones y ductos planta, secciones y detalles	01	06/07/2016
4.03.14.	PE-AM17-GP077-PUN-K344	Buzones y ductos, secciones y detalles	01	08/07/2016
4.03.15.	PE-AM17-GP077-PUN-K354	Base de equipos 72.5 Kv - transformador de corriente de desbalance (BTCD)	01	08/08/2016
4.03.16.	PE-AM17-GP077-PUN-K355	Base de equipos 72.5 Kv - pararrayos (BPR)	01	08/08/2016
4.03.17.	PE-AM17-GP077-PUN-K356	Base de equipos 72.5 Kv - reactor filtro 5 armónica	01	08/08/2016
4.03.18.	PE-AM17-GP077-PUN-K357	Base de equipos 72.5 Kv - reactor filtro 7 armónica	01	08/08/2016
4.03.19.	PE-AM17-GP077-PUN-K358	Base de equipos 72.5 Kv banco de condensadores - formas	01	12/08/2016
4.03.20.	PE-AM17-GP077-PUN-K359	Base de equipos 72.5 Kv – equipo compacto híbrido	01	12/08/2016
4.03.21.	PE-AM17-GP077-PUN-K360	Sistema de drenaje - planta y detalles	01	19/08/2016
4.03.22.	PE-AM17-GP077-PUN-K370	Cerco perimétrico planta y detalles	01	18/08/2016
4.03.23.	PE-AM17-GP077-PUN-K371	Cerco perimétrico elevación	01	18/08/2016
4.03.24.	PE-AM17-GP077-PUN-K373	Modelo BIM 3D compatibilizado	01	18/10/2016

4.03.25.	PE-AM17-GP077-PUN-K372	Cerco perimétrico puerta de acceso	01	23/09/2016
4.03.26.	PE-AM17-GP077-PUN-K380	Base de equipos 72.5 Kv banco de condensadores - estructuras	01	12/08/2016
4.03.27.	PE-AM17-GP077-PUN-K381	Base de equipos 72.5 Kv - aislador soporte (BAS)	01	08/08/2016

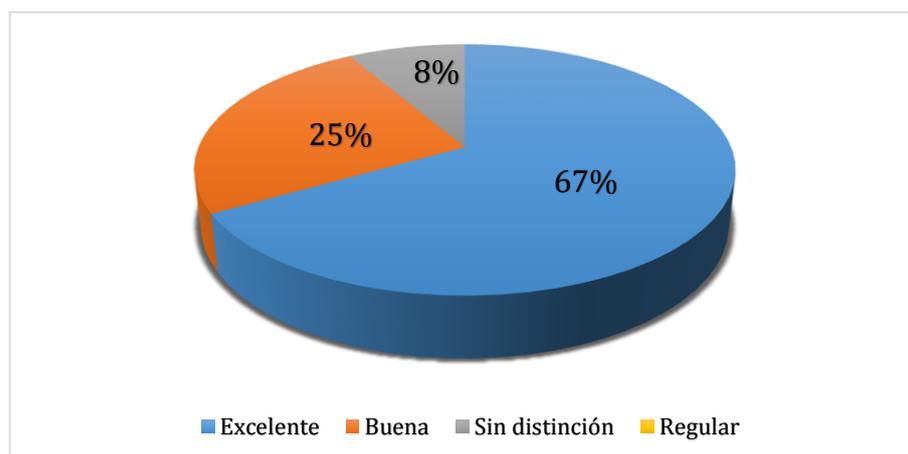
FUENTE: Elaboración propia

**Comentarios:** Se puede precisar que los planos detallados anteriormente expresan una cantidad superior a los planos proyectados para la ejecución, además éstos brindan mayor detalle respecto a visualización, además, en el dossier de calidad entregado al cliente se tiene el modelo compatibilizado de BIM para su consulta y/o manipulación posterior, el cual puede brindar mayor información respecto a documentación de obra. Por otra parte, se tiene limitaciones respecto a detalles poco comunes propios de la obra, respecto a las familias cargadas en el software AUTODESK Revit.

#### **4.3.5. Mejora la calidad de los documentos de diseño a partir de la aplicación de la metodología propuesta**

Para evidenciar la mejora de la calidad de los documentos generados, se elaboró un formato de encuesta formalizada (Ver anexo C) que se aplicó al personal calificado e interesado para evaluar dicha calidad de documentación, los resultados se muestran a continuación:

#### 4.3.5.1. Calificación de la calidad de documentos generados.



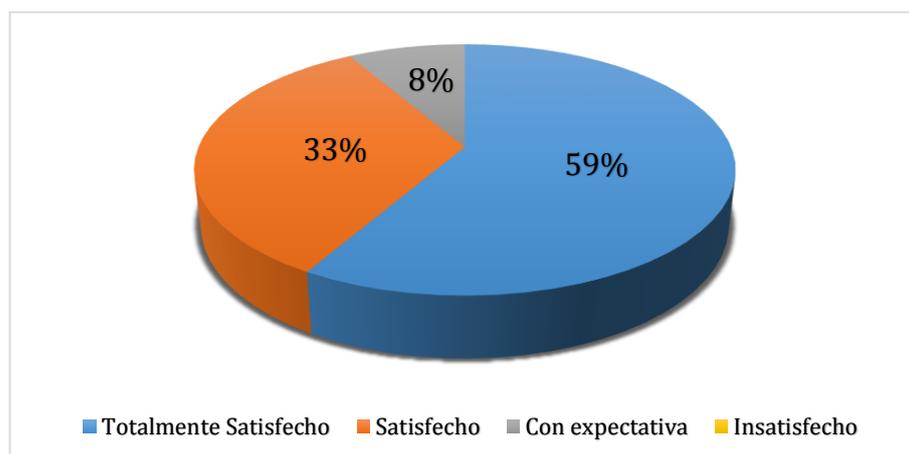
**Figura N° 34:** Calificación de la calidad de documentos generados

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 67% de los encuestados calificó la calidad de los documentos generados como excelente, un 25% como buena y un 8% sin distinción.

**Comentarios:** Según el gráfico, podemos observar que los dos tercios de los encuestados calificó con una calidad excelente a los productos de diseño, por otra parte, un reducido 8% no encontró distinción entre los productos actuales y los anteriores; cabe resaltar la ausencia de la tecnología adecuada para la digitalización e importación de la documentación pertinente, lo cual pudo dificultar este proceso.

#### 4.3.5.2. Nivel de satisfacción por especialidad.



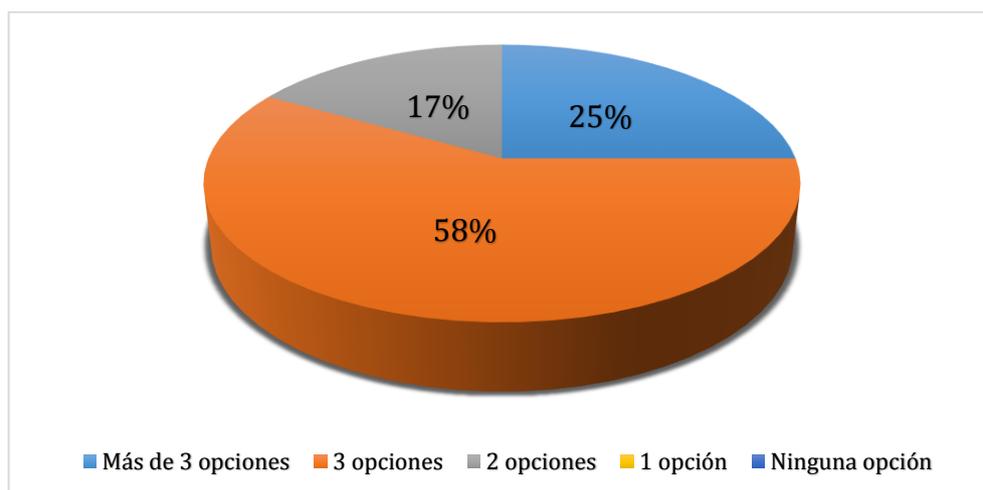
**Figura N° 35:** Nivel de satisfacción por especialidad

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 59% de los especialistas se encuentra totalmente satisfecho respecto a los documentos generados, un 33% se encuentra satisfecho y un 8% aún expresa expectativa.

**Comentarios:** Se puede observar que la calidad de los documentos generados pudo satisfacer las expectativas generadas por los especialistas en más de la mitad de los casos, por otra parte, a criterio propio los resultados obtenidos aún no expresan la total potencialidad de calidad de diseño propuesto por la metodología planteada, es decir, se tiene una amplia holgura de mejora en lo que a nivel de satisfacción se refiere.

#### 4.3.5.3. Bondades de la documentación generada



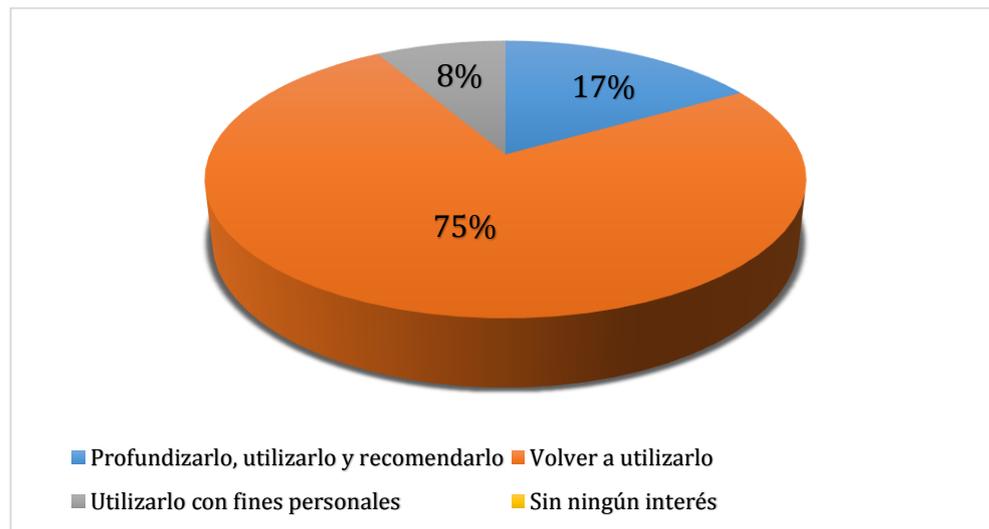
**Figura N° 36:** Bondades de la documentación generada

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, el 25% resalta las bondades de la documentación generada por la aplicación de la metodología propuesta, un 58% las respalda de manera regular y un 17% aún no las puede identificar.

**Comentarios:** Se puede afirmar que más de la mitad de los encuestados reconoce las bondades que la documentación generada puede brindar, como se dijo en el anterior ítem, estas bondades no fueron del todo evidenciadas en el proceso de aplicación de la metodología propuesta al proyecto.

#### 4.3.5.4. Disposición futura.



**Figura N° 37:** Disposición futura

FUENTE: Elaboración propia

Según el gráfico, a un 17% pretende profundizar, utilizar y recomendar las herramientas y tecnologías BIM que permiten generar la calidad de diseño propuesta por la metodología aplicada, a un 75% le gustaría volver a utilizarlo y un 8% pretende volver a utilizarlo, pero solo con fines personales.

**Comentarios:** En este ítem se puede observar la carencia de iniciativa propia de cada especialista respecto al manejo de las herramientas y tecnologías BIM que permitieron generar los documentos con la calidad que un gran porcentaje califica como excelente, evidenciando la resistencia al cambio de los involucrados y la carencia de conocimiento respecto al manejo de las herramientas y tecnologías de propia y ajena especialidad y de la sinergia de los mismos, esto último es el proceso integrado que exalta la calidad de diseño generada.

