

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

Incorporación de la metodología BIM LOD 350 en la optimización de presupuestos de construcción en una obra pública Abancay - Apurímac - 2022

**Asesor:**

Msc. Maldonado Mendivil, Ángel

**Autor:**

Layme Sucñier, Darío

**Para optar el Título Profesional de:**

Ingeniero Civil

**Abancay – Apurímac – Perú**

**2026**

## Acta de Sustentación



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 036

En la ciudad de Abancay, a los treinta (30) días del mes de junio del 2026, siendo las 5:00 pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0506-2026-EPIC-FI-UTEA-SA de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería:

|                |                                      |
|----------------|--------------------------------------|
| Presidente :   | Mag. Américo ROLDÁN JUÁREZ           |
| Dictaminante : | Mag. Willy Silvestre LEGUÍA VALVERDE |
| Replicante :   | Mag. Veriosca HERRERA PONCE          |

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada: *Incorporación de la metodología BIM LOD 350 en la optimización de presupuestos de construcción en una obra pública Abancay - Apurímac - 2022*

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: LAYME SUCÑIER, DARIO

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO(S) ☒ o DESAPROBADO(S) ☐.

Emitiéndose el calificativo final de:

| Bachiller                | Nota | Detalle (**) |
|--------------------------|------|--------------|
| Br. LAYME SUCÑIER, DARIO | 12   | Aprobado     |

Siendo las 06:15 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Américo ROLDÁN JUÁREZ

(.....)

Dictaminante: Mag. Willy Silvestre LEGUÍA VALVERDE

(.....)

Replicante: Mag. Veriosca HERRERA PONCE

(.....)

**Nota:** Desaprobado: 0-10; Aprobado: 11-20

(\*\*): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

## Reporte de Similitud

**Dario Layme Sucnier**

### TESIS CON DEPOSITO

 Incorporación de la metodología BIM LOD 350 en la optimización de presupuestos de construcción en una obra pública Abancay - Apurí...

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:607685813

Fecha de entrega

13 jul 2026, 19:00 GMT-5

Fecha de descarga

13 jul 2026, 19:05 GMT-5

Nombre del archivo

TESIS CON DEPOSITO.pdf

Tamaño del archivo

12.7 MB

262 páginas

105.872 palabras

455.233 caracteres

## 13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

#### Fuentes principales

10%  Fuentes de Internet

4%  Publicaciones

9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Metadatos

| Datos del autor                                  |   |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Apellidos y Nombres                              | : | Layme Sucñier, Darío                                                                                |
| Tipo de documento de identidad                   | : | DNI                                                                                                 |
| Número de documento de identidad                 | : | 48649157                                                                                            |
| URL ORCID                                        | : | <a href="https://orcid.org/0009-0003-0296-7493">https://orcid.org/0009-0003-0296-7493</a>           |
| Datos del Asesor                                 |   |                                                                                                     |
| Apellidos y Nombres                              | : | Maldonado Mendívil, Ángel                                                                           |
| Tipo de documento de identidad                   | : | DNI                                                                                                 |
| Número de documento de identidad                 | : | 06788424                                                                                            |
| URL ORCID                                        | : | <a href="https://orcid.org/0000-0001-9002-1910">https://orcid.org/0000-0001-9002-1910</a>           |
| Datos de la investigación                        |   |                                                                                                     |
| Facultad                                         |   | Ingeniería                                                                                          |
| Escuela Profesional                              |   | Ingeniería Civil                                                                                    |
| Línea de Investigación                           |   | Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible                                         |
| Rango de años en que se realizó la investigación |   | 2024-2025                                                                                           |
| Fuente de financiamiento                         | : | Autofinanciado                                                                                      |
| Porcentaje de similitud                          |   | 13%                                                                                                 |
| URL de OCDE                                      |   | <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a> |

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi luz en cada etapa del camino.

A mis padres, Mario e Irma, por su apoyo incansable, su sacrificio y su amor incondicional, que hicieron posible la culminación de este proyecto. A mi novia Julieth, por su amor sin límites, su paciencia y su aliento constante en cada momento difícil.

Asimismo, dedico esta tesis con orgullo y cariño a toda la familia Layme Sucñier, por ser un ejemplo de unidad, perseverancia y valores que me enorgullecen profundamente.

## **Agradecimientos**

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor y a todos mis docentes, por su valiosa guía, su dedicación y los conocimientos compartidos a lo largo de esta investigación, los cuales fueron fundamentales para alcanzar este logro.

A toda la familia Layme Sucñier, por su paciencia, comprensión, aliento y apoyo incondicional en los momentos más desafiantes de este camino, siendo siempre un soporte invaluable en mi vida personal y académica. A mis amigos, por estar presentes en cada momento, por las palabras de ánimo, la compañía y la confianza depositada en mí, que fueron fuente de motivación para seguir adelante.

## **Resumen**

La presente tesis tuvo como objetivo analizar el impacto de la metodología BIM LOD 350 en la planificación de metrados, identificación de interferencias y programación de actividades en un proyecto público, con miras a optimizar el presupuesto de construcción.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, dado que se aplicó la metodología BIM LOD 350 sobre un expediente técnico existente para medir su impacto en las variables de estudio. El método utilizado fue el hipotético-deductivo, partiendo de hipótesis sobre la mejora en precisión de metrados, reducción de costos por interferencias y optimización de tiempos, para su posterior verificación mediante los softwares Revit, Navisworks y Delphin Express.

Se compararon los metrados obtenidos mediante modelado en Revit con los del expediente técnico, se detectaron interferencias con Navisworks y se evaluaron los tiempos de ejecución con Delphin Express. Los resultados mostraron que la mayor variación en metrados se dio en los equipos (25,60 %), seguidos de los materiales (7,68 %) y la mano de obra (7,55 %), evidenciando una mejora en la precisión del cálculo de insumos. Se identificaron 29 interferencias, cuya resolución en etapa de diseño representó un ahorro del 44,31 % en costos de retrabajo. La programación con BIM presentó un incremento de 265 días, debido a una mayor precisión en la secuencia constructiva.

Se concluye que la implementación de BIM LOD 350 contribuye significativamente a mejorar la precisión de los insumos, reducir costos y optimizar la planificación de obra.

**Palabras clave:** BIM, Presupuesto, Programación, Interferencias, Obra pública

## **Abstract**

The present thesis aimed to analyze the impact of the BIM LOD 350 methodology on quantity takeoff planning, clash detection, and activity scheduling in a public project, with a view to optimizing the construction budget.

The research was conducted under a quantitative approach, of applied type, since the BIM LOD 350 methodology was applied to an existing technical file to measure its impact on the study variables. The method used was hypothetical-deductive, starting from hypotheses about the improvement in quantity takeoff accuracy, cost reduction due to clashes, and time optimization, for subsequent verification through the software Revit, Navisworks, and Delphin Express.

The quantities obtained through Revit modeling were compared with those from the technical file, clashes were detected using Navisworks, and execution times were evaluated with Delphin Express. The results showed that the greatest variation in quantity takeoffs occurred in equipment (25.60%), followed by materials (7.68%) and labor (7.55%), evidencing an improvement in the accuracy of input calculations. A total of 29 clashes were identified, whose resolution at the design stage represented a savings of 44.31% in rework costs. The BIM-based scheduling showed an increase of 265 days, due to greater precision in the construction sequence.

It is concluded that the implementation of BIM LOD 350 significantly contributes to improving input accuracy, reducing costs, and optimizing construction planning.

**Keywords:** BIM, Budget, Scheduling, Interferences, Public works

## Índice general

|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| Portada .....                                     | i     |
| Acta de Sustentación .....                        | ii    |
| Reporte de Similitud.....                         | iii   |
| Metadatos .....                                   | iv    |
| Dedicatoria .....                                 | v     |
| Agradecimientos .....                             | vi    |
| Resumen .....                                     | vii   |
| Abstract .....                                    | viii  |
| Índice general.....                               | ix    |
| Índice de Tablas.....                             | xi    |
| Índice de Figuras .....                           | xviii |
| I. Introducción.....                              | 1     |
| II. Planteamiento del problema.....               | 2     |
| 2.1. Descripción y formulación del problema ..... | 2     |
| 2.2. Objetivos .....                              | 3     |
| 2.2.1. Objetivo General .....                     | 3     |
| 2.2.2. Objetivos Específicos .....                | 3     |
| 2.3. Justificación e importancia .....            | 4     |
| 2.4. Hipótesis.....                               | 5     |
| 2.5. Variables .....                              | 5     |
| III. Marco teórico.....                           | 8     |
| 3.1. Antecedentes.....                            | 8     |
| 3.2. Bases teóricas.....                          | 15    |
| 3.3. Definición de términos.....                  | 33    |
| IV. Metodología de investigación .....            | 36    |
| 4.1. Tipo y nivel de investigación .....          | 36    |
| 4.2. Ámbito temporal y espacial.....              | 37    |
| 4.3. Población y muestra.....                     | 37    |
| 4.4. Instrumentos.....                            | 38    |
| 4.5. Procedimientos .....                         | 39    |
| 4.6. Análisis de datos.....                       | 72    |
| 4.7. Consideraciones éticas .....                 | 80    |

|              |                                    |           |
|--------------|------------------------------------|-----------|
| <b>V.</b>    | <b>Resultados y discusión.....</b> | <b>81</b> |
| <b>VI.</b>   | <b>Conclusiones.....</b>           | <b>89</b> |
| <b>VII.</b>  | <b>Recomendaciones.....</b>        | <b>91</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>Referencias .....</b>           | <b>93</b> |
| <b>IX.</b>   | <b>Anexos.....</b>                 | <b>99</b> |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Presupuesto a nivel de costo directo con CUI 303467</i> .....                                                               | 39  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Relación de insumos - mano de obra del expediente técnico</i> .....                                                         | 42  |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Relación de insumos - materiales del expediente técnico</i> .....                                                           | 42  |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Relación de insumos - equipos del expediente técnico</i> .....                                                              | 46  |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Metrado de acero corrugado en vigas del bloque 2 y 3 en Revit</i> .....                                                     | 52  |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Metrado de concreto en columnas en el bloque 1 en Revit</i> .....                                                           | 53  |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Metrado de encofrado en sobrecimientos en el bloque 2y3 en Revit</i> .....                                                  | 53  |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Metrado de cielo raso con baldosa superboard en el bloque 4 en Revit</i> .....                                              | 54  |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Metrado de red de desagüe en obras exteriores en Revit</i> .....                                                            | 55  |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Metrado de tuberías en sistema fotovoltaico en Revit</i> .....                                                             | 55  |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Metrado de tuberías en sistema fotovoltaico en Revit</i> .....                                                             | 56  |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Relación de insumos - mano de obra del Delphin Express</i> .....                                                           | 58  |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Relación de insumos - materiales del expediente técnico</i> .....                                                          | 59  |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Relación de insumos - equipos de Delphin Express</i> .....                                                                 | 63  |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Resumen de Variación Porcentual de metrados</i> .....                                                                      | 72  |
| <b>Tabla 16.</b> <i>Variación de costo de mano de obra (insumos iniciales vs insumos con LOD350)</i><br>.....                                  | 74  |
| <b>Tabla 17.</b> <i>Variación de costo de equipos (insumos iniciales vs insumos con LOD350)</i> ....                                           | 75  |
| <b>Tabla 18.</b> <i>Cómputo de ampliaciones de plazo y plazo real ejecutado</i> .....                                                          | 79  |
| <b>Tabla 19.</b> <i>Resumen de afectación de los metrados en los insumos</i> .....                                                             | 82  |
| <b>Tabla 20.</b> <i>Resumen de identificación del costo de solución de interferencias</i> .....                                                | 83  |
| <b>Tabla 21.</b> <i>Resumen de duración de actividades</i> .....                                                                               | 85  |
| <b>Tabla 22.</b> <i>Matriz de Consistencia</i> .....                                                                                           | 99  |
| <b>Tabla 23.</b> <i>Solicitudes de Requerimiento de Información de Incompatibilidades -<br/>arquitectura vs instalaciones sanitarias</i> ..... | 100 |
| <b>Tabla 24.</b> <i>Solicitudes de Requerimiento de Información de Incompatibilidades -<br/>arquitectura vs instalaciones eléctricas</i> ..... | 102 |
| <b>Tabla 25.</b> <i>Solicitudes de Requerimiento de Información de Incompatibilidades - estructuras<br/>vs instalaciones sanitarias</i> .....  | 105 |
| <b>Tabla 26.</b> <i>Solicitudes de Requerimiento de Información de Incompatibilidades - estructuras<br/>vs instalaciones eléctricas</i> .....  | 119 |

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 27.</b> <i>Solicitudes de Requerimiento de Información de Incompatibilidades - instalaciones sanitarias vs instalaciones eléctricas .....</i>                                               | 123 |
| <b>Tabla 28.</b> <i>Metrados de estructuras del Expediente Técnico.....</i>                                                                                                                          | 130 |
| <b>Tabla 29.</b> <i>Metrados de arquitectura del Expediente Técnico.....</i>                                                                                                                         | 134 |
| <b>Tabla 30.</b> <i>Metrados de instalaciones sanitarias del Expediente Técnico.....</i>                                                                                                             | 138 |
| <b>Tabla 31.</b> <i>Metrados de instalaciones eléctricas del Expediente Técnico .....</i>                                                                                                            | 140 |
| <b>Tabla 32.</b> <i>Metrados de estructuras de Revit .....</i>                                                                                                                                       | 142 |
| <b>Tabla 33.</b> <i>Metrados de arquitectura de Revit .....</i>                                                                                                                                      | 146 |
| <b>Tabla 34.</b> <i>Metrados de instalaciones sanitarias de Revit .....</i>                                                                                                                          | 149 |
| <b>Tabla 35.</b> <i>Metrados de instalaciones eléctricas de Revit .....</i>                                                                                                                          | 152 |
| <b>Tabla 36.</b> <i>Presupuesto de estructuras del Expediente Técnico .....</i>                                                                                                                      | 154 |
| <b>Tabla 37.</b> <i>Presupuesto de arquitectura del Expediente Técnico .....</i>                                                                                                                     | 157 |
| <b>Tabla 38.</b> <i>Presupuesto de instalaciones sanitarias del Expediente Técnico .....</i>                                                                                                         | 161 |
| <b>Tabla 39.</b> <i>Presupuesto de instalaciones eléctricas del Expediente Técnico.....</i>                                                                                                          | 164 |
| <b>Tabla 40.</b> <i>Presupuesto de estructuras de Delphin Express .....</i>                                                                                                                          | 166 |
| <b>Tabla 41.</b> <i>Presupuesto de arquitectura de Delphin Express .....</i>                                                                                                                         | 169 |
| <b>Tabla 42.</b> <i>Presupuesto de instalaciones sanitarias de Delphin Express .....</i>                                                                                                             | 173 |
| <b>Tabla 43.</b> <i>Presupuesto de instalaciones eléctricas de Revit .....</i>                                                                                                                       | 176 |
| <b>Tabla 44.</b> <i>Variación Porcentual de metrados.....</i>                                                                                                                                        | 181 |
| <b>Tabla 45.</b> <i>Variación de costo de materiales (insumos iniciales vs insumos con LOD350) .....</i>                                                                                             | 193 |
| <b>Tabla 46.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 01: Tubería de Ø 2” del Sistema de Desagüe (Ventilación) intercepta con la pared entre los bloques 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....</i> | 203 |
| <b>Tabla 47.</b> <i>CC: Interferencia RFI N° 01: Tubería de Ø 2” del Sistema de Desagüe (Ventilación) intercepta con la pared entre los bloques 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....</i> | 203 |
| <b>Tabla 48.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 02: Tubería de Ø 2” del sistema de desagüe intercepta con la pared en el Bloque 1, Aula de Docentes.....</i>                                            | 204 |
| <b>Tabla 49.</b> <i>CC: Interferencia RFI N° 02: Tubería de Ø 2” del sistema de desagüe intercepta con la pared en el Bloque 1, Aula de Docentes.....</i>                                            | 204 |
| <b>Tabla 50.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 03: Lavamanos fijo de concreto intercepta con la pared en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....</i>                               | 204 |

|                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 51.</b> CC: Interferencia RFI N° 03: Lavamanos fijo de concreto intercepta con la pared en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                            | 204 |
| <b>Tabla 52.</b> FE: Interferencia RFI N° 04: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                        | 205 |
| <b>Tabla 53.</b> CC: Interferencia RFI N° 04: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                        | 205 |
| <b>Tabla 54.</b> FE: Interferencia RFI N° 05: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en la cual está ubicado el tablero en el Bloque 1 (Bloque Aula Docentes).....                                        | 205 |
| <b>Tabla 55.</b> CC: Interferencia RFI N° 05: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en la cual está ubicado el tablero en el Bloque 1 (Bloque Aula Docentes).....                                        | 205 |
| <b>Tabla 56.</b> FE: Interferencia RFI N° 06: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en la cual está ubicado el tablero en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                      | 206 |
| <b>Tabla 57.</b> CC: Interferencia RFI N° 06: Tubería PVC eléctricas Ø 1 1/4" intercepta con la pared en la cual está ubicado el tablero en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                      | 206 |
| <b>Tabla 58.</b> FE: Interferencia RFI N° 07: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta con una caja de registro de desagüe 12" x 24" en construcción en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) ..... | 206 |
| <b>Tabla 59.</b> CC: Interferencia RFI N° 07: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta con una caja de registro de desagüe 12" x 24" en construcción en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) ..... | 206 |
| <b>Tabla 60.</b> FE: Interferencia RFI N° 08: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta cimientto con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) .....                               | 207 |
| <b>Tabla 61.</b> CC: Interferencia RFI N° 08: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta cimientto con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) .....                               | 207 |
| <b>Tabla 62.</b> FE: Interferencia RFI N° 09: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta cimientto con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) .....                               | 207 |
| <b>Tabla 63.</b> CC: Interferencia RFI N° 09: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" intercepta cimientto con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) .....                               | 207 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 64.</b> FE: Interferencia RFI N° 10: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                        | 208 |
| <b>Tabla 65.</b> CC: Interferencia RFI N° 10: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                        | 208 |
| <b>Tabla 66.</b> FE: Interferencia RFI N° 11: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) ..         | 208 |
| <b>Tabla 67.</b> CC: Interferencia RFI N° 11: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) ..         | 208 |
| <b>Tabla 68.</b> FE: Interferencia RFI N° 12: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) en el Bloque 1 (Aula de Docentes) .....                                                                               | 209 |
| <b>Tabla 69.</b> CC: Interferencia RFI N° 12: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de ventilación) intercepta con una viga de estructuras (corta acero) en el Bloque 1 (Aula de Docentes) .....                                                                               | 209 |
| <b>Tabla 70.</b> FE: Interferencia RFI N° 13: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" (sistema de desagüe) intercepta con una columna (corta acero) de estructuras y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) ..          | 209 |
| <b>Tabla 71.</b> CC: Interferencia RFI N° 13: Tubería PVC salida para desagüe Ø 4" (sistema de desagüe) intercepta con una columna (corta acero) de estructuras y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....       | 209 |
| <b>Tabla 72.</b> FE: Interferencia RFI N° 14: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de desagüe) intercepta con una viga de conexión (corta acero) en estructuras y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) ..... | 210 |
| <b>Tabla 73.</b> CC: Interferencia RFI N° 14: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de desagüe) intercepta con una viga de conexión (corta acero) en estructuras y cimiento con concreto ciclópeo de 25% de piedra de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad) ..... | 210 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 74.</b> FE: Interferencia RFI N° 15: Tubería PVC salida para agua fría Ø 3/4" (sistema de agua fría) intercepta con la columna (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                    | 210 |
| <b>Tabla 75.</b> CC: Interferencia RFI N° 15: Tubería PVC salida para agua fría Ø 3/4" (sistema de agua fría) intercepta con la columna (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                    | 211 |
| <b>Tabla 76.</b> FE: Interferencia RFI N° 16: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una viga de conexión (corta acero) de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                                                 | 211 |
| <b>Tabla 77.</b> CC: Interferencia RFI N° 16: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una viga de conexión (corta acero) de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                                                 | 211 |
| <b>Tabla 78.</b> FE: Interferencia RFI N° 17: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de desagüe) intercepta con la columna (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                          | 211 |
| <b>Tabla 79.</b> CC: Interferencia RFI N° 17: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema de desagüe) intercepta con la columna (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                          | 212 |
| <b>Tabla 80.</b> FE: Interferencia RFI N° 18: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una columneta de confinamiento (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                     | 212 |
| <b>Tabla 81.</b> CC: Interferencia RFI N° 18: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una columneta de confinamiento (corta acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                     | 212 |
| <b>Tabla 82.</b> FE: Interferencia RFI N° 19: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema desagüe) intercepta con una viga de conexión (corta acero) de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                                                     | 213 |
| <b>Tabla 83.</b> CC: Interferencia RFI N° 19: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema desagüe) intercepta con una viga de conexión (corta acero) de estructura en el Bloque 4 (Bloque Psicomotricidad).....                                                                     | 213 |
| <b>Tabla 84.</b> FE: Interferencia RFI N° 20: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una viga de cimentación de concreto ciclópeo (25% de piedra) y con una columna de confinamiento en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica)..... | 213 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 85.</b> CC: Interferencia RFI N° 20: Tubería PVC salida para desagüe Ø 2" (sistema ventilación) intercepta con una viga de cimentación de concreto ciclópeo (25% de piedra) y con una columna de confinamiento en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica)..... | 213 |
| <b>Tabla 86.</b> FE: Interferencia RFI N° 21: Tubería PVC salida para agua fría Ø 1" (sistema agua fría) intercepta con la losa maciza (corta acero) de estructura en el Bloque Exteriores (Tanque Elevado) .....                                                                     | 214 |
| <b>Tabla 87.</b> CC: Interferencia RFI N° 21: Tubería PVC salida para agua fría Ø 1" (sistema agua fría) intercepta con la losa maciza (corta acero) de estructura en el Bloque Exteriores (Tanque Elevado) .....                                                                     | 214 |
| <b>Tabla 88.</b> FE: Interferencia RFI N° 22: Tubería y accesorios de electricidad (que unen el tablero general con el tablero de distribución) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 1 (Aula de Docentes) .....                                                  | 214 |
| <b>Tabla 89.</b> CC: Interferencia RFI N° 22: Tubería y accesorios de electricidad (que unen el tablero general con el tablero de distribución) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 1 (Aula de Docentes) .....                                                  | 215 |
| <b>Tabla 90.</b> FE: Interferencia RFI N° 23: Tubería de electricidad (luminarias) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                                                         | 215 |
| <b>Tabla 91.</b> CC: Interferencia RFI N° 23: Tubería de electricidad (luminarias) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                                                         | 215 |
| <b>Tabla 92.</b> FE: Interferencia RFI N° 24: Tubería PVC eléctricas 1 ½" (luminarias) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                                                     | 215 |
| <b>Tabla 93.</b> CC: Interferencia RFI N° 24: Tubería PVC eléctricas 1 ½" (luminarias) intercepta con la viga (acero) de estructura en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                                                     | 216 |
| <b>Tabla 94.</b> FE: Interferencia RFI N° 25: Accesorio de electricidad (curvo) intercepta con la viga de conexión (acero) de estructura en Dirección, Tópico y Aula Pedagógica.....                                                                                                  | 216 |
| <b>Tabla 95.</b> CC: Interferencia RFI N° 25: Accesorio de electricidad (curvo) intercepta con la viga de conexión (acero) de estructura en Dirección, Tópico y Aula Pedagógica.....                                                                                                  | 216 |
| <b>Tabla 96.</b> FE: Interferencia RFI N° 26: Interruptor de electricidad intercepta con el aparato sanitario (lavatorio) en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....                                                                                              | 216 |
| <b>Tabla 97.</b> CC: Interferencia RFI N° 26: Interruptor de electricidad intercepta con el aparato sanitario (lavatorio) en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica).....                                                                                               | 217 |

|                                                                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 98.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 27: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....</i> | 217 |
| <b>Tabla 99.</b> <i>CC: Interferencia RFI N° 27: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 2 y 3 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....</i> | 217 |
| <b>Tabla 100.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 28: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 1 (Aula de Docentes).....</i>                        | 218 |
| <b>Tabla 101.</b> <i>CC: Interferencia RFI N° 28: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 1 (Aula de Docentes).....</i>                        | 218 |
| <b>Tabla 102.</b> <i>FE: Interferencia RFI N° 29: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 4 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....</i>    | 218 |
| <b>Tabla 103.</b> <i>CC: Interferencia RFI N° 29: Tubería PVC eléctricas 1 ½" intercepta con la tubería PVC sal para agua fría Ø 1" del sistema de agua fría en el Bloque 4 (Dirección, Tópico y Aula Pedagógica) .....</i>    | 218 |
| <b>Tabla 104.</b> <i>Resumen costo de solución de interferencias. ....</i>                                                                                                                                                     | 219 |
| <b>Tabla 105.</b> <i>Comparación de duración de actividades .....</i>                                                                                                                                                          | 220 |
| <b>Tabla 106.</b> <i>Estimación de duración de mayores metrados.....</i>                                                                                                                                                       | 236 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Modelo BIM</i> .....                                                            | 16 |
| <b>Figura 2.</b> <i>Resumen de acciones Plan BIM Perú</i> .....                                     | 18 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Aplicaciones para crear y gestionar un Modelo BIM</i> .....                     | 18 |
| <b>Figura 4.</b> <i>BIM Project Ejecution Planning Guide</i> .....                                  | 19 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Modelo BIM Revit con vista 3D, en planta, corte y cuadro de vanos</i> .....     | 21 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Colaboración y coordinación BIM con Navisworks</i> .....                        | 22 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Diagrama de Gantt de un proyecto de construcción</i> .....                      | 24 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Metrados y presupuestos BIM – REVIT con Delphin Express</i> .....               | 25 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Esquema presupuestal</i> .....                                                  | 26 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Esquema de costos</i> .....                                                    | 28 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Clasificación de los costos indirectos</i> .....                               | 30 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Clasificación de gastos generales</i> .....                                    | 31 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Render con vista isométrica del proyecto educativo</i> .....                   | 40 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Porcentaje de incidencia por grupo de insumos del expediente técnico</i> ..... | 46 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Monto por grupo de insumos del expediente técnico</i> .....                    | 47 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Monto por mano de obra del expediente técnico</i> .....                        | 47 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Porcentaje de incidencia por mano de obra del expediente técnico</i> .....     | 47 |
| <b>Figura 18.</b> <i>Porcentaje de incidencia por materiales del expediente técnico</i> .....       | 48 |
| <b>Figura 19.</b> <i>Monto por materiales del expediente técnico</i> .....                          | 48 |
| <b>Figura 20.</b> <i>Porcentaje de incidencia por equipos del expediente técnico</i> .....          | 49 |
| <b>Figura 21.</b> <i>Monto por equipos del expediente técnico</i> .....                             | 49 |
| <b>Figura 22.</b> <i>Programación de obra del expediente técnico</i> .....                          | 50 |
| <b>Figura 23.</b> <i>Partidas, metrados BIM y APU's cargados en el Software Delphin Express</i> ... | 56 |
| <b>Figura 24.</b> <i>Relación de insumos generada por el Software Delphin Express</i> .....         | 58 |
| <b>Figura 25.</b> <i>Porcentaje de incidencia por grupo de insumos de Delphin Express</i> .....     | 63 |
| <b>Figura 26.</b> <i>Monto por grupo de insumos de Delphin Express</i> .....                        | 63 |
| <b>Figura 27.</b> <i>Monto por mano de obra de Delphin Express</i> .....                            | 64 |
| <b>Figura 28.</b> <i>Porcentaje de incidencia por mano de obra de Delphin Express</i> .....         | 64 |
| <b>Figura 29.</b> <i>Porcentaje de incidencia por materiales de Delphin Express</i> .....           | 64 |
| <b>Figura 30.</b> <i>Monto por materiales de Delphin Express</i> .....                              | 65 |
| <b>Figura 31.</b> <i>Porcentaje de incidencia por equipos de Delphin Express</i> .....              | 65 |
| <b>Figura 32.</b> <i>Monto por equipos de Delphin Express</i> .....                                 | 66 |

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 33.</b> <i>Duración de actividades determinado en Delphin Express.....</i>    | 67  |
| <b>Figura 34.</b> <i>Elementos estructurales importados a Navisworks .....</i>          | 68  |
| <b>Figura 35.</b> <i>Elementos arquitectónicos importados a Navisworks .....</i>        | 69  |
| <b>Figura 36.</b> <i>Elementos sanitarios importados a Navisworks .....</i>             | 69  |
| <b>Figura 37.</b> <i>Elementos eléctricos importados a Navisworks .....</i>             | 69  |
| <b>Figura 38.</b> <i>RFI 01 - Arquitectura vs Instalaciones Sanitarias .....</i>        | 71  |
| <b>Figura 39.</b> <i>Planta del Bloque 1 .....</i>                                      | 127 |
| <b>Figura 40.</b> <i>Corte A-A' del Bloque 1 .....</i>                                  | 127 |
| <b>Figura 41.</b> <i>Corte B-B' del Bloque 1 .....</i>                                  | 128 |
| <b>Figura 42.</b> <i>Planta del Bloque 2 y 3 .....</i>                                  | 128 |
| <b>Figura 43.</b> <i>Corte A-A' del Bloque 2 y 3 .....</i>                              | 128 |
| <b>Figura 44.</b> <i>Corte B-B' del Bloque 2 y 3 .....</i>                              | 129 |
| <b>Figura 45.</b> <i>Corte A-A' del Bloque 4.....</i>                                   | 129 |
| <b>Figura 46.</b> <i>Corte A-A' del Bloque 4.....</i>                                   | 130 |
| <b>Figura 47.</b> <i>Corte B-B' del Bloque 4.....</i>                                   | 130 |
| <b>Figura 48.</b> <i>Modelado de la armadura estructural del proyecto .....</i>         | 178 |
| <b>Figura 49.</b> <i>Modelado de las componentes estructurales del proyecto .....</i>   | 178 |
| <b>Figura 50.</b> <i>Modelado de las componentes arquitectónicas del proyecto .....</i> | 179 |
| <b>Figura 51.</b> <i>Modelado de las componentes sanitarias del proyecto .....</i>      | 179 |
| <b>Figura 52.</b> <i>Modelado de las componentes eléctricas del proyecto.....</i>       | 180 |
| <b>Figura 53.</b> <i>Modelado de techos y/o cobertura del proyecto .....</i>            | 180 |
| <b>Figura 54.</b> <i>Modelado de obras exteriores del proyecto.....</i>                 | 181 |

## **I. Introducción**

En la gestión de proyectos de construcción pública, la precisión en los metrados, la detección temprana de interferencias y una adecuada planificación son fundamentales para evitar sobrecostos y retrasos. La metodología Building Information Modeling (BIM) LOD 350 permite mejorar la cuantificación de insumos, prever conflictos constructivos y optimizar la programación de actividades. Sin embargo, su implementación en proyectos públicos aún es limitada, especialmente en regiones donde predominan metodologías tradicionales con deficiencias en la coordinación y administración de recursos. El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de BIM LOD 350 en la precisión de los metrados, la identificación de interferencias y la optimización de tiempos en un proyecto de infraestructura pública. Para ello, se realizó un análisis comparativo entre los datos generados mediante modelado BIM y los obtenidos en el expediente técnico, evaluando además los costos asociados a la corrección de interferencias y la programación de actividades con herramientas especializadas. Los resultados permitirán determinar en qué medida la metodología BIM mejora la gestión de insumos, reduce sobrecostos y optimiza el cronograma de ejecución. Con ello, se busca generar evidencia técnica que respalde su implementación en proyectos públicos, proporcionando un marco de referencia para su aplicación en la planificación y gestión de infraestructura con mayor precisión y eficiencia.

Es por ello que la presente investigación posee el siguiente esquema:

**Capítulo I:** Se presenta la introducción al tema y por qué se eligió.

**Capítulo II:** Se presenta la problemática, objetivos e hipótesis en base al problema.

**Capítulo III:** Se presenta el marco teórico sobre el cual se realizó la investigación.

**Capítulo IV:** Se presenta la metodología y el procedimiento realizado.

**Capítulo V:** Se presenta el resumen de los resultados.

Finalmente, se presenta las discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

## **II. Planteamiento del problema**

### **2.1. Descripción y formulación del problema**

En América Latina, los sobrecostos en los proyectos de infraestructura representan una problemática crítica, no solo por las pérdidas económicas, sino también por su impacto en la credibilidad institucional y el desarrollo socioeconómico (Pereyra, 2019). Según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el gasto ineficiente alcanza \$220 mil millones anuales, equivalentes al 4.4% del PBI de la región. Este panorama refleja una gestión deficiente de los recursos, frecuentemente ligada a fallas en la planificación, ejecución y control de los proyectos de construcción.

En Perú, la situación no es distinta. El Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (PNIC) identificó una brecha de infraestructura de S/363 mil millones, afectando principalmente proyectos de acceso a servicios básicos. A pesar de la priorización de 52 megaproyectos, la Contraloría General de la República reportó más de 2400 obras paralizadas en 2021, evidenciando deficiencias en la gobernanza y el control de los proyectos. En regiones como Apurímac, estas problemáticas se agravan debido a la alta fragmentación de los proyectos y la limitada adopción de herramientas tecnológicas avanzadas que optimicen recursos y reduzcan costos (Instituto Peruano de Economía, 2019).

En este contexto, surge la necesidad de implementar tecnologías innovadoras que permitan una mejor gestión de los recursos en proyectos públicos. La metodología BIM (Building Information Modeling), y en particular el nivel de detalle LOD 350, ofrece herramientas para mejorar la precisión en la planificación y ejecución de los proyectos, reduciendo sobrecostos y tiempos muertos. Sin embargo, la aplicación de BIM en regiones descentralizadas como Apurímac es aún limitada, y no se cuenta con estudios específicos que demuestren su impacto en proyectos de pequeña y mediana escala, como las instituciones educativas.

El problema radica en la falta de implementación de herramientas tecnológicas avanzadas como BIM en proyectos públicos de Apurímac, lo que perpetúa los problemas de sobrecostos, ineficiencia en el uso de recursos y atrasos significativos. Por ello, esta investigación plantea como problemática central la siguiente pregunta:

### **2.1.1. Problema General**

¿Cómo influye la incorporación de la metodología BIM LOD 350 en la optimización de presupuestos de construcción de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022?

### **2.1.2. Problema Específicos**

**PE1:** ¿Cómo influye el uso del modelo LOD 350 a la estimación de insumos de mano de obra, materiales y equipos en comparación con el expediente técnico de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022?

**PE2:** ¿Cómo influye la identificación de interferencias mediante Navisworks en la reducción de los costos directos por retrabajos de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022?

**PE3:** ¿Cómo influye el uso de Delphin Express a optimizar los tiempos de ejecución de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

Analizar cómo la incorporación de la metodología BIM LOD 350 contribuye a la optimización de presupuestos de construcción de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

**OE1:** Evaluar la influencia del Modelo LOD 350 en la precisión de la estimación de insumos (materiales, mano de obra y equipos), en comparación con el expediente técnico Abancay - Apurímac - 2022.

**OE2:** Analizar el impacto de la identificación de interferencias mediante Navisworks en la reducción de costos directos asociados a retrabajos de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.

**OE3:** Determinar cómo el uso de Delphin Express optimiza los tiempos de ejecución en una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.

### **2.3. Justificación e importancia**

La investigación aborda una problemática central en la gestión de proyectos públicos: la optimización de los recursos y la reducción de sobrecostos. La implementación de BIM LOD 350 no solo permite una mejor coordinación entre disciplinas, sino que también contribuye a la reducción de retrabajos, optimización de cronogramas y mejora en la transparencia de los presupuestos. En el caso de Apurímac, una región con recursos limitados y alta fragmentación de proyectos, demostrar los beneficios de BIM podría impulsar su adopción en futuros proyectos, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor asignación de los fondos públicos. Esta investigación genera conocimiento sobre la aplicación de BIM en proyectos de mediana escala en regiones descentralizadas contribuyendo a la literatura sobre metodologías avanzadas de gestión de proyectos públicos. Mediante la proporción de un caso de estudio aplicable a otros proyectos similares en regiones con características similares que sirve como guía para la implementación de BIM en instituciones públicas. De esta forma se busca mejorar la calidad y sostenibilidad de las infraestructuras educativas, beneficiando directamente a las comunidades locales, logrando promover el uso eficiente de los recursos públicos, y generando un aumento de la confianza ciudadana en las instituciones.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La incorporación de la metodología BIM LOD 350 optimiza los presupuestos de construcción de una obra pública en Abancay - Apurímac - 2022.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

**HE1:** El Modelo LOD 350 mejora significativamente la precisión en la estimación de materiales, mano de obra y equipos, en comparación con el expediente técnico.

**HE2:** La identificación de interferencias mediante Navisworks reduce significativamente los costos directos al reducir retrabajos.

**HE3:** La programación de actividades con Delphin Express optimiza los tiempos al reducir tiempos muertos.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición de variables**

Se determinó como variable independiente a: “Incorporación de la Metodología BIM”, mediante la cual, se analiza los recursos, costos y tiempos, mediante el uso de Revit, Navisworks y Delphin Express en cada etapa, para su posterior comparación de los resultados con los datos del expediente técnico original.

La variable dependiente es aquella que se verá afectada cuando se vaya variando la variable independiente, con lo cual los “Presupuestos de Construcción” irán variando respecto a la incorporación BIM LOD 350, esto se verificará mediante la importación de los planos CAD al software Revit para generar un modelo tridimensional con nivel LOD 350, del cual se extraen los metrados y se comparan con los del expediente técnico. Luego, se generan reportes de materiales y mano de obra, y el modelo se carga en Navisworks para simular la construcción y detectar conflictos entre disciplinas, estimando los costos de las interferencias. Finalmente, el modelo BIM se exporta a Delphin Express para crear un

cronograma optimizado, comparando las actividades críticas con las del cronograma original.

### 2.5.2. Matriz de operacionalización de variables

| Variable Independiente              | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Definición operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Dimensiones                      | Indicadores                         | Unidad de Medida | Instrumento de medición |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Incorporación de la Metodología BIM | Es una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública, que hace uso de un modelo de información creado por las partes involucradas, para facilitar la programación multianual, formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura pública, asegurando una base confiable para la toma de decisiones. (MEF, 2023)                                                                                                                                                                                                                                          | Se analiza los recursos, costos y tiempos, mediante el uso de Revit, Navisworks y Delphin Express en cada etapa, para su posterior comparación de los resultados con los datos del expediente técnico original.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Modelo LOD 350                   | Precisión de metrados               | %                | Revit                   |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Cantidad de elementos modelados     | # de elementos   | Revit                   |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Identificación de Interferencias | Número de interferencias detectadas | Cantidad         | Navisworks              |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Resolución de interferencias        | %                | Navisworks              |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Programación y Presupuestación   | Duración de actividades críticas    | Días             | Delphin Express         |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Desviaciones presupuestales         | %                | Delphin Express         |
| Variable Dependiente                | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Definición operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Dimensiones                      | Indicadores                         | Unidad de Medida | Instrumento de medición |
| Presupuestos de Construcción        | También llamado presupuesto de obra es un documento que contiene el cálculo detallado y anticipado del precio de construcción de una obra, representa todos los costos y gastos que tendrá que asumir el propietario del proyecto para llevarlo a cabo, este se elabora en base a los cálculos métricos y a los análisis de precios unitarios de cada una de las partidas que componen el proyecto. Los precios unitarios de las partidas se fundamentan en la certeza del cálculo de los costos de materiales, equipos y mano de obra, directa e indirecta requeridos para la construcción de cada partida. (Data construction, 2021) | Se importan los planos CAD al software Revit para generar un modelo tridimensional con nivel LOD 350, del cual se extraen los metrados y se comparan con los del expediente técnico. Luego, se generan reportes de materiales y mano de obra, y el modelo se carga en Navisworks para simular la construcción y detectar conflictos entre disciplinas, estimando los costos de las interferencias. Finalmente, el modelo BIM se exporta a Delphin Express para crear un cronograma optimizado, comparando la duración de las actividades analizadas. | Recursos                         | Cantidad de materiales utilizados   | Unidades         | Metrados                |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Horas-hombre estimadas vs. reales   | Horas hombre     | Metrados                |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Costos                           | Costos Directos                     | Soles            | Presupuesto             |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Costo de retrabajos                 | Soles            | Presupuesto             |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tiempos                          | Duración de actividades             | Días             | Cronograma              |
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  | Tiempo invertido en retrabajos      | Días             | Cronograma              |

### III. Marco teórico

#### 3.1. Antecedentes

##### 3.1.1. A nivel internacional

Kooke (2024), en su tesis «Enhancing Cost Estimation Processes in Industrial Construction through BIM», tiene como objetivo integrar herramientas BIM en los procesos de estimación de costos de la empresa Emergo para aumentar la exactitud, rapidez y automatización. Su unidad de estudio abarcó los departamentos PreFab y PreModu de la compañía, dedicados a construcción industrial modular. Mediante una metodología de diseño-acción, desarrolló cinco escenarios BIM (Information Take-Offs, modelador paramétrico y flujos con Dynamo, entre otros) y trazó hojas de ruta de implementación. Obtuvo como resultados que el escenario de PreModu supera al de PreFab en eficiencia y que la estandarización de datos es crítica para ambos. Concluye finalmente que la integración BIM aporta mejoras estratégicas al proceso de estimación y que futuras investigaciones deben convertir los escenarios conceptuales en soluciones operativas.

Cai (2023), en su investigación titulada «Effective cost estimation process for construction projects by adopting 5D BIM technology», tiene como objetivo examinar la gestión de costos en la construcción, identificar los factores que la afectan y demostrar cómo la adopción de 5D BIM mejora la exactitud del presupuesto. Su unidad de estudio estuvo conformada por 80 profesionales de la industria singapurense –encuestados mediante un cuestionario– y un proyecto piloto en el que se comparó la estimación tradicional con un flujo BIM-5D digital. Haciendo uso de una metodología mixta (encuesta + estudio de caso comparativo), obtuvo como resultados que 5D BIM incrementa la precisión del metrado, agiliza la planificación de costos y permite visualizar el avance físico-financiero en tiempo real. Concluye finalmente que 5D BIM corrige ineficiencias inherentes al método manual, aunque todavía requiere madurar estándares y capacitación para su adopción generalizada.

Melin & Persson (2022), en «Structuring Building Information for Cost Control: A Case Study of BIM in Swedish Housing Production», tienen como objetivo identificar de qué manera BIM facilita el control de costos y qué requisitos de información y modelado se necesitan en la producción de vivienda sueca. La unidad de estudio fue una obra residencial gestionada por un contratista nacional, para la cual se entrevistó a 13 especialistas de soporte y 11 jefes de obra. Empleando una metodología cualitativa de estudio de caso con entrevistas semiestructuradas, obtuvieron como resultados que BIM funciona como plataforma de toma de decisiones al simplificar el “take-off” de información, y que se precisa una guía de requisitos (estructura común, LOD, codificación) para maximizar su utilidad. Concluyen finalmente que la adecuada estructuración de la información BIM permite un control de costos proactivo y más eficiente, impulsando a los contratistas a desarrollar métodos innovadores de gestión financiera en obra.

García & Torres (2021), en su investigación titulada “Implementación de las metodologías BIM 5D y líneas de balance en la optimización de la planeación de proyectos de viviendas de interés social”, que se realiza en la Universidad de Cartagena (Colombia), tiene como objetivo comparar la planificación de proyectos de vivienda mediante la implementación de las metodologías BIM 5D y Líneas de Balance frente a los métodos tradicionales. La investigación evalúa los costos y tiempos estimados y proyectados para optimizar la planificación y contribuir a la reducción del déficit cuantitativo de viviendas en el país. Se trata de un estudio de tipo mixto, dada la naturaleza cuantitativa y cualitativa del análisis. La población analizada corresponde a la macromanzana 72 del barrio Bicentenario, ubicada en la zona sur de la ciudad de Cartagena de Indias, con un perímetro aproximado de 735 m y una superficie de 30 122 m<sup>2</sup>. Entre sus principales conclusiones, se destaca que la aplicación conjunta de BIM y las Líneas de Balance genera un modelo único de información para la planificación y ejecución de proyectos de vivienda social. La integración de modelos

3D, 4D, 5D o superiores facilita la visualización de las propiedades geométricas de los elementos diseñados y la detección de errores, lo que mejora significativamente la elaboración y asignación de presupuestos. Finalmente, se identifica una variación porcentual del 7,49 % en la optimización de costos al comparar los métodos tradicionales con la combinación de BIM 5D y LDB, demostrando una mayor viabilidad económica de estas metodologías.

Angulo (2020), en su tesis titulada “Planeación y control BIM 5D en proyectos residenciales”, desarrollada en Zapopan (Jalisco, México), tiene como objetivo principal demostrar que la incorporación de la metodología BIM 5D permite reducir los tiempos de elaboración de presupuestos y mejorar la adecuación de los cronogramas en comparación con los métodos tradicionales. La investigación es de tipo cualitativo, basada en revisión bibliográfica y en la recolección de información mediante encuestas aplicadas a una muestra de 589 empresas del sector. Entre los hallazgos, se evidencia que, una vez procesado el modelo tridimensional (3D), los pasos subsiguientes de cuantificación y elaboración de presupuestos se ejecutan en menor tiempo al utilizar BIM 5D que con los métodos convencionales. Sin embargo, en la primera implementación de esta metodología, el tiempo invertido en la configuración de los códigos de precios unitarios resulta considerable. Asimismo, en la elaboración de cronogramas y el control de obra, el proceso demanda más tiempo debido a la vinculación del modelo 3D con la programación de actividades, lo que permite un análisis más detallado y preciso. Esto contrasta con los métodos tradicionales, donde la identificación de errores en la planificación del proyecto resulta más compleja y menos eficiente.

### **3.1.2. A nivel nacional**

Luis (2024), en su trabajo «Uso de la metodología BIM en la planificación y control de las obras civiles de una planta de procesos mineros», tiene como objetivo medir el impacto

de integrar BIM 3D-4D-5D con el Método del Valor Ganado (EVM) en la planificación, control y estimación de costos de las obras civiles de una planta minera. La unidad de estudio fue el paquete civil de esa planta en la sierra central peruana. A través de un estudio de caso, se modelaron los elementos en Revit, se programaron en MS Project y se vincularon costos en Excel/S10 para generar indicadores EVM durante 18 semanas. Los resultados mostraron un presupuesto meta 11,14 % más ajustado que el presupuesto de venta y un cronograma reajustado, aunque el seguimiento reflejó desviaciones ( $SPI = 0,69$ ;  $CPI = 0,66$ ) atribuibles a factores externos. Concluye finalmente que BIM 5D aumenta la precisión y visibilidad de los costos, pero su beneficio pleno depende de reforzar estrategias de control frente a riesgos operativos y climáticos.

Salas, (2024), en su tesis «Metodología BIM 5D para gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura en Tarapoto», tiene como objetivo evaluar cómo la metodología BIM 5D incide en la gestión de costos durante el diseño de un proyecto vial. Su unidad de estudio fue el expediente técnico de la Circunvalación Tarapoto. Con un enfoque aplicado y diseño pre-experimental, desarrolló interfaces Revit-Excel y Revit-Excel-S10 que automatizaron metrados y presupuestos. Los resultados evidenciaron reducciones sustanciales en tiempo de metrados y en el costo global respecto al procedimiento tradicional. Concluye que BIM 5D mejora significativamente la precisión de cantidades, optimiza la gestión de costos y reduce el presupuesto total de las obras de infraestructura.

Infante (2023), en su investigación titulada «Implementación de BIM 4D y 5D integrado a Last Planner System en un proyecto de construcción», tiene como objetivo analizar el impacto de vincular las dimensiones 4D-5D de BIM con el Last Planner System (LPS) en la gestión de plazo y costos de un proyecto de edificación. La unidad de estudio fue la Torre B de un complejo habitacional limeño, comparada con la Torre A erigida

previamente sin BIM. Mediante un estudio de caso, se modeló el proyecto en Revit y Vico Office, se aplicaron líneas de flujo y se gestionó la producción semanal con LPS. Los resultados mostraron actualizaciones automáticas de costo y fecha fin, mejoras de productividad y menor incertidumbre en la planificación. Finalmente, concluye que la sinergia BIM 4D-5D + LPS eleva la confiabilidad del cronograma y reduce la brecha entre presupuesto planificado y real, recomendando su adopción para obras de edificación en el Perú.

Solórzano (2022), en su tesis “Análisis comparativo entre la metodología BIM y el método tradicional, implementando gestión de tiempos y costos en la institución educativa 30975”, presentada en la Universidad Peruana de los Andes (Huancayo), tiene como objetivo determinar las variaciones de tiempo y costo que se generan al comparar la metodología BIM con el método tradicional en la ejecución de la institución educativa 30975. El estudio adopta un enfoque cuantitativo, con diseño aplicado, descriptivo y no experimental; la población está conformada por el proyecto ya ejecutado. Los resultados evidencian una diferencia significativa entre ambos enfoques. La metodología BIM ofrece ventajas notables: mejor visualización tridimensional, información más completa del modelo y metrados más precisos, lo cual se traduce en ahorros de costo y tiempo. Las modificaciones realizadas en el modelo actualizan los metrados de manera automática. Asimismo, se detectan errores en diversas partidas: de 137 partidas revisadas, 103 presentan valores que difieren considerablemente respecto a los metrados tradicionales. En síntesis, la investigación concluye que la metodología BIM optimiza la estimación de costos y la gestión de tiempos con un desempeño ampliamente superior al del método convencional.

Paredes & Torres (2021), en su tesis “Aplicación de la metodología BIM 5D para optimizar la gestión del costo en la etapa de diseño de un proyecto en el distrito de Comas”, presentada en la Universidad Tecnológica del Perú, tienen como objetivo determinar en qué

medida la aplicación de BIM 5D optimiza la gestión de costos durante la fase de diseño, mediante la precisión alcanzada en los metrados. El estudio adopta un enfoque cuantitativo de tipo experimental, al manipular la variable BIM 5D dentro de una investigación aplicada orientada a generar nuevo conocimiento. La población está conformada por once profesionales que integran el equipo de diseño del proyecto. Entre sus principales hallazgos, una encuesta revela que el 60 % de los profesionales no utiliza BIM para procesar sus metrados, debido a falta de capacitación o desconfianza en la herramienta. Al comparar con el método tradicional, BIM 5D demuestra mayor precisión en la estimación de metrados, lo que permite optimizar la gestión de costos gracias a la detección temprana de interferencias e incompatibilidades. En los casos en que se emplea el enfoque convencional, se generan adicionales y ampliaciones de plazo, incrementando el presupuesto entre el 1,34 % y el 5,60 %. Por tanto, los autores concluyen que la implementación de BIM 5D resulta favorable para controlar los costos desde la fase de diseño.

### ***3.1.3. A nivel regional y local***

Pillaca & Saavedra (2022), en su tesis “Aplicación de la metodología BIM para la optimización del diseño geométrico de la Vía Evitamiento de Abancay, Apurímac”, tienen como objetivo demostrar que la implementación de BIM optimiza el proceso de diseño geométrico de dicha vía. El estudio adopta un enfoque cuantitativo y de carácter aplicado, y se desarrolla bajo un diseño no experimental, transversal y descriptivo, dado que no manipula variables independientes. La población analizada corresponde a un tramo de 12,80 km de la Vía Evitamiento. Los autores realizan un cambio hipotético al diseño inicial, generando un presupuesto más ajustado a la realidad gracias a los mayores metrados que obtienen mediante la simulación 4D (relacionada con el tiempo). Esto permite actualizar el presupuesto de forma eficiente y evitar ampliaciones de plazo y costo. El análisis refleja un incremento del costo directo del 6,94 % respecto al método tradicional y un aumento del

5,28 % en la optimización de costos mediante la simulación 5D. Asimismo, detectan incompatibilidades entre distintas disciplinas, las cuales corrigen satisfactoriamente, demostrando la capacidad de BIM para mitigar errores y mejorar la coordinación del proyecto.

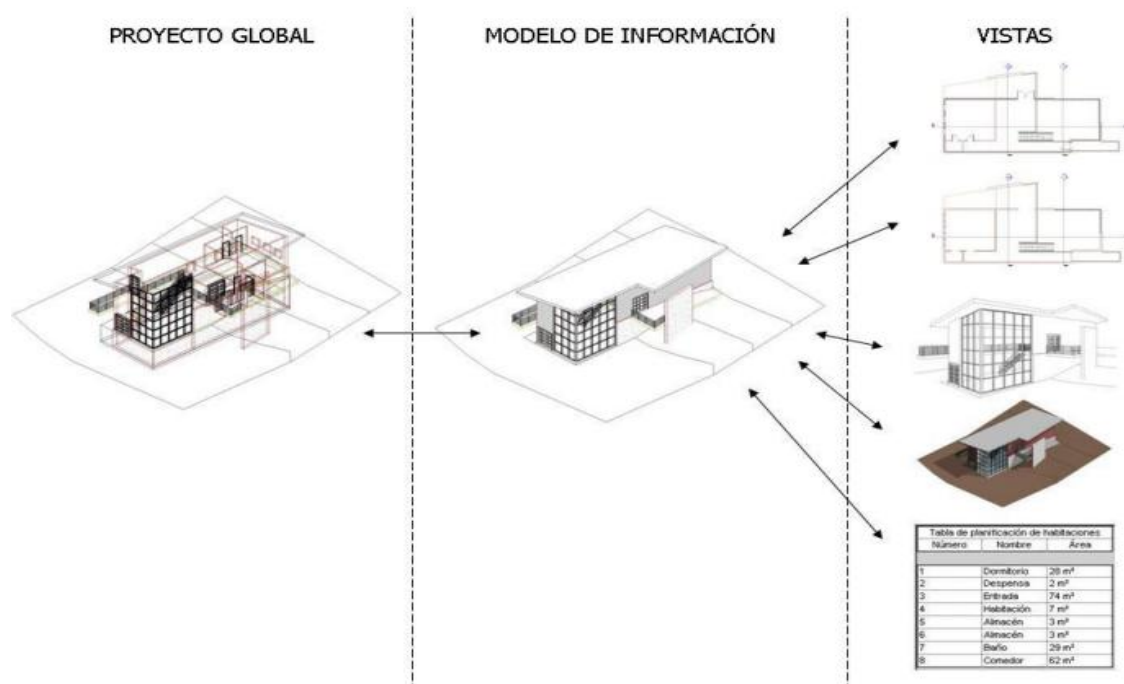
Solis (2021), en su tesis “Nivel de conocimiento de la herramienta BIM en la construcción de vivienda multifamiliar y su repercusión en la optimización de costos y tiempos de proyecto, Abancay – 2021”, tiene como objetivo determinar el grado de conocimiento que poseen los proyectistas de viviendas multifamiliares sobre la metodología BIM y analizar cómo ese nivel influye en los costos y los plazos de los proyectos. El estudio adopta un diseño no experimental, descriptivo-correlacional, y la población está conformada por autoridades y funcionarios con capacidad de decisión en organismos públicos y privados de la provincia de Abancay. Los resultados muestran que la mayoría de los profesionales del sector construcción en Abancay carece de un conocimiento claro sobre las herramientas BIM, sus aplicaciones y su relación directa con la optimización de los costos y los tiempos de ejecución de los proyectos. Asimismo, se observa que el valor percibido de BIM aumenta considerablemente en la etapa posconstrucción, y que al menos la mitad de los encuestados recomienda la adopción de esta metodología en el desarrollo de futuros proyectos. En síntesis, la investigación evidencia una brecha significativa de capacitación en BIM dentro del sector y subraya la necesidad de promover su implementación para mejorar la eficiencia en costos y cronogramas.

### **3.2. Bases teóricas**

#### **3.2.1. Metodología BIM**

La metodología Building Information Modeling (BIM) se define como un enfoque integral para la gestión de proyectos de construcción, que utiliza modelos digitales tridimensionales como base para la integración de información durante el ciclo de vida del proyecto (Espinoza & Pacheco, 2014). BIM no solo permite representar las características físicas y funcionales de los proyectos, sino que también facilita la toma de decisiones colaborativas entre las distintas disciplinas involucradas en el diseño y ejecución (Mata et al., 2022). BIM combina procesos, herramientas y metodologías que integran datos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, permitiendo un flujo de trabajo más eficiente y reduciendo errores en la ejecución de proyectos (Blanco, 2018). En el contexto de la industria de la construcción, BIM es considerado como una evolución del diseño asistido por computadora (CAD), proporcionando una plataforma en la que se puede trabajar de manera colaborativa en tiempo real. Las herramientas principales asociadas a esta metodología incluyen Revit, Navisworks y Delphin Express, las cuales son fundamentales para la planificación, detección de interferencias y optimización de presupuestos (Espinoza & Pacheco, 2014).

**Figura 1.**  
*Modelo BIM*



*Nota:* Tomado de Espinoza & Pacheco, (2014)

### 3.2.1.1. Modelo LOD 350

Las herramientas BIM son softwares especializados que permiten la creación, gestión y análisis de modelos tridimensionales, integrando información técnica y administrativa para mejorar la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en el Perú se inició en 2005, liderada por empresas constructoras que buscaban incrementar la productividad en sus proyectos. A partir de 2012, el Comité BIM, establecido por la Cámara Peruana de la Construcción, impulsó la masificación de esta metodología en el sector (Almeida, 2019). En 2017, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) formó un Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil, el cual creó las primeras Normas Técnicas Peruanas sobre BIM, publicadas en el diario oficial "El Peruano" en 2018. Estas normas incluyeron:

- NTP-ISO/TS 12911:2018 Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM). (Almeida, 2019)
- NTP-ISO 29481-2:2018 Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo para la interacción. (Almeida, 2019)

En el mismo año, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) lanzó el "Plan BIM Perú" con el objetivo de implementar metodologías colaborativas de modelamiento digital en proyectos de infraestructura pública (Almeida, 2019). Este plan está estructurado en tres fases:

1. Diagnóstico inicial o línea base.
2. Diseño del plan BIM Perú.
3. Implementación del plan en proyectos públicos.

La implementación de BIM en el Perú se enfrenta a retos significativos en regiones descentralizadas, como la falta de recursos tecnológicos y capacitación especializada. Sin embargo, iniciativas como el Plan BIM buscan estandarizar y promover su uso en todo el país, mejorando la eficiencia en proyectos públicos y reduciendo sobrecostos asociados a deficiencias en planificación y coordinación.