#### 4.3.6. Optimización del costo de ejecución a partir de la aplicación de la metodología propuesta

Para poder medir la optimización de costo se tiene la tabla de comparación del costo proyectado respecto del costo ejecutado elaborada por parte de la administración de obra (Ver Anexo J), la información correspondiente a la parte civil se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla N° 28:** Comparación entre costo proyectado y costo ejecutado

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL DE PAGO (USD)	VALOR TOTAL DE COSTO (USD)
<b>3.1</b>	<b>Obras Preliminares</b>		
3.1.1	Limpieza del Área de Trabajo	14,586.93	14,586.93
3.1.2	Demolición	13,913.18	13,913.18
<b>3.2</b>	<b>Cimentaciones</b>		
3.2.1	Cimentaciones equipos	36,621.64	33,584.10
3.2.2	Cerco Perimétrico	17,701.69	18,304.45
<b>3.3</b>	<b>Canaletas y Ductos</b>		
3.3.1	Canaletas	20,255.41	18,834.23
3.3.2	Cajas de Tiro	10,275.02	10,372.34
3.3.3	Banco de Ductos para Cables	12,550.75	11,456.33
<b>3.4</b>	<b>Sardiné</b>	5,280.96	4,888.96
<b>3.5</b>	<b>Drenajes</b>	7,015.09	6,704.32
3.5.1	Cunetas	6,724.46	6,432.56
3.5.2	Cajas de Inspección	8,557.70	6,332.65
3.5.3	Tubería para Filtros	10,190.34	10,190.34
<b>3.6</b>	<b>Obras Complementarias</b>	5,348.66	5,348.66
3.6.1	Malla de tierra	9,692.38	10,342.56
	<b>TOTAL OBRA CIVIL US\$</b>	<b>178,714.21</b>	<b>172,291.61</b>

FUENTE: Elaboración propia

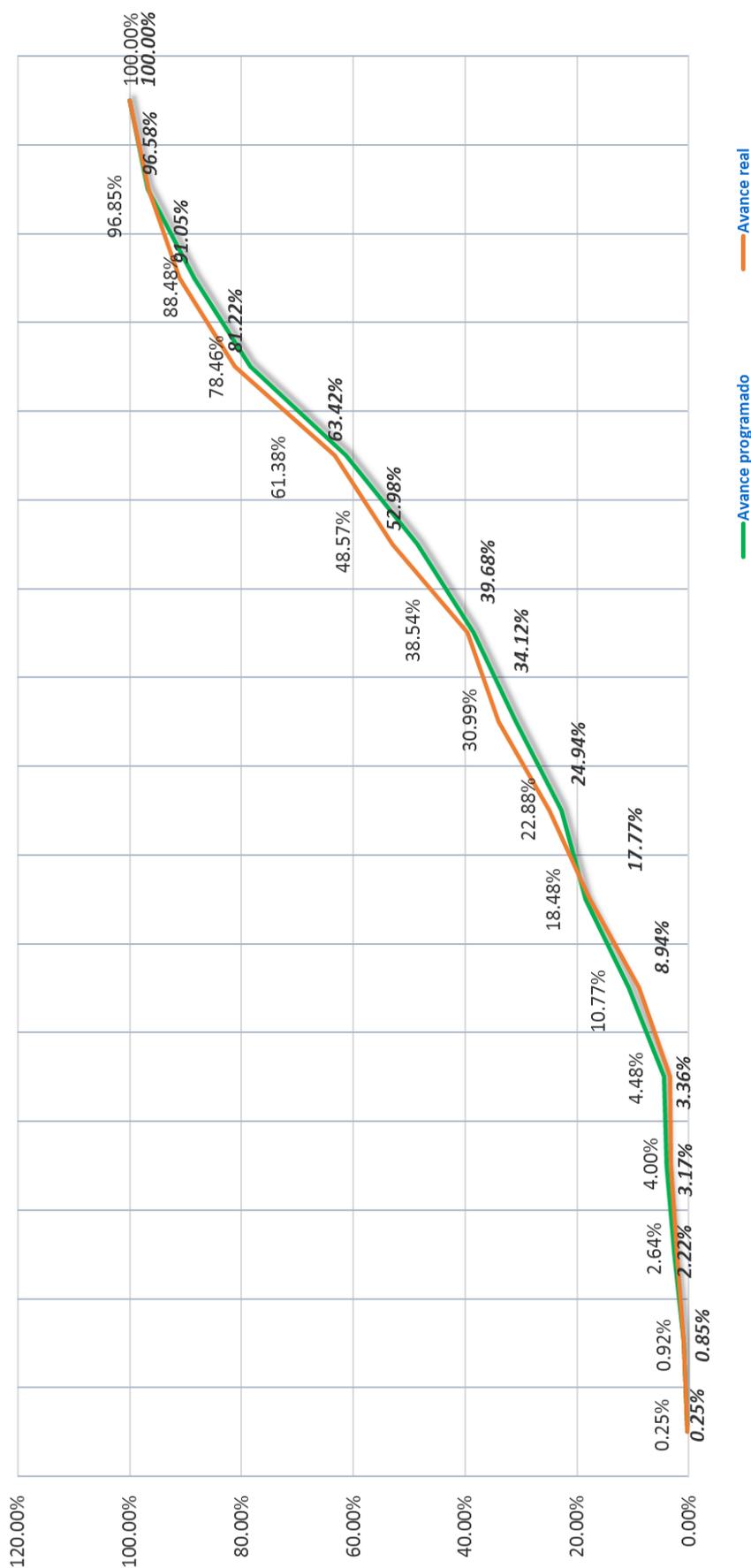
**Comentarios:** Se puede observar que el valor total de pago es superior al valor total de costo por US\$ 6422.60 esto evidencia el correcto manejo de ejecución de partidas, la extinción de trabajos innecesarios y costos ocultos e impropios debido a la simulación del planeamiento y control de la producción como también a la correcta estimación de cantidad de insumos requeridos de acuerdo a la metodología aplicada.

#### **4.3.7. Optimización del tiempo de ejecución a partir de la aplicación de la metodología propuesta**

Para poder medir la optimización del tiempo de ejecución se tiene la comparación del avance real respecto del avance programado, obtenido de la curva S del proyecto (PE-AM17-GP077-CURVA S04-PUNO-OCTUBRE), que se detalla en la Figura N°38.

**Comentarios:** En concordancia con la curva S del proyecto (Figura N°38) se puede observar un porcentaje adelantado del avance real respecto del avance programado en la mayoría de las semanas de ejecución del proyecto, esto evidencia el correcto manejo de ejecución de partidas, la extinción de trabajos innecesarios, la optimización de tiempos de ejecución de partidas debido a la anticipación de dificultades y a la simulación de planeamiento y control de la producción aplicada de la metodología BIM propuesta.

**CURVA S PE-AM17-GP077-PUNO**



**Figura N° 38:** Curva "S" del proyecto

FUENTE: Valorización N° 04 – PE-AM17-GP077

#### 4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.4.1. Análisis de condiciones de prueba de hipótesis

##### 4.4.1.1. Dimensión: Nivel de conocimiento de tecnologías BIM

- **Confiabilidad del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo K: Confiabilidad de Instrumentos, para la encuesta de nivel de conocimiento de tecnologías BIM se tiene un coeficiente de confiabilidad  $\alpha$  de Cronbach de 0.79; es decir el instrumento tiene confiabilidad considerable y se considera válido.
- **Validez del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo L: Validez de Instrumentos, para la encuesta de nivel de conocimiento de tecnologías BIM se tiene un coeficiente de reproductividad de 0.94 mayor a 0.90; es decir se acepta la escala:

>75%          Conocimiento aceptable

50% - 75%    Conocimiento regular

25% - 50%    Conocimiento escaso

< 25%          Conocimiento deficiente e incompleto

Por lo tanto, se valida el instrumento, el análisis se realiza con una escala de conocimiento escaso (Ver anexo M).

H<sub>0</sub>: El nivel de conocimiento de tecnologías BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto.

$H_a$ : El nivel de conocimiento de tecnologías BIM por parte de la muestra analizada no es deficiente e incompleto.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$gl = 10$

$t = -0.6584$

$P = 0.5256$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.5256) > \alpha (0.05)$ , entonces se acepta la  $H_0$ : El nivel de conocimiento de tecnologías BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto.

#### 4.4.1.2. Dimensión: Nivel de conocimiento de procesos BIM

- **Confiabilidad del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo K: Confiabilidad de Instrumentos, para la encuesta de nivel de conocimiento de procesos BIM se tiene un coeficiente de confiabilidad  $\alpha$  de Cronbach de 0.76; es decir el instrumento tiene confiabilidad considerable y se considera válido.
- **Validez del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo L: Validez de Instrumentos, para la encuesta de nivel de conocimiento de procesos BIM se tiene un coeficiente de reproductividad de 0.91 mayor a 0.90; es decir se acepta la escala:

>75%          Conocimiento aceptable

50% - 75%    Conocimiento regular

25% - 50%    Conocimiento escaso

< 25%          Conocimiento deficiente e incompleto

Por lo tanto, se valida el instrumento, el análisis se realiza con una escala de conocimiento escaso (Ver anexo M).

H<sub>0</sub>: El nivel de conocimiento de procesos BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto.

H<sub>a</sub>: El nivel de conocimiento de procesos BIM por parte de la muestra analizada no es deficiente e incompleto.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

gl = 10

t = 1.2497

P = 0.1199

**Conclusión:** Ya que  $P (0.1199) > \alpha (0.05)$ , entonces se acepta la H<sub>0</sub>: El nivel de conocimiento de procesos BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto.

#### 4.4.1.3. Dimensión: Productividad en el diseño

Para la condición de prueba concerniente a la productividad en el diseño el análisis se realiza con la agrupación de datos proveniente de la tabla 27: Planos AS BUILT entregado al cliente (Dosier de calidad) y la correspondiente a los planos entregados para ejecución (Ver Anexo M).

H<sub>0</sub>: La propuesta metodológica no mejora la productividad en el diseño.

H<sub>a</sub>: La propuesta metodológica mejora la productividad en el diseño.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$$gl = 6$$

$$t = 2.5205$$

$$P = 0.02263$$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.02263) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La propuesta metodológica mejora la productividad en el diseño.

#### 4.4.1.4. Dimensión: Calidad en el diseño

- **Confiabilidad del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo K: Confiabilidad de Instrumentos, para la encuesta de calidad de diseño se tiene un coeficiente de confiabilidad  $\alpha$  de Cronbach de 0.86; es decir el instrumento tiene confiabilidad considerable y se considera válido.
- **Validez del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo L: Validez de Instrumentos, para la encuesta de calidad de diseño se tiene un coeficiente de reproductividad de 0.96 mayor a 0.90; es decir se acepta la escala:

>66%      Calidad mejorada

33% - 66%      Calidad indiferente

< 33%      Calidad deficiente

Por lo tanto, se valida el instrumento, el análisis se realiza con una escala de calidad mejorada (Ver anexo M).

$H_0$ : La propuesta metodológica no mejora la calidad de diseño.

$H_a$ : La propuesta metodológica mejora la calidad de diseño.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

gl = 11

t = 2.6069

P = 0.01220

**Conclusión:** Ya que  $P (0.01220) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La propuesta metodológica mejora la calidad de diseño.

#### 4.4.1.5. Dimensión: Costo en la ejecución

Para la condición de prueba: costo en la ejecución, el análisis se realiza con la agrupación de datos proveniente de la Tabla 28: Comparación entre costo proyectado y costo ejecutado (Ver Anexo M).

$H_0$ : La propuesta metodológica no optimiza el costo de ejecución.

$H_a$ : La propuesta metodológica optimiza el costo de ejecución.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

gl = 13

t = 1.8725

P = 0.04190

**Conclusión:** Ya que  $P (0.04190) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La propuesta metodológica optimiza el costo de ejecución.

#### 4.4.1.6. Dimensión: Tiempo en la ejecución

Para la condición de prueba referente al tiempo en la ejecución, el análisis se realiza con la agrupación de datos proveniente de la Figura 38: Curva "S" del proyecto (Ver Anexo M).

$H_0$ : La propuesta metodológica no optimiza el tiempo de ejecución.

$H_a$ : La propuesta metodológica optimiza el tiempo de ejecución.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$gl = 15$

$t = 1.7757$

$P = 0.04803$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.04803) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La propuesta metodológica optimiza el tiempo de ejecución.

#### 4.4.1.7. Dimensión: Nivel de aceptación

- **Confiabilidad del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo K: Confiabilidad de Instrumentos, para la encuesta de nivel de aceptación del modelo se tiene un coeficiente de confiabilidad  $\alpha$  de Cronbach de 0.75; es decir el instrumento tiene confiabilidad considerable y se considera válido.
- **Validez del Instrumento (Encuesta):** De acuerdo al anexo L: Validez de Instrumentos, para la encuesta de nivel de aceptación del modelo se tiene un coeficiente de reproductividad de 0.94 mayor a 0.90; es decir se acepta la escala:

>66%      Aceptación destacada

33% - 66%      Aceptación media

< 33%      Rechazo

Por lo tanto, se valida el instrumento, el análisis se realiza con una escala de aceptación destacada (Ver anexo M).

$H_0$ : La aplicación del modelo metodológico no evidencia la aceptación del mismo.

$H_a$ : La aplicación del modelo metodológico evidencia la aceptación del mismo.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$gl = 23$

$t = 2.5906$

$P = 0.008175$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.008175) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La aplicación del modelo metodológico evidencia la aceptación del mismo.

#### 4.4.1.8. Dimensión: Cantidad de incompatibilidades detectadas

Para la condición de prueba: cantidad de incompatibilidades detectadas, el análisis se realiza con la agrupación de datos proveniente de la Tabla 26: incompatibilidades y dificultades detectadas (Ver Anexo M).

$H_0$  La aplicación del modelo metodológico no permite detectar incompatibilidades.