**Figura 2.***Resumen de acciones Plan BIM Perú**Nota: Tomado del MEF, (2023)***Figura 3.***Aplicaciones para crear y gestionar un Modelo BIM**Nota: Tomado de Espinoza & Pacheco (2014)*

### 3.2.1.1.1. Dimensiones

Las dimensiones BIM representan los diferentes niveles de información que se integran en un modelo tridimensional, permitiendo gestionar aspectos esenciales de un

proyecto de construcción (Marquez, 2022). Según el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2020) las dimensiones BIM se clasifican en:

- 3D: Representación tridimensional del proyecto, que incluye la geometría y características físicas de los elementos.
- 4D: Información asociada al tiempo, lo que permite planificar y programar actividades para gestionar plazos.
- 5D: Dimensión que integra la variable económica, facilitando la estimación de costos y presupuestos.
- 6D: Incluye simulaciones y análisis del comportamiento energético del edificio.
- 7D: Centrado en la gestión y operación del modelo "As-Built", utilizado para la fase de explotación del edificio.

**Figura 4.**

*BIM Project Execution Planning Guide*



*Nota:* Tomado del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2020)

Estas dimensiones se combinan en el modelo BIM para proporcionar una herramienta integral que facilite la toma de decisiones en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.

#### **3.2.1.1.2. Metrados de partidas**

Los metrados son el proceso mediante el cual se cuantifican los elementos o partidas necesarias para ejecutar un proyecto de construcción. Este procedimiento se basa en los planos y las especificaciones técnicas, asegurando que las cantidades calculadas sean coherentes con el diseño (Arcux & Allison, 2020). Según el Reglamento de Ley de Contrataciones Del Estado (2019), los metrados deben expresar con claridad las unidades de medida utilizadas, tales como metros cúbicos, metros cuadrados o unidades específicas, dependiendo de la naturaleza de cada partida. La elaboración precisa de metrados es esencial para garantizar la correcta estimación de recursos, optimizando la planificación y el control de costos en los proyectos de construcción.

#### **3.2.1.1.3. Autodesk Revit**

Este software es clave para la elaboración de modelos tridimensionales que integran datos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones. Su capacidad para actualizar automáticamente todas las vistas y planos al realizar modificaciones asegura la coherencia en todo el proyecto. Además, permite generar metrados detallados que son fundamentales para la planificación financiera y de recursos (Autodesk, 2021b).

**Figura 5.**

*Modelo BIM Revit con vista 3D, en planta, corte y cuadro de vanos*



*Nota:* Tomado de Lobos et al. (2017)

### 3.2.1.2. Identificación de interferencias

#### 3.2.1.2.1. Interferencias

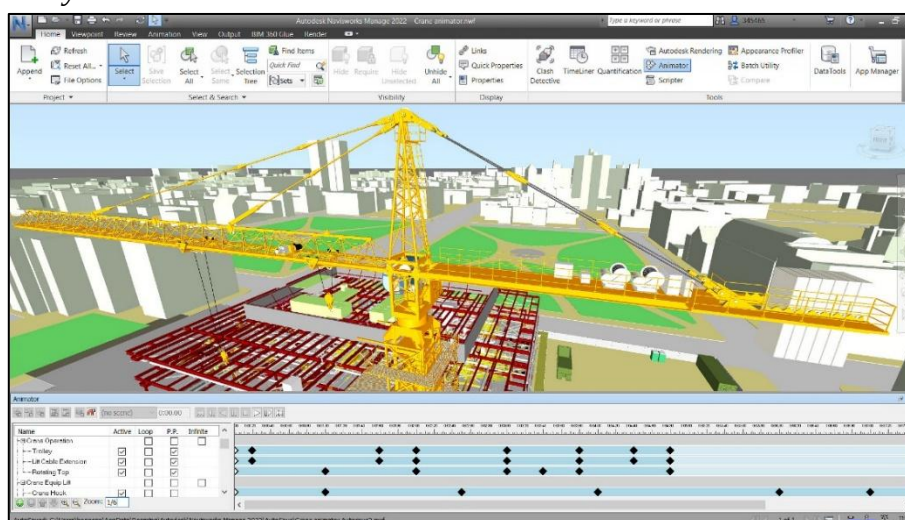
Según Jaimurzina & Sanchez (2017), la identificación de interferencias consiste en detectar y resolver choques o solapamientos entre los distintos elementos de un modelo constructivo antes de que estos generen problemas en obra. Al emplear herramientas de coordinación como Navisworks o Solibri, se fusionan los modelos arquitectónico, estructural e instalaciones para localizar puntos de conflicto que el ojo humano podría pasar por alto. Este proceso permite revisar con anticipación espacios ocupados simultáneamente por tuberías, vigas o conductos eléctricos, lo que facilita emitir cambios en el diseño, ajustar secuencias de montaje y garantizar que cada componente cuente con el espacio necesario para su correcto armado. Al corregir estas incompatibilidades en la fase de planificación, se reducen los tiempos de espera y se evitan costos adicionales derivados de demoliciones parciales o retrabajos, mejorando la coordinación entre disciplinas y contribuyendo a un flujo de trabajo más fluido.

Según Eastman et al. (2018), la detección de interferencias o choques consiste en revisar de forma sistemática la geometría de todos los elementos del modelo BIM para identificar colisiones físicas e incompatibilidades espaciales. Primero se combinan los modelos de arquitectura estructura e instalaciones en una plataforma de coordinación que analiza cada posible conflicto y genera un informe detallado con la ubicación exacta de la interferencia las disciplinas implicadas y el nivel de gravedad. Luego el equipo de proyecto asigna responsabilidades para resolver cada choque y registra en el modelo las acciones correctivas realizadas. Al abordar estos problemas en la fase de planificación se evita la necesidad de trabajos adicionales se mejora la comunicación entre los distintos participantes y se optimiza el flujo de trabajo durante la construcción.

### 3.2.1.2.2. Navisworks

Esta herramienta es utilizada para la detección de interferencias y la simulación de la construcción. Permite la integración de modelos provenientes de diferentes disciplinas, identificando posibles conflictos y optimizando la coordinación entre equipos de trabajo (Autodesk, 2021a).

**Figura 6.**  
*Colaboración y coordinación BIM con Navisworks*



*Nota:* Tomado de (Autodesk, 2021a)

### **3.2.1.3. Programación y presupuestación**

#### **3.2.1.3.1. Cronograma de actividades**

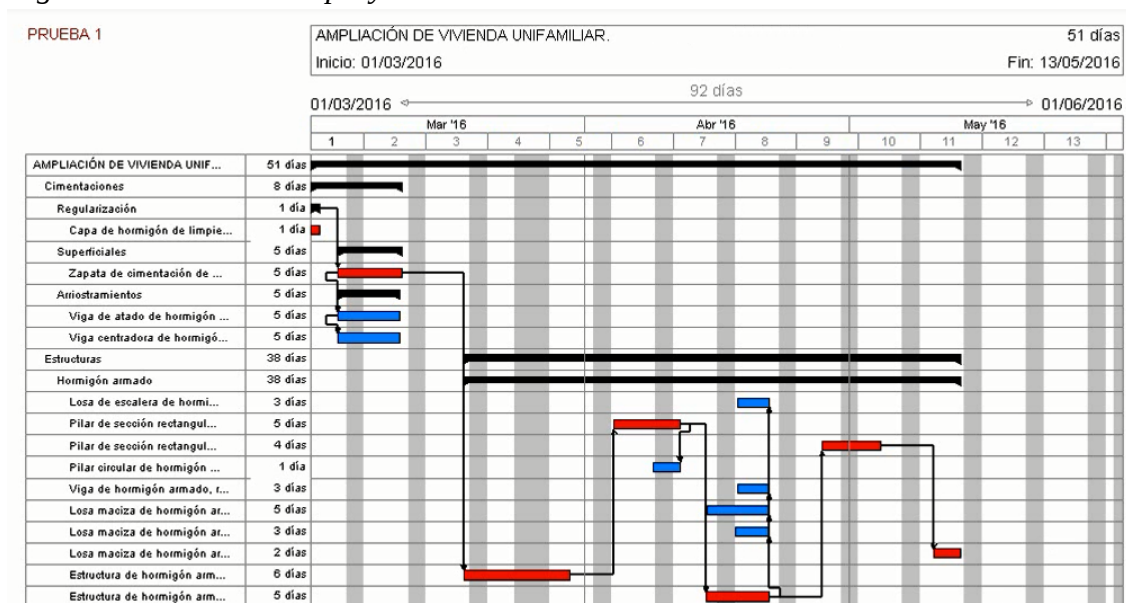
El cronograma de actividades es una herramienta de gestión de proyectos que permite organizar y programar todas las tareas necesarias para la ejecución de un proyecto de construcción. Este incluye la duración estimada de cada actividad, las relaciones de dependencia entre ellas, y las restricciones que podrían presentarse durante su desarrollo (Talbert, 2022). Los cronogramas deben elaborarse considerando parámetros técnicos que permitan garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos en el expediente técnico. Estas herramientas son fundamentales para identificar las tareas críticas del proyecto, calcular el tiempo total de ejecución y planificar recursos de manera eficiente. (Rivera, 2015)

Existen diversas técnicas para la elaboración de cronogramas en proyectos de construcción, cada una con aplicaciones específicas y niveles de complejidad distintos. Estas técnicas permiten gestionar y organizar las actividades del proyecto de manera eficiente, optimizando tiempos y recursos:

**Diagrama de Gantt:** Creado por Henry L. Gantt en 1910, esta herramienta gráfica representa las actividades del proyecto mediante barras horizontales, cuya longitud indica la duración de cada tarea. Es ampliamente utilizada para la planificación, control y seguimiento del progreso de los proyectos (Rivera, 2015).

**Método de la Ruta Crítica (CPM):** Técnica que identifica las actividades críticas que determinan la duración total del proyecto. Este método ayuda a enfocar los esfuerzos en tareas que no pueden retrasarse sin afectar el plazo final del proyecto.

**Curvas de Producción Acumulada:** Herramienta que relaciona el tiempo con las unidades de producción, permitiendo visualizar el avance acumulado de las actividades a lo largo del tiempo (Easycyte, 2022)

**Figura 7.***Diagrama de Gantt de un proyecto de construcción*

Nota: Tomado de Easycte, (2022)

### 3.2.1.3.1. Presupuesto de obra

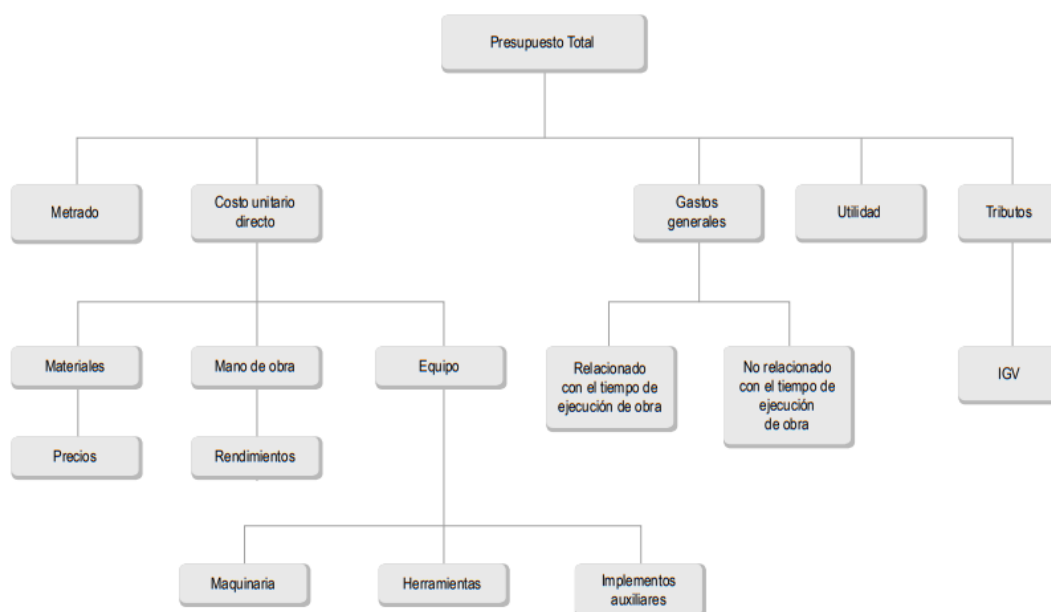
El presupuesto de obra es una herramienta clave en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, ya que permite determinar y gestionar los recursos económicos necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto. Se expresa en términos monetarios y detalla los ingresos, gastos y recursos requeridos en un periodo de tiempo establecido. Según Muñiz (2009), un presupuesto bien elaborado asegura la asignación eficiente de recursos y minimiza el riesgo de sobrecostos (Lledó & Rivarola, 2007). En proyectos de infraestructura pública, el presupuesto debe cumplir con las normativas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones y considerar análisis de precios unitarios basados en metrados detallados. Además, se relaciona estrechamente con el cronograma del proyecto, ya que las actividades programadas impactan directamente en la planificación financiera y en el control de costos (Muñiz, 2009).

### 3.2.1.3.2. Delphin Express

Diseñado para trabajar con la normativa peruana, este software facilita la programación de actividades, elaboración de presupuestos y valorizaciones, así como el



**Figura 9.**  
*Esquema presupuestal*



*Nota:* Tomado del MEF (2023)

### 3.2.2.1. Insumos

#### 3.2.2.1.1. Materiales

Los recursos materiales se consideran insumos físicos indispensables para la ejecución de una obra de construcción y se clasifican en materiales directos, que forman parte del producto final y cuya cantidad se mide en obra, como el cemento, el acero y los ladrillos, y materiales indirectos, que no se incorporan al producto terminado, pero resultan necesarios en el proceso constructivo, como herramientas menores y equipos de protección personal (Calero, 2015). Una gestión adecuada de estos recursos permite reducir desperdicios y costos adicionales, por lo que el Reglamento Nacional de Edificaciones establece que cada material debe especificarse en planos y documentos técnicos para asegurar la exactitud de los metrados y la administración de inventarios.

#### **3.2.2.1.2. Mano de Obra**

La mano de obra agrupa al conjunto de trabajadores y profesionales que participan en cada fase de la construcción y se distingue en mano de obra directa, que incluye a los operarios encargados de actividades productivas como albañiles, carpinteros y electricistas, y mano de obra indirecta, que abarca a los supervisores, personal de apoyo y mantenimiento de equipos (Calero, 2015). Una planificación adecuada de los perfiles, las jornadas laborales y las tarifas por categoría contribuye a mejorar la productividad y a reducir los costos asociados a horas improductivas. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, cada partida de mano de obra debe detallarse en los documentos técnicos indicando la descripción del trabajador, la unidad de medida y el número de jornadas necesarias para cumplir las metas establecidas.

#### **3.2.2.1.3. Maquinaria y equipos**

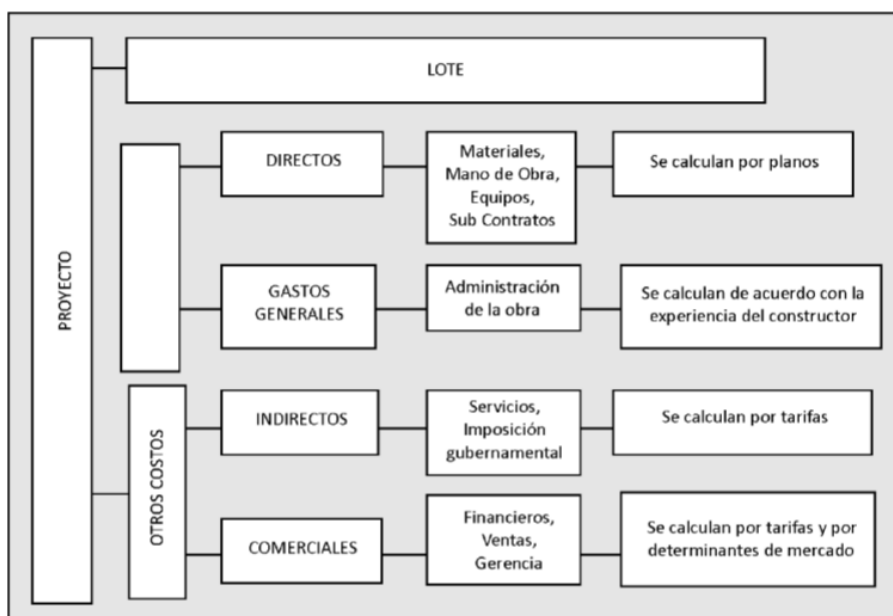
Los recursos de maquinaria engloban todos los equipos indispensables para ejecutar las actividades constructivas con eficiencia y tienen un impacto directo en el rendimiento y los costos de la obra; entre ellos se encuentran la maquinaria pesada, que incluye excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales y grúas, empleados en tareas que demandan gran capacidad de carga y fuerza, la maquinaria ligera, como mezcladoras portátiles, vibradores de concreto y cortadoras, que resulta imprescindible en operaciones de menor escala, y los equipos especializados, diseñados para funciones puntuales como perforación o levantamientos topográficos, los cuales aseguran la precisión en labores técnicas (Calero, 2015). Para garantizar una planificación adecuada y evitar costos adicionales por subutilización o uso inadecuado, el Reglamento Nacional de Edificaciones exige que cada uno de estos equipos quede detallado en el expediente técnico, incluyendo su rendimiento y consumo estimado.

### 3.2.2.2. Costos

Los costos en proyectos de construcción abarcan los gastos directos, los gastos indirectos y los componentes adicionales como los impuestos, y en conjunto definen el presupuesto total, por lo que requieren una gestión cuidadosa para evitar desviaciones financieras durante la ejecución (Ramos & CAPECO, 2018). Los costos directos incluyen los desembolsos vinculados a las partidas específicas de la obra, como materiales, mano de obra y maquinaria, cuyo cálculo se basa en los metrados y los análisis de precios unitarios. En contraste, los costos indirectos comprenden los gastos administrativos, financieros y logísticos que no se pueden asignar a una partida concreta, tales como alquileres, remuneraciones del personal administrativo y pólizas de seguros. Finalmente, en el contexto peruano, el impuesto general a las ventas del dieciocho por ciento debe incorporarse como un componente adicional al costo total.

**Figura 10.**

*Esquema de costos*



*Nota:* Tomado del MEF (2023)

#### 3.2.2.2.1. Costos unitarios

Los costos unitarios son el cálculo detallado de la remuneración que debe pagarse al contratista por unidad de concepto terminado en una obra. Este cálculo incluye materiales,

mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de una partida específica (Luna, 2010). El análisis de precios unitarios permite establecer una estructura de costos eficiente y estandarizada, lo cual es esencial para garantizar la viabilidad económica del proyecto. En el contexto de los proyectos de construcción en Perú, los costos unitarios se elaboran tomando como base los metrados y las especificaciones técnicas incluidas en el expediente técnico. Cada precio unitario debe estar sustentado en un análisis detallado de los insumos requeridos y en el rendimiento esperado de los recursos utilizados.

#### **3.2.2.2. Costos directos**

Los costos directos abarcan los desembolsos vinculados de manera específica a las partidas de obra e incluyen materiales cuyo costo se determina según los metrados y análisis de precios unitarios, mano de obra que considera el pago de los trabajadores por las horas laboradas junto con sus beneficios sociales y bonificaciones, y herramientas o equipos, desde maquinaria ligera hasta útiles menores, cuya valoración depende de su rendimiento en las actividades constructivas (Ramos & CAPECO, 2018). La correcta identificación y cuantificación de estos elementos resulta clave para definir los precios unitarios que conforman el presupuesto general del proyecto.

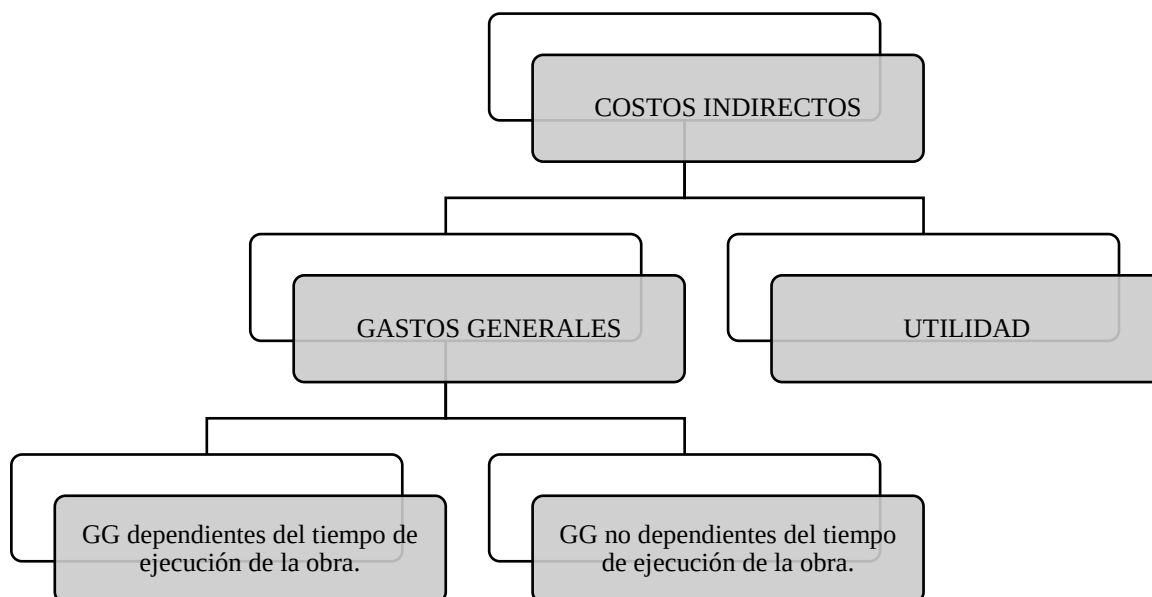
#### **3.2.2.3. Costos indirectos**

Los costos indirectos corresponden a los gastos que, si bien no pueden asignarse a una partida específica, resultan necesarios para la ejecución integral de la obra (Ramos & CAPECO, 2018). Estos abarcan los gastos de administración de obra, como los sueldos, las bonificaciones y los beneficios sociales del personal administrativo, así como los costos de traslado de personal y de artículos de oficina; los gastos generales vinculados al tiempo de ejecución, entre los que se incluyen los alquileres, los seguros y otros servicios cuyo valor aumenta conforme se extiende la duración del proyecto; y los gastos generales

independientes del plazo, tales como los costos iniciales de licitación, los registros y los trámites legales, que se mantienen constantes sin importar el tiempo de obra.

**Figura 11.**

*Clasificación de los costos indirectos*

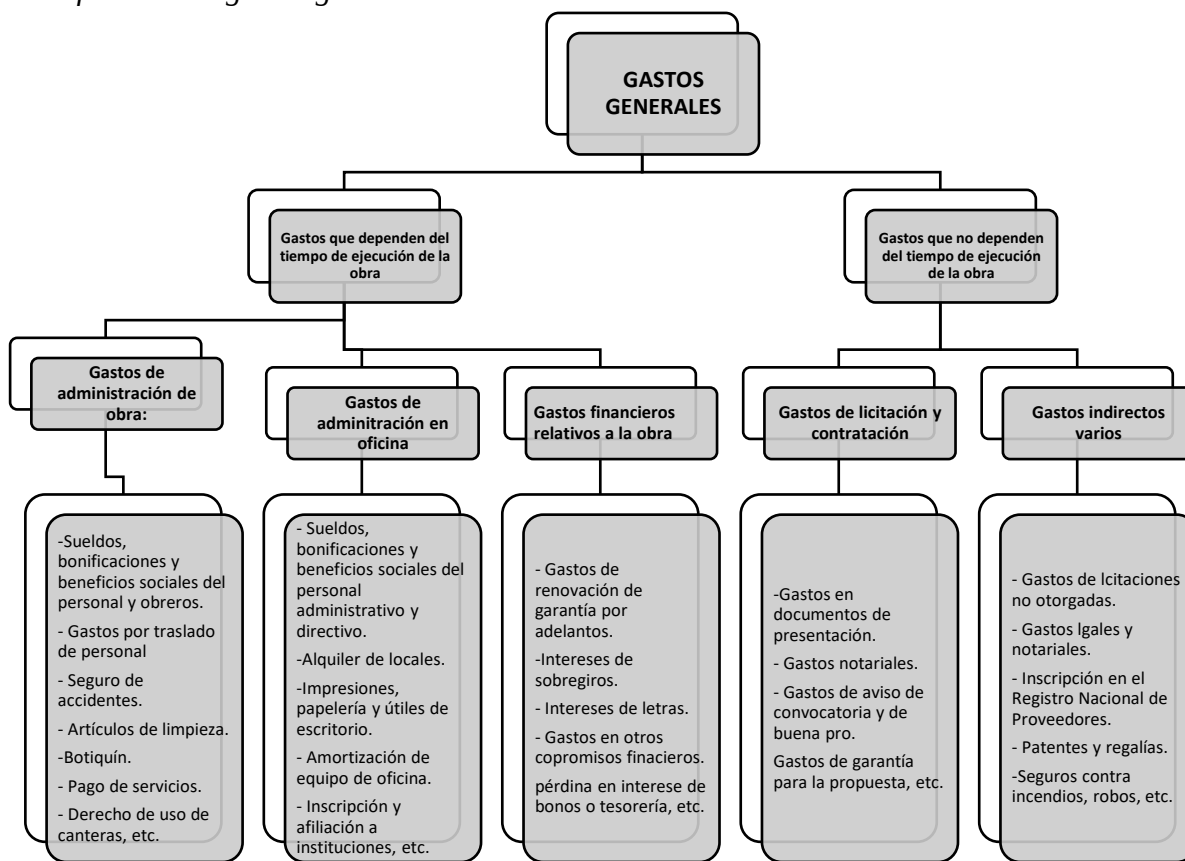


*Nota:* Elaboración propia

#### **3.2.2.2.4. Gastos generales**

Los gastos generales incluyen los costos indirectos necesarios para garantizar la ejecución del proyecto y, según el D.S. N.º 011-79-VC de 1 de marzo de 1979, se dividen en dos grupos: los dependientes del tiempo de ejecución, que abarcan la administración de obra con conceptos como sueldos del personal, traslados, seguros de accidentes, artículos de limpieza, botiquines, servicios básicos y derechos de uso de canteras; y los independientes del plazo, que comprenden los costos de licitación, contratación y otros trámites legales como notarías, inscripciones y pólizas contra incendios y robos. El seguimiento y la asignación adecuada de estos gastos ayudan a prevenir aumentos innecesarios en el presupuesto total y favorecen la sostenibilidad financiera del proyecto.

**Figura 12.**  
*Clasificación de gastos generales*



*Nota:* Elaboración propia

### 3.2.2.3. Tiempos

#### 3.2.2.3.1. Tiempo de ejecución de actividades

El tiempo de ejecución de actividades se refiere al periodo empleado para completar cada tarea específica dentro de un proyecto (Guerrero, 2018). Y su estimación se basa en métodos cuantitativos y cualitativos que no contemplan retrasos imprevistos; en este contexto, el juicio de expertos aprovecha la experiencia de profesionales en proyectos similares, la estimación análoga compara proyectos previos con características semejantes para extrapolar duraciones aunque con menor precisión, la estimación paramétrica recurre a datos estadísticos para establecer relaciones entre variables y prever tiempos con mayor exactitud, y la estimación de tres valores considera escenarios optimista (O), más probable (M) y pesimista (P) para aplicar la fórmula PERT y así obtener una duración estimada.

- Estimación de la duración de la actividad por los tres valores

$$T = \frac{P + 4M + O}{6}$$

- Desviación estándar de una actividad

$$s = \frac{P - O}{6}$$

- Varianza de una actividad

$$\sigma = \left[ \frac{P - O}{6} \right]^2$$

### 3.2.2.3.2. Tiempo de ejecución de proyectos

El tiempo de ejecución de proyectos es el período total requerido para completar todas las actividades definidas en el alcance del proyecto, desde su inicio hasta su finalización. Este parámetro está directamente relacionado con el costo y la calidad de la obra (Calero, 2015). Existe una relación directa entre tiempo y costo: “a mayor tiempo, mayor costo”, dado que el incremento en la duración de las actividades suele derivar en gastos adicionales por conceptos como personal, alquiler de equipos y administración.

La planificación adecuada del tiempo de ejecución se basa en técnicas como el Método de la Ruta Crítica (CPM) y el Método PERT, que permiten identificar actividades críticas y prever posibles atrasos. Estas herramientas son fundamentales para garantizar que el cronograma del proyecto refleje las condiciones reales y pueda ser ajustado de manera efectiva en caso de imprevistos.

### 3.2.2.3.3. Adicionales de obra

Los adicionales de obra son trabajos complementarios o de mayor metrados no contemplados en el expediente técnico original o en el contrato inicial, cuya ejecución resulta necesaria para alcanzar los objetivos del proyecto (Herrera, 2011). Para considerarse válidos, estos adicionales deben ser indispensables para completar el alcance del contrato original, contar con una justificación técnica que exponga detalladamente las causas que los motivan

y recibir aprobación formal mediante resolución de la entidad competente. Su incorporación conlleva un incremento del costo total y puede alterar tanto el presupuesto como la programación, por lo que gestionar estos adicionales de manera adecuada contribuye a moderar su impacto en la viabilidad financiera de la obra.

### 3.3. Definición de términos

1. **BIM:** Metodología de trabajo conjunto y comunicación entre las partes conformantes de un proyecto para canalizar toda la información en un solo modelo digital 3D, 4D, 5D, 6D y 7D, abarcando no solo el diseño o la ejecución, sino todo en conjunto incluyendo la fase de mantenimiento y demolición, pero todo ello con una concepción consciente de todo aquellos que podría suceder a lo largo de estas etapas (Building Smart, 2014).
2. **BIM Manager:** Profesional que se encarga de garantizar que la información generada bajo la metodología BIM fluya de manera correcta a través de los diferentes procesos, es decir es el gestor de los datos del proyecto y de la coordinación de los modelos para su revisión y ejecución por parte de los equipos de diseño y construcción (Plan BIM Perú et al., 2023).
3. **Cronograma de obra:** Herramienta necesaria que ayuda a tener un mejor control de las actividades que se han de desarrollar cada día, cada actividad posee una fecha de inicio, tiempo de duración de las actividades y la fecha de finalización, estos además son controlados mediante cortes para ver los avances y de acuerdo a ello reprogramar o utilizar los buffers en caso se tenga retrasos (Alvaro, 2020).
4. **Diagnóstico:** Proceso de análisis técnico para identificar problemas y oportunidades en un proyecto de construcción, incluyendo la detección de incompatibilidades y errores de coordinación entre disciplinas en el contexto BIM (Castillo et al., 2018).

5. **Especificaciones Técnicas:** Lo conforman una serie de reglas y documentos que se encargan de describir los trabajos, métodos de construcción, la calidad de los materiales, sistemas de control de calidad de elementos estructurales, procedimientos constructivos, métodos de medición, así como las condiciones de pago que son necesarias para llevar a cabo la obra (OSCE, 2019).
6. **Fase de diseño:** Fase inicial de la concepción de un proyecto durante el cual se genera la lluvia de ideas, recursos disponibles, entregables a desarrollar y la totalidad de los procesos a realizarse, todo de manera general, comprende desde la etapa de la definición de objetivos, riesgos, limitantes, estrategias, presupuesto, plan de contingencia y la documentación respectiva con todos los entregables y el cronograma de actividades (Asana, 2022).
7. **Incompatibilidad de procesos:** Proceso que evidencia la disconformidad de los diseños de cada especialidad al haber sido llevado a cabo por separado, generando así observaciones y complicando la ejecución de un proyecto (Vitteri, 2019).
8. **Metodología:** Conjunto de procedimientos y técnicas sistemáticas aplicadas en el desarrollo de un proyecto. En el contexto de esta investigación, se refiere específicamente a la metodología BIM, que integra datos y procesos para optimizar la gestión de recursos, tiempos y costos (Aguilera, 2013).
9. **Metrados:** Establecen la expresión cuantificada por partidas de los trabajos de construcción o cantidad de “obra” que se encuentran programados a ejecutarse dentro de un plazo específico, las cuales poseen una unidad de medida ya establecida para una de las partidas, los cuales son necesarios para poder establecer el presupuesto de obra, por cuanto expresan la cantidad de trabajo en cada partida (OSCE, 2019).

- 10. Modelador BIM:** Profesional que realiza el modelado de los elementos BIM representando fielmente el proyecto de manera gráfica y constructiva ajustándose a los criterios de diseño y así generar la documentación respectiva (Plan BIM Perú et al., 2023).
- 11. Presupuesto de obra:** Documento técnico-financiero que detalla el costo de cada partida y subpartida del proyecto. En el contexto BIM, se elabora mediante herramientas digitales que integran metrados, costos unitarios y análisis financieros (UNAM, 2020).
- 12. Proyecto:** Conjunto de actividades planificadas para desarrollar una obra pública, optimizando recursos y tiempos mediante la metodología BIM. Este enfoque busca satisfacer necesidades específicas de infraestructura con base en los objetivos planteados (Constructora Rey, 2019).

## **IV. Metodología de investigación**

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

El tipo de investigación determina la orientación fundamental de un estudio en función de sus objetivos y distingue tres categorías principales. La investigación básica o pura, que busca generar conocimiento nuevo sobre los principios subyacentes de fenómenos sin consideración de su aplicación inmediata; La investigación aplicada se centra en resolver problemas concretos y prácticos, orientando sus esfuerzos a generar soluciones útiles para necesidades específicas, y la investigación tecnológica, que combina ambas para poder desarrollar o mejorar procesos, métodos o herramientas (Tamayo & Tamayo, 1999).

La presente tesis es de tipo aplicado porque utiliza conocimientos teóricos y científicos existentes sobre la metodología BIM LOD 350 para resolver un problema concreto: la imprecisión en los presupuestos de construcción de obras públicas en Abancay. No se busca generar nueva teoría, sino aplicar una metodología probada para obtener resultados medibles y prácticos que contribuyan a la optimización del presupuesto de una obra pública real.

El nivel de investigación se refiere a la profundidad con la que se aborda el objeto de estudio. Los niveles principales son: Exploratorio que busca obtener un conocimiento preliminar sobre un fenómeno o problema poco estudiado; Descriptivo que detalla las características, componentes o procesos de un fenómeno o problema; Correlacional que analiza la relación entre dos o más variables y Explicativo que busca identificar causas y efectos de un fenómeno (Hernandez et al., 2018).

La tesis se clasifica como nivel explicativo, puesto que no se limita a describir las características de la metodología BIM LOD 350, si no que busca determinar y explicar de qué manera su incorporación influye en la optimización del presupuesto de construcción de una obra pública en Abancay. Mediante los objetivos específicos se realiza la evaluación de

la influencia del modelo LOD 350 sobre precisión de los insumos, se analizará el impacto donde se determinará la detección de interferencias en la reducción de costos por retrabajos, y se determinará como la programación de Delphin Express optimizo los tiempos de ejecución; donde se establecerá en todos los casos una relación de causa y efecto entre la variable independiente y la variable dependiente.

#### **4.2.   Ámbito temporal y espacial**

El ámbito temporal y espacial es la delimitación que establece los límites precisos en el tiempo y en el espacio dentro de los cuales se analiza el fenómeno de estudio; el ámbito temporal fija el intervalo cronológico pertinente y encuadra los resultados en procesos que evolucionan, mientras que el ámbito espacial determina la ubicación o escenario específico que circunscribe la inferencia (Arias, 2012).

El presente estudio se realizó en la provincia de Abancay, región de Apurímac, analizando un proyecto de institución educativa.

##### **Ubicación:**

Departamento: Apurímac

Provincia: Abancay

Distrito: Curahuasi

Todo el estudio abarco el trimestre final del año 2024 y el trimestre inicial del año 2025 para la recolección de información y el análisis correspondiente a cada ámbito que engloba la influencia del BIM en el presupuesto.

#### **4.3.   Población y muestra**

La población de estudio incluye la totalidad de casos que cumplen con las características definidas para el fenómeno bajo análisis (Arias, 2012).

En esta investigación, la población comprende todos los subproyectos del proyecto “Mejoramiento del servicio educativo de nivel inicial” ejecutados en las instituciones

educativas N° 811, N° 796, N° 1112 y N° 925 del distrito de Curahuasi; N° 1082 del distrito de Pichirhua; y N° 898 del distrito de Mariscal Gamarra, provincia de Grau, región Apurímac.

La muestra consiste en un subconjunto representativo de la población, seleccionado para facilitar el análisis de sus características (Arias, 2012).

Para esta investigación, la muestra se centra exclusivamente en el subproyecto “Mejoramiento del servicio educativo de nivel inicial en la I.E.I. N° 925 Ccapacca, distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, región Apurímac”, cuyas dimensiones y resultados permitirán inferir hallazgos aplicables al conjunto de subproyectos mencionados.

#### **4.4. Instrumentos**

Los instrumentos de recolección de datos son herramientas diseñadas para obtener información relevante y válida que permita responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos del estudio. Estos instrumentos pueden incluir cuestionarios, entrevistas, observaciones, pruebas y fichas de recolección de datos. La selección del instrumento depende del tipo de investigación, las variables involucradas y el contexto del estudio (Tamayo & Tamayo, 1999).

En la presente tesis se utilizan fichas de recolección de datos como instrumento principal, debido a su capacidad para organizar y sistematizar información técnica proveniente de fuentes específicas, tales como expediente técnico, los modelados BIM y reportes de interferencias. Estas fichas permitieron recopilar datos de manera estructurada, incluyendo metrados, costos, cronogramas y resultados obtenidos mediante herramientas como Revit, Navisworks y Delphin Expres, garantizando precisión y trazabilidad en el proceso. Además, su flexibilidad las hace ideales para procesar información técnica y evaluar aspectos clave del estudio, como la detección de interferencias y la estimación de presupuestos.

#### 4.5. Procedimientos

##### 4.5.1. Obtención del expediente técnico

Para la presente tesis, se eligió como proyecto de estudio al denominado “Mejoramiento del servicio educativo del nivel inicial en las IES N° 811, N°796, N°1112, N°925 del distrito de Curahuasi, N°1082 del distrito de Pichirhua, en la provincia de Abancay, N° 898 del distrito de Mariscal Gamarra en la Prov. de Grau, Región Apurímac”, el cual es un proyecto que abarca la ejecución de diversas instituciones educativas, siendo el caso de análisis o muestra en esta tesis el subproyecto “Mejoramiento Del Servicio Educativo De Nivel Inicial En La I.E.I. N° 925 Ccapacca, Distrito De Curahuasi, Provincia De Abancay, Región Apurímac”, el cual presenta un presupuesto a nivel de costo directo de S/. 1,036,634.40. Dicho monto es el analizado en esta investigación, ya que es la que presenta la mayor incidencia en el proyecto. En la Tabla 1 se muestra el presupuesto a nivel de costo directo de los diversos subproyectos, evidenciando la mayor incidencia del subproyecto en Ccapacca:

**Tabla 1.**

*Presupuesto a nivel de costo directo con CUI 303467*

| DESCRIPCIÓN        | MONTO S/.    |
|--------------------|--------------|
| I.E.I CCOCHA       | 985,498.28   |
| I.E.I CCAPACCA     | 1,036,634.40 |
| I.E.I COLLO TARANI | 860,549.62   |
| I.E.I HUANIMA      | 984,648.66   |
| I.E.I CHARAURO     | 723,352.92   |
| I.E.I SARCONTA     | 555,568.77   |

*Nota:* Tomado del expediente técnico

##### 4.5.2. Memoria descriptiva del expediente técnico

El proyecto en análisis denominado “Mejoramiento del Servicio Educativo del Nivel Inicial en las IES N°811, N°796, N°1112, N°925 del distrito de Curahuasi, N°1082 del distrito de Pichirhua, en la Provincia de Abancay, N°898 del distrito de Mariscal Gamarra en la Prov. de Grau, Región Apurímac”; contempla la construcción de una infraestructura de Concreto Armado, techado con losa aligerada de 17cm de espesor cubierta con planchas de

teja andina ancladas a tubos LAC de 2"x2". Dicho proyecto contempla la construcción de 01 Aula educativa, 01 depósito de material educativo, 01 SS.HH para niños, 01 SS.HH. para niñas, 01 SS.HH. para docente, 01 dirección-tópico, 01 sala de psicomotricidad, 01 cocina, 02 almacén de alimentos, 01 vivienda docente, construcción de patio de honor, área de juegos infantiles, área verdes, muro de contención, cerco perimétrico, rampas, veredas de circulación, tanque elevado y biodigestor.

**Figura 13.**

*Renderizado con vista isométrica del proyecto educativo*



*Nota: Tomado del expediente técnico*

#### **4.5.3. Planos del expediente técnico**

Definido el subproyecto, se tomó de este los planos a nivel arquitectónico, estructural y de instalaciones MEP para proceder con la obtención de información a nivel gráfico y de cuantificación de metrados, presupuestos y demás. Los detalles se muestran en los anexos en la Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 y Figura 47

#### **4.5.4. Obtención de metrados del expediente técnico**

Así mismo, se procedió con la obtención de los metrados que fueron utilizados para la ejecución de obra. Estos se muestran en la correspondientes a la especialidad en la cual fueron proyectadas. Debido a que el objetivo de la presente tesis corresponde a la comparación entre el expediente elaborado con metodologías tradicionales y los obtenidos con la metodología BIM; solo se muestra las partidas analizadas para cada especialidad, no se consideraron para la obtención de datos las partidas relacionadas a: Trabajos Preliminares (no es altamente incidente), Movimiento De Tierras (no se consideró la topografía en el modelado BIM), Pruebas De Laboratorio (corresponden a globales o unidades no variables), Asta De Bandera (corresponden a globales o unidades no variables), Pruebas hidráulicas (corresponden a globales o unidades no variables) y Pruebas eléctricas (corresponden a globales o unidades no variables).

En la Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31 se muestra los metrados por cada especialidad correspondiente a los obtenidos del expediente técnico utilizado para la ejecución del proyecto.

#### **4.5.5. Obtención del presupuesto del expediente técnico**

Con el mismo criterio considerado para la obtención de metrados, se tiene el presupuesto para cada una de las partidas, considerando el Análisis de Precios Unitarios que se planteó en el expediente, así como los rendimientos y cantidad de materiales.

En la Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39 se muestra el presupuesto para cada partida analizada por especialidad, de igual forma se muestra en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 se muestra la relación de insumos valorizado por cada grupo de insumo (mano de obra, materiales o equipos).

Para facilitar la presentación y el análisis de los datos obtenidos, a partir de este punto solo se mostrará el código o ítem de la partida correspondiente, sin incluir su descripción.

La relación de insumos, fue filtrada para poder obtener solo de las partidas analizadas, estas fueron clasificadas en los 3 insumos utilizados por la mayoría de profesionales. Estas corresponden a Mano de Obra (Tabla 2), Materiales (Tabla 3) y Equipos (Tabla 4).

**Tabla 2.**

*Relación de insumos - mano de obra del expediente técnico*

| Código              | Descripción | Unid | Cantidad  | Costo    | Total                |
|---------------------|-------------|------|-----------|----------|----------------------|
| <b>Mano de Obra</b> |             |      |           |          | <b>S/ 280,863.75</b> |
| 470020001           | Operario    | hh   | 7581.2065 | S/ 19.00 | S/ 144,042.92        |
| 470020003           | Oficial     | hh   | 3718.2783 | S/ 15.76 | S/ 58,600.07         |
| 470020002           | Peón        | hh   | 5520.1663 | S/ 14.17 | S/ 78,220.76         |

*Nota:* Adaptado del expediente técnico

**Tabla 3.**

*Relación de insumos - materiales del expediente técnico*

| Código            | Descripción                                       | Unid | Cantidad   | Costo       | Total                |
|-------------------|---------------------------------------------------|------|------------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                   |      |            |             | <b>S/ 508,858.88</b> |
| 710020150         | Abrazadera De F°F° De 4"                          | pza  | 34         | S/ 25.00    | S/ 850.00            |
| 30020001          | Acero Corrugado Fy=4200Kg/Cm2 Grado 60            | kg   | 21563.6695 | S/ 3.10     | S/ 66,847.38         |
| 720020128         | Adaptador Pvc Sap 1/2"                            | und  | 1.8        | S/ 1.50     | S/ 2.70              |
| 390020030         | Agua                                              | m³   | 211.7189   | S/ 1.50     | S/ 317.58            |
| 20020070          | Alambre Galvanizado # 14                          | kg   | 97.99      | S/ 8.00     | S/ 783.92            |
| 20020066          | Alambre Galvanizado # 18                          | kg   | 29.98      | S/ 8.00     | S/ 239.84            |
| 20020037          | Alambre Negro Recocido # 16                       | kg   | 792.8786   | S/ 3.20     | S/ 2,537.21          |
| 20020001          | Alambre Negro Recocido # 8                        | kg   | 836.5703   | S/ 3.60     | S/ 3,011.65          |
| 430020051         | Andamio De Madera                                 | p²   | 1353.6293  | S/ 2.40     | S/ 3,248.71          |
| 510020164         | Angulo 1 1/2"X1 1/2"X1/4"                         | m    | 84.966     | S/ 12.30    | S/ 1,045.08          |
| 510020076         | Angulo Perimetral Ckm Blanco                      | m    | 155.584    | S/ 2.10     | S/ 326.73            |
| 40020001          | Arena Fina                                        | m³   | 58.8742    | S/ 120.00   | S/ 7,064.90          |
| 50020035          | Arena Gruesa                                      | m³   | 148.1182   | S/ 110.00   | S/ 16,293.00         |
| 390020056         | Arenado                                           | m    | 108.5044   | S/ 15.00    | S/ 1,627.57          |
| 130020001         | Asfalto Rc-250                                    | gln  | 63.8053    | S/ 15.00    | S/ 957.08            |
| 20020072          | Baldosa Superboard Texturada 0.60X0.60 E=4Mm      | m²   | 522.6208   | S/ 5.50     | S/ 2,874.41          |
| 20020113          | Baranda Metalica S/Diseño                         | m    | 214.914    | S/ 80.00    | S/ 17,193.12         |
| 540020094         | Barniz Marino                                     | gln  | 1.5765     | S/ 40.00    | S/ 63.06             |
| 100020236         | Bastones De Pvc 1"X2.5Mm Clase 10 Sap             | pza  | 1          | S/ 3.50     | S/ 3.50              |
| 300020227         | Bateria Ciclo Profundo, Sellada 100Ah             | und  | 2          | S/ 700.00   | S/ 1,400.00          |
| 300020228         | Bateria Ciclo Profundo, Sellada 200Ah             | und  | 8          | S/ 1,700.00 | S/ 13,600.00         |
| 260020084         | Bisagra Capuchina Ploma 4" X 4"                   | und  | 112        | S/ 7.50     | S/ 840.00            |
| 300020225         | Bornera 4 Vias Para Gavinet Metalico              | pza  | 2          | S/ 8.00     | S/ 16.00             |
| 390020219         | Buzon De Concreto De 0.40M X 0.40M X 0.60M C/Tapa | GLB  | 3          | S/ 68.00    | S/ 204.00            |
| 180020001         | Cable Coaxial                                     | m    | 9          | S/ 1.20     | S/ 10.80             |
| 70020001          | Cable Lsxoh-90 De (1X2.5)Mm2 Cu                   | m    | 744        | S/ 1.02     | S/ 758.88            |
| 70020180          | Cable Lsxoh-90 De (1X4)Mm2 Cu                     | m    | 442        | S/ 1.53     | S/ 676.26            |
| 70020212          | Cable Lsxoh-90 De (1X6)Mm2 Cu                     | m    | 38.7819    | S/ 1.68     | S/ 65.15             |
| 70020176          | Cable Lsxoh-90 De 2.5 Mm2                         | m    | 270        | S/ 1.02     | S/ 275.40            |
| 190020210         | Cable N2Xoh, De (2-1X10+Tt 1X10)Mm2 Cu            | m    | 28.455     | S/ 14.80    | S/ 421.13            |
| 190020001         | Cable N2Xoh, De (2-1X16)Mm2 Cu                    | m    | 15.33      | S/ 14.00    | S/ 214.62            |
| 190020211         | Cable N2Xoh, De (2-1X6+Tt 1X6)Mm2 Cu              | m    | 13.86      | S/ 10.00    | S/ 138.60            |
| 60020243          | Cable Nh70 - 1X25Mm2                              | m    | 15         | S/ 13.80    | S/ 207.00            |
| 300020201         | Cable Xpt 2 X 22Awg (Para Aci)                    | m    | 234        | S/ 1.50     | S/ 351.00            |
| 310020001         | Caja De Concreto P/Medidor Agua                   | und  | 10         | S/ 25.00    | S/ 250.00            |
| 500020001         | Caja De Desague De 12"X24"                        | und  | 15         | S/ 12.00    | S/ 180.00            |
| 500020162         | Caja De Desague De 24"X24"                        | und  | 21         | S/ 18.00    | S/ 378.00            |
| 120020001         | Caja De Pase Octogonal F°g° Pesada 4"             | pza  | 46.2       | S/ 1.50     | S/ 69.30             |

| Código            | Descripción                                                                                 | Unid | Cantidad  | Costo       | Total                |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                             |      |           |             | <b>S/ 508,858.88</b> |
| 120020181         | Caja De Pase Rectangular F°G° Pesada 4"X2"                                                  | pza  | 6.1       | S/ 1.50     | S/ 9.15              |
| 170020245         | Caja De Registro De Puesta A Tierra Con Tapa                                                | und  | 5         | S/ 30.00    | S/ 150.00            |
| 310020166         | Caja De Registro Para Lodos 1.00 X 1.00 M                                                   | und  | 1         | S/ 150.00   | S/ 150.00            |
| 120020177         | Caja Rectang Galv Liviana 4"X2X2 1/2                                                        | und  | 15        | S/ 1.50     | S/ 22.50             |
| 120020200         | Caja Rectangular Galvanizada Pesada 100 X 2 1/55 X 50 Mm                                    | und  | 4         | S/ 1.20     | S/ 4.80              |
| 560020169         | Calam.G°Zinc Ga28:1.83 X 0.663 M X 0.4Mm                                                    | pln  | 6.91      | S/ 18.00    | S/ 124.38            |
| 610020001         | Canaleta Trapezoidal De Plancha Galv. Incl. Ganchos                                         | m    | 142.2225  | S/ 11.00    | S/ 1,564.45          |
| 290020069         | Carrizo De Primera                                                                          | CGA  | 8.2445    | S/ 10.00    | S/ 82.45             |
| 210020001         | Cemento Portland Tipo I (42.5Kg)                                                            | bol  | 3772.5541 | S/ 23.50    | S/ 88,655.02         |
| 400020079         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 30X30 Cm                                              | m²   | 75.222    | S/ 32.00    | S/ 2,407.10          |
| 400020081         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 40X15 Cm                                              | m²   | 3.995     | S/ 27.00    | S/ 107.87            |
| 400020080         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 40X40 Cm                                              | m²   | 17.997    | S/ 27.00    | S/ 485.92            |
| 260020085         | Cerradura Para Puertas De Tres Golpes                                                       | und  | 7         | S/ 60.00    | S/ 420.00            |
| 260020086         | Chapa De Perilla Con Seguridad Interior                                                     | und  | 24        | S/ 30.00    | S/ 720.00            |
| 290020172         | Cinta Aislante                                                                              | und  | 10.12     | S/ 2.00     | S/ 20.24             |
| 290020125         | Cinta Teflon                                                                                | und  | 35.685    | S/ 2.00     | S/ 71.37             |
| 20020071          | Clavos De Fijacion                                                                          | und  | 1944.8    | S/ 0.20     | S/ 388.96            |
| 20020167          | Clavos Para Calamina                                                                        | kg   | 0.5528    | S/ 7.50     | S/ 4.15              |
| 20020067          | Clavos Para Madera C/C 2"                                                                   | kg   | 32.672    | S/ 3.40     | S/ 111.08            |
| 20020032          | Clavos Para Madera C/C 3"                                                                   | kg   | 583.1238  | S/ 3.40     | S/ 1,982.62          |
| 20020068          | Clavos Para Madera C/C 4"                                                                   | kg   | 1.5431    | S/ 3.40     | S/ 5.25              |
| 590020064         | Cobertura Teja Andina 1.14M X 0.72M X5Mm                                                    | pln  | 331.905   | S/ 28.00    | S/ 9,293.34          |
| 720020144         | Codo De 90 Pvc Sal De 2"                                                                    | und  | 1         | S/ 2.00     | S/ 2.00              |
| 720020127         | Codo De 90 Pvc Sap P/ Agua De 1/2"                                                          | und  | 18        | S/ 2.00     | S/ 36.00             |
| 720020140         | Codo Pvc Sal 2"X45°                                                                         | und  | 29.37     | S/ 2.00     | S/ 58.74             |
| 720020132         | Codo Pvc Sal 2"X90°                                                                         | pza  | 54.85     | S/ 2.00     | S/ 109.70            |
| 720020136         | Codo Pvc Sal 4"X45°                                                                         | pza  | 12        | S/ 4.50     | S/ 54.00             |
| 720020137         | Codo Pvc Sal 4"X90°                                                                         | pza  | 34.83     | S/ 4.50     | S/ 156.74            |
| 60020244          | Conector Tipo Ab Copperweld                                                                 | pza  | 10        | S/ 10.20    | S/ 102.00            |
| 60020001          | Conector De Cobre Perno Partido De 25Mm2                                                    | pza  | 10        | S/ 12.50    | S/ 125.00            |
| 50020048          | Confitillo                                                                                  | m³   | 4.1622    | S/ 70.00    | S/ 291.35            |
| 430020103         | Contrazocalo De Cedro Boleado 3/4"X4"                                                       | m    | 58.5143   | S/ 46.00    | S/ 2,691.66          |
| 110020222         | Controlador De Carga 30A,12/24/48V/Dc Con Visualizador Del Estado De Carga                  | und  | 2         | S/ 586.00   | S/ 1,172.00          |
| 20020110          | Cordel                                                                                      | m    | 31.2      | S/ 0.20     | S/ 6.24              |
| 740020238         | Correa Plastica De Amarre De 25 Cm De Longitud                                              | und  | 20        | S/ 0.50     | S/ 10.00             |
| 400020001         | Cruceta De 3Mm.                                                                             | und  | 1803.68   | S/ 0.05     | S/ 90.18             |
| 590020065         | Cumbrera De Teja Andina 0.745X5Mm (Par)                                                     | und  | 78.75     | S/ 19.00    | S/ 1,496.25          |
| 740020216         | Curva Pvc Electrica Sap 1 1/2" (40Mm)                                                       | pza  | 3.645     | S/ 2.00     | S/ 7.29              |
| 740020213         | Curva Pvc Electrica Sap 1 1/4" (35Mm)                                                       | pza  | 11.16     | S/ 1.50     | S/ 16.74             |
| 740020001         | Curva Pvc Electrica Sap 3/4" (20Mm)                                                         | pza  | 160       | S/ 1.50     | S/ 240.00            |
| 740020202         | Curva Pvc Electrica Sap De 1/2" (15Mm)                                                      | pza  | 26        | S/ 1.20     | S/ 31.20             |
| 300020205         | Detector Fotoelectronico De Humo De Alta Confiabilidad, 4 Hilos 12V Dc, Color Blanco Marfil | und  | 9         | S/ 85.00    | S/ 765.00            |
| 100020122         | Dispensadora De Jabon Liquido                                                               | und  | 4         | S/ 16.90    | S/ 67.60             |
| 40020241          | Dosis De Thor Gel                                                                           | und  | 15        | S/ 67.80    | S/ 1,017.00          |
| 390020206         | Embone Para Tubo De Ø 15Mm Tp                                                               | pza  | 9         | S/ 0.50     | S/ 4.50              |
| 390020173         | Embone Para Tubo De Ø 20Mm Tp                                                               | pza  | 69        | S/ 0.50     | S/ 34.50             |
| 540020111         | Esmalte Epoxico                                                                             | gln  | 0.624     | S/ 65.00    | S/ 40.56             |
| 790020124         | Espejo De 1.20 X 0.50 M X 4 Mm                                                              | und  | 4         | S/ 35.00    | S/ 140.00            |
| 300020078         | Fragua                                                                                      | kg   | 90.8438   | S/ 8.00     | S/ 726.75            |
| 260020073         | Fulminante Calibre 22                                                                       | cto  | 19.448    | S/ 25.00    | S/ 486.20            |
| 110020221         | Fusible De 30 A                                                                             | und  | 2         | S/ 2.50     | S/ 5.00              |
| 110020001         | Fusible Unipolar 20 A                                                                       | und  | 22        | S/ 2.50     | S/ 55.00             |
| 120020189         | Gabinete Metalico Con Barra De Cobre De 24 Polos Riel Dim C/Accesorios - Tpc1               | und  | 4         | S/ 562.00   | S/ 2,248.00          |
| 100020229         | Gabinete Metalico De F°G° Cap. Sop. 522 Kg                                                  | und  | 1         | S/ 2,463.00 | S/ 2,463.00          |
| 100020230         | Gabinete Metalico De F°G° Cap. Sop. 60 Kg                                                   | und  | 1         | S/ 280.00   | S/ 280.00            |