$H_a$ : La aplicación del modelo metodológico permite detectar incompatibilidades.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$$gl = 8$$

$$t = 2.4851$$

$$P = 0.01891$$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.01891) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La aplicación del modelo metodológico permite detectar incompatibilidades.

#### 4.4.1.9. Dimensión: Cantidad de dificultades previstas con anticipación

Para la condición de prueba: cantidad de incompatibilidades detectadas, el análisis se realiza con la agrupación de datos proveniente de la Tabla 26: incompatibilidades y dificultades detectadas (Ver Anexo M).

$H_0$  La aplicación del modelo metodológico no permite anticiparse a posibles dificultades.

$H_a$ : La aplicación del modelo metodológico permite anticiparse a posibles dificultades.

$\alpha = 0.05$  (Nivel de significancia  $n \leq 30$ )

$$gl = 8$$

$$t = 4.2640$$

$$P = 0.001373$$

**Conclusión:** Ya que  $P (0.001373) < \alpha (0.05)$ , entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ : La aplicación del modelo metodológico permite anticiparse a posibles dificultades.

4.4.2. Contratación de hipótesis

Tabla N° 29: Contratación de hipótesis

HIPÓTESIS ESPECÍFICA	CONDICIÓN DE PRUEBA	RPTA.	FUNDAMENTO	DESICIÓN
El nivel de conocimiento actual sobre tecnologías y procesos BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto: "Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno" es deficiente e incompleto.	¿El nivel de conocimiento de tecnologías BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto?	Sí	Ítem 4.4.1.1.: Para el análisis realizado, la muestra califica con un nivel de conocimiento deficiente e incompleto al no superar el análisis con una escala de conocimiento escaso. Ítem 4.1.1.: Los resultados interpretados de los diagramas circulares evidencian un nivel de conocimiento deficiente e incompleto, de los encuestados, a cerca de usos y funciones de tecnologías BIM.	Se acepta la hipótesis
	¿El nivel de conocimiento de procesos BIM por parte de la muestra analizada es deficiente e incompleto?	Sí	Ítem 4.4.1.2.: Para el análisis realizado, la muestra califica con un nivel de conocimiento deficiente e incompleto al no superar el análisis con una escala de conocimiento escaso. Ítem 4.1.2.: Los resultados interpretados de los diagramas circulares evidencian un nivel de conocimiento deficiente e incompleto, de los encuestados, a cerca de cualidades y aplicaciones de procesos BIM.	

<p>La propuesta metodológica mejora la productividad y la calidad en la documentación de diseño y optimiza el costo y el tiempo de ejecución del proyecto: "Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno".</p>	<p>¿La propuesta metodológica mejora la productividad en el diseño?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.3.: Para el análisis realizado se concluye que la propuesta metodológica mejora la productividad en el diseño.                  Ítem 4.3.4.: De acuerdo a la documentación AS BUILT entregada en el Dossier de Calidad, esta supera en número (6 documentos) y detalle a los documentos aprobados para construcción.                  Se acepta la hipótesis</p>
	<p>¿La propuesta metodológica mejora la calidad de diseño?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.4.: Para el análisis realizado, la propuesta metodológica mejora la calidad de diseño al superar el análisis con una escala de calidad mejorada.                  Ítem 4.3.5.: Los resultados interpretados de los diagramas circulares demuestran una calificación sobresaliente acerca de los documentos generados por la metodología aplicada, evidenciando satisfacción, apreciación, valoración positiva y mejoría.</p>
	<p>¿La propuesta metodológica optimiza el costo de ejecución?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.5.: Para el análisis realizado se concluye que la propuesta metodológica optimiza el costo de ejecución.                  Ítem 4.3.6.: De acuerdo al informe de comparación de costos (Ver anexo J), se puede observar una diferencia positiva de US\$ 6 422.60 respecto al valor total de pago, exonerando utilidades, costos directos y costos indirectos; evidenciando la optimización de costo esperada.</p>

	<p>¿La propuesta metodológica optimiza el tiempo de ejecución?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.6.: Para el análisis realizado se concluye que la propuesta metodológica optimiza el tiempo de ejecución. Ítem 4.3.7.: De acuerdo al análisis de la curva "S" del proyecto se tiene un porcentaje adelantado de ejecución de carácter permanente por 9 semanas cumpliéndose con el plazo establecido sin necesidad de ampliaciones de obra.</p>
<p>La aplicación del modelo metodológico planteado en el proyecto: "Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno", evidencia la aceptación del modelo, permite detectar incompatibilidades y anticiparse a posibles dificultades.</p>	<p>¿La aplicación del modelo metodológico evidencia la aceptación del mismo?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.7.: Para el análisis realizado, la aplicación del modelo evidencia la aceptación del mismo al superar el análisis con una escala de aceptación destacada. Ítem 4.3.1.: Los resultados interpretados de los diagramas circulares demuestran una aceptación destacada de la metodología aplicada destacando su utilidad, comodidad, satisfacción y disposición futura.</p>
	<p>¿La aplicación del modelo metodológico permite detectar incompatibilidades?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.8.: Para el análisis realizado se concluye que la propuesta metodológica permite detectar incompatibilidades. Ítem 4.3.2.: De acuerdo al informe de incompatibilidades detectadas (Anexo I), en el proyecto se detectaron 38 incompatibilidades, las cuales permitieron prevenir dificultades significativas para el normal desarrollo del proyecto.</p>

	<p>¿La aplicación del modelo metodológico permite anticiparse a posibles dificultades?</p>	<p>Sí</p>	<p>Ítem 4.4.1.9.: Para el análisis realizado se concluye que la propuesta metodológica permite anticiparse a posibles dificultades.                  Ítem 4.3.3.: De acuerdo al informe de incompatibilidades detectadas (Anexo I), en el proyecto se previnieron 26 dificultades detectadas, anticipándose al hecho con alternativas de solución adecuadas y efectivas sin alterar el normal desarrollo de la ejecución del proyecto.</p>	
--	--	-----------	--	--

FUENTE: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- En esta investigación se elaboró una metodología de trabajo orientada al desarrollo y optimización de las etapas de diseño y ejecución civil del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” mediante la implementación de tecnologías y procesos BIM; en base a la integración de procesos, técnicas y herramientas, analizando aportes y sinergias entre los mismos.
- Se evidenció el nivel de conocimiento actual sobre las tecnologías y procesos BIM por parte de los profesionales más implicados en las etapas de diseño y ejecución del proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno” ejecutado bajo la modalidad de contrato resultando ser deficiente e incompleto para el análisis realizado al no superar una escala de conocimiento escaso; esto se respalda en los diagramas obtenidos y analizados en los ítems 4.1.1. y 4.1.2. que evidenciaron desconocimiento sobre usos, cualidades, funciones y aplicaciones de tecnologías y procesos BIM.
- La propuesta metodológica diseñada, en su aplicación, mejoró la productividad de diseño generando mayor documentación AS-BUILT entregada al cliente en el Dossier de Calidad (Anexo M: Tabla M.4) que demostraron mejoría en la calidad de diseño al superar el análisis con una escala de calidad mejorada y al evidenciar satisfacción, apreciación y valoración positiva en los diagramas analizados en el ítem 4.3.5. Además,

optimizó el costo y tiempo de ejecución con una diferencia positiva de US\$ 6422.60 (Tabla N°28) exonerada de utilidades, costos directos e indirectos; y con un porcentaje adelantado de ejecución de carácter permanente por 9 semanas, cumpliéndose el plazo establecido sin necesidad de ampliaciones de obra de acuerdo a la Figura N° 38: curva “S” del proyecto.

- Se aplicó el modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”, en donde se evidenció su aceptación al superar el análisis con una escala de aceptación destacada enfatizando su utilidad, comodidad, satisfacción y disposición futura en los gráficos analizados en el ítem 4.3.1. Asimismo el modelo permitió detectar 38 incompatibilidades y se anticipó a 26 posibles dificultades (Anexo I), anticipándose al hecho con alternativas de solución adecuadas y efectivas sin alterar el normal desarrollo de la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la metodología diseñada en otros casos similares de estudio para poder validar y generalizar sus resultados, en dicha implementación se recomienda identificar y realizar un estudio previo de integración de procesos. Así se podrá definir las técnicas y herramientas necesarias o si la implementación requiere de inversión adicional en capacitaciones o equipamiento tecnológico.
- La implementación de la propuesta metodológica diseñada debe ser adaptada de acuerdo a las características, necesidades y objetivos de cada proyecto, se debe tener en consideración la resistencia al cambio y el nivel de conocimiento de los involucrados, los dispositivos y sistemas de comunicación.
- Para investigaciones futuras, se recomienda realizar un análisis cualitativo de procesos integrados considerando aspectos de adaptabilidad de implementación, inversión adicional, niveles de detalle, simulación 4D (3D + tiempo), efectos esperados y problemas de interoperabilidad.

## CAPITULO VII

### REFERENCIAS

Alarcón, L. F., & Mardones, D. A. (1998). Improving the desing-construction interface. Guaruja, Brazil: Proceedings IGLC 1998.

Alcántara Rojas, P. V. (2013). Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño Basada en la Construcción Virtual Usando Tecnologías BIM. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Allen, J. (10 de Junio de 2017). *Lean models for information exchange deliver a more effective "Big Room"*. Obtenido de <http://www.tradelineinc.com/reports/2014-2/lean-models-informationexchange-and-collaboration-deliver-true-ipd>

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). (2007). *Integrated Project Delivery: A Working Definition*. California.

AUTODESK. (2011). *Realizing the Benefits of BIM*. California.

AUTODESK. (7 de Mayo de 2017). *Autodesk Corporation*. Obtenido de Building Information Modeling: <http://www.autodesk.com>

AUTODESK. (Agosto de 2017). *Autodesk Latinoamérica*. Obtenido de Revit Family: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit-family/overview>

Berdillana, F. (2008). *Tecnologías Informáticas para la Visualización de la Información y su uso en la Construcción - Los Sistemas 3D Inteligentes*. Tesis para optar el grado de maestro. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

CAPECO. (Agosto de 2014). *COMITE BIM*. Obtenido de <http://www.capeco.org>

CAPECO. (2016). Protocolos BIM. En C. BIM, *Documentación BIM* (pág. 26). Lima: CAPECO.

Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (2009). *The role of reduced latency in Integrated, Concurrent Engineering*. CIFE Working Paper #WP116. California: Stanford University.

Colwell, D. (2008). *Improving Risk Management and Productivity in Megaprojects through ICT Investment*. Washintong D.C.

Dave, B., Koskela, L., Kivniemi, A., Owen, R., & Patricia, T. (2013). *Implementing Lean in construction: Lean Construction and BIM*. Ciria, Londres: C725.

Delgado, C. (Julio de 2016). BIM, La experiencia peruana. Lima, Lima, Perú.

Deposit Photos. (28 de Agosto de 2017). *Depositphotos*. Obtenido de <http://www.depositphotos.com>

Eastman, C. (2012). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*.

Eyzaguirre Vela, R. R. (2015). Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción, Mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación. Tesis para optar el título

profesional de Ingeniero Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Fischer, M. (Mayo de 2012). Programa de Certificación de Construcción y Diseño Virtual (VDC). CAPECO, Lima, Perú.

Flores Cervantes, D. (2016). *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de la Construcción del Estadio de la UNA-Puno. Tesis Para Optar el Título de Arquitecto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Fuentes, D. (2014). *Influencia de la estandarización en el uso de modelos de información de edificios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gómez Fernandez, I. (2013). *Interacción de Procesos BIM sobre una Vivienda de Movimiento Moderno*. España: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica.

Hernández Sampieri, C. R., & Fernández Collado, C. (1991). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Canadá: MCGRAW-HILL.

Kunz, J., & Fischer, M. (2012). *Virtual Desing and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggstions. CIFE Working paper #WP097*. California: Stanford University.

Larson, A. (2003). *Demystifying Six-Sigma: a company-wide approach to continuous improvement*. United States of America (USA): AMACON.

Murgía, D. (Noviembre de 2014). *Gestion BIM en la Construcción*. Material de enseñanza. Facultad de Ciencias e Ingeniería: Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Picchi, F. A. (1993). *Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios*. Sao Paulo, Brasil: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Pietro Muriel, P. (2014). *Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería*. España: Universidad de Extremadura.

Ruiz Conejo Neyra, P. L. (2015). *Propuesta de técnicas y herramientas para optimizar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Salinas, J. R., & Ulloa Román, K. A. (2014). *Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios*. Lima, Perú: Sinergia e Innovación.

## ANEXOS

**Anexo A: FORMATO DE ENCUESTA: Conocimientos preliminares de tecnologías y procesos BIM**

	ENCUESTA	Código: DELC-PE-AM17-E02
		Versión: 00
	CONOCIMIENTOS PRELIMINARES	Fecha aprobación: 21.09.16
		Página 1 de 3

**ENCUESTA:**

CONOCIMIENTOS PRELIMINARES DE TECNOLOGÍAS Y PROCESOS BIM

**DENOMINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES POR CONTRATO EN LA REGION DE PUNO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM.