| Código            | Descripción                                                                          | Unid | Cantidad  | Costo       | Total                |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                      |      |           |             | <b>S/ 508,858.88</b> |
| 100020235         | Ganchos Ajustadores De Acero Galvanizado C/T                                         | und  | 14        | S/ 48.00    | S/ 672.00            |
| 300020159         | Grifo De Riego 1/2"                                                                  | und  | 4         | S/ 35.00    | S/ 140.00            |
| 390020055         | Hoja De Sierra                                                                       | und  | 115.876   | S/ 4.50     | S/ 521.44            |
| 380020001         | Hormigon                                                                             | m³   | 212.4923  | S/ 80.00    | S/ 16,999.38         |
| 300020116         | Impermeabilizante                                                                    | gln  | 0.2363    | S/ 40.00    | S/ 9.45              |
| 300020089         | Imprimante                                                                           | gln  | 78.9315   | S/ 18.00    | S/ 1,420.77          |
| 100020154         | Inodoro Modelo Baby Fresh Color Blanco Incl. Accesorios                              | und  | 4         | S/ 228.00   | S/ 912.00            |
| 100020001         | Inodoro Sifon Jet Color Blanco Incl. Accesorios                                      | und  | 2         | S/ 180.00   | S/ 360.00            |
| 120020187         | Interruptor Diferencial 2X20A. - 30 Ma                                               | und  | 3         | S/ 96.00    | S/ 288.00            |
| 120020188         | Interruptor Diferencial 2X25A. - 30 Ma                                               | und  | 6         | S/ 101.70   | S/ 610.20            |
| 120020179         | Interruptor Doble                                                                    | pza  | 4         | S/ 4.30     | S/ 17.20             |
| 120020178         | Interruptor Simple                                                                   | pza  | 10        | S/ 3.40     | S/ 34.00             |
| 120020183         | Interruptor Termomagnetico 2 X 16 A                                                  | und  | 3         | S/ 50.00    | S/ 150.00            |
| 120020184         | Interruptor Termomagnetico 2 X 20 A                                                  | und  | 6         | S/ 52.00    | S/ 312.00            |
| 120020185         | Interruptor Termomagnetico 2 X 32 A                                                  | und  | 7         | S/ 60.00    | S/ 420.00            |
| 120020186         | Interruptor Termomagnetico 2 X 40 A                                                  | und  | 1         | S/ 65.00    | S/ 65.00             |
| 120020208         | Interruptor Termomagnetico 2 X 63 A                                                  | und  | 1         | S/ 70.00    | S/ 70.00             |
| 300020207         | Interruptor Triple                                                                   | und  | 1         | S/ 15.00    | S/ 15.00             |
| 120020231         | Inversor 2500W/48V                                                                   | und  | 1         | S/ 7,900.00 | S/ 7,900.00          |
| 120020232         | Inversor 400W/12V                                                                    | und  | 1         | S/ 1,400.00 | S/ 1,400.00          |
| 100020121         | Jabonera C/Asa P/Bano 15X15 Blanca                                                   | und  | 2         | S/ 16.90    | S/ 33.80             |
| 300020046         | Laca Desmoldeadora                                                                   | gln  | 48.8196   | S/ 33.00    | S/ 1,611.05          |
| 170020001         | Ladrillo Arcilla Kin-Kong De 18 Huecos 9X12X24Cm                                     | und  | 13528.263 | S/ 1.50     | S/ 20,292.39         |
| 170020170         | Ladrillo Corriente 6 X 12 X 24 Cm                                                    | und  | 1266.72   | S/ 1.50     | S/ 1,900.08          |
| 110020194         | Lampara De Led Alta Eficiencia Sp70 De 5.5W Con Soket                                | pza  | 18        | S/ 60.00    | S/ 1,080.00          |
| 110020196         | Lampara Led De Alta Eficiencia De 12.5W                                              | pza  | 1         | S/ 119.00   | S/ 119.00            |
| 300020119         | Lavadero A.Inox.19"X37"C/Esc. P. Sat.C/A                                             | und  | 2         | S/ 150.00   | S/ 300.00            |
| 100020118         | Lavatorio Manantial De Losa Color Blanco Con Griferia Y Acc.                         | und  | 6         | S/ 144.00   | S/ 864.00            |
| 390020114         | Lija Para Elementos Metalicos                                                        | hja  | 1.5157    | S/ 1.50     | S/ 2.27              |
| 390020090         | Lija Para Madera                                                                     | und  | 121.7242  | S/ 1.50     | S/ 182.59            |
| 240020001         | Loseta Ceramica 30X20 Cm.                                                            | m²   | 59.304    | S/ 27.00    | S/ 1,601.21          |
| 110020199         | Luminaria 2X18W Con 2 Fluorescentes Lineales Con Rejilla Y Sistema Optico (Completo) | und  | 12        | S/ 56.00    | S/ 672.00            |
| 440020100         | Madera Machihembrada Aguano 3/4" X 6"                                                | p²   | 1253.622  | S/ 7.20     | S/ 9,026.08          |
| 430020033         | Madera Nacional P/Encofrado                                                          | p²   | 14317.296 | S/ 2.40     | S/ 34,361.51         |
| 430020099         | Madera Tornillo 2" X 3" X 10'                                                        | pza  | 83.2252   | S/ 27.50    | S/ 2,288.69          |
| 440020001         | Madera Tornillo Cepillada                                                            | p²   | 7.0644    | S/ 2.50     | S/ 17.66             |
| 120020233         | Modulo Fotovoltaico De 100 Wp,12Vcc, Monocristalino                                  | pza  | 2         | S/ 800.00   | S/ 1,600.00          |
| 120020234         | Modulo Fotovoltaico De 200 Wp,24Vcc, Monocristalino                                  | pza  | 6         | S/ 1,100.00 | S/ 6,600.00          |
| 290020109         | Ocre                                                                                 | kg   | 3.267     | S/ 5.00     | S/ 16.34             |
| 100020120         | Papelera De Losa Blanca 15 X 15 Cm Incl. Accesorios                                  | pza  | 6         | S/ 14.50    | S/ 87.00             |
| 300020102         | Pegamento Gris En Interiores (Bol.50Kg) Para Ceramico                                | bol  | 1.73      | S/ 35.00    | S/ 60.55             |
| 300020077         | Pegamento Para Ceramico En Bolsa De 25Kg                                             | bls  | 29.159    | S/ 15.00    | S/ 437.39            |
| 300020126         | Pegamento Para Pvc                                                                   | gln  | 7.2198    | S/ 35.00    | S/ 252.69            |
| 20020226          | Perno Cabeza Exagonal, Segun Requerimiento                                           | pza  | 90        | S/ 0.50     | S/ 45.00             |
| 20020045          | Perno De Anclaje P. Encof. 1/2"X0.50 M.                                              | pza  | 48.8196   | S/ 2.00     | S/ 97.64             |
| 20020060          | Pernos De Fijacion De 5"                                                             | und  | 248       | S/ 8.00     | S/ 1,984.00          |
| 50020034          | Piedra Chancada De 1/2"                                                              | m³   | 131.631   | S/ 110.00   | S/ 14,479.41         |
| 50020001          | Piedra Grande De 8"                                                                  | m³   | 244.776   | S/ 65.00    | S/ 15,910.44         |
| 50020031          | Piedra Mediana De 6"                                                                 | m³   | 4.5214    | S/ 65.00    | S/ 293.89            |
| 540020001         | Pintura Anticorrosiva                                                                | gln  | 0.254     | S/ 32.00    | S/ 8.13              |
| 540020057         | Pintura Base Zincromato                                                              | gln  | 121.969   | S/ 65.00    | S/ 7,927.99          |
| 540020115         | Pintura Epoxica                                                                      | gln  | 2.2736    | S/ 135.00   | S/ 306.94            |
| 540020093         | Pintura Esmalte                                                                      | gln  | 23.902    | S/ 34.00    | S/ 812.67            |
| 540020112         | Pintura Esmalte De Transito                                                          | gln  | 0.624     | S/ 34.00    | S/ 21.22             |
| 540020091         | Pintura Latex                                                                        | gln  | 59.1356   | S/ 25.00    | S/ 1,478.39          |
| 120020198         | Placa De Salida De Television                                                        | und  | 1         | S/ 8.00     | S/ 8.00              |

| Código            | Descripción                                                                                                             | Unid | Cantidad | Costo       | Total                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                                                         |      |          |             | <b>S/ 508,858.88</b> |
| 560020061         | Plancha Metalica 6Mm 0.15X0.20M                                                                                         | und  | 124      | S/ 12.00    | S/ 1,488.00          |
| 520020001         | Platina De Acero De 1/2"X1 1/2"                                                                                         | m    | 141.61   | S/ 5.00     | S/ 708.05            |
| 620020001         | Portafusible Autorroscante                                                                                              | und  | 20       | S/ 2.00     | S/ 40.00             |
| 110020220         | Portafusible Tipo Pescado                                                                                               | und  | 2        | S/ 2.00     | S/ 4.00              |
| 620020237         | Poste Metalico Rectangular De Fierro Galvanizado Ø 6 X 3M                                                               | und  | 2        | S/ 280.00   | S/ 560.00            |
| 120020191         | Prensaestoras                                                                                                           | und  | 22       | S/ 3.00     | S/ 66.00             |
| 540020101         | Preservante De Madera                                                                                                   | gln  | 6.6564   | S/ 40.00    | S/ 266.26            |
| 430020083         | Puerta Contraplacada Con Plancha De Triplay De 6Mm                                                                      | m²   | 19.4775  | S/ 140.00   | S/ 2,726.85          |
| 430020082         | Puerta De Madera Aguano Tablero Rebajado                                                                                | m²   | 16.002   | S/ 240.00   | S/ 3,840.48          |
| 720020147         | Ramal Tee Doble C/Reduc Pvc Sal 4" A 2"                                                                                 | und  | 7        | S/ 8.00     | S/ 56.00             |
| 100020143         | Registro De Bronce De 2"                                                                                                | und  | 1        | S/ 3.39     | S/ 3.39              |
| 100020145         | Registro De Bronce De 4"                                                                                                | und  | 6        | S/ 7.00     | S/ 42.00             |
| 430020053         | Regla De Aluminio 2"X5"X2M.                                                                                             | und  | 134.2559 | S/ 6.50     | S/ 872.66            |
| 430020052         | Regla De Madera                                                                                                         | p²   | 2.8303   | S/ 2.00     | S/ 5.66              |
| 120020192         | Riel Para Anclaje De Llave Termomagnetico                                                                               | und  | 2        | S/ 4.00     | S/ 8.00              |
| 430020104         | Rodon De Madera Aguano 3/4" X 3/4"                                                                                      | m    | 58.7037  | S/ 1.50     | S/ 88.06             |
| 540020095         | Sellador                                                                                                                | gln  | 1.2612   | S/ 20.00    | S/ 25.22             |
| 300020087         | Silicona                                                                                                                | und  | 4.0278   | S/ 15.00    | S/ 60.42             |
| 300020246         | Sistema De Pararrayos                                                                                                   | jgo  | 1        | S/ 2,300.00 | S/ 2,300.00          |
| 110020195         | Sockets De Baquelita Simple                                                                                             | pza  | 19       | S/ 3.20     | S/ 60.80             |
| 290020054         | Soldadura Indura Punto Azul 1/8"                                                                                        | kg   | 119.938  | S/ 15.00    | S/ 1,799.07          |
| 730020139         | Sombrero De Ventilacion Pvc Sal 2"                                                                                      | pza  | 6.2044   | S/ 4.50     | S/ 27.92             |
| 20020149          | Soporte Tipo Abrazadera Para Tuberia                                                                                    | und  | 94.815   | S/ 3.00     | S/ 284.45            |
| 740020239         | Soporte Y/O Plataforma De Fierro Galvanizado De 18"X1 1/2", Tipo Omnimount Para Modulo Fotovoltaico De 6X200 Wp         | pza  | 1        | S/ 1,500.00 | S/ 1,500.00          |
| 740020240         | Soporte Y/O Plataforma De Fierro Galvanizado De 18"X1 1/2",Tipo Omnimount Para Modulo Fotovoltaico De 2X100 Wp En Techo | pza  | 1        | S/ 230.00   | S/ 230.00            |
| 100020146         | Sumidero Cromado De 2"                                                                                                  | und  | 7        | S/ 3.00     | S/ 21.00             |
| 120020190         | Tablero De A°g Lag, 1.5Mx0.40X2M Con Techo Ip43                                                                         | und  | 2        | S/ 530.00   | S/ 1,060.00          |
| 500020148         | Tapa C/Marco F°f° De Desague 12" X 24"                                                                                  | pza  | 12       | S/ 60.00    | S/ 720.00            |
| 390020130         | Tapa Metalica Con Marco Y Seguro                                                                                        | und  | 10       | S/ 45.00    | S/ 450.00            |
| 260020106         | Tarugo De Pvc De 1/4"                                                                                                   | und  | 90.5     | S/ 1.50     | S/ 135.75            |
| 510020001         | Tee Principal Ckm Blanco                                                                                                | m    | 369.512  | S/ 3.30     | S/ 1,219.39          |
| 730020138         | Tee Pvc Sal 2" X 2"                                                                                                     | pza  | 2        | S/ 6.50     | S/ 13.00             |
| 510020074         | Tee Secundario Ckm Blanco                                                                                               | m    | 321.281  | S/ 2.50     | S/ 803.20            |
| 510020075         | Tee Terciario Ckm Blanco                                                                                                | m    | 165.308  | S/ 2.00     | S/ 330.62            |
| 600020001         | Teknopor De 1" X 4' X 8'                                                                                                | pln  | 11.484   | S/ 5.00     | S/ 57.42             |
| 290020224         | Terminal De Cobre Tipo Ojal                                                                                             | pza  | 4        | S/ 1.00     | S/ 4.00              |
| 290020223         | Terminal De Cobre Tipo Punta                                                                                            | pza  | 8        | S/ 1.00     | S/ 8.00              |
| 530020092         | Thiner                                                                                                                  | gln  | 5.5808   | S/ 20.00    | S/ 111.62            |
| 40020242          | Tierra Organica (Turba)                                                                                                 | m³   | 12.5     | S/ 30.00    | S/ 375.00            |
| 260020063         | Tirafon De 1/4" X 4"                                                                                                    | und  | 562.8    | S/ 0.50     | S/ 281.40            |
| 100020123         | Toallera C/Barra Plastica Blanca                                                                                        | und  | 1        | S/ 14.50    | S/ 14.50             |
| 120020182         | Tomacorriente Doble, Dado Modelo 5028 Con Toma A Tierra 250 V                                                           | und  | 17       | S/ 15.00    | S/ 255.00            |
| 260020193         | Tornillo Tipo Came De 1/2"                                                                                              | und  | 38       | S/ 0.25     | S/ 9.50              |
| 730020135         | Trampa Pvc Sal "P" 2"                                                                                                   | pza  | 16.4864  | S/ 12.50    | S/ 206.08            |
| 440020168         | Triplay De 4'X8'X 4 Mm                                                                                                  | pln  | 2.073    | S/ 25.00    | S/ 51.83             |
| 440020047         | Triplay Lupuna De 4'X8'X 10 Mm                                                                                          | pln  | 113.9124 | S/ 54.00    | S/ 6,151.27          |
| 720020141         | Tub. Pvc Sal P/Desague De 2"                                                                                            | m    | 37.2511  | S/ 4.00     | S/ 149.00            |
| 720020142         | Tub. Pvc Sal P/Desague De 4"                                                                                            | m    | 17.3443  | S/ 7.20     | S/ 124.88            |
| 720020001         | Tub. Pvc Sap Presion P/Agua C-10 R. 1/2"                                                                                | m    | 67.8038  | S/ 2.50     | S/ 169.51            |
| 720020129         | Tub. Pvc Sap Presion P/Agua C-10 R. 3/4"                                                                                | m    | 34.7616  | S/ 3.50     | S/ 121.67            |
| 730020134         | Tuberia Pvc Sal Para Desague De 2" X 3 M                                                                                | pza  | 17.6     | S/ 12.00    | S/ 211.20            |
| 730020001         | Tuberia Pvc Sal Para Desague De 4" X 3 M                                                                                | pza  | 796.2    | S/ 25.40    | S/ 20,223.48         |
| 720020158         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 1 1/2"                                                                                           | m    | 34.6904  | S/ 7.00     | S/ 242.83            |
| 720020157         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 3/4"                                                                                             | m    | 96.0982  | S/ 3.50     | S/ 336.34            |
| 720020151         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 4"                                                                                               | m    | 50.4     | S/ 7.20     | S/ 362.88            |
| 720020161         | Tuberia Pvc Uf Ø 4"                                                                                                     | m    | 182.4255 | S/ 6.50     | S/ 1,185.77          |
| 720020163         | Tuberia Pvc Uf Ø 6"                                                                                                     | m    | 23.35    | S/ 73.50    | S/ 1,716.23          |

| Código            | Descripción                                     | Unid           | Cantidad | Costo     | Total                |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------|-----------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                 |                |          |           | <b>S/ 508,858.88</b> |
| 650020001         | Tubo Lac De 25X50X2.5Mm                         | m              | 181.734  | S/ 11.00  | S/ 1,999.07          |
| 650020098         | Tubo Lac De 50X100X2.5Mm                        | m              | 298.976  | S/ 20.00  | S/ 5,979.52          |
| 650020062         | Tubo Lac De 50X150X2.5Mm                        | m              | 122.44   | S/ 26.00  | S/ 3,183.44          |
| 650020108         | Tubo Lac De 50X50X2.5Mm                         | m              | 196.728  | S/ 13.00  | S/ 2,557.46          |
| 650020059         | Tubo Lac De 50X75X2.5Mm                         | m              | 381.181  | S/ 16.00  | S/ 6,098.90          |
| 740020214         | Tubo Pvc Electrico Sap De (35Mm) X3M            | m              | 22.5878  | S/ 2.50   | S/ 56.47             |
| 740020218         | Tubo Pvc Electrico Sap De (40Mm) X3M            | m              | 7.3775   | S/ 2.50   | S/ 18.44             |
| 740020203         | Tubo Pvc Electrico Sap De 1/2" (15Mm) X3M       | m              | 65       | S/ 1.00   | S/ 65.00             |
| 740020174         | Tubo Pvc Electrico Sap De 3/4" (20Mm) X3M       | m              | 498      | S/ 1.00   | S/ 498.00            |
| 740020215         | Union Pvc Electrico Sap De (35Mm)               | und            | 22.32    | S/ 1.00   | S/ 22.32             |
| 740020217         | Union Pvc Electrico Sap De 1 1/2" (40Mm)        | und            | 7.29     | S/ 1.00   | S/ 7.29              |
| 740020204         | Union Pvc Electrico Sap De 1/2" (15Mm)          | und            | 26       | S/ 1.00   | S/ 26.00             |
| 740020175         | Union Pvc Electrico Sap De 3/4" (20Mm)          | und            | 160      | S/ 1.00   | S/ 160.00            |
| 720020155         | Union Universal Pvc Sap De 1/2"                 | und            | 8        | S/ 4.00   | S/ 32.00             |
| 720020131         | Union Universal Pvc Sap De 3/4"                 | und            | 12       | S/ 7.50   | S/ 90.00             |
| 780020156         | Valvula Esferica De 1/2"                        | und            | 4        | S/ 25.00  | S/ 100.00            |
| 780020001         | Valvula Esferica De 3/4"                        | und            | 6        | S/ 60.00  | S/ 360.00            |
| 680020001         | Varilla De Cobre D=5/8" De 2.5M                 | und            | 5        | S/ 240.00 | S/ 1,200.00          |
| 790020105         | Vidrio Crudo De 6Mm.                            | p <sup>2</sup> | 3.5394   | S/ 10.00  | S/ 35.39             |
| 790020001         | Vidrio Crudo Incoloro De 6Mm Incluye Accesorios | p <sup>2</sup> | 559.124  | S/ 10.00  | S/ 5,591.24          |
| 720020133         | Yee Pvc Sal 2"                                  | und            | 31.165   | S/ 7.00   | S/ 218.16            |
| 300020001         | Yeso De 28 Kg                                   | bol            | 24.7335  | S/ 5.00   | S/ 123.67            |

*Nota:* Adaptado del expediente técnico

**Tabla 4.**

*Relación de insumos - equipos del expediente técnico*

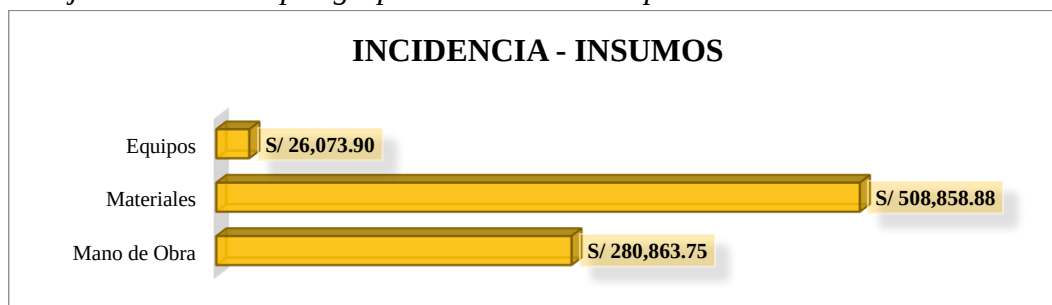
| Código         | Descripción                         | Unid | Cantidad | Costo         | Total               |
|----------------|-------------------------------------|------|----------|---------------|---------------------|
| <b>Equipos</b> |                                     |      |          |               | <b>S/ 26,073.90</b> |
| 480020088      | Andamio Metalico                    | hm   | 25.1933  | S/ 5.00       | S/ 125.97           |
| 370020001      | Herramientas Manuales               | %mo  | 3.00     | S/ 170,376.39 | S/ 5,111.29         |
| 480020001      | Mezcladora De Concreto De 9 -11P3   | hm   | 275.7214 | S/ 20.00      | S/ 5,514.43         |
| 480020058      | Soldadora Electrica De 225 Amperios | hm   | 398.9003 | S/ 30.00      | S/ 11,967.01        |
| 490020036      | Vibrador De Concreto 4 Hp 2.40"     | hm   | 223.6805 | S/ 15.00      | S/ 3,355.21         |

*Nota:* Adaptado del expediente técnico

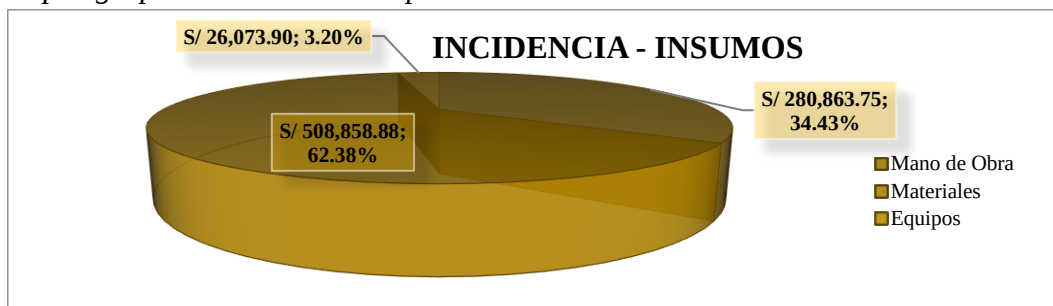
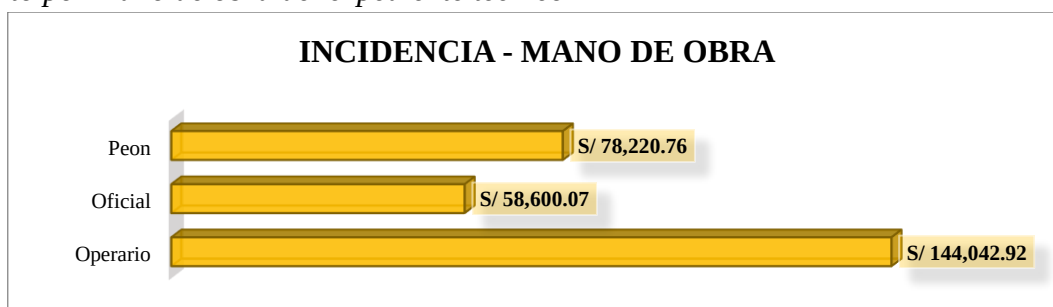
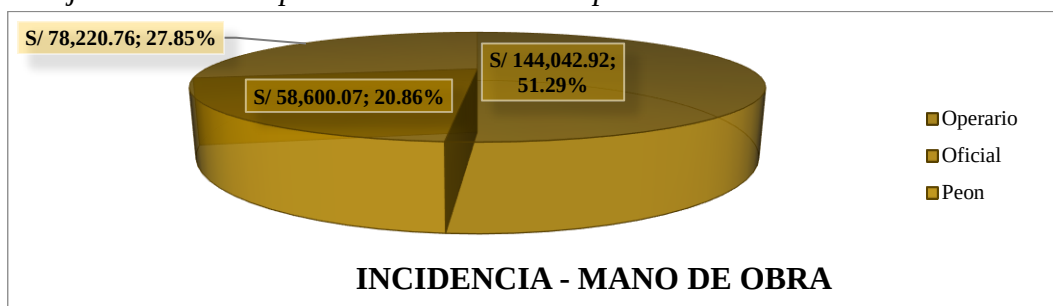
En la Figura 14 y Figura 15 se muestra la incidencia que tiene cada uno de los grupos de insumos, siendo los materiales los más incidentes con un 62.35% y dentro de cada grupo los más incidentes son: Operario con 51.29% en mano de obra, Cemento Portland con 22.68% en materiales y soldadora eléctrica de 225 amperios con 45.90% en equipos.

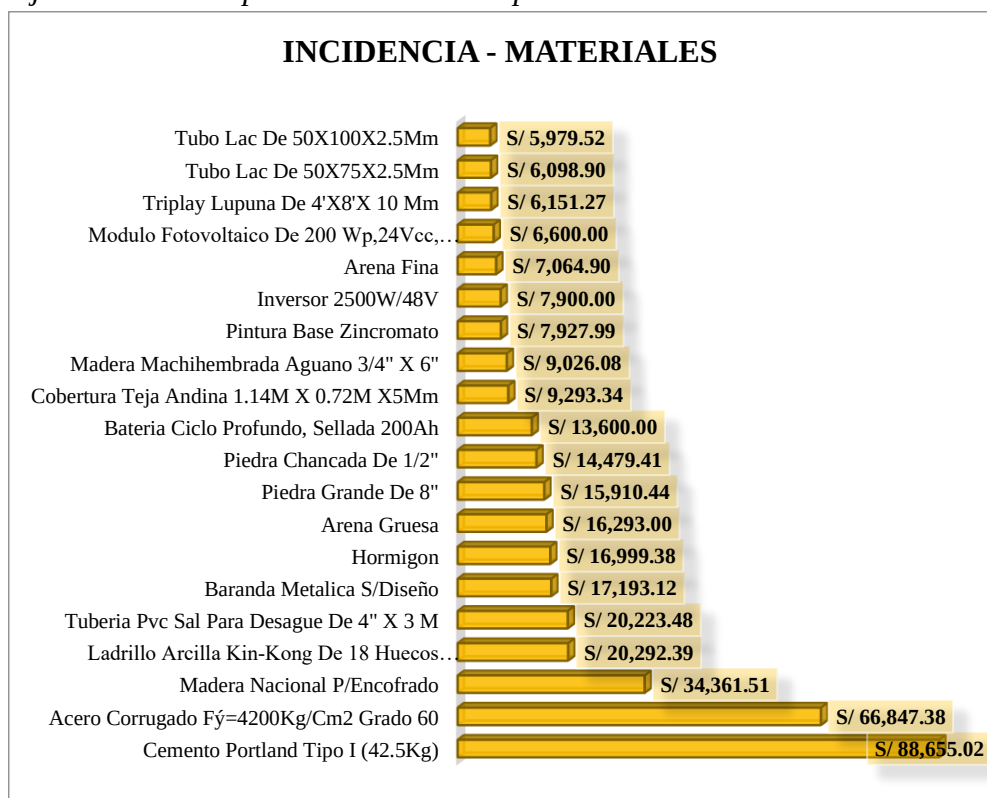
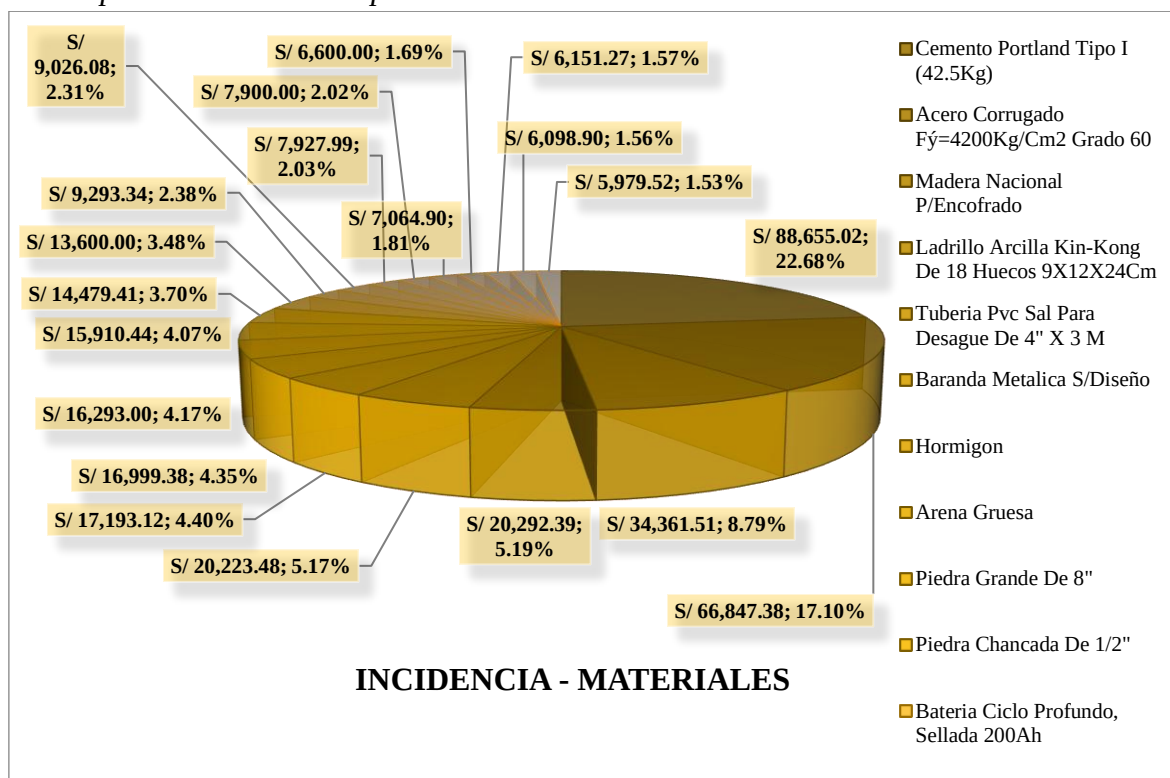
**Figura 14.**