**OBJETIVO:**

MEDIR EL NIVEL DE CONOCIMIENTOS ACERCA DE PROCESOS Y TECNOLOGÍAS BIM

**FECHA DE APLICACIÓN:**

SET-2016

**NÚMERO DE PREGUNTAS**

06 PREGUNTAS

<b>Elaboración: Nombre y Cargo</b>	<b>Revisión: Nombre y Cargo</b>	<b>Aprobación: Nombre y Cargo</b>
Bach. Ing. Victor Raúl Calle Velez ASISTENTE CIVIL	Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega RESIDENTE CIVIL	Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega RESIDENTE CIVIL

	ENCUESTA	Código: DELC-PE-AM17-E02
	CONOCIMIENTOS PRELIMINARES	Versión: 00
		Fecha aprobación: 21.09.16
		Página 2 de 3

**1. ¿Cuáles son las herramientas o tecnologías BIM que conoce, de acuerdo a su aplicación en la industria de la construcción? (Marque las que conoce)**

- A. Autodesk Revit. ( )
- B. Autodesk Civil 3D. ( )
- C. ArchiCAD. ( )
- D. Autodesk Navisworks ( )
- E. Autodesk AutoCAD. ( )
- F. Tekla Structures ( )
- G. Autodesk Robot. ( )

**2. ¿Cuáles de las anteriores herramientas maneja, o al menos, conoce sus facultades y usos?**

- A. Autodesk Revit. ( )
- B. Autodesk Civil 3D. ( )
- C. ArchiCAD. ( )
- D. Autodesk Navisworks ( )
- E. Autodesk AutoCAD. ( )
- F. Tekla Structures ( )
- G. Autodesk Robot. ( )

**3. En líneas generales, ¿cuál cree que sea la función de las herramientas BIM anteriormente listadas?**

- A. Son herramientas tecnológicas de gran potencialidad y uso en ingeniería.
- B. Son softwares independientes, utilizados para diseño asistido por computadora, de frecuente uso en ingeniería.
- C. Son softwares que se utilizan en conjunto, pero con fines específicos en cada especialidad; además son interactivos e interdisciplinarios.
- D. Son softwares de alta tecnología que interactúan entre sí a fin de optimizar sus funciones y brindar información en tiempo real.

J. Rivera O.
   
 RESIDENTE CIVIL
   
 CIP. 87544

	ENCUESTA	Código: DELC-PE-AM17-E02
	CONOCIMIENTOS PRELIMINARES	Versión: 00
		Fecha aprobación: 21.09.16
		Página 3 de 3

4. Actualmente, ¿Conoce del uso o ha utilizado herramientas BIM con el fin de mejorar el diseño y/o ejecución de obras?

- A. No las he utilizado.
- B. Una vez.
- C. Pocas veces.
- D. Las utilizo constantemente.

5. Marque las opciones que crea que las herramientas BIM facilitan en el correcto desarrollo de una obra.

- A. Capacitación a los principales involucrados en las actividades ( )
- B. Sesiones de coordinación más eficientes ( )
- C. Información y documentación más comprensible y manejable ( )
- D. Prevención de errores y disminución de incertidumbres ( )
- E. Mayor interacción de procesos y mayor detalle en la ejecución ( )

6. ¿Cuáles cree que son los principales beneficios de las herramientas BIM aplicada en obra, considerando que simulan un modelo 3D en tiempo real?

- A. Coordinación óptima de procesos y sistemas de ejecución de partidas. ( )
- B. Visualización interactiva y completa del proyecto. ( )
- C. Mejora en la productividad y constructabilidad. ( )
- D. Control de tiempos de obra y mejora en la planificación ( )
- E. Integración completa y generación de documentación confiable. ( )
- F. Reducción de pérdidas y optimización de costos. ( )
- G. Reconocimiento de riesgos y espacios de trabajo adecuado. ( )
- H. Correcto manejo logístico y ambiental en obra ( )

DELCROSA
   
 Juan R. Rivera O.
   
 RESIDENTE CIVIL
   
 CIP. 97544

**Anexo B: FORMATO DE ENCUESTA: Aceptación del modelo metodológico**

	<b>ENCUESTA</b>	Código: DELC-PE-AM17-E01
		Versión: 00
	<b>ACEPTACIÓN DEL MODELO</b>	Fecha aprobación: 28.09.16
		Página 1 de 2

**ENCUESTA:**

ACEPTACIÓN DEL MODELO METODOLÓGICO

**DENOMINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES POR CONTRATÓ EN LA REGION DE PUNO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM.

**OBJETIVO:**

MEDIR EL NIVEL DE ACEPTACIÓN DEL MODELO METODOLÓGICO APLICADO.

**FECHA DE APLICACIÓN:**

OCT-2016

**NÚMERO DE PREGUNTAS**

05 PREGUNTAS

Elaboración: Nombre y Cargo	Revisión: Nombre y Cargo	Aprobación: Nombre y Cargo
Bach. Ing. Víctor Raúl Calle Veles ASISTENTE CIVIL	 Ing. Juan Ricardo Rivera O. ASISTENTE CIVIL RESIDENTE CIVIL	Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega RESIDENTE CIVIL



**Anexo C: FORMATO DE ENCUESTA: Calidad de documentos de diseño con aplicación de herramientas BIM**

	<b>ENCUESTA</b>	Código: DELC-PE-AM17-E03
		Versión: 00
	<b>CALIDAD DE DISEÑO</b>	Fecha aprobación: 12.10.16
		Página 1 de 3

**ENCUESTA:**

CALIDAD DE DOCUMENTOS DE DISEÑO CON APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM

**DENOMINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES POR CONTRATO EN LA REGION DE PUNO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM.

**OBJETIVO:**

MEDIR LA CALIDAD DE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO GENERADOS POR LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM EN OBRA

**FECHA DE APLICACIÓN:**

OCT-2016

**NÚMERO DE PREGUNTAS**

04 PREGUNTAS

Elaboración: Nombre y Cargo	Revisión: Nombre y Cargo	Aprobación: Nombre y Cargo
Bach. Ing. Victor Raúl Calle Velez ASISTENTE CIVIL	Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega RESIDENTE CIVIL	Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega RESIDENTE CIVIL

	ENCUESTA	Código: DELC-PE-AM17-E03
		Versión: 00
	CALIDAD DE DISEÑO	Fecha aprobación: 12.10.16
		Página 2 de 3

1. De acuerdo a criterios de calidad, ¿Cómo califica usted la documentación generada de acuerdo a la aplicación de procesos y tecnologías BIM en obra?
  - A. Excelente, con precisión y detalle.
  - B. Buena, existen aún parámetros que mejorar.
  - C. No existe mucha diferencia respecto a la documentación original.
  - D. Regular, sin mucho detalle y con dificultades para el análisis y comprensión.
  
2. De acuerdo a la especialidad en que labora. ¿Cuál es su nivel de satisfacción respecto a los documentos generados por las herramientas y procesos BIM aplicados?
  - A. Totalmente Satisfecho, encuentro fácilmente la información y los detalles necesarios.
  - B. Satisfecho, reconozco las bondades de la documentación pero aún no encuentro información y detalles específicos.
  - C. Con expectativa, no resaltó mucha diferencia entre la información generada y la información original.
  - D. Insatisfecho, me parece que la información generada es aún más complicada de manejar y entender que la información original.
  
3. ¿Cuáles de los siguientes aspectos resalta como las bondades de la documentación generada mediante la aplicación de herramientas y procesos BIM en el proyecto?
  - A. Mayor detalle en el diseño ( )
  - B. Acceso a la información en tiempo real ( )
  - C. Interactividad entre especialidades a efectos de diseño ( )
  - D. Facilidad para el entendimiento y ejecución de partidas ( )
  - E. Mayor impacto realista, como una preconstrucción virtual ( )

DELCROSA  
 Juan R. Rivera O.  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 875-01

	ENCUESTA	Código: DELC-PE-AM17-E03
	CALIDAD DE DISEÑO	Versión: 00
Fecha aprobación: 12.10.16		
Página 3 de 3		

**4. En conclusión, luego de conocer y/o manejar las herramientas y procesos BIM, respecto al diseño, ¿Cuál es su disposición respecto al uso de estas herramientas y procesos?**

- A. Deseo profundizar, utilizar y recomendar la utilización de las herramientas y procesos BIM.
- B. Me gustaría volver a utilizar las herramientas y procesos BIM en otro proyecto.
- C. Tendré en cuenta la opción de manejar estas herramientas y procesos en un futuro, con fines personales.
- D. No tengo interés en profundizar o manejar las herramientas y procesos BIM en otros proyectos.

Juan R. Rivera O.
   
 RESIDENTE CIVIL
   
 CIP. 8754

Anexo D: BASES DEL PROYECTO: Formato 14 Información de Prediseño

<p><b>SOLICITUD PÚBLICA DE OFERTAS N° SPU-007-2015</b></p> <p><b>FORMATO 14</b></p> <p><b>INFORMACIÓN DE PREDISEÑO POR CADA SUBESTACIÓN:</b></p> <p style="text-align: right;">Hoja <u>      </u> de <u>      </u></p>
<p>El Proponente debe presentar la siguiente información sobre el diseño preliminar de las ampliaciones de las subestaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Descripción funcional y diagramas de principio con esquemas de las subestaciones, incluyendo la interrelación con los sistemas de control, telecomunicaciones y centro de supervisión.</li> <li>b) Descripción funcional y diagramas de principio con esquemas de los sistemas de medición de energía, incluyendo la interrelación con los sistemas de telecomunicaciones así como la integración al centro de supervisión.</li> <li>c) Descripción funcional y diagramas de principio con esquemas de los sistemas de protecciones, incluyendo su integración al sistema de telecomunicaciones y al centro de supervisión.</li> <li>d) Descripción funcional y diagramas de principio con esquemas de las telecomunicaciones, indicando subsistemas, equipos, servicios y la interconexión con equipos de teleprotección, control, medida de energía y centro de supervisión.</li> <li>e) <b>Descripción de las obras civiles y montaje, órdenes de trabajo e interface</b></li> <li>f) Descripción de los servicios auxiliares</li> <li>g) Descripción de los estudios que se realizarán para el dimensionamiento de los equipos y/o descripción de la validación de los estudios de la preingeniería</li> <li>h) Descripción del Plan de cortes de energía, para garantizar la continuidad en el suministro de energía</li> <li>i) Descripción de la construcción de variantes provisionales y definitivas en caso de requerirse</li> <li>j) Formularios de características diligenciados totalmente.</li> <li>k) Lista de equipos y obras con cantidades a suministrar.</li> <li>l) Descripción de la metodología de la Interface requerida con lo existente</li> <li>m) Descripción de la metodología para la elaboración de las órdenes de trabajo</li> <li>n) Descripción de la metodología para la capacitación y entrenamiento</li> </ul>

Firma y Sello del Representante Legal del Postor

**DEL ROSA III**  
 Juan R. Rivera O.  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 97544



Documento VII – Términos de Referencia  
Solicitud N° SPU-007-2015

Página  
72 de 75

Diseño, ingeniería, pruebas en fábrica, suministros, construcción, montaje, integración, capacitación y puesta en servicio de la Ampliación de SE Puno y SE Combapata

## Anexo E: CONDICIONES GENERALES DEL PROYECTO: Aprobación de Documentos entregados por el contratista.

Página 12  
Parte I Condiciones Generales

Solicitud Pública de Ofertas SPU-007-2015  
Capítulo 2-Condicionas Especificas

El Contratista deberá entregar la "Lista De Chequeo Para Puesta Servicio De Nuevos Equipos" y el Batch Input para liquidación (inventario) de bienes, servicios y equipos montados y/o desmontados, debidamente diligenciado, en el formato entregado por REP, 15 días antes de la puesta en servicio de las subestaciones, tanto para Puno como para Combapata.

### 2.12 APROBACIÓN DOCUMENTOS ENTREGADOS POR EL CONTRATISTA

Los procedimientos, procesos, programas, protocolos de pruebas, planos, manuales y demás documentación técnica que se produzcan en desarrollo del Contrato deberán ser entregados a REP, para las revisiones pertinentes de los documentos y las aprobaciones requeridas que permitan al Contratista o fabricante proceder a desarrollar las actividades de fabricación, Obras Civiles, montaje, pruebas y entrega.

El Contratista debe entregar para revisión, cuatro copias a REP, donde ésta se lo indique, de la siguiente documentación:

- Documentación técnica estipulada en la Parte II del Documento de Solicitud de oferta.
- Características garantizadas de la Parte II del Documento de Solicitud de oferta.
- Plano de localización general, planos de diseño de malla de tierra, de apantallamiento, disposición de equipos, tablas de tendido, tablas de cableado y conexión, esquemáticos, planos de estructuras y toda la información que el Supervisor considere necesaria para el buen desarrollo de los trabajos.