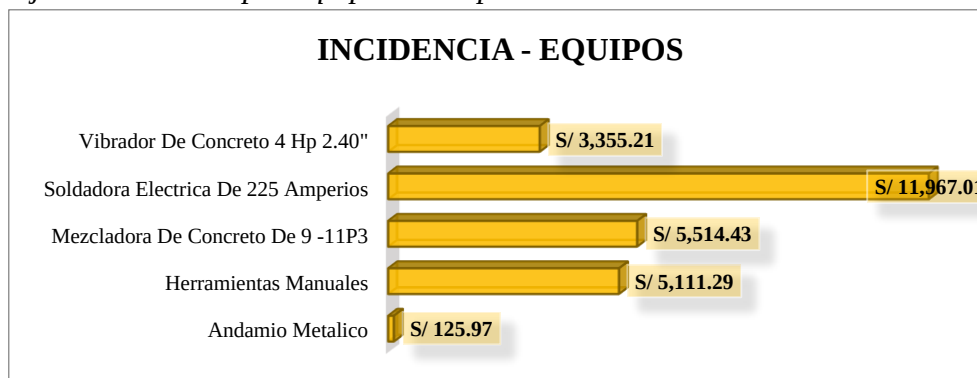
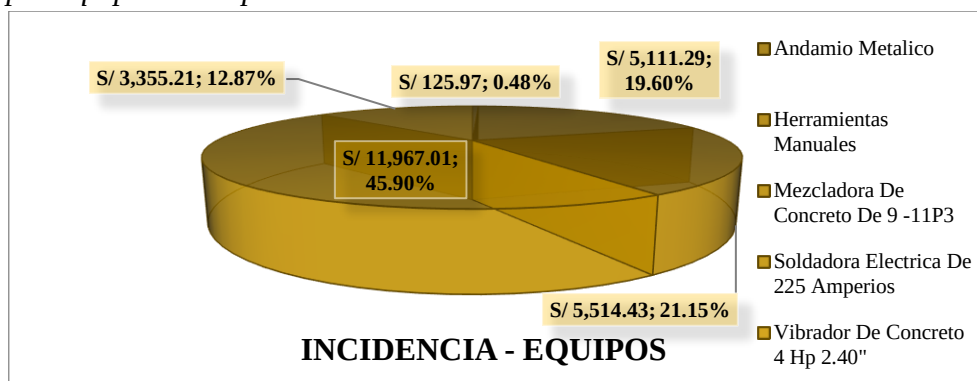
*Porcentaje de incidencia por grupo de insumos del expediente técnico*



*Nota:* Adaptado del expediente técnico

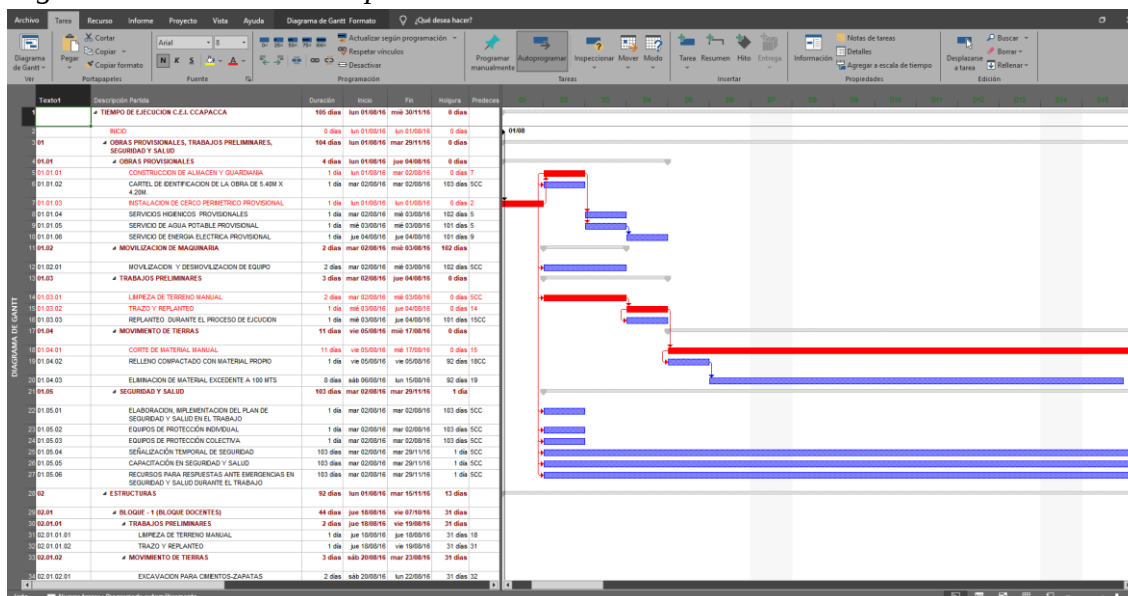
**Figura 15.***Monto por grupo de insumos del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico***Figura 16.***Monto por mano de obra del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico***Figura 17.***Porcentaje de incidencia por mano de obra del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico*

**Figura 18.***Porcentaje de incidencia por materiales del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico***Figura 19.***Monto por materiales del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico*

**Figura 20.***Porcentaje de incidencia por equipos del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico***Figura 21.***Monto por equipos del expediente técnico**Nota: Adaptado del expediente técnico***4.5.6. Obtención de la duración de actividades del expediente técnico**

Para la duración de la ejecución del subproyecto, se consideró las 04 especialidades, así como todos los bloques que conlleva el subproyecto. Para la presente tesis, se realizó un filtrado de la duración de cada una de las partidas, que se viene analizando en el metrado y el presupuesto.

**Figura 22.**  
*Programación de obra del expediente técnico*



**Nota:** Adaptado del expediente técnico

Cada partida fue tomada de forma independiente, considerando la cantidad de días que demoró conforme al expediente aprobado, haciendo así un total de 239 días para las partidas de la especialidad de estructuras, 342 días para las partidas de la especialidad de arquitectura, 108 días para las partidas de la especialidad de instalaciones sanitarias y 74 días para las partidas de la especialidad de instalaciones eléctricas.

#### 4.5.7. Modelamiento de la información en Revit

Una vez definidas las partidas y obtenidos los planos, se importaron los planos CAD al software Revit para generar un modelo tridimensional con nivel LOD 350. Dicho modelo fue desarrollado considerando los elementos estructurales y arquitectónicos descritos en los metrados y planos, manteniendo las propiedades. Inicialmente, se configuraron los niveles y ejes estructurales conforme a los planos de cimentación y elevaciones. Posteriormente, se modelaron las zapatas, cimientos corridos y sobrecimientos en función a las especificaciones de concreto y refuerzo. Se asignaron los parámetros de resistencia de materiales y se integraron las armaduras según los requerimientos de cada elemento estructural.

Las columnas y vigas fueron modeladas en correspondencia con las dimensiones y secciones especificadas en la partida de concreto armado. Se establecieron los encofrados y desencofrados conforme a las cuantificaciones, asegurando la correcta representación de los volúmenes y geometría. Del mismo modo, las losas y viguetas se incorporaron con sus respectivas especificaciones de carga y refuerzo. Ver Anexos - Figura 48 y Figura 49.

En la especialidad arquitectónica, se incluyeron los muros de ladrillo tipo King-Kong en sus respectivas configuraciones de cabeza, sogá y canto. Se definieron las capas de acabado, incluyendo tarrajes interiores y exteriores, vestiduras de derrames y bruñas. La carpintería de madera se modeló contemplando puertas apaneladas y contraplacadas con sobreluz, así como la cerrajería con sus respectivos accesorios. Ver Anexos - Figura 50, Figura 51 y Figura 52.

Las estructuras metálicas se incorporaron con perfiles tubulares definidos en la partida, asegurando la compatibilidad con las cubiertas de teja andina y los sistemas de cielorrasos, ya sean de yeso o baldosa Superboard. Se asignaron los materiales y espesores adecuados para garantizar la correcta representación de los elementos. Ver Anexos - Figura 53.

En cuanto a las obras exteriores, se modelaron las veredas, sardineles y graderías en función a sus dimensiones y especificaciones de concreto. Se incorporaron las juntas de dilatación asfálticas y los acabados de piso de cemento frotachado. Asimismo, se definieron las áreas de carpintería metálica para barandas y las rampas con sus respectivos acabados y pintura. Ver Anexos - Figura 54.

#### **4.5.8. Obtención de metrados de Revit**

En el software Revit, la generación de tablas de planificación permitió extraer información cuantificable de los elementos modelados, facilitando la obtención de metrados más precisos para las partidas de la obra. Estas tablas se configuraron para extraer datos de

elementos estructurales, arquitectónicos, sanitarios, eléctricos y de obras exteriores, en correspondencia con los ítems definidos en las partidas del proyecto.

Para la generación de las tablas de planificación, se seleccionó la categoría del elemento a cuantificar (estructuras, muros, cimentaciones, vigas, losas, carpintería, etc.); se añadieron los campos relevantes, como volumen de concreto, área de encofrado, peso de acero, longitud de vigas o cantidad de elementos según el tipo; se aplicaron filtros para excluir elementos no requeridos o que no correspondieran a las partidas definidas; se establecieron ordenamientos y agrupaciones en función de las partidas del presupuesto, permitiendo una presentación estructurada de los datos; se definieron cálculos automáticos para obtener los valores acumulados, como volúmenes totales de concreto, áreas de tarrajeo o longitud de acero.

A continuación, se presentan ejemplos de cómo se extrajeron los metrados en Revit para algunas partidas, considerando que, al estar contemplado el proyecto por bloques, estas partidas se repiten a lo largo de cada bloque y de cada elemento que lo compone:

#### **02.02.04.05.02 Acero Corrugado G-60 En Vigas**

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Nivel en el cual se encuentra
- Tipo de acero por diámetro
- Familia a la cual está relacionada
- Cantidad de acero en kilos
- Recuento o cantidad de similares

**Tabla 5.**

*Metrado de acero corrugado en vigas del bloque 2 y 3 en Revit*

| 02.02.04.05.02 ACERO CORRUGADO G-60 EN VIGAS |                   |                     |                                 |               |
|----------------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| A<br>Nivel                                   | B<br>Tipo         | C<br>Familia        | D<br>Cantidad de kilos de Acero | E<br>Recuento |
| NPT=+0.00                                    | 1/2 Anclaje 30@05 | Barras para viga_R1 | 839.47                          | 12            |
| NPT=+0.00                                    | 3/8 Anclaje 30@20 | Barras para viga_R1 | 280.16                          | 14            |
| NPT=+0.00                                    | 5/8 Anclaje 30@20 | Barras para viga_R1 | 1380.22                         | 58            |
| Total General                                |                   |                     | 2499.86                         | 84            |

*Nota:* Elaboración propia

#### **02.01.04.03.01 Concreto En Columnas F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup>**

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Nivel de la base en el cual se encuentra
- Nivel superior del elemento
- Familia y tipo al cual corresponden
- Longitud en metros
- Volumen calculado en metros cúbicos
- Recuento o cantidad de similares

**Tabla 6.**

*Metrado de concreto en columnas en el bloque 1 en Revit*

| 02.01.04.03.01 CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210KG/CM2 |                          |                                                |          |         |          |
|---------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|----------|---------|----------|
| A                                                 | B                        | C                                              | D        | E       | F        |
| Nivel base                                        | Nivel Superior           | Familia y tipo                                 | Longitud | Volumen | Recuento |
| NFZ Bdoc<br>+7.00                                 | NPT piso2 Bdoc<br>+11.00 | Columna en V: C-2 tipo V<br>25x25cm            | 15       | 1.09    | 4        |
| NFZ Bdoc<br>+7.00                                 | NPT piso2 Bdoc<br>+11.00 | S_Concrete-L-Column1:CM<br>0.75x0.60 (f'c=210) | 7.5      | 1.03    | 2        |
| Total General                                     |                          |                                                | 22.5     | 2.12    | 6        |

*Nota:* Elaboración propia

#### **02.02.03.05 Encofrado y Desencofrado normal para Sobrecimientos hasta 0.60m**

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Nivel de la base en la cual inicia
- Familia y tipo al cual corresponden
- Longitud en metros
- Área de encofrado en metros cuadrados

**Tabla 7.**

*Metrado de encofrado en sobrecimientos en el bloque 2y3 en Revit*

| 02.02.03.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTOS HASTA 0.60M |                                                                          |          |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|------|
| A                                                                           | B                                                                        | C        | D    |
| Restricción de base                                                         | Familia y tipo                                                           | Longitud | Área |
| NFZ B02,03 -2.95                                                            | Muro básico: Cimiento Simple - f'c = 140kg/cm2 + 30%PG - 45cm<br>- (C/E) | 0.95     | 0.41 |
| NFZ B02,03 -2.95                                                            | Muro básico: Cimiento Simple - f'c = 140kg/cm2 + 30%PG - 50cm<br>- (C/E) | 66.03    | 59.2 |

| 02.02.03.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMENTOS HASTA 0.60M |                |          |       |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------|
| A                                                                          | B              | C        | D     |
| Restricción de base                                                        | Familia y tipo | Longitud | Área  |
| Total General                                                              |                | 66.98    | 59.61 |

Nota: Elaboración propia

### 03.03.05.02 Cielo Raso Con Baldosa Superboard Texturado

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Tipo de elemento
- Nivel del elemento
- Desfase de altura
- Área de baldosa en metros cuadrados

**Tabla 8.**

*Metrado de cielo raso con baldosa superboard en el bloque 4 en Revit*

| 03.03.05.02 CIELO RASO CON BALDOSA SUPERBOARD TEXTURADO |         |                   |       |
|---------------------------------------------------------|---------|-------------------|-------|
| A                                                       | B       | C                 | D     |
| Tipo                                                    | Nivel   | Desfase de altura | Área  |
| Falso cielo raso de drywall 60x60                       | Nivel 1 | 2.8               | 89.47 |
| Total General                                           |         | 2.8               | 89.47 |

Nota: Elaboración propia

### 04.04.02.01.04 Red De Desagüe Tubería PVC UF Ø de 4"

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Bloque al cual pertenece
- Tipo de sistema
- Clasificación del sistema
- Tipo de elemento
- Unidad de medida
- Diámetro de tubería en pulgadas
- Longitud de tubería en metros

**Tabla 9.***Medrado de red de desagüe en obras exteriores en Revit*

| 04.04.02.01.04 RED DE DESAGÜE TUBERÍA PVC UF D=4" |                 |                          |                                               |     |          |          |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------------------|-----|----------|----------|
| A                                                 | B               | C                        | D                                             | E   | F        | G        |
| Bloque                                            | Tipo de Sistema | Clasificación de sistema | Tipo                                          | Und | Diámetro | Longitud |
| Obras exteriores                                  | Sanitario       | Sanitario                | Pavco Sanitaria PVC Clase Liviana 1 1/2" a 4" | m   | 4"       | 62.24    |
| Total General                                     |                 |                          |                                               |     |          | 62.24    |

*Nota:* Elaboración propia**05.04.01.03.02 Tubería PVC Eléctricas 1 1/2" (40mmø)**

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Bloque al cual pertenece
- Descripción del elemento o material
- Unidad de medida
- Longitud de tubería en metros

**Tabla 10.***Medrado de tuberías en sistema fotovoltaico en Revit*

| 05.04.01.03.02 TUBERIA PVC ELECTRICAS 1 1/2" (D=40mm) |                                        |      |          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|----------|
| A                                                     | B                                      | C    | D        |
| Bloque                                                | Descripción                            | Und. | Longitud |
| Sistema fotovoltaico                                  | Tubería PVC eléctricas 1 1/4" (d=35mm) | m    | 16.34    |
| Total General                                         |                                        |      | 16.34    |

*Nota:* Elaboración propia**03.01.04.01 Cobertura De Teja Andina**

Se generó una tabla de planificación que incluyó los siguientes campos:

- Bloque al cual pertenece
- Familia del elemento
- Nivel de referencia
- Área de cobertura a colocar en metro cuadrado

**Tabla 11.***Metrado de tuberías en sistema fotovoltaico en Revit*

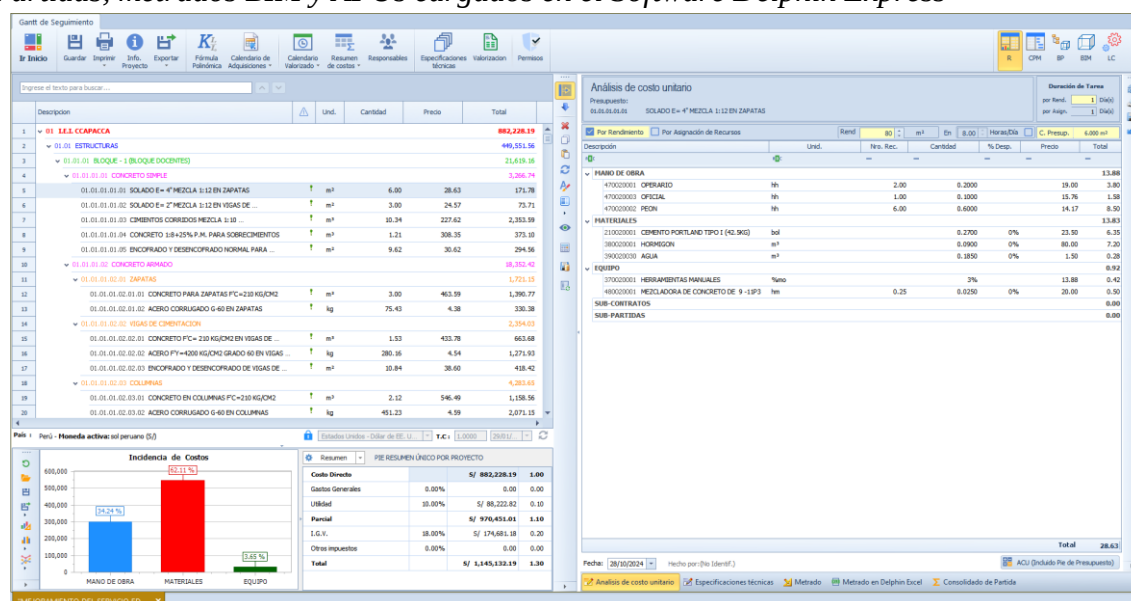
| 05.04.01.03.02 TUBERIA PVC ELECTRICAS 1 1/2" (D=40mm) |                  |                        |       |
|-------------------------------------------------------|------------------|------------------------|-------|
| A                                                     | B                | C                      | D     |
| Bloque                                                | Familia          | Nivel Base             | Área  |
| Bloque - 1                                            | Cubierta clásica | NPT piso 2 B doc+11.00 | 47.22 |
| Total General                                         |                  |                        | 47.22 |

*Nota:* Elaboración propia

De la misma forma se fue generando el resto de tablas de planificación para cada partida analizada, con lo cual se obtuvo la Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35; que muestran los metrados obtenidos para cada partida por especialidad posterior al modelado en el Software Revit

#### 4.5.9. Obtención del presupuesto total y presupuesto analítico de Delphin Express

Los metrados extraídos desde Revit fueron exportados en un archivo en formato Excel para su posterior importación en Delphin Express. Se verificó que cada partida contuviera su respectiva unidad de medida, descripción e ítem. La importación se realizó mediante el módulo de metrados del software, el cual permitió vincular los valores extraídos con las partidas previamente definidas en la estructura del presupuesto.

**Figura 23.***Partidas, metrados BIM y APU's cargados en el Software Delphin Express**Nota:* Elaboración propia

Para la determinación de costos, se utilizaron los mismos análisis de precios unitarios (APU) establecidos en el expediente técnico sin realizar modificaciones. La razón fundamental para utilizar estos mismos APU fue asegurar que la comparación entre el presupuesto existente y el nuevo presupuesto BIM se realizara bajo condiciones equivalentes, evitando discrepancias metodológicas en la valoración de costos unitarios.

Con los metrados importados y los APU asignados, se procedió con la generación del presupuesto, el cual se obtuvo a partir del cálculo del costo total de cada partida mediante la multiplicación de los metrados por los precios unitarios. Posteriormente, se generó la relación de insumos a nivel de costo directo, la cual consistió en la descomposición detallada de cada partida en términos de:

- Materiales requeridos, con sus respectivas cantidades y unidades.
- Horas hombre de mano de obra necesarias según los rendimientos establecidos en los APU.
- Horas máquina, horas herramientas o cantidad de herramientas y/o equipos, incluyendo sus tiempos de operación y costos asociados.

**Figura 24.***Relación de insumos generada por el Software Delphin Express*

| Lista de insumos del presupuesto |           |                                                   |           |       |             |              |            |                                      |  |  |
|----------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|-----------|-------|-------------|--------------|------------|--------------------------------------|--|--|
| Presupuesto                      |           | I.E.I. CCAPACCA                                   |           |       |             |              |            | <input type="checkbox"/> Ver Errores |  |  |
|                                  | Cod.      | Descripcion                                       | Proveedor | Unid. | Cantidad    | Precio Unit. | Total      |                                      |  |  |
| ▼                                |           |                                                   |           |       | =           | =            |            |                                      |  |  |
| ▼ MANO DE OBRA                   |           |                                                   |           |       |             |              | 302,075.41 |                                      |  |  |
| 1                                | 470020003 | OFICIAL                                           | S10       | hh    | 3,856.3922  | 15.76        | 60,776.74  |                                      |  |  |
| 2                                | 470020001 | OPERARIO                                          | S10       | hh    | 8,267.6721  | 19.00        | 157,085.77 |                                      |  |  |
| 3                                | 470020002 | PEON                                              | S10       | hh    | 5,943.0413  | 14.17        | 84,212.89  |                                      |  |  |
| ▼ MATERIALES                     |           |                                                   |           |       |             |              | 547,923.43 |                                      |  |  |
| 4                                | 710020150 | ABRAZADERA DE Fº DE 4"                            | S10       | pza   | 36.9000     | 25.00        | 922.50     |                                      |  |  |
| 5                                | 030020001 | ACERO CORRUGADO FÝ=4200KG/CM2 GRADO 60            | S10       | kg    | 22,127.3875 | 3.10         | 68,594.90  |                                      |  |  |
| 6                                | 720020128 | ADAPTADOR PVC SAP 1/2"                            | S10       | und   | 1.8000      | 1.50         | 2.70       |                                      |  |  |
| 7                                | 390020030 | AGUA                                              | S10       | m³    | 224.6275    | 1.50         | 336.94     |                                      |  |  |
| 8                                | 020020070 | ALAMBRE GALVANIZADO # 14                          | S10       | kg    | 96.6850     | 8.00         | 773.48     |                                      |  |  |
| 9                                | 020020066 | ALAMBRE GALVANIZADO # 18                          | S10       | kg    | 29.7640     | 8.00         | 238.11     |                                      |  |  |
| 10                               | 020020037 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16                       | S10       | kg    | 826.4957    | 3.20         | 2,644.79   |                                      |  |  |
| 11                               | 020020001 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8                        | S10       | kg    | 856.9337    | 3.60         | 3,084.96   |                                      |  |  |
| 12                               | 430020051 | ANDAMIO DE MADERA                                 | S10       | p²    | 1,647.9518  | 2.40         | 3,955.08   |                                      |  |  |
| 13                               | 510020164 | ANGULO 1 1/2"x1 1/2"x1/4"                         | S10       | m     | 47.5860     | 12.30        | 585.31     |                                      |  |  |
| 14                               | 510020076 | ANGULO PERIMETRAL CKM BLANCO                      | S10       | m     | 153.4960    | 2.10         | 322.34     |                                      |  |  |
| 15                               | 040020001 | ARENA FINA                                        | S10       | m³    | 69.8719     | 120.00       | 8,384.63   |                                      |  |  |
| 16                               | 050020035 | ARENA GRUESA                                      | S10       | m³    | 160.2336    | 110.00       | 17,625.69  |                                      |  |  |
| 17                               | 390020056 | ARENADO                                           | S10       | m     | 116.6174    | 15.00        | 1,749.26   |                                      |  |  |
| 18                               | 130020001 | ASFALTO RC-250                                    | S10       | gln   | 69.5480     | 15.00        | 1,043.22   |                                      |  |  |
| 19                               | 020020072 | BALDOSA SUPERBOARD TEXTURADA 0.60x0.60 E=4mm      | S10       | m²    | 515.6070    | 5.50         | 2,835.84   |                                      |  |  |
| 20                               | 020020113 | BARANDA METALICA S/DISEÑO                         | S10       | m     | 189.7200    | 80.00        | 15,177.60  |                                      |  |  |
| 21                               | 540020094 | BARNIZ MARINO                                     | S10       | gln   | 1.7395      | 40.00        | 69.58      |                                      |  |  |
| 22                               | 100020236 | bastones de pvc 1"x2.5mm clase 10 SAP             | S10       | pza   | 1.0000      | 3.50         | 3.50       |                                      |  |  |
| 23                               | 300020227 | BATERIA CICLO PROFUNDO, SELLADA 100Ah             | S10       | und   | 2.0000      | 700.00       | 1,400.00   |                                      |  |  |
| 24                               | 300020228 | BATERIA CICLO PROFUNDO, SELLADA 200Ah             | S10       | und   | 8.0000      | 1,700.00     | 13,600.00  |                                      |  |  |
| 25                               | 260020084 | BISAGRA CAPUCHINA PLOMA 4" x 4"                   | S10       | und   | 108.6600    | 7.50         | 814.95     |                                      |  |  |
| 26                               | 300020225 | BORNERA 4 VIAS PARA GAVINETE METALICO             | S10       | pza   | 2.0000      | 8.00         | 16.00      |                                      |  |  |
| 27                               | 390020219 | BUZON DE CONCRETO DE 0.40m X 0.40m X 0.60m C/TAPA | S10       | GLB   | 3.0000      | 68.00        | 204.00     |                                      |  |  |
| 28                               | 180020001 | CABLE COAXIAL                                     | S10       | m     | 9.0000      | 1.20         | 10.80      |                                      |  |  |
| 29                               | 070020001 | CABLE LSXOH-90 DE (1x2.5)mm2 Cu                   | S10       | m     | 744.0000    | 1.02         | 758.88     |                                      |  |  |
| 30                               | 070020180 | CABLE LSXOH-90 DE (1x4)mm2 Cu                     | S10       | m     | 442.0000    | 1.53         | 676.26     |                                      |  |  |
| Total                            |           |                                                   |           |       |             |              | 882,228.19 |                                      |  |  |

*Nota:* Elaboración propia

En la Tabla 40, Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43 se muestra el presupuesto por especialidad generado a partir del software Delphin Express

De igual forma, se obtuvo los insumos por: mano de obra (Tabla 12), materiales (Tabla 13) y equipos (Tabla 14).