La documentación técnica estipulada en la parte II será entregado en la etapa de absolución de consultas.

Dentro de los quince días naturales, contados a partir de la fecha de recibo en REP de cualquier documento técnico suministrado por el Contratista, se le devolverá una copia con los títulos: "APROBADO", "APROBADO CON COMENTARIOS", "DEVUELTO PARA CORRECCIÓN" o "INFORMATIVO".

Las copias con: "APROBADO" y "APROBADO CON COMENTARIOS", autorizan al Contratista para proceder a la construcción o fabricación de los materiales cubiertos por tales documentos teniendo en cuenta los comentarios hechos por REP, hasta el punto que dichos comentarios lo permitan. La aprobación de los documentos no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir con los requisitos y por la correcta ejecución o ajuste de las partes al efectuarse el montaje de los elementos.

Cuando las copias de los documentos hayan sido: "DEVUELTO PARA CORRECCIÓN", el Contratista hará las correcciones necesarias y presentará nuevamente los documentos dentro de los quince días naturales siguientes a su recibo. Cada revisión se indicará con su número, la fecha y su objeto escrito en un cuadro de correcciones. Además, cada documento revisado deberá tener claramente indicada su última revisión.

REP revisará nuevamente los documentos y los devolverá al Contratista dentro de los quince días naturales contados a partir de la última fecha de recibo.

Cuando los documentos hayan sido clasificados como "INFORMATIVO", no habrá necesidad de presentaciones posteriores a menos que el Contratista modifique dichos documentos o el Supervisor solicite clarificar algunos de sus aspectos. Esta información será entregada con la información definitiva (As Built) del Proyecto.

Corre por cuenta y riesgo del Contratista todo trabajo que adelante con anterioridad a la aprobación del documento pertinente. REP tendrá el derecho de solicitar cualquier detalle adicional que requiera el cumplimiento del Contrato y exigirle los cambios en el diseño que sean necesarios para que los materiales estén de acuerdo con las estipulaciones y propósitos de estos documentos sin costo adicional para ella.

El Contratista podrá introducir modificaciones en los documentos aprobados si lo encuentra necesario y conveniente, pero tales modificaciones deberán ser presentadas para la aprobación de REP antes de la utilización de los documentos para la fabricación de los materiales. Las piezas y/o elementos fabricados según modificaciones no aprobadas de documentos ya aprobados, podrán ser rechazados por REP.

  
 DEL CAJÓN N.º 1112  
 Juan R. Rivera  
 RESIDENTE CIVIL  
 O.P. 87644

**Anexo F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – OBRAS CIVILES:**

**Especificaciones Técnicas de Diseño.**

	<p align="center"><b>PROYECTO AMPLIACIÓN 17</b></p>	Doc.: PE-AM17-GP030-GEN-D010	
		Revisión: 0	2015-08-20
<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – OBRAS CIVILES</b></p>			

**3. NORMAS DE REFERENCIA**

Las especificaciones o normas bajo las cuales se deben diseñar y ejecutar las obras se presentan en los diferentes módulos de estas especificaciones, en los planos, o el Reglamento Nacional de Edificaciones y deben estar acorde con los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental y con las resoluciones vigentes expedidas por el Ministerio del Medio Ambiente. En los casos en que el Contratista detecte una obra sin especificación, deberá solicitarla al propietario. También se aplicarán como normativas las Normas Técnicas Peruanas promulgadas por INDECOPI, las recomendaciones de los fabricantes de los materiales y equipos que se utilizarán en la construcción de las obras, y las normas emitidas por las entidades que se mencionan a continuación:

- AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHO :Standard Specification for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing.
- ACI : American Concrete Institute.
- ASCE : American Society of Civil Engineers.
- ASTM : American Society for Testing and Materials.
- NEMA : National Electric Manufacturers Association.
- NFPA : National Fire Protection Association.
- CNE : Código Nacional de Electricidad
- NTP : Normas Técnicas Peruanas

**4. ESTUDIOS DE CAMPO**

Es responsabilidad del Contratista la ejecución de los trabajos de campo y de los estudios requeridos para la elaboración de los diseños de obras civiles correspondientes a las subestaciones Puno 60 kV y Combapata 138 kV.

Se deberán realizar como mínimo los siguientes estudios:

- Estudio de mecánica de suelos.
- Levantamiento topográfico.
- Medida de resistividad del terreno.

**5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO**

El contratista deberá realizar los diseños de obras civiles de las subestaciones Puno 60 kV y Combapata 138 kV, presentar memorias y planos a nivel de ingeniería de detalle para su construcción.

El propietario podrá hacer uso de toda la documentación técnica que se produzca dentro del desarrollo del Contrato, sin ninguna restricción y cuando lo considere conveniente, ya sea en el desarrollo de este Contrato, en el desarrollo de contratos con otras firmas o en el desarrollo de actividades internas o del sector eléctrico.

Toda la documentación relacionada con el proyecto debe utilizar el sistema internacional de unidades (SI).

**Juan R. Rivera O.**  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 87544

Anexo G: ABSOLUCIÓN DE CONSULTAS: Documentación Técnica

SPU-007-2015  
ABSOLUCIÓN DE CONSULTAS



Item	Referencia a las Bases Numeral, Artículo, Acápate	Antecedentes / Sustento (pueden incorporarse anexos)	Consulta (no mas de 5 lineas)	Respuesta
58	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar si la vía de acceso lateral paralela al cerco existente será ampliada (entechada) e indicar que tipo de acabado tendrá. Según los planos de las bases no está claro; se sugiere que las vías de acceso sean de concreto, pues no se tiene plantas de asfalto costosas.	Deberán ser en asfalto o concreto, mayores detalles se encuentran en la Ingeniería básica adjunta.
59	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar si la zona correspondiente a los bancos de capacitores llevará una malla de protección alrededor de ella, tal como se ve en los planos 3D entregados con las bases de licitación.	No se implementará malla de protección, mayores detalles se encuentran en la Ingeniería básica adjunta.
60	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar donde se depositarán los productos asfálticos producto de la demolición de la vía interna donde se ubicará la ampliación del patio de 60 KV.	La disposición final será responsabilidad del contratista y en cumplimiento al instrumento ambiental. Todos los residuos generados se deben disponer en lugares autorizados por todos los entes competentes.
61	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar que nos podrán alcanzar las partidas y sus metrados para las obras civiles de tal manera de tener claro el alcance de las mismas.	Ver respuesta N° 36
62	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar que los drenajes previstos para la ampliación podrán conectarse con los existentes y que no será necesario realizar y diseñar un nuevo sistema independiente al existente.	Se confirma, mayores detalles se encuentran en la Ingeniería básica adjunta.
63	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Confirmar que el propietario de la subestación podrá suministrar energía eléctrica para la etapa de construcción.	El postor debe proveer el uso de un Generador Eléctrico.
64	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Por favor indicarnos los parámetros sísmicos a ser utilizados en los diseños de las fundaciones de las obras civiles.	Se adjunta en la Ingeniería básica.
65	Documentación técnica de SE Puno	En obras Civiles de SE Puno;	Por favor confirmar que la puerta lateral de propiedad de Aruntani, podrá ser usada para el ingreso del personal a cargo de las obras en todo el tiempo que duren ellas.	A fin de evitar el transeo por áreas energizadas de la subestación, el postor ganador deberá proponer el acceso independiente - Al finalizar la ejecución del proyecto el área de trabajo deberá quedar en similar o mejores condiciones a las encontradas.
66	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	Confirmar si son 1 ó 2 bahías de banco de condensadores a proteger.	Son 2 bahías
67	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	La arquitectura del sistema de control y protección, muestra un único tablero de protección para las bahías de compensación capacitiva. Por favor, confirmar si lo requerido es un (01) tablero de protección (02) bahías de protección y medición uno para cada bahía de condensadores. Por favor, detallar lo requerido.	Se confirma que son 2 tableros de control, protección y medición (uno por cada bahía) Se adjunta en la Ingeniería básica
68	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	Así también detallar si se requiere dos conjuntos de relés (principal y secundario) independiente (uno por cada bahía de condensadores) o si se requiere un solo conjunto de relés (principal y secundario) para la protección de ambas bahías. Por favor, detallar lo requerido.	Se requiere dos conjuntos de relés (principal y secundario) independiente (uno por cada bahía de condensadores). Se adjunta en la Ingeniería básica
69	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	Indicar si lo requerido es un único controlador de bahía para el control nivel 1 de ambas bahías de condensadores o si cada bahía deberá tener su controlador independiente	Cada bahía debe tener su controlador independiente, el controlador puede estar integrado en el relé de protección. Se adjunta en la Ingeniería básica
70	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	Confirmar si será aceptada la solución de incluir el controlador de bahía (BCU) integrado en el relé de protección secundario	Se aceptará.
71	Documentación técnica de SE Puno	Resumen ejecutivo ANTE-PUNO_rev2	Confirmar que el sistema de protección de la barra de 60KV no es parte del presente alcance.	Se confirma que no forma parte del alcance.

**DELGADO**  
INGENIERO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
RESIDENTE CIVIL  
CIP. 87544

28 de 28

**Anexo H: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – OBRAS CIVILES: Documentos de Entrega de Proyecto.**

	<p align="center"><b>PROYECTO AMPLIACIÓN 17</b></p>	Doc.: PE-AM17-GP030-GEN-D010	
		Revisión: 0	2015-08-20
<p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – OBRAS CIVILES</b></p>			

**2.4 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN**

Dada la adjudicación del Contrato, se procede a la entrega de los planos de construcción de las obras civiles. El Contratista deberá revisarlos cuidadosamente y advertir al propietario por escrito sobre cualquier error u omisión que descubra u otras observaciones que desee hacer, dentro de los quince (15) días calendario, anteriores a la fecha de inicio de los trabajos relacionados con los planos.

Las actividades de obra se ejecutarán de acuerdo con los planos entregados y con lo estipulado en las especificaciones técnicas. Los planos y las especificaciones técnicas son complementarios; en caso de discrepancias entre estos, el Contratista informará sobre ello al Supervisor y al propietario, quienes decidirán sobre la aclaración de estos documentos.

**2.5 PLANOS DEFINITIVOS DEL PROYECTO**

Una vez finalizada la obra, se actualizarán los planos de construcción y se editará una revisión denominada "tal como construido", que incluye todas las modificaciones hechas en obra debidamente aprobadas por la supervisión. Dichos planos deberán ser remitidos al propietario en formato digital e impreso.

El propietario podrá hacer uso de toda la documentación técnica que se produzca dentro del desarrollo del Contrato, sin ninguna restricción y cuando lo considere conveniente, ya sea en el desarrollo de este Contrato, en el desarrollo de contratos con otras firmas o en el desarrollo de actividades internas o del sector eléctrico.

**2.6 INFORMES DE AVANCE**

El Contratista deberá entregar dentro de los 5 días calendario siguientes a la terminación de cada mes, un informe mensual que contenga mínimo los siguientes aspectos: actividades realizadas, personal y maquinaria en la obra, porcentaje de avance por actividad, costos de inversión mensuales y acumulados, problemas y dificultades en el desarrollo de las actividades y aspectos ambientales, de control de calidad, seguridad y salud ocupacional. El informe deberá contener un anexo de fotografías representativas de la obra. El propietario podrá exigir ajustes en su presentación. Se deben entregar 3 copias y archivo magnético del mismo.

**2.7 DOSSIER DE CALIDAD**

Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de finalización de la obra, el contratista presentará escaneado en formato digital e impreso todos los documentos relacionados al dossier de calidad, tales como protocolos, certificados de rotura de probetas, densidades de campo, certificados de calidad de productos, certificados de calibración de equipos tales como balanzas, prensas, etc., en el que debe figurar el patrón, trazabilidad y acreditación de la empresa que lo expide.

**2.8 PERSONAL DE DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN**

El Contratista se obliga a mantener durante toda la ejecución de las obras del Contrato y hasta la entrega final de ella, el personal directivo necesario para el desarrollo de los trabajos. El personal estará compuesto por profesionales y técnicos con amplia experiencia en la construcción de obras semejantes a las especificadas en el Contrato. El número de

Juan R. Rivera O.  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 87544

Anexo I: INFORME DE DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES

17/10/2016

AMPLIACIÓN 17 SE PUNO.html

## Informe de incompatibilidades e interferencias

Archivo de proyecto de informe de interferencias: D:\VRCV\DEL CROSA\AMP 17 PUNO\AMPLIACIÓN 17 SE PUNO.rvt

Creación: domingo, 02 de octubre de 2016 11:51:18 a.m.

Última actualización: lunes, 24 de octubre de 2016 09:50:44 a.m.

	A	B
1	Pilares estructurales : Hormigó'n-Rectangular-Pilar : Base pararrayo : ID 236267	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 559490
2	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta con pendiente : ID 256563	Armazón estructural : Tubo : Tubo : ID 515254
3	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta con pendiente : ID 256563	Armazón estructural : Tubo : Tubo : ID 520886
4	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta con pendiente : ID 256563	Armazón estructural : Tubo : Tubo : ID 521169
5	Pilares estructurales : BZ-1 : BZ-1 : ID 314568	Armazón estructural : Ducto 5 : Ducto 5 : ID 324644
6	Pilares estructurales : BZ-2 : BZ-2 : ID 319125	Armazón estructural : Ducto 5 : Ducto 5 : ID 324644
7	Pilares estructurales : BZ-2 : BZ-2 : ID 319125	Armazón estructural : Ducto 4 : Ducto 4 : ID 340128
8	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-3 : ID 319387	Armazón estructural : Ducto 4 : Ducto 4 : ID 340128
9	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-3 : ID 319387	Armazón estructural : Ducto 3 : Ducto 3 : ID 343360
10	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-4 : ID 319426	Armazón estructural : Ducto 3 : Ducto 3 : ID 343360
11	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-4 : ID 319426	Armazón estructural : Ducto 2 : Ducto 2 : ID 343427
12	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-5 : ID 319473	Armazón estructural : Ducto 2 : Ducto 2 : ID 343427
13	Pilares estructurales : BZ-3 : BZ-5 : ID 319473	Armazón estructural : Ducto 1 : Ducto 1 : ID 343471
14	Pilares estructurales : BZ-6 : BZ-6 : ID 319504	Armazón estructural : Ducto 1 : Ducto 1 : ID 343471
15	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta existente : ID 390394	Pilares estructurales : Dren : Dren 2 : ID 409115
16	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta existente : ID 390394	Armazón estructural : Tubo : Tubo : ID 530699
17	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta existente : ID 390394	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561315
18	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta existente : ID 401072	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561944
19	Armazón estructural : Canaleta con pendiente : Canaleta con pendiente : ID 256563	Muros : Muro : Malla Trasera : ID 616650

file:///C:/Users/Hp/Desktop/AM17P/AMPLIACI%C3%93N%2017%20SE%20PUNO.html

*[Firma]*  
**Juan R. Rivera O.**  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 87544

1/2

17/10/2016

AMPLIACIÓN 17 SE PUNO.html

20	Pilares estructurales : Dren : Dren 5 : ID 535351	Armazón estructural : Tubo : Tubo : ID 536003
21	Pilares : union T : Derivación Equipo : ID 539775	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084
22	Pilares : union T : union T : ID 543456	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 554476
23	Pilares : union T : union T : ID 543456	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561885
24	Pilares : union T : Derivación Equipo : ID 547829	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084
25	Pilares : union T : Derivación Equipo : ID 547837	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084
26	Pilares : union T : Derivación Equipo : ID 547847	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084
27	Pilares : union T : Derivación Equipo : ID 547857	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084
28	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Pilares : union T : union T : ID 549448
29	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Pilares : union T : union T : ID 549805
30	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 554476
31	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 558994
32	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561871
33	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561885
34	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 549084	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561896
35	Pilares : union T : union T : ID 549448	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 558994
36	Pilares : union T : union T : ID 551983	Armazón estructural : Cobre : Cobre : ID 553212
37	Pilares : union T : union T : ID 551983	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 554476
38	Pilares : union T : union T : ID 551983	Armazón estructural : Cobre : Malla existente : ID 561885

**Fin de informe de incompatibilidades e interferencias**

*DEL ROSARIO*  
 Juan R. Rivera O.  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP. 87544

file:///C:/Users/Hp/Desktop/AM17P/AMPLIACI%C3%93N%2017%20SE%20PUNO.html

2/2

**Anexo J: TABLA DE COMPARACIÓN DE COSTOS PROYECTADOS VS EJECUTADOS: Hitos de Pago**



**HITOS DE PAGO**

**OBRA:** INSTALACION DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA SUBESTACION DE PUNO - AMPLIACION 1  
**Propietario :** ISA - REP. **FECHA:** 02-11-2016

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL DE PAGO (USD).	VALOR TOTAL DE COSTO (USD).
1	Diseños		
1.1	Ingeniería de detalle		
1.1.1	Entrega de criterios de diseño	0.00	0.00
1.1.2	Entrega de ingeniería de detalle de Obras civiles	0.00	0.00
1.1.3	Entrega de ingeniería de detalle de Obras electromecánicas	0.00	0.00
1.1.4	Entrega de Ingeniería Funcional (Secundaria)	0.00	0.00
1.1.5	Estudio de operatividad	0.00	0.00
1.1.6	Aprobación de ingeniería de detalle	3,100.00	3,100.00
	<b>TOTAL INGENIERÍA DE DETALLE US\$</b>	<b>3,100.00</b>	<b>3,100.00</b>
2	Suministros		
2.1	Transformador de Corriente de desbalance		
2.1.1	Planos principales para aprobación	0.00	0.00
2.1.2	Equipo en condiciones DDP	27,957.12	27,957.12
2.2	Descargador de sobretensiones de ZnO		
2.2.1	Planos principales para aprobación	0.00	0.00
2.2.2	Equipo en condiciones DDP	0.00	0.00
2.3	Filtros 5ta y 7ma Armonica 72,5 kV, / 185 kV / 450 kV, 7 Mvar		
2.3.1	Planos principales para aprobación	0.00	0.00
2.3.2	Equipo en condiciones DDP	220,557.12	220,557.12
2.4	Equipo Compacto Híbrido 138kV		
2.4.1	Planos principales para aprobación	0.00	0.00
2.4.2	Equipo en condiciones DDP		
2.5	EQUIPAMIENTO DE SISTEMAS SECUNDARIOS		
2.5.1	Planos Gabinetes	0.00	0.00
2.5.2	Equipo en condiciones DDP	76,443.89	76,443.89
2.7	Conectores de Alta tensión en condición DDP	15,307.93	15,307.93
2.8	Materiales para malla de puesta a tierra en condición DDP	0.00	0.00
2.9	Cables de alta tensión en condición DDP	0.00	0.00
2.10	Cables de fuerza, control y red de fibra óptica en condición DDP	43,971.12	42,861.12
2.10	Estructuras Metálicas para Soporte de Equipos en condición DDP	21,170.86	21,000.86
	<b>TOTAL SUMINISTROS US\$</b>	<b>405,408.06</b>	<b>404,128.06</b>
3	Obras civiles		
3.1	Obras Preliminares		
3.1.1	Limpieza del Área de Trabajo	14,586.93	14,586.93
3.1.2	Demolición	13,913.18	13,913.18
3.2	Cimentaciones		
3.2.1	Cimentaciones equipos	36,621.64	33,584.10
3.2.2	Cerco Perimétrico	17,701.69	18,304.45
3.3	Canaletas y Ductos		
3.3.1	Canaletas	20,255.41	18,834.23
3.3.2	Cajas de Tiro	10,275.02	10,372.34
3.3.3	Banco de Ductos para Cables	12,550.75	11,456.33
3.4	Sardinel	5,280.96	4,888.96
3.4	Sardinel		
3.5	Drenajes	7,015.09	6,704.32
3.5.1	Cunetas	6,724.46	6,432.56
3.5.2	Cajas de Inspección	8,557.70	6,332.85
3.5.3	Tubería para Filtros	10,190.34	10,190.34
3.5.4	Colector		
3.6	Obras Complementarias	5,348.66	5,348.66
3.6.1	Señalización Interna	0.00	0.00
3.6.2	Malla de tierra	9,692.38	11,342.56
	<b>TOTAL OBRA CIVIL US\$</b>	<b>178,714.21</b>	<b>172,291.61</b>
4	Montaje y prueba		
	<b>TOTAL MONTAJE Y PRUEBA US\$</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
6	10% del valor de la obra civil		
6.1	Obra civil de la SE (10%)	0.00	0.00
7	10% del valor del montaje y pruebas		
7.1	Montaje y Pruebas de la SE (10%)	0.00	0.00
	<b>SUB-TOTAL (US\$)</b>	<b>587,222.27</b>	<b>579,519.67</b>

**DEL CROSA**  
 Juan R. Rivera O.  
 RESIDENTE CIVIL  
 CIP: 87544

**Anexo K: CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS**

**Tabla K.1:** Confiabilidad: Encuesta - Nivel de conocimiento de tecnologías BIM

ENCUESTADO	PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3
1	0	0	0
2	0	0	1
3	2	2	1
4	0	1	0
5	0	0	0
6	1	1	1
7	1	2	1
8	1	2	1
9	1	1	1
10	1	0	1
11	0	0	1
<b>P (1-2)</b>	0.7252	<b>P (2-3)</b>	0.3563
<b>P (1-3)</b>	0.6062	<b>P prom</b>	0.5626

<b>α CRONBACH</b>	<b>0.7942</b>
-----------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla K.2:** Confiabilidad: Encuesta - Nivel de conocimiento de procesos BIM

ENCUESTADO	PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3
1	0	2	1
2	1	2	2
3	2	3	2
4	0	1	0
5	0	2	1
6	1	1	1
7	0	2	1
8	0	1	2
9	0	2	2
10	0	1	1
11	0	1	0
<b>P (1-2)</b>	0.5400	<b>P (2-3)</b>	0.5388
<b>P (1-3)</b>	0.4490	<b>P prom</b>	0.5093

<b>α CRONBACH</b>	<b>0.7569</b>
-----------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla K.3:** Confiabilidad: Encuesta – Calidad de diseño

ENCUESTADO	PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3	PREGUNTA 4
1	3	3	4	3
2	2	2	3	2
3	3	3	4	3
4	1	1	2	2
5	3	3	3	2
6	3	3	4	2
7	3	3	3	2
8	2	2	2	1
9	2	3	3	2
10	3	2	3	2
11	3	2	3	2
12	3	3	3	2
<b>P (1-2)</b>	0.7059	<b>P (2-3)</b>	0.7059	<b>P prom</b>
<b>P (1-3)</b>	0.6949	<b>P (2-4)</b>	0.3928	0.6073
<b>P (1-4)</b>	0.3741	<b>P (3-4)</b>	0.7702	

<b>α CRONBACH</b>	<b>0.8608</b>
-----------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla K.4:** Confiabilidad: Encuesta – Nivel de aceptación de la metodología aplicada

ENCUESTADO	PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5
1	3	3	3	1	3
2	2	3	2	1	3
3	3	3	3	2	4
4	1	2	2	1	2
5	3	3	3	3	4
6	2	3	3	1	3
7	3	3	3	1	3
8	2	2	3	1	3
9	2	2	3	1	2
10	3	3	3	1	4
11	2	2	3	1	2
12	2	3	3	1	3
13	1	2	2	1	2
14	3	3	3	1	3
15	1	2	3	1	3
16	2	1	3	1	3
17	2	2	2	1	2
18	2	2	3	1	2
19	3	3	3	1	4
20	2	3	3	1	3
21	3	3	2	1	3
22	3	2	3	1	3
23	2	3	3	1	3
24	2	2	3	1	3
<b>P (1-2)</b>	0.5455	<b>P (2-3)</b>	0.0889	<b>P (3-5)</b>	0.4141
<b>P (1-3)</b>	0.3490	<b>P (2-4)</b>	0.2466	<b>P (4-5)</b>	0.4819
<b>P (1-4)</b>	0.3229	<b>P (2-5)</b>	0.5637	<b>P prom</b>	0.3798
<b>P (1-5)</b>	0.6397	<b>P (3-4)</b>	0.1461		

<b>α CRONBACH</b>	<b>0.7538</b>
-----------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

Anexo L: VALIDEZ DE INSTRUMENTOS

Tabla L.1: Validez: Escala - Nivel de conocimiento de tecnologías BIM

ENCUESTADO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2				PREGUNTA 3				PUNTAJE TOTAL
	Más de 4 herramientas	4 Herramientas	3 Herramientas	Menos de 3 Herramientas	Más de 3 herramientas	3 Herramientas	2 Herramientas	Menos de 2 Herramientas	Interacción, optimización e información en	Interactivos e interdisciplinarios	Diseño CAD y Uso frecuente	Gran Potencialidad y uso	
3		X				X						X	7
8			X			X					X		7
7			X			X					X		7
6			X				X				X		6
9			X				X				X		6
10			X					X			X		5
2				X				X			X		4
4				X		X						X	4
11				X			X				X		4
5				X			X					X	3
1				X			X					X	3
	0	1	5	5	0	3	3	5	0	0	7	4	

<b>COEFICIENTE DE REPRODUCCIÓN</b>	<b>0.9394</b>
------------------------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