**Tabla 12.***Relación de insumos - mano de obra del Delphin Express*

| Código       | Descripción | Unid | Cantidad  | Costo    | Total         |
|--------------|-------------|------|-----------|----------|---------------|
| Mano de Obra |             |      |           |          | S/ 302,075.41 |
| 470020001    | Operario    | hh   | 8267.6721 | S/ 19.00 | S/ 157,085.77 |
| 470020003    | Oficial     | hh   | 3856.3922 | S/ 15.76 | S/ 60,776.74  |
| 470020002    | Peón        | hh   | 5943.0413 | S/ 14.17 | S/ 84,212.90  |

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 13.***Relación de insumos - materiales del expediente técnico*

| Código            | Descripción                                              | Unid | Cantidad | Costo       | Total                |
|-------------------|----------------------------------------------------------|------|----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                          |      |          |             | <b>S/ 547,923.44</b> |
| 710020150         | Abrazadera De F°F° De 4"                                 | pza  | 36.90    | S/ 25.00    | S/ 922.50            |
| 30020001          | Acero Corrugado Fy=4200Kg/Cm2 Grado 60                   | kg   | 22127.39 | S/ 3.10     | S/ 68,594.90         |
| 720020128         | Adaptador Pvc Sap 1/2"                                   | und  | 1.80     | S/ 1.50     | S/ 2.70              |
| 390020030         | Agua                                                     | m³   | 224.63   | S/ 1.50     | S/ 336.94            |
| 20020070          | Alambre Galvanizado # 14                                 | kg   | 96.69    | S/ 8.00     | S/ 773.48            |
| 20020066          | Alambre Galvanizado # 18                                 | kg   | 29.76    | S/ 8.00     | S/ 238.11            |
| 20020037          | Alambre Negro Recocido # 16                              | kg   | 826.50   | S/ 3.20     | S/ 2,644.79          |
| 20020001          | Alambre Negro Recocido # 8                               | kg   | 856.93   | S/ 3.60     | S/ 3,084.96          |
| 430020051         | Andamio De Madera                                        | p²   | 1647.95  | S/ 2.40     | S/ 3,955.08          |
| 510020164         | Angulo 1 1/2"X1 1/2"X1/4"                                | m    | 47.59    | S/ 12.30    | S/ 585.31            |
| 510020076         | Angulo Perimetral Ckm Blanco                             | m    | 153.50   | S/ 2.10     | S/ 322.34            |
| 40020001          | Arena Fina                                               | m³   | 69.87    | S/ 120.00   | S/ 8,384.63          |
| 50020035          | Arena Gruesa                                             | m³   | 160.23   | S/ 110.00   | S/ 17,625.70         |
| 390020056         | Arenado                                                  | m    | 116.62   | S/ 15.00    | S/ 1,749.26          |
| 130020001         | Asfalto Rc-250                                           | gln  | 69.55    | S/ 15.00    | S/ 1,043.22          |
| 20020072          | Baldosa Superboard Texturada 0.60X0.60 E=4Mm             | m²   | 515.61   | S/ 5.50     | S/ 2,835.84          |
| 20020113          | Baranda Metalica S/Diseño                                | m    | 189.72   | S/ 80.00    | S/ 15,177.60         |
| 540020094         | Barniz Marino                                            | gln  | 1.74     | S/ 40.00    | S/ 69.58             |
| 100020236         | Bastones De Pvc 1"X2.5Mm Clase 10 Sap                    | pza  | 1.00     | S/ 3.50     | S/ 3.50              |
| 300020227         | Bateria Ciclo Profundo, Sellada 100Ah                    | und  | 2.00     | S/ 700.00   | S/ 1,400.00          |
| 300020228         | Bateria Ciclo Profundo, Sellada 200Ah                    | und  | 8.00     | S/ 1,700.00 | S/ 13,600.00         |
| 260020084         | Bisagra Capuchina Ploma 4" X 4"                          | und  | 108.66   | S/ 7.50     | S/ 814.95            |
| 300020225         | Bornera 4 Vias Para Gavinete Metalico                    | pza  | 2.00     | S/ 8.00     | S/ 16.00             |
| 390020219         | Buzon De Concreto De 0.40M X 0.40M X 0.60M C/Tapa        | GLB  | 3.00     | S/ 68.00    | S/ 204.00            |
| 180020001         | Cable Coaxial                                            | m    | 9.00     | S/ 1.20     | S/ 10.80             |
| 70020001          | Cable Lsxoh-90 De (1X2.5)Mm2 Cu                          | m    | 744.00   | S/ 1.02     | S/ 758.88            |
| 70020180          | Cable Lsxoh-90 De (1X4)Mm2 Cu                            | m    | 442.00   | S/ 1.53     | S/ 676.26            |
| 70020212          | Cable Lsxoh-90 De (1X6)Mm2 Cu                            | m    | 50.41    | S/ 1.68     | S/ 84.69             |
| 70020176          | Cable Lsxoh-90 De 2.5 Mm2                                | m    | 270.00   | S/ 1.02     | S/ 275.40            |
| 190020210         | Cable N2Xoh, De (2-1X10+Tt 1X10)Mm2 Cu                   | m    | 25.61    | S/ 14.80    | S/ 379.02            |
| 190020001         | Cable N2Xoh, De (2-1X16)Mm2 Cu                           | m    | 15.03    | S/ 14.00    | S/ 210.36            |
| 190020211         | Cable N2Xoh, De (2-1X6+Tt 1X6)Mm2 Cu                     | m    | 15.80    | S/ 10.00    | S/ 158.03            |
| 60020243          | Cable Nh70 - 1X25Mm2                                     | m    | 15.00    | S/ 13.80    | S/ 207.00            |
| 300020201         | Cable Xpt 2 X 22Awg (Para Aci)                           | m    | 252.00   | S/ 1.50     | S/ 378.00            |
| 310020001         | Caja De Concreto P/Medidor Agua                          | und  | 11.00    | S/ 25.00    | S/ 275.00            |
| 500020001         | Caja De Desague De 12"X24"                               | und  | 15.00    | S/ 12.00    | S/ 180.00            |
| 500020162         | Caja De Desague De 24"X24"                               | und  | 27.00    | S/ 18.00    | S/ 486.00            |
| 120020001         | Caja De Pase Octogonal F°g° Pesada 4"                    | pza  | 46.20    | S/ 1.50     | S/ 69.30             |
| 120020181         | Caja De Pase Rectangular F°G° Pesada 4"X2"               | pza  | 6.10     | S/ 1.50     | S/ 9.15              |
| 170020245         | Caja De Registro De Puesta A Tierra Con Tapa             | und  | 5.00     | S/ 30.00    | S/ 150.00            |
| 310020166         | Caja De Registro Para Lodos 1.00 X 1.00 M                | und  | 6.00     | S/ 150.00   | S/ 900.00            |
| 120020177         | Caja Rectang Galv Liviana 4"X2X2 1/2                     | und  | 15.00    | S/ 1.50     | S/ 22.50             |
| 120020200         | Caja Rectangular Galvanizada Pesada 100 X 2 1/55 X 50 Mm | und  | 5.00     | S/ 1.20     | S/ 6.00              |
| 560020169         | Calam.G°Zinc Ga28:1.83 X 0.663 M X 0.4Mm                 | pln  | 8.57     | S/ 18.00    | S/ 154.26            |
| 610020001         | Canaleta Trapezoidal De Plancha Galv. Incl. Ganchos      | m    | 121.29   | S/ 11.00    | S/ 1,334.14          |
| 290020069         | Carrizo De Primera                                       | CGA  | 8.19     | S/ 10.00    | S/ 81.85             |
| 210020001         | Cemento Portland Tipo I (42.5Kg)                         | bol  | 4185.27  | S/ 23.50    | S/ 98,353.88         |
| 400020079         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 30X30 Cm           | m²   | 69.30    | S/ 32.00    | S/ 2,217.60          |
| 400020081         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 40X15 Cm           | m²   | 4.32     | S/ 27.00    | S/ 116.61            |
| 400020080         | Ceramico Antideslizante Alto Transito 40X40 Cm           | m²   | 17.64    | S/ 27.00    | S/ 476.28            |
| 260020085         | Cerradura Para Puertas De Tres Golpes                    | und  | 7.93     | S/ 60.00    | S/ 475.80            |
| 260020086         | Chapa De Perilla Con Seguridad Interior                  | und  | 25.07    | S/ 30.00    | S/ 752.10            |
| 290020172         | Cinta Aislante                                           | und  | 10.12    | S/ 2.00     | S/ 20.24             |
| 290020125         | Cinta Teflon                                             | und  | 36.16    | S/ 2.00     | S/ 72.32             |
| 20020071          | Clavos De Fijacion                                       | und  | 1918.70  | S/ 0.20     | S/ 383.74            |
| 20020167          | Clavos Para Calamina                                     | kg   | 0.69     | S/ 7.50     | S/ 5.14              |
| 20020067          | Clavos Para Madera C/C 2"                                | kg   | 35.50    | S/ 3.40     | S/ 120.71            |
| 20020032          | Clavos Para Madera C/C 3"                                | kg   | 603.83   | S/ 3.40     | S/ 2,053.02          |
| 20020068          | Clavos Para Madera C/C 4"                                | kg   | 1.53     | S/ 3.40     | S/ 5.21              |

| Código            | Descripción                                                                                 | Unid           | Cantidad | Costo       | Total                |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                             |                |          |             | <b>S/ 547,923.44</b> |
| 590020064         | Cobertura Teja Andina 1.14M X 0.72M X5Mm                                                    | pln            | 415.06   | S/ 28.00    | S/ 11,621.75         |
| 720020144         | Codo De 90 Pvc Sal De 2"                                                                    | und            | 3.00     | S/ 2.00     | S/ 6.00              |
| 720020127         | Codo De 90 Pvc Sap P/ Agua De 1/2"                                                          | und            | 18.00    | S/ 2.00     | S/ 36.00             |
| 720020140         | Codo Pvc Sal 2"X45°                                                                         | und            | 39.83    | S/ 2.00     | S/ 79.66             |
| 720020132         | Codo Pvc Sal 2"X90°                                                                         | pza            | 59.25    | S/ 2.00     | S/ 118.50            |
| 720020136         | Codo Pvc Sal 4"X45°                                                                         | pza            | 6.00     | S/ 4.50     | S/ 27.00             |
| 720020137         | Codo Pvc Sal 4"X90°                                                                         | pza            | 33.33    | S/ 4.50     | S/ 149.99            |
| 60020244          | Conector Tipo Ab Copperweld                                                                 | pza            | 10.00    | S/ 10.20    | S/ 102.00            |
| 60020001          | Conector De Cobre Perno Partido De 25Mm2                                                    | pza            | 10.00    | S/ 12.50    | S/ 125.00            |
| 50020048          | Confitillo                                                                                  | m <sup>3</sup> | 3.73     | S/ 70.00    | S/ 261.05            |
| 430020103         | Contrazocalo De Cedro Boleado 3/4"X4"                                                       | m              | 66.91    | S/ 46.00    | S/ 3,077.80          |
| 110020222         | Controlador De Carga 30A,12/24/48V/Dc Con Visualizador Del Estado De Carga                  | und            | 2.00     | S/ 586.00   | S/ 1,172.00          |
| 20020110          | Cordel                                                                                      | m              | 38.06    | S/ 0.20     | S/ 7.61              |
| 740020238         | Correa Plastica De Amarre De 25 Cm De Longitud                                              | und            | 20.00    | S/ 0.50     | S/ 10.00             |
| 400020001         | Cruceta De 3Mm.                                                                             | und            | 1695.10  | S/ 0.05     | S/ 84.76             |
| 590020065         | Cumbrera De Teja Andina 0.745X5Mm (Par)                                                     | und            | 87.78    | S/ 19.00    | S/ 1,667.82          |
| 740020216         | Curva Pvc Electrica Sap 1 1/2" (40Mm)                                                       | pza            | 8.17     | S/ 2.00     | S/ 16.34             |
| 740020213         | Curva Pvc Electrica Sap 1 1/4" (35Mm)                                                       | pza            | 10.79    | S/ 1.50     | S/ 16.18             |
| 740020001         | Curva Pvc Electrica Sap 3/4" (20Mm)                                                         | pza            | 160.00   | S/ 1.50     | S/ 240.00            |
| 740020202         | Curva Pvc Electrica Sap De 1/2" (15Mm)                                                      | pza            | 28.00    | S/ 1.20     | S/ 33.60             |
| 300020205         | Detector Fotoelectronico De Humo De Alta Confiabilidad, 4 Hilos 12V Dc, Color Blanco Marfil | und            | 9.00     | S/ 85.00    | S/ 765.00            |
| 100020122         | Dispensadora De Jabon Liquido                                                               | und            | 4.00     | S/ 16.90    | S/ 67.60             |
| 40020241          | Dosis De Thor Gel                                                                           | und            | 15.00    | S/ 67.80    | S/ 1,017.00          |
| 390020206         | Embone Para Tubo De Ø 15Mm Tp                                                               | pza            | 9.00     | S/ 0.50     | S/ 4.50              |
| 390020173         | Embone Para Tubo De Ø 20Mm Tp                                                               | pza            | 69.00    | S/ 0.50     | S/ 34.50             |
| 540020111         | Esmalte Epoxico                                                                             | gln            | 0.76     | S/ 65.00    | S/ 49.48             |
| 790020124         | Espejo De 1.20 X 0.50 M X 4 Mm                                                              | und            | 4.00     | S/ 35.00    | S/ 140.00            |
| 300020078         | Fragua                                                                                      | kg             | 85.55    | S/ 8.00     | S/ 684.38            |
| 260020073         | Fulminante Calibre 22                                                                       | cto            | 19.19    | S/ 25.00    | S/ 479.68            |
| 110020221         | Fusible De 30 A                                                                             | und            | 2.00     | S/ 2.50     | S/ 5.00              |
| 110020001         | Fusible Unipolar 20 A                                                                       | und            | 22.00    | S/ 2.50     | S/ 55.00             |
| 120020189         | Gabinete Metalico Con Barra De Cobre De 24 Polos Riel Dim C/Accesorios - Tpc1               | und            | 4.00     | S/ 562.00   | S/ 2,248.00          |
| 100020229         | Gabinete Metalico De F°G° Cap. Sop. 522 Kg                                                  | und            | 1.00     | S/ 2,463.00 | S/ 2,463.00          |
| 100020230         | Gabinete Metalico De F°G° Cap. Sop. 60 Kg                                                   | und            | 1.00     | S/ 280.00   | S/ 280.00            |
| 100020235         | Ganchos Ajustadores De Acero Galvanizado C/T                                                | und            | 14.00    | S/ 48.00    | S/ 672.00            |
| 300020159         | Grifo De Riego 1/2"                                                                         | und            | 5.00     | S/ 35.00    | S/ 175.00            |
| 390020055         | Hoja De Sierra                                                                              | und            | 124.44   | S/ 4.50     | S/ 559.96            |
| 380020001         | Hormigon                                                                                    | m <sup>3</sup> | 239.18   | S/ 80.00    | S/ 19,134.77         |
| 300020116         | Impermeabilizante                                                                           | gln            | 0.22     | S/ 40.00    | S/ 8.99              |
| 300020089         | Imprimante                                                                                  | gln            | 81.31    | S/ 18.00    | S/ 1,463.56          |
| 100020154         | Inodoro Modelo Baby Fresh Color Blanco Incl. Accesorios                                     | und            | 1.00     | S/ 228.00   | S/ 228.00            |
| 100020001         | Inodoro Sifon Jet Color Blanco Incl. Accesorios                                             | und            | 2.00     | S/ 180.00   | S/ 360.00            |
| 120020187         | Interruptor Diferencial 2X20A. - 30 Ma                                                      | und            | 4.00     | S/ 96.00    | S/ 384.00            |
| 120020188         | Interruptor Diferencial 2X25A. - 30 Ma                                                      | und            | 6.00     | S/ 101.70   | S/ 610.20            |
| 120020179         | Interruptor Doble                                                                           | pza            | 4.00     | S/ 4.30     | S/ 17.20             |
| 120020178         | Interruptor Simple                                                                          | pza            | 10.00    | S/ 3.40     | S/ 34.00             |
| 120020183         | Interruptor Termomagnetico 2 X 16 A                                                         | und            | 3.00     | S/ 50.00    | S/ 150.00            |
| 120020184         | Interruptor Termomagnetico 2 X 20 A                                                         | und            | 7.00     | S/ 52.00    | S/ 364.00            |
| 120020185         | Interruptor Termomagnetico 2 X 32 A                                                         | und            | 7.00     | S/ 60.00    | S/ 420.00            |
| 120020186         | Interruptor Termomagnetico 2 X 40 A                                                         | und            | 1.00     | S/ 65.00    | S/ 65.00             |
| 120020208         | Interruptor Termomagnetico 2 X 63 A                                                         | und            | 1.00     | S/ 70.00    | S/ 70.00             |
| 300020207         | Interruptor Triple                                                                          | und            | 1.00     | S/ 15.00    | S/ 15.00             |
| 120020231         | Inversor 2500W/48V                                                                          | und            | 1.00     | S/ 7,900.00 | S/ 7,900.00          |
| 120020232         | Inversor 400W/12V                                                                           | und            | 1.00     | S/ 1,400.00 | S/ 1,400.00          |
| 100020121         | Jabonera C/Asa P/Bano 15X15 Blanca                                                          | und            | 2.00     | S/ 16.90    | S/ 33.80             |
| 300020046         | Laca Desmoldeadora                                                                          | gln            | 52.92    | S/ 33.00    | S/ 1,746.26          |
| 170020001         | Ladrillo Arcilla Kin-Kong De 18 Huecos 9X12X24Cm                                            | und            | 18029.44 | S/ 1.50     | S/ 27,044.15         |
| 170020170         | Ladrillo Corriente 6 X 12 X 24 Cm                                                           | und            | 1228.24  | S/ 1.50     | S/ 1,842.36          |

| Código            | Descripción                                                                          | Unid | Cantidad | Costo       | Total                |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                      |      |          |             | <b>S/ 547,923.44</b> |
| 110020194         | Lampara De Led Alta Eficiencia Sp70 De 5.5W Con Soket                                | pza  | 18.00    | S/ 60.00    | S/ 1,080.00          |
| 110020196         | Lampara Led De Alta Eficiencia De 12.5W                                              | pza  | 1.00     | S/ 119.00   | S/ 119.00            |
| 300020119         | Lavadero A.Inox.19"X37"C/Esc. P. Sat.C/A                                             | und  | 2.00     | S/ 150.00   | S/ 300.00            |
| 100020118         | Lavatorio Manantial De Losa Color Blanco Con Griferia Y Acc.                         | und  | 3.00     | S/ 144.00   | S/ 432.00            |
| 390020114         | Lija Para Elementos Metalicos                                                        | hja  | 1.40     | S/ 1.50     | S/ 2.10              |
| 390020090         | Lija Para Madera                                                                     | und  | 127.13   | S/ 1.50     | S/ 190.70            |
| 240020001         | Loseta Ceramica 30X20 Cm.                                                            | m²   | 56.46    | S/ 27.00    | S/ 1,524.38          |
| 110020199         | Luminaria 2X18W Con 2 Fluorescentes Lineales Con Rejilla Y Sistema Optico (Completo) | und  | 12.00    | S/ 56.00    | S/ 672.00            |
| 440020100         | Madera Machihembrada Aguano 3/4" X 6"                                                | p²   | 1542.68  | S/ 7.20     | S/ 11,107.27         |
| 430020033         | Madera Nacional P/Encofrado                                                          | p²   | 14204.86 | S/ 2.40     | S/ 34,091.65         |
| 430020099         | Madera Tornillo 2" X 3" X 10'                                                        | pza  | 102.41   | S/ 27.50    | S/ 2,816.41          |
| 440020001         | Madera Tornillo Cepillada                                                            | p²   | 6.85     | S/ 2.50     | S/ 17.12             |
| 120020233         | Modulo Fotovoltaico De 100 Wp,12Vcc, Monocristalino                                  | pza  | 2.00     | S/ 800.00   | S/ 1,600.00          |
| 120020234         | Modulo Fotovoltaico De 200 Wp,24Vcc, Monocristalino                                  | pza  | 6.00     | S/ 1,100.00 | S/ 6,600.00          |
| 290020109         | Ocre                                                                                 | kg   | 3.04     | S/ 5.00     | S/ 15.20             |
| 100020120         | Papelera De Losa Blanca 15 X 15 Cm Incl. Accesorios                                  | pza  | 6.00     | S/ 14.50    | S/ 87.00             |
| 300020102         | Pegamento Gris En Interiores (Bol.50Kg) Para Ceramico                                | bol  | 1.51     | S/ 35.00    | S/ 52.68             |
| 300020077         | Pegamento Para Ceramico En Bolsa De 25Kg                                             | bls  | 27.58    | S/ 15.00    | S/ 413.64            |
| 300020126         | Pegamento Para Pvc                                                                   | gln  | 8.62     | S/ 35.00    | S/ 301.57            |
| 20020226          | Perno Cabeza Exagonal, Segun Requerimiento                                           | pza  | 90.00    | S/ 0.50     | S/ 45.00             |
| 20020045          | Perno De Anclaje P. Encof. 1/2"X0.50 M.                                              | pza  | 52.92    | S/ 2.00     | S/ 105.83            |
| 20020060          | Pernos De Fijacion De 5"                                                             | und  | 266.96   | S/ 8.00     | S/ 2,135.68          |
| 50020034          | Piedra Chancada De 1/2"                                                              | m³   | 142.52   | S/ 110.00   | S/ 15,676.72         |
| 50020001          | Piedra Grande De 8"                                                                  | m³   | 280.99   | S/ 65.00    | S/ 18,264.61         |
| 50020031          | Piedra Mediana De 6"                                                                 | m³   | 5.40     | S/ 65.00    | S/ 350.82            |
| 540020001         | Pintura Anticorrosiva                                                                | gln  | 0.22     | S/ 32.00    | S/ 6.93              |
| 540020057         | Pintura Base Zincromato                                                              | gln  | 131.22   | S/ 65.00    | S/ 8,529.24          |
| 540020115         | Pintura Epoxica                                                                      | gln  | 2.10     | S/ 135.00   | S/ 283.82            |
| 540020093         | Pintura Esmalte                                                                      | gln  | 23.91    | S/ 34.00    | S/ 812.94            |
| 540020112         | Pintura Esmalte De Transito                                                          | gln  | 0.76     | S/ 34.00    | S/ 25.88             |
| 540020091         | Pintura Latex                                                                        | gln  | 61.43    | S/ 25.00    | S/ 1,535.69          |
| 120020198         | Placa De Salida De Television                                                        | und  | 1.00     | S/ 8.00     | S/ 8.00              |
| 560020061         | Plancha Metalica 6Mm 0.15X0.20M                                                      | und  | 133.48   | S/ 12.00    | S/ 1,601.76          |
| 520020001         | Platina De Acero De 1/2"X1 1/2"                                                      | m    | 79.31    | S/ 5.00     | S/ 396.55            |
| 620020001         | Portafusible Autorroscante                                                           | und  | 20.00    | S/ 2.00     | S/ 40.00             |
| 110020220         | Portafusible Tipo Pescado                                                            | und  | 2.00     | S/ 2.00     | S/ 4.00              |
| 620020237         | Poste Metalico Rectangular De Fierro Galvanizado Ø 6 X 3M                            | und  | 2.00     | S/ 280.00   | S/ 560.00            |
| 120020191         | Prensaestoras                                                                        | und  | 22.00    | S/ 3.00     | S/ 66.00             |
| 540020101         | Preservante De Madera                                                                | gln  | 8.19     | S/ 40.00    | S/ 327.65            |
| 430020083         | Puerta Contraplacada Con Plancha De Triplay De 6Mm                                   | m²   | 23.12    | S/ 140.00   | S/ 3,236.94          |
| 430020082         | Puerta De Madera Aguano Tablero Rebajado                                             | m²   | 15.30    | S/ 240.00   | S/ 3,671.64          |
| 720020147         | Ramal Tee Doble C/Reduc Pvc Sal 4" A 2"                                              | und  | 3.00     | S/ 8.00     | S/ 24.00             |
| 100020143         | Registro De Bronce De 2"                                                             | und  | 3.00     | S/ 3.39     | S/ 10.17             |
| 100020145         | Registro De Bronce De 4"                                                             | und  | 6.00     | S/ 7.00     | S/ 42.00             |
| 430020053         | Regla De Aluminio 2"X5"X2M.                                                          | und  | 141.76   | S/ 6.50     | S/ 921.47            |
| 430020052         | Regla De Madera                                                                      | p²   | 2.73     | S/ 2.00     | S/ 5.45              |
| 120020192         | Riel Para Anclaje De Llave Termomagnetico                                            | und  | 2.00     | S/ 4.00     | S/ 8.00              |
| 430020104         | Rodon De Madera Aguano 3/4" X 3/4"                                                   | m    | 67.13    | S/ 1.50     | S/ 100.69            |
| 540020095         | Sellador                                                                             | gln  | 1.39     | S/ 20.00    | S/ 27.83             |
| 300020087         | Silicona                                                                             | und  | 8.12     | S/ 15.00    | S/ 121.81            |
| 300020246         | Sistema De Pararrayos                                                                | jgo  | 1.00     | S/ 2,300.00 | S/ 2,300.00          |
| 110020195         | Sockets De Baquelita Simple                                                          | pza  | 19.00    | S/ 3.20     | S/ 60.80             |
| 290020054         | Soldadura Indura Punto Azul 1/8"                                                     | kg   | 128.96   | S/ 15.00    | S/ 1,934.37          |
| 730020139         | Sombrero De Ventilacion Pvc Sal 2"                                                   | pza  | 6.20     | S/ 4.50     | S/ 27.92             |
| 20020149          | Soporte Tipo Abrazadera Para Tuberia                                                 | und  | 80.86    | S/ 3.00     | S/ 242.57            |

| Código            | Descripción                                                                                                             | Unid | Cantidad | Costo       | Total                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------------|----------------------|
| <b>Materiales</b> |                                                                                                                         |      |          |             | <b>S/ 547,923.44</b> |
| 740020239         | Soporte Y/O Plataforma De Fierro Galvanizado De 18"X1 1/2", Tipo Omnimount Para Modulo Fotovoltaico De 6X200 Wp         | pza  | 1.00     | S/ 1,500.00 | S/ 1,500.00          |
| 740020240         | Soporte Y/O Plataforma De Fierro Galvanizado De 18"X1 1/2",Tipo Omnimount Para Modulo Fotovoltaico De 2X100 Wp En Techo | pza  | 1.00     | S/ 230.00   | S/ 230.00            |
| 100020146         | Sumidero Cromado De 2"                                                                                                  | und  | 3.00     | S/ 3.00     | S/ 9.00              |
| 120020190         | Tablero De A°g Lag, 1.5Mx0.40X2M Con Techo Ip43                                                                         | und  | 2.00     | S/ 530.00   | S/ 1,060.00          |
| 500020148         | Tapa C/Marco F°f° De Desague 12" X 24"                                                                                  | pza  | 14.00    | S/ 60.00    | S/ 840.00            |
| 390020130         | Tapa Metalica Con Marco Y Seguro                                                                                        | und  | 11.00    | S/ 45.00    | S/ 495.00            |
| 260020106         | Tarugo De Pvc De 1/4"                                                                                                   | und  | 73.80    | S/ 1.50     | S/ 110.70            |
| 510020001         | Tee Principal Ckm Blanco                                                                                                | m    | 364.55   | S/ 3.30     | S/ 1,203.02          |
| 730020138         | Tee Pvc Sal 2" X 2"                                                                                                     | pza  | 2.00     | S/ 6.50     | S/ 13.00             |
| 510020074         | Tee Secundario Ckm Blanco                                                                                               | m    | 316.97   | S/ 2.50     | S/ 792.42            |
| 510020075         | Tee Terciario Ckm Blanco                                                                                                | m    | 163.09   | S/ 2.00     | S/ 326.18            |
| 600020001         | Teknopor De 1" X 4' X 8'                                                                                                | pln  | 10.82    | S/ 5.00     | S/ 54.08             |
| 290020224         | Terminal De Cobre Tipo Ojal                                                                                             | pza  | 4.00     | S/ 1.00     | S/ 4.00              |
| 290020223         | Terminal De Cobre Tipo Punta                                                                                            | pza  | 8.00     | S/ 1.00     | S/ 8.00              |
| 530020092         | Thiner                                                                                                                  | gln  | 6.14     | S/ 20.00    | S/ 122.81            |
| 40020242          | Tierra Organica (Turba)                                                                                                 | m³   | 12.50    | S/ 30.00    | S/ 375.00            |
| 260020063         | Tirafon De 1/4" X 4"                                                                                                    | und  | 689.54   | S/ 0.50     | S/ 344.77            |
| 100020123         | Toallera C/Barra Plastica Blanca                                                                                        | und  | 1.00     | S/ 14.50    | S/ 14.50             |
| 120020182         | Tomacorriente Doble, Dado Modelo 5028 Con Toma A Tierra 250 V                                                           | und  | 17.00    | S/ 15.00    | S/ 255.00            |
| 260020193         | Tornillo Tipo Came De 1/2"                                                                                              | und  | 38.00    | S/ 0.25     | S/ 9.50              |
| 730020135         | Trampa Pvc Sal "P" 2"                                                                                                   | pza  | 14.43    | S/ 12.50    | S/ 180.32            |
| 440020168         | Triplay De 4'X8'X 4 Mm                                                                                                  | pln  | 2.57     | S/ 25.00    | S/ 64.28             |
| 440020047         | Triplay Lupuna De 4'X8'X 10 Mm                                                                                          | pln  | 123.47   | S/ 54.00    | S/ 6,667.54          |
| 720020141         | Tub. Pvc Sal P/Desague De 2"                                                                                            | m    | 44.02    | S/ 4.00     | S/ 176.10            |
| 720020142         | Tub. Pvc Sal P/Desague De 4"                                                                                            | m    | 21.98    | S/ 7.20     | S/ 158.27            |
| 720020001         | Tub. Pvc Sap Presion P/Agua C-10 R. 1/2"                                                                                | m    | 93.69    | S/ 2.50     | S/ 234.22            |
| 720020129         | Tub. Pvc Sap Presion P/Agua C-10 R. 3/4"                                                                                | m    | 35.38    | S/ 3.50     | S/ 123.84            |
| 730020134         | Tuberia Pvc Sal Para Desague De 2" X 3 M                                                                                | pza  | 16.90    | S/ 12.00    | S/ 202.80            |
| 730020001         | Tuberia Pvc Sal Para Desague De 4" X 3 M                                                                                | pza  | 706.98   | S/ 25.40    | S/ 17,957.29         |
| 720020158         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 1 1/2"                                                                                           | m    | 15.79    | S/ 7.00     | S/ 110.53            |
| 720020157         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 3/4"                                                                                             | m    | 115.16   | S/ 3.50     | S/ 403.06            |
| 720020151         | Tuberia Pvc Sap C-10 Ø 4"                                                                                               | m    | 55.06    | S/ 7.20     | S/ 396.45            |
| 720020161         | Tuberia Pvc Uf Ø 4"                                                                                                     | m    | 229.02   | S/ 6.50     | S/ 1,488.61          |
| 720020163         | Tuberia Pvc Uf Ø 6"                                                                                                     | m    | 47.20    | S/ 73.50    | S/ 3,469.20          |
| 650020001         | Tubo Lac De 25X50X2.5Mm                                                                                                 | m    | 211.49   | S/ 11.00    | S/ 2,326.40          |
| 650020098         | Tubo Lac De 50X100X2.5Mm                                                                                                | m    | 302.53   | S/ 20.00    | S/ 6,050.55          |
| 650020062         | Tubo Lac De 50X150X2.5Mm                                                                                                | m    | 140.85   | S/ 26.00    | S/ 3,662.18          |
| 650020108         | Tubo Lac De 50X50X2.5Mm                                                                                                 | m    | 210.50   | S/ 13.00    | S/ 2,736.55          |
| 650020059         | Tubo Lac De 50X75X2.5Mm                                                                                                 | m    | 390.54   | S/ 16.00    | S/ 6,248.71          |
| 740020214         | Tubo Pvc Electrico Sap De (35Mm) X3M                                                                                    | m    | 21.83    | S/ 2.50     | S/ 54.57             |
| 740020218         | Tubo Pvc Electrico Sap De (40Mm) X3M                                                                                    | m    | 16.54    | S/ 2.50     | S/ 41.34             |
| 740020203         | Tubo Pvc Electrico Sap De 1/2" (15Mm) X3M                                                                               | m    | 70.00    | S/ 1.00     | S/ 70.00             |
| 740020174         | Tubo Pvc Electrico Sap De 3/4" (20Mm) X3M                                                                               | m    | 498.00   | S/ 1.00     | S/ 498.00            |
| 740020215         | Union Pvc Electrico Sap De (35Mm)                                                                                       | und  | 21.57    | S/ 1.00     | S/ 21.57             |
| 740020217         | Union Pvc Electrico Sap De 1 1/2" (40Mm)                                                                                | und  | 16.34    | S/ 1.00     | S/ 16.34             |
| 740020204         | Union Pvc Electrico Sap De 1/2" (15Mm)                                                                                  | und  | 28.00    | S/ 1.00     | S/ 28.00             |
| 740020175         | Union Pvc Electrico Sap De 3/4" (20Mm)                                                                                  | und  | 160.00   | S/ 1.00     | S/ 160.00            |
| 720020155         | Union Universal Pvc Sap De 1/2"                                                                                         | und  | 10.00    | S/ 4.00     | S/ 40.00             |
| 720020131         | Union Universal Pvc Sap De 3/4"                                                                                         | und  | 12.00    | S/ 7.50     | S/ 90.00             |
| 780020156         | Valvula Esferica De 1/2"                                                                                                | und  | 5.00     | S/ 25.00    | S/ 125.00            |
| 780020001         | Valvula Esferica De 3/4"                                                                                                | und  | 6.00     | S/ 60.00    | S/ 360.00            |
| 680020001         | Varilla De Cobre D=5/8" De 2.5M                                                                                         | und  | 5.00     | S/ 240.00   | S/ 1,200.00          |
| 790020105         | Vidrio Crudo De 6Mm.                                                                                                    | p²   | 3.58     | S/ 10.00    | S/ 35.80             |
| 790020001         | Vidrio Crudo Incoloro De 6Mm Incluye Accesorios                                                                         | p²   | 1137.12  | S/ 10.00    | S/ 11,371.19         |
| 720020133         | Yee Pvc Sal 2"                                                                                                          | und  | 34.34    | S/ 7.00     | S/ 240.35            |
| 300020001         | Yeso De 28 Kg                                                                                                           | bol  | 24.56    | S/ 5.00     | S/ 122.78            |