Tabla L.2: Validez: Escala - Nivel de conocimiento de procesos BIM

ENCUESTADO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2					PREGUNTA 3				PUNTAJE TOTAL
	Uso constante	Pocas Veces	1 vez	No las utiliza	Más de 3 opciones	3 opciones	2 opciones	1 opción	Ninguna opción	6-7 opciones	4-5 opciones	2-3 opciones	Menos de 2 opciones	
3		X				X					X			10
2			X				X				X			8
9				X			X				X			7
1				X			X					X		6
6			X					X				X		6
5				X			X					X		6
7				X			X					X		6
8				X				X			X			6
10				X				X				X		5
4				X				X					X	4
11				X				X					X	4
	0	1	2	8	0	1	5		0	0	4	5	2	

<b>COEFICIENTE DE REPRODUCCIÓN</b>	<b>0.9091</b>
------------------------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

Tabla L.3: Validez: Escala – Calidad de diseño

ENCUESTADO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2				PREGUNTA 3					PREGUNTA 4				PUNTAJE TOTAL
	Excelente	Buena	Sin distinción	Regular	Totalmente Satisfecho	Satisfecho	Con expectativa	Insatisfecho	Más de 3 opciones	3 opciones	2 opciones	1 opción	Ninguna opción	Profundizarlo, utilizarlo y recomendarlo	Volver a utilizarlo	Utilizarlo con fines personales	Sin ningún interés	
1	x				x				x					x				17
3	x				x				x					x				17
6	x				x				x						x			16
5	x				x					x					x			15
12	x				x					x					x			15
7	x				x					x					x			15
9		x			x					x					x			14
11	x					x				x					x			14
10	x					x				x					x			14
2		x				x				x					x			13
8		x				x					x					x		11
4			x				x				x				x			10
	8	3	1	0	7	4	1	0	3	7	2	0	0	2	9	1	0	

<b>COEFICIENTE DE REPRODUCCIÓN</b>	<b>0.9583</b>
------------------------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

Tabla L.4: Validez: Escala – Nivel de aceptación de la metodología aplicada

ENCUESTADO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2				PREGUNTA 3				PREGUNTA 4				PREGUNTA 5					PUNTAJE TOTAL
	Útil y Necesario	Novedoso e importante	Novedoso pero opcional	Bueno pero innecesario	Cómoda y Satisfactoria	Cómoda pero Complicada	Habitual	Pesada y trabajosa	Satisfecho	A gusto	Desorientado	Incómodo	3 herramientas	2 herramientas	1 herramienta	Ninguna herramienta	Más de 3 opciones	3 opciones	2 opciones	1 opción	Ninguna opción	
05	x				x				x				x				x					21
03	x				x				x					x			x					20
10	x				x				x						x		x					19
19	x				x				x						x		x					19
07	x				x				x						x			x				18
01	x				x				x						x			x				18
14	x				x				x						x			x				18
12		x			x				x						x			x				17
20		x			x				x						x			x				17
21	x				x					x					x			x				17
22	x					x			x						x			x				17
23		x			x				x						x			x				17
06		x			x				x						x			x				17
02		x			x					x					x			x				16
08		x				x			x						x			x				16
24		x				x			x						x			x				15
16		x					x		x						x			x				15
15			x			x			x						x			x				15
11		x				x			x						x				x			15
09		x				x			x						x				x			15
18		x				x			x						x				x			15
17		x				x				x					x				x			14
13			x			x				x					x				x			13
04			x			x				x					x				x			13
	09	12	03	00	13	10	01	00	19	05	00	00	01	01	22	00	04	14	06	00	00	

<b>COEFICIENTE DE REPRODUCCIÓN</b>	<b>0.9417</b>
------------------------------------	---------------

FUENTE: Elaboración propia

**Anexo M: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS DIMENSIONES: Prueba t-student**

**Tabla M.1:** Análisis: Nivel de conocimiento de tecnologías BIM

ENCUESTADO	DATOS	ESCALA DE ANÁLISIS	$\Delta$
1	0.00	25	-25.00
2	14.49	25	-10.51
3	52.17	25	27.17
4	11.59	25	-13.41
5	0.00	25	-25.00
6	33.33	25	8.33
7	44.93	25	19.93
8	44.93	25	19.93
9	33.33	25	8.33
10	21.74	25	-3.26
11	14.49	25	-10.51

<b>Promedio</b>	<b>24.64</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>18.2517</b>
<b>t</b>	<b>-0.0658</b>
<b>P</b>	<b>0.5256</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.2:** Análisis: Nivel de conocimiento de procesos BIM

ENCUESTADO	DATOS	ESCALA DE ANÁLISIS	$\Delta$
1	28.99	25	3.99
2	50.72	25	25.72
3	69.57	25	44.57
4	8.70	25	-16.30
5	28.99	25	3.99
6	30.43	25	5.43
7	28.99	25	3.99
8	31.88	25	6.88
9	40.58	25	15.58
10	20.29	25	-4.71
11	8.70	25	-16.30

<b>Promedio</b>	<b>31.62</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>17.5694</b>
<b>t</b>	<b>1.2498</b>
<b>P</b>	<b>0.1199</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.3:** Lista de documentos entregados para ejecución

DESCRIPCIÓN	CANT
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO VISTA DE PLANTA Y PERFIL	05
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO - SECCIONES TRANSVERSALES	
ADECUACIÓN DEL TERRENO - PLANTA Y SECCIONES	
PLANO DE DEMOLICIONES PLANTA	
EDIFICIO DE CONTROL DEMOLICIONES	
<b>CIMENTACIONES PARA EQUIPOS</b>	
DISPOSICION GENERAL DE BASES DE EQUIPOS	08
CORTES Y ELEVACIONES DE BASE DE EQUIPOS	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE DESBALANCE (BTCO)	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - PARARRAYOS (BPR) Y ASILADOR DE SOPORTE (BAS)	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - REACTOR FILTRO 5 ARMONICA	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - REACTOR FILTRO 7 ARMONICA	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV BANCO DE CONDENSADORES	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV – EQUIPO COMPACTO HÍBRIDO	
<b>CERCO PERIMÉTRICO</b>	
CERCO PERIMÉTRICO PLANTA	02
CERCO PERIMÉTRICO ELEVACIÓN	
<b>MALLA A TIERRA</b>	
EXTENSION DE MALLA A TIERRA	02
DETALLES DE CONECTORES DE RED DE TIERRA SUPERFICIAL	
<b>CANALETAS, BUZONBES Y DUCTOS</b>	
CANALETAS PARA CABLES ELÉCTRICOS -PLANTA	04
CANALETAS PARA CABLES ELÉCTRICOS SECCIONES Y DETALLES	
BUZONES Y DUCTOS PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	
<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>	
SISTEMA DE DRENAJE - PLANTA Y DETALLES	01
<b>MODELO BIM COMPATIBILIZADO</b>	
	00

FUENTE: Expediente Técnico

**Tabla M.4:** Lista de documentos AS BUILT entregados al cliente

DESCRIPCIÓN	CANT
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO VISTA DE PLANTA Y PERFIL	05
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO - SECCIONES TRANSVERSALES	
ADECUACIÓN DEL TERRENO - PLANTA Y SECCIONES	
PLANO DE DEMOLICIONES PLANTA	
EDIFICIO DE CONTROL DEMOLICIONES	
<b>CIMENTACIONES PARA EQUIPOS</b>	
DISPOSICION GENERAL DE BASES DE EQUIPOS	10
CORTES Y ELEVACIONES DE BASE DE EQUIPOS	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE DESBALANCE (BTCD)	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - PARARRAYOS (BPR)	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - REACTOR FILTRO 5 ARMONICA	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - REACTOR FILTRO 7 ARMONICA	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV BANCO DE CONDENSADORES - FORMAS	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV – EQUIPO COMPACTO HÍBRIDO	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV BANCO DE CONDENSADORES - ESTRUCTURAS	
BASE DE EQUIPOS 72.5 KV - AISLADOR SOPORTE (BAS)	
<b>CERCO PERIMÉTRICO</b>	
CERCO PERIMÉTRICO PLANTA Y DETALLES	03
CERCO PERIMÉTRICO ELEVACIÓN	
CERCO PERIMÉTRICO PUERTA DE ACCESO	
<b>MALLA A TIERRA</b>	
RED DE TIERRA PROFUNDA EXISTENTE VISTA EN PLANTA	03
LISTA DE CONECTORES DE RED DE TIERRA SUPERFICIAL	
DETALLES DE CONECTORES DE RED DE TIERRA SUPERFICIAL	
<b>CANALETAS, BUZONBES Y DUCTOS</b>	
CANALETAS PARA CABLES ELÉCTRICOS -PLANTA	04
CANALETAS PARA CABLES ELÉCTRICOS SECCIONES Y DETALLES	
BUZONES Y DUCTOS PLANTA	
BUZONES Y DUCTOS, SECCIONES Y DETALLES	
<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>	
SISTEMA DE DRENAJE - PLANTA Y DETALLES	01
<b>MODELO BIM COMPATIBILIZADO</b>	
MODELO BIM 3D COMPATIBILIZADO	02
MODELO BIM COMPATIBILIZADO EN AUTODESK REVIT	

FUENTE: Lista Maestra- Dossier de Calidad

**Tabla M.5:** Análisis: Productividad en el diseño

N°	DESCRIPCIÓN	CANT. 1	CANT. 2	Δ
1	OBRAS PRELIMINARES	5	5	0
2	CIMENTACIONES PARA EQUIPOS	8	10	2
3	CERCO PERIMÉTRICO	2	3	1
4	MALLA A TIERRA	2	3	1
5	CANALETAS, BUZONBES Y DUCTOS	4	4	0
6	SISTEMA DE DRENAJE	1	1	0
7	MODELO BIM COMPATIBILIZADO	0	2	2

<b>Promedio</b>	<b>0.8571</b>
<b>Desviacion (σ)</b>	<b>0.8997</b>
<b>t</b>	<b>2.5205</b>
<b>P</b>	<b>0.02263</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.6:** Análisis: Calidad en el diseño

ENCUESTADO	DATOS	ESCALA DE ANÁLISIS	Δ
1	100.00	66	34.00
2	68.69	66	2.69
3	100.00	66	34.00
4	47.47	66	-18.53
5	83.84	66	17.84
6	89.90	66	23.90
7	83.84	66	17.84
8	52.53	66	-13.47
9	76.77	66	10.77
10	75.76	66	9.76
11	75.76	66	9.76
12	83.84	66	17.84

<b>Promedio</b>	<b>78.20</b>
<b>Desviacion (σ)</b>	<b>16.2101</b>
<b>t</b>	<b>2.6069</b>
<b>P</b>	<b>0.01220</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.7:** Análisis: Costo en la ejecución

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL DE PAGO (USD)	VALOR TOTAL DE COSTO (USD)	Δ
<b>3.1</b>	<b>Obras Preliminares</b>			
3.1.1	Limpieza del Área de Trabajo	\$ 14,586.93	\$ 14,586.93	\$ -
3.1.2	Demolición	\$ 13,913.18	\$ 13,913.18	\$ -
<b>3.2</b>	<b>Cimentaciones</b>			
3.2.1	Cimentaciones equipos	\$ 36,621.64	\$ 33,584.10	\$ 3,037.54
3.2.2	Cerco Perimétrico	\$ 17,701.69	\$ 18,304.45	\$ -602.76
<b>3.3</b>	<b>Canaletas y Ductos</b>			
3.3.1	Canaletas	\$ 20,255.41	\$ 18,834.23	\$ 1,421.18
3.3.2	Cajas de Tiro	\$ 10,275.02	\$ 10,372.34	\$ -97.32
3.3.3	Banco de Ductos para Cables	\$ 12,550.75	\$ 11,456.33	\$ 1,094.42
<b>3.4</b>	<b>Sardinell</b>	\$ 5,280.96	\$ 4,888.96	\$ 392.00
<b>3.5</b>	<b>Drenajes</b>	\$ 7,015.09	\$ 6,704.32	\$ 310.77
3.5.1	Cunetas	\$ 6,724.46	\$ 6,432.56	\$ 291.90
3.5.2	Cajas de Inspección	\$ 8,557.70	\$ 6,332.65	\$ 2,225.05
3.5.3	Tubería para Filtros	\$ 10,190.34	\$ 10,190.34	\$ -
<b>3.6</b>	<b>Obras Complementarias</b>	\$ 5,348.66	\$ 5,348.66	\$ -
3.6.2	Malla de tierra	\$ 9,692.38	\$ 10,342.56	\$ -650.18

<b>Promedio</b>	<b>530.1857</b>
<b>Desviacion (σ)</b>	<b>1059.4128</b>
<b>t</b>	<b>1.8725</b>
<b>P</b>	<b>0.04190</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.8:** Análisis: Tiempo en la ejecución

SEMANA	AVANCE PROYECTADO	AVANCE EJECUTADO	$\Delta$
SEMANA 01	0.25%	0.25%	0.00%
SEMANA 02	0.92%	0.85%	-0.07%
SEMANA 03	2.64%	2.22%	-0.42%
SEMANA 04	4.00%	3.17%	-0.83%
SEMANA 05	4.48%	3.36%	-1.12%
SEMANA 06	10.77%	8.94%	-1.83%
SEMANA 07	18.48%	17.77%	-0.71%
SEMANA 08	22.88%	24.93%	2.05%
SEMANA 09	30.99%	34.11%	3.12%
SEMANA 10	38.54%	39.67%	1.13%
SEMANA 11	48.57%	52.97%	4.40%
SEMANA 12	61.38%	63.41%	2.03%
SEMANA 13	78.46%	81.21%	2.75%
SEMANA 14	88.48%	91.04%	2.56%
SEMANA 15	96.85%	96.58%	-0.27%
SEMANA 16	100.00%	100.00%	0.00%

<b>Promedio</b>	<b>0.0080</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>0.0180</b>
<b>t</b>	<b>1.7757</b>
<b>P</b>	<b>0.04803</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.9:** Análisis: Nivel de aceptación de la metodología aplicada

ENCUESTADO	DATOS	ESCALA DE ANÁLISIS	$\Delta$
1	81.98	66	15.98
2	67.57	66	1.57
3	93.69	66	27.69
4	49.55	66	-16.45
5	100.00	66	34.00
6	74.77	66	8.77
7	81.98	66	15.98
8	69.37	66	3.37
9	63.96	66	-2.04
10	87.39	66	21.39
11	63.96	66	-2.04
12	74.77	66	8.77
13	49.55	66	-16.45
14	81.98	66	15.98
15	62.16	66	-3.84
16	63.96	66	-2.04
17	56.76	66	-9.24
18	63.96	66	-2.04
19	87.39	66	21.39
20	74.77	66	8.77
21	74.77	66	8.77
22	76.58	66	10.58
23	74.77	66	8.77
24	69.37	66	3.37

<b>Promedio</b>	<b>72.71</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>12.6893</b>
<b>t</b>	<b>2.5906</b>
<b>P</b>	<b>0.008175</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.10:** Análisis: Cantidad de incompatibilidades detectadas

DIAGNÓSTICO / CATEGORÍA	CANTIDAD DE INCOMPATIBILIDADES DETECTADAS (METODOLOGÍA TRADICIONAL)	CANTIDAD DE INCOMPATIBILIDADES DETECTADAS (METODOLOGÍA PROPUESTA)	$\Delta$
CATEGORÍA 01	00	01	01
CATEGORÍA 02	00	04	04
CATEGORÍA 03	02	10	08
CATEGORÍA 04	01	01	00
CATEGORÍA 05	00	02	02
CATEGORÍA 06	00	01	01
CATEGORÍA 07	01	01	00
CATEGORÍA 08	00	05	05
CATEGORÍA 09	13	13	00

<b>Promedio</b>	<b>2.2897</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>2.7641</b>
<b>t</b>	<b>2.4851</b>
<b>P</b>	<b>0.018905</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla M.11:** Análisis: Cantidad de dificultades previstas con anticipación

DIAGNÓSTICO / CATEGORÍA	CANTIDAD DE DIFICULTADES PREVISTAS (METODOLOGÍA TRADICIONAL)	CANTIDAD DE DIFICULTADES PREVISTAS (METODOLOGÍA PROPUESTA)	$\Delta$
CATEGORÍA 01	00	03	03
CATEGORÍA 02	01	02	01
CATEGORÍA 03	01	02	01
CATEGORÍA 04	01	02	01
CATEGORÍA 05	00	03	03
CATEGORÍA 06	02	03	01
CATEGORÍA 07	01	02	01
CATEGORÍA 08	00	04	04
CATEGORÍA 09	00	05	05

<b>Promedio</b>	<b>2.2222</b>
<b>Desviacion (<math>\sigma</math>)</b>	<b>1.5635</b>
<b>t</b>	<b>4.2640</b>
<b>P</b>	<b>0.001373</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Anexo N:** DOCUMENTOS ADICIONALES: Carta de autorización de implementación de la metodología

“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR GRAU”

**EMPRESA:** CONSTRUCCIONES ELECTROMECÁNICAS DELCROSA S.A.  
**DIRECCIÓN:** Av. Argentina 1515 – LIMA  
**ATENCIÓN:** ING. RONNIE PALOMINO ORÚE  
 Ing. Asistente de Proyectos



Yo, Bach. Víctor Raúl Calle Velez, asistente civil de la obra: “AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO” que su representada ejecuta, solicito respetuosamente autorización para implementar una metodología de trabajo en la ejecución de la obra en mención, que será en directo beneficio del correcto desarrollo de la obra.

La metodología consiste en la implementación de tecnologías y herramientas BIM en la ejecución diaria de partidas, al mismo tiempo se aplicarán encuestas formalizas con únicos fines investigativos, no afectando el normal desarrollo de actividades ni requiriendo insumos adicionales.

La implementación se realizará en todo momento con el acompañamiento y supervisión del Ing. J. Ricardo Rivera Ortega, Ing. Residente de Obra, quien respalda el directo beneficio que la implementación brindará a la obra.

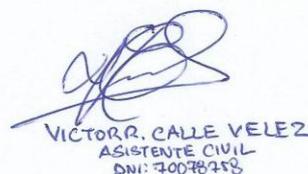
Desde ya agradezco su disposición y colaboración, siendo muy importante para el desarrollo del proyecto.

Puno, 01 de setiembre del 2016

Atentamente,



Juan R. Rivera O.  
RESIDENTE CIVIL  
CIP. 87544



VICTOR R. CALLE VELEZ  
ASISTENTE CIVIL  
DNI: 70078758

**Anexo O: DOCUMENTOS ADICIONALES: Acta de aprobación - ISA PDI**



PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DEL PERU -PDI

**ACTA DE REUNIÓN N° 09**

**1. Datos generales:**

**Proyecto / proceso:** "INSTALACIÓN DE BANCOS DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA SUBESTACIÓN PUNO", DEL PROYECTO AMPLIACIÓN 17

**Asunto:** Reunión de línea de mando del proyecto AM17-PUNO  
**Código N°:** PE-AM17-GP077-AC09  
**Lugar:** SUBESTACION PUNO  
**Fecha:** 02 de Septiembre del 2016  
**Hora Inicio:** 10:00 a.m.  
**Hora Fin:** 11:00 a.m.

**2. Participantes:**

N°	Nombres y apellidos	Cargo	Empresa	Firma
01	Aristides Chávez Zegarra	Supervisor HSE	ISA-PDI	
02	Ricardo Rivera Ortega	Residente de Obra	DELCROSA S.A.	
03	Aldo Moscol Noblecilla	Supervisor HSE	DELCROSA S.A.	
04	Victor Raul Calle Velez	Asistente civil	DELCROSA S.A.	

Revisión 02  
 Aprobado el 30 de octubre del 2012



02	PUKUNI programará primera inspección ocular del ministerio de cultura el 05.08.16. Se reprograma para el miércoles 10.08.16. Se realizó visita DDC	PUKUNI	10/08/16	Cerrado
----	--	--------	----------	---------

N°	03 Asuntos de Ingeniería/Calidad	Responsable	Plazo	Estado
02	PDI Solicita a DELCROSA los certificados de calibración de los equipos empleados en el proyecto (nivel topográfico, estación total, etc). DELCROSA indica que hizo la entrega el jueves 21 de Julio. PDI indica que se viene entregando la documentación solicitada progresivamente.	DELCROSA		Abierto
03	PDI solicita a DELCROSA regularizar los protocolos de remoción de grava, trazo y replanteo y excavación que a la fecha se vienen realizando. DELCROSA indica que requiere sincerar los protocolos para presentar a PDI. PDI autoriza los formatos propuestos, DELCROSA se pondrá al corriente con los protocolos el 01.08.16. se presentó documentación, se realizará de manera progresiva.	PDI- DELCROSA		Abierto
04	PDI solicita la hoja técnica y de calidad de los materiales a utilizar en Obra. DELCROSA se pondrá al corriente el 03.08.16. Se presentó documentación, y se presentará de manera paulatina de acuerdo al avance de obra	DELCROSA		Abierto
05	PDI solicita fecha de presencia en obra de Ing. De calidad y técnico de calidad, DELCROSA indica que el ing. De calidad 12.08.16 y técnico el 09.08.16 DELCROSA indica que presentara hoja de vida Ing. De calidad el 17.08.16 en la parte técnica DELCROSA se apoyara en un laboratorio local: "laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano" y presentará documentación el 16.08.16. PDI indica que enviará comunicación formal a la coordinación DELCROSA solicitando la presencia de ing. De calidad en Obra. PDI solicita la presencia del Ing. De calidad para el día jueves 25.08.16 DELCROSA menciona que el personal de cambio (ing. de calidad) cumple con los requisitos que solita REP, estando a la espera de la aprobación por parte de ISA REP lima	DELCROSA		Abierto
06	DELCROSA. Informa sobre la implementación en obra de la metodología BIM propuesta por el asistente civil Victor Calle Velez a partir de 02.10.16 quien expresa el beneficio directo a la obra. La información obtenida sera de extricto uso investigativo. PDI aprueba la propuesta	DELCROSA		Cerrado
07	PDI solicita ingeniería y procedimientos de montaje (estructuras y ductería) para corroborar instalaciones a realizar con instalaciones civiles. DELCROSA presentara información preliminar 13.08.16. PDI solicita la presentación de los procedimientos de montaje para su revisión. DELCROSA presentará dichos procedimientos hasta el 25.08.16. DELCROSA presentó dichos procedimientos estando pendientes algunos. PDI los viene revisando para	DELCROSA		Abierto.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Revisión 02  
Aprobado el 30 de octubre del 2012

**Anexo P: DOCUMENTOS ADICIONALES: Certificado de trabajo**

**CERTIFICADO DE TRABAJO**

El que suscribe, certifica que el Sr.:

**CALLE VELEZ, VICTOR RAUL**

Identificado con D.N.I. N° **70078758**, laboró en nuestra Empresa desde el 15 de Agosto del 2016 hasta el 14 de Noviembre del 2016 dejando de laborar por TERMINO DE OBRA O SERVICIO habiéndose desempeñado en el cargo de

**ASISTENTE DE RESIDENTE**

Se expide el presente a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Lima, 14 de Noviembre de 2016.

Construcciones Electromecánicas  
DELCROSA S.A.  
*Carlos Enrique Palo Jimenez*  
JEFE DE GESTION HUMANA



FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TRANSFORMADORES

CONSTRUCCIONES ELECTROMECÁNICAS DELCROSA S.A.

Av. Argentina N° 1515 Lima 01 - Perú - Central: (+511) 336-6614 R.P.C. 983086411 / 988666261 / 975546553 - ventas@dalcrosa.com.pe

www.dalcrosa.com.pe

**Anexo Q: DOCUMENTOS ADICIONALES: Carta de felicitación**

“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR GRAU”

**CARTA DE FELICITACIÓN**

La Residencia de la Obra: “AMPLIACIÓN 17 INSTALACIÓN DE BANCO DE COMPENSACIÓN CAPACITIVA EN LA S.E. PUNO”, contrato PE-AM17-GP077, representada por el Ing. Juan Ricardo Rivera Ortega, envía su más sincera felicitación:

Al **Bach. Ing. Víctor Raúl Calle Velez** Identificado con DNI N° 70078758, por su desempeño laboral e implementación de la metodología de trabajo BIM en la ejecución de la obra que este despacho dirigió satisfactoriamente, obteniéndose resultados positivos en bien del correcto desarrollo de la obra.

Puno, 15 de noviembre del 2016

Atentamente,



**DELCROSA S.A.**  
Juan R. Rivera O.  
RESIDENTE CIVIL  
CIP. 87544

CONSTRUCCIONES ELECTROMECÁNICAS DELCROSA S.A.

Av. Argentina 1515 Lima | Perú T. ++511 336 6614 F. ++511 336 8189 N. 51°112'8070 / 51°827'5307 postmast@delcrosa.com.pe

[www.delcrosa.com.pe](http://www.delcrosa.com.pe)

**Anexo R: REGISTRO FOTOGRÁFICO: Aplicación de la metodología**



**Fotografía R.1:** Sesión ICE con los principales involucrados – Planeamiento inicial



**Fotografía R.2:** Sesión ICE con los principales involucrados – Control de Producción



**Fotografía R.3:** Sesión de capacitación a la mano de obra



**Fotografía R.4:** Sesión de capacitación a la línea de mando



**Fotografía R.5:** Imagen panorámica de la obra – Cimentaciones



**Fotografía R.6:** Imagen panorámica de la obra – Instalación de Equipos



**Fotografía R.7:** Grupo de Trabajo



**Fotografía R.8:** Grupo de Trabajo



**Fotografía R.9:** Dirección y acompañamiento en ejecución de partidas