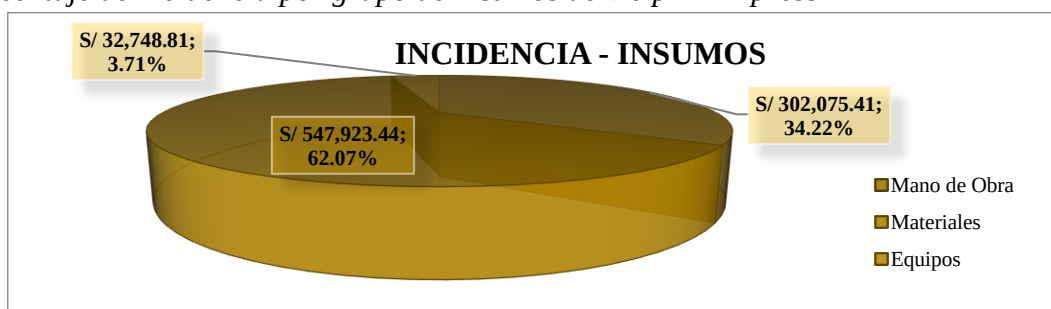
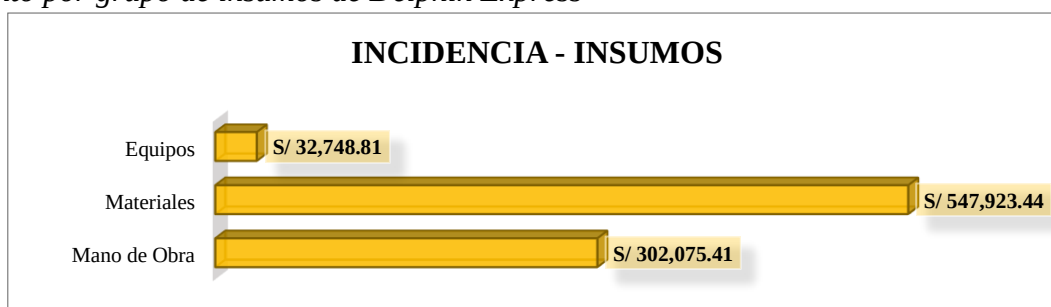
**Nota:** Elaboración propia

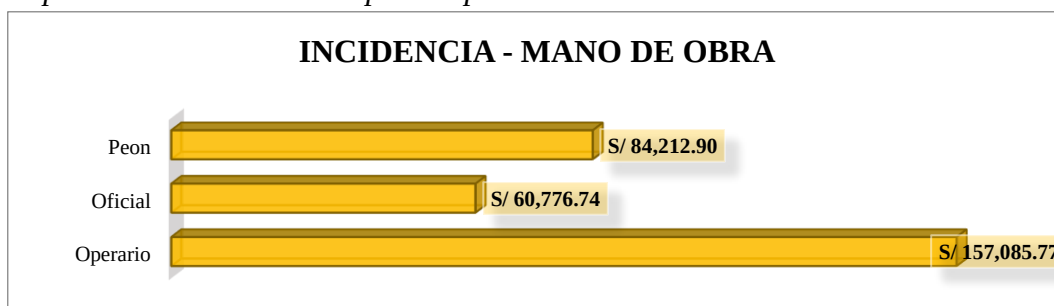
**Tabla 14.***Relación de insumos - equipos de Delphin Express*

| Código         | Descripción                         | Unid | Cantidad | Costo         | Total               |
|----------------|-------------------------------------|------|----------|---------------|---------------------|
| <b>Equipos</b> |                                     |      |          |               | <b>S/ 32,748.81</b> |
| 480020088      | Andamio Metálico                    | hm   | 45.0582  | S/ 5.00       | S/ 225.29           |
| 370020001      | Herramientas Manuales               | %mo  | 3.00     | S/ 322,308.91 | S/ 9,669.27         |
| 480020001      | Mezcladora De Concreto De 9 -11P3   | hm   | 304.8738 | S/ 20.00      | S/ 6,097.48         |
| 480020058      | Soldadora Eléctrica De 225 Amperios | hm   | 433.3429 | S/ 30.00      | S/ 13,000.29        |
| 490020036      | Vibrador De Concreto 4 Hp 2.40"     | hm   | 250.4323 | S/ 15.00      | S/ 3,756.48         |

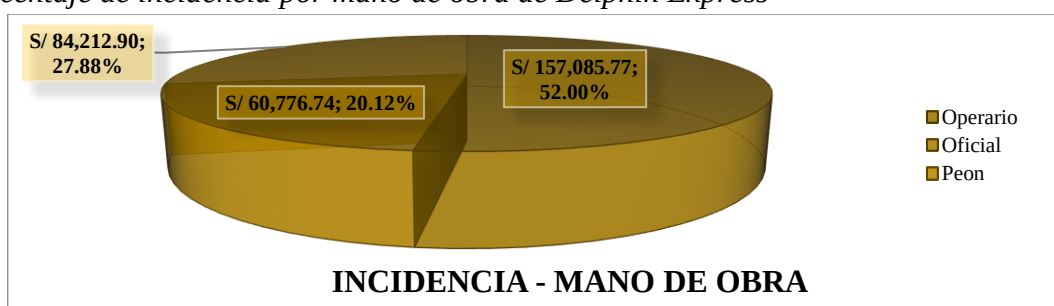
*Nota:* Elaboración propia

En la Figura 14 y Figura 15 se muestra la incidencia que tiene cada uno de los grupos de insumos, siendo los materiales los más incidentes con un 62.07% y dentro de cada grupo los más incidentes son: Operario con 52.00% en mano de obra, Cemento Portland con 23.20% en materiales y soldadora eléctrica de 225 amperios con 39.70% en equipos.

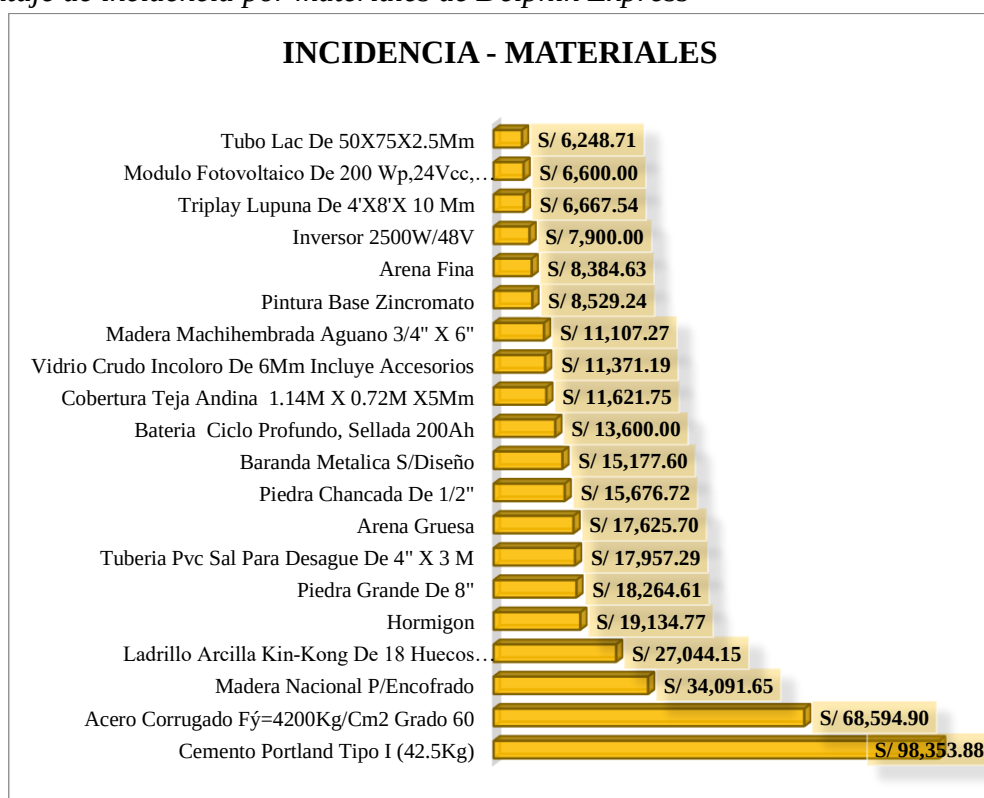
**Figura 25.***Porcentaje de incidencia por grupo de insumos de Delphin Express**Nota:* Elaboración propia**Figura 26.***Monto por grupo de insumos de Delphin Express**Nota:* Elaboración propia

**Figura 27.***Monto por mano de obra de Delphin Express*

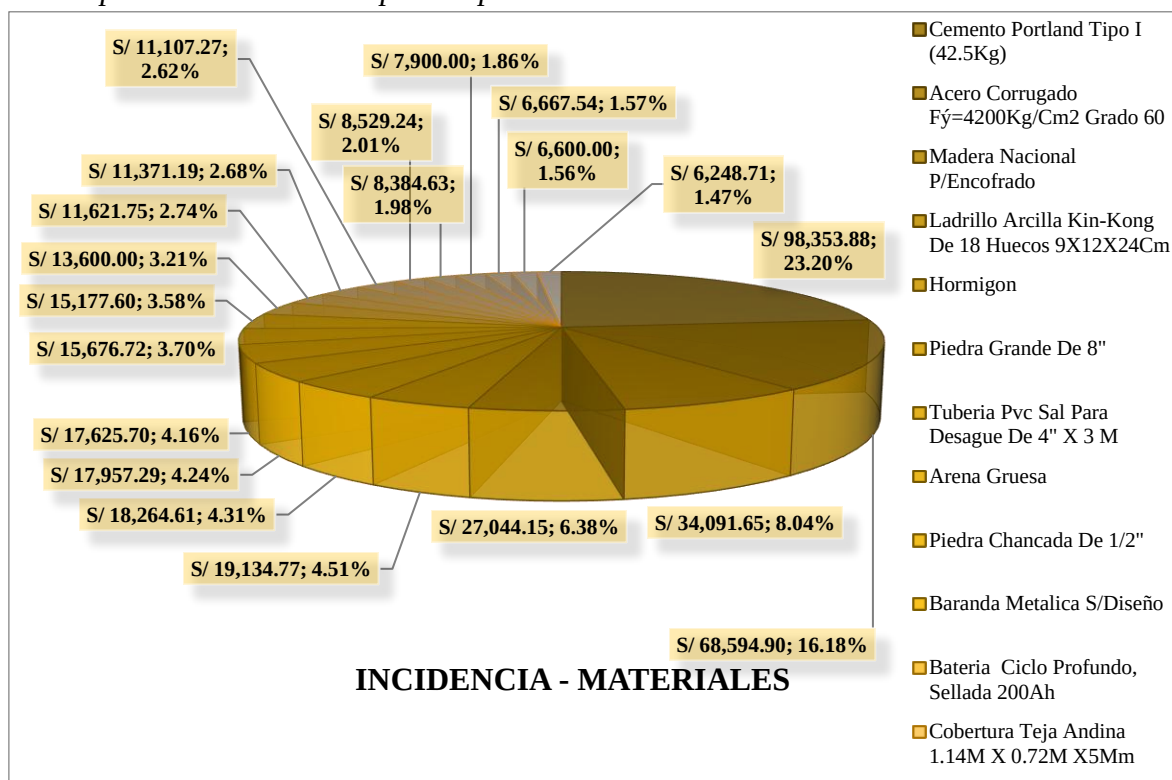
Nota: Elaboración propia

**Figura 28.***Porcentaje de incidencia por mano de obra de Delphin Express*

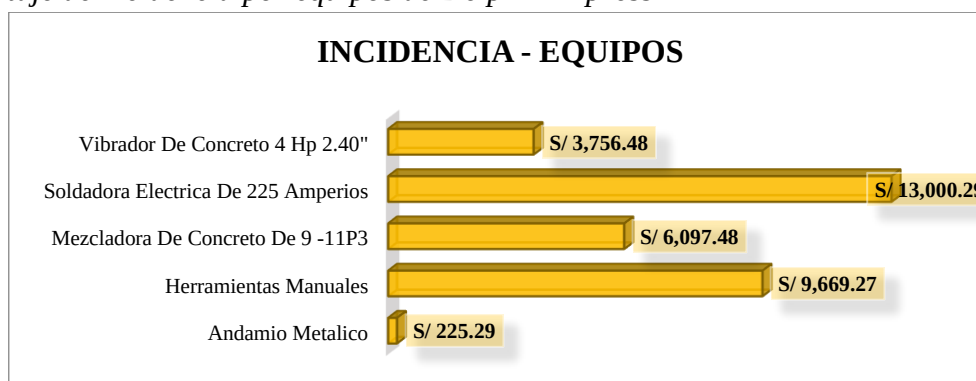
Nota: Elaboración propia

**Figura 29.***Porcentaje de incidencia por materiales de Delphin Express*

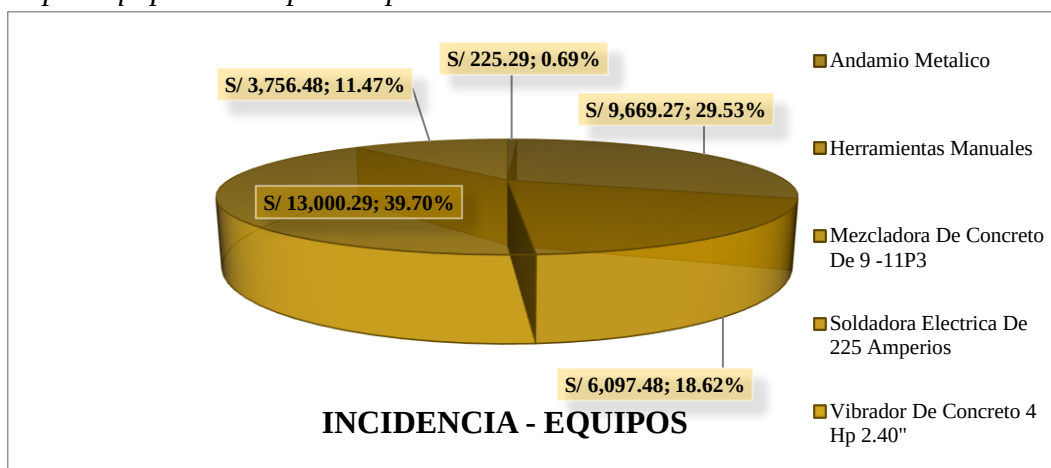
Nota: Elaboración propia

**Figura 30.***Monto por materiales de Delphin Express*

Nota: Elaboración propia

**Figura 31.***Porcentaje de incidencia por equipos de Delphin Express*

Nota: Elaboración propia

**Figura 32.***Monto por equipos de Delphin Express**Nota:* Elaboración propia**4.5.10. Obtención de la duración de actividades del Delphin Express**

En Delphin Express, la duración de las actividades se calculó a partir de los metrados de cada partida y los rendimientos establecidos en los Análisis de Precios Unitarios (APU). Este proceso permitió estimar el tiempo requerido para la ejecución de cada actividad en función de la cantidad de trabajo a realizar y la capacidad productiva de los recursos asignados.

El software empleó una metodología en la que, una vez ingresados los metrados y vinculados con sus respectivos APUs, se aplicó la ecuación:

$$Duración = \frac{Metrado}{Rendimiento Diario (APU)}$$

- El metrado correspondió a la cantidad total de la actividad, obtenida del expediente técnico o de herramientas de modelado como BIM.
- El rendimiento diario provino del APU y representó la cantidad de trabajo que una cuadrilla de trabajadores podía ejecutar en una jornada laboral.

Al cargar los metrados obtenidos desde Revit en Delphin Express, el software asignó automáticamente los rendimientos de cada actividad según los APUs existentes. Dado que los análisis de precios unitarios ya contenían información validada sobre el consumo de

materiales, mano de obra y equipos, no se requirieron ajustes adicionales para determinar la duración de cada partida.

**Figura 33.**

*Duración de actividades determinado en Delphin Express*

The screenshot displays the 'Gantt de Seguimiento' (Gantt Tracking) window in Delphin Express. The interface includes a toolbar with various project management tools like 'Ir Inicio', 'Guardar', 'Imprimir', 'Info. Proyecto', 'Exportar', 'Tiempo de Trabajo', 'Información de la Tarea', 'Insertar Hito', 'Ruta Crítica', 'Diagrama de Red', 'Línea Base', 'Línea de Tiempo', 'Programar Automáticamente', 'Programar Manualmente', 'Calendario de Adquisiciones', 'Calendario Valorizado', 'Responsables', and 'Especificaciones técnicas'. Below the toolbar is a search bar and a table of activities.

|    | Modo de Tarea | Descripción                                                                 | Und. | Días Cal. | Duración | Inicio     | Fin        | Predecesoras | % Avance |
|----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|-----------|----------|------------|------------|--------------|----------|
| 1  |               | 01 I.E.I. CCAPACCA                                                          |      | 23        | 20 días  | 01/08/2016 | 23/08/2016 |              |          |
| 2  |               | 01.01 ESTRUCTURAS                                                           |      | 23        | 20 días  | 01/08/2016 | 23/08/2016 |              |          |
| 3  |               | 01.01.01 BLOQUE - 1 (BLOQUE DOCENTES)                                       |      | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 4  |               | 01.01.01.01 CONCRETO SIMPLE                                                 |      | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 5  |               | 01.01.01.01.01 SOLADO E= 4" MEZCLA 1:12 EN ZAPATAS                          | m²   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 6  |               | 01.01.01.01.02 SOLADO E= 2" MEZCLA 1:12 EN VIGAS DE CIMENTACIÓN             | m²   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 7  |               | 01.01.01.01.03 CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGÓN 30% PIEDRA   | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 8  |               | 01.01.01.01.04 CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMENTOS                     | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 9  |               | 01.01.01.01.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMENTOS HASTA ... | m²   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 10 |               | 01.01.01.02 CONCRETO ARMADO                                                 |      | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 11 |               | 01.01.01.02.01 ZAPATAS                                                      |      | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 12 |               | 01.01.01.02.01.01 CONCRETO PARA ZAPATAS F'C=210 KG/CM2                      | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 13 |               | 01.01.01.02.01.02 ACERO CORRUGADO G-60 EN ZAPATAS                           | kg   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 14 |               | 01.01.01.02.02 VIGAS DE CIMENTACIÓN                                         |      | 2         | 2 días   | 01/08/2016 | 02/08/2016 |              |          |
| 15 |               | 01.01.01.02.02.01 CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EN VIGAS DE CIMENTACIÓN          | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 16 |               | 01.01.01.02.02.02 ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 EN VIGAS DE CIMENTACIÓN     | kg   | 2         | 2 días   | 01/08/2016 | 02/08/2016 |              |          |
| 17 |               | 01.01.01.02.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN          | m²   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 18 |               | 01.01.01.02.03 COLUMNAS                                                     |      | 3         | 3 días   | 01/08/2016 | 03/08/2016 |              |          |
| 19 |               | 01.01.01.02.03.01 CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 KG/CM2                       | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 20 |               | 01.01.01.02.03.02 ACERO CORRUGADO G-60 EN COLUMNAS                          | kg   | 2         | 2 días   | 01/08/2016 | 02/08/2016 |              |          |
| 21 |               | 01.01.01.02.03.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS                      | m²   | 3         | 3 días   | 01/08/2016 | 03/08/2016 |              |          |
| 22 |               | 01.01.01.02.04 ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO COLUMNETAS                        |      | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 23 |               | 01.01.01.02.04.01 CONCRETO EN COLUMNETAS F'C=175 KG/CM2                     | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 24 |               | 01.01.01.02.04.02 ACERO CORRUGADO G-60 EN COLUMNETAS                        | kg   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 25 |               | 01.01.01.02.04.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNETAS                    | m²   | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 26 |               | 01.01.01.02.05 VIGAS                                                        |      | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 27 |               | 01.01.01.02.05.01 CONCRETO EN VIGAS F'C=210 KG/CM2                          | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 28 |               | 01.01.01.02.05.02 ACERO CORRUGADO G-60 EN VIGAS                             | kg   | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 29 |               | 01.01.01.02.05.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS                  | m²   | 4         | 4 días   | 01/08/2016 | 04/08/2016 |              |          |
| 30 |               | 01.01.01.02.06 VIGUETAS DE VANOS                                            |      | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |
| 31 |               | 01.01.01.02.06.01 CONCRETO EN VIGUETAS DE VANO F'C=175 KG/CM2               | m³   | 1         | 1 día    | 01/08/2016 | 01/08/2016 |              |          |

*Nota:* Elaboración propia

De la duración de actividades de Delphin Express, haciendo así un total de 322 días para las partidas de la especialidad de estructuras, 476 días para las partidas de la especialidad de arquitectura, 149 días para las partidas de la especialidad de instalaciones sanitarias y 81 días para las partidas de la especialidad de instalaciones eléctricas.

#### 4.5.11. Identificación de interferencias en Navisworks

Una vez finalizado el modelado tridimensional en Revit, se procedió con la exportación del modelo a Navisworks con el objetivo de realizar la detección de interferencias entre los distintos elementos del proyecto. Este proceso permitió identificar

posibles conflictos en la disposición de las estructuras, instalaciones y demás componentes del diseño, evitando problemas durante la ejecución de la obra.

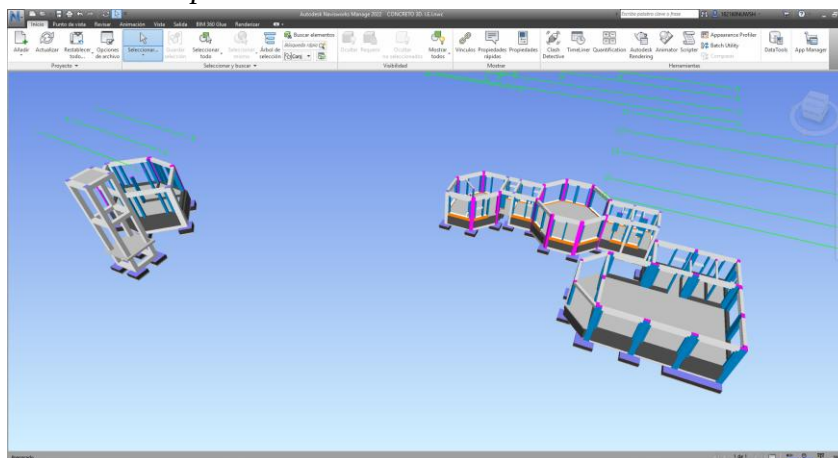
Para garantizar la correcta transferencia de datos, el modelo fue exportado en formato NWC (Navisworks Cache), optimizado para la visualización y análisis dentro del software. Posteriormente, el archivo fue cargado en Navisworks Manage, donde se realizaron las configuraciones necesarias para la detección de colisiones.

Una vez importado el modelo, se definieron las reglas de detección de interferencias en función de los elementos a analizar, como la interacción entre elementos estructurales, redes de instalaciones sanitarias, sistemas eléctricos y componentes arquitectónicos. Se establecieron tolerancias en la detección de conflictos para evitar falsas alertas derivadas de errores menores en la modelación.

Mediante la herramienta Clash Detective, se ejecutó el análisis de colisiones, el cual permitió generar una lista detallada de interferencias, clasificadas según su nivel de severidad. Se identificaron conflictos entre elementos estructurales y sistemas de instalaciones, como cruces indebidos de tuberías con vigas, interferencias de ductos con muros y problemas de superposición en áreas críticas del proyecto. Finalmente, se generaron reportes con la ubicación exacta de las interferencias detectadas.

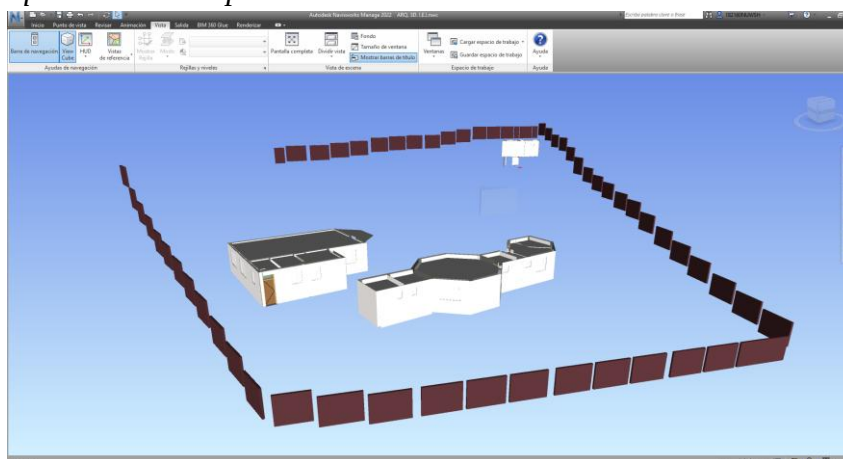
### **Figura 34.**

*Elementos estructurales importados a Navisworks*



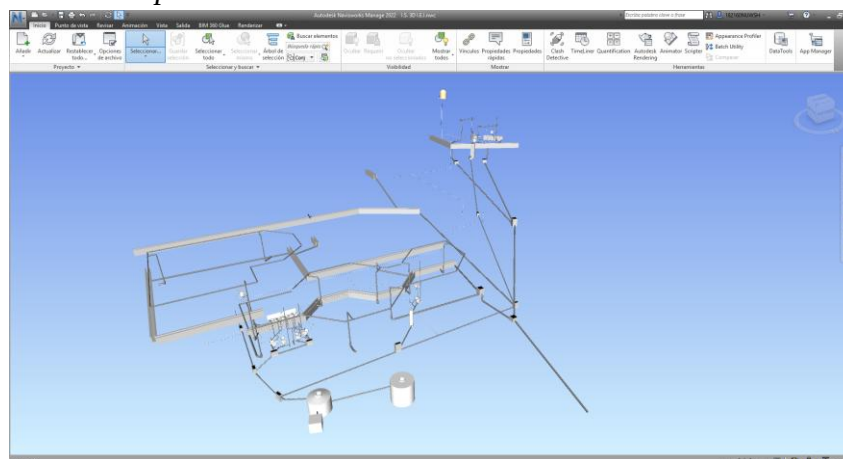
*Nota:* Elaboración propia

**Figura 35.**  
*Elementos arquitectónicos importados a Navisworks*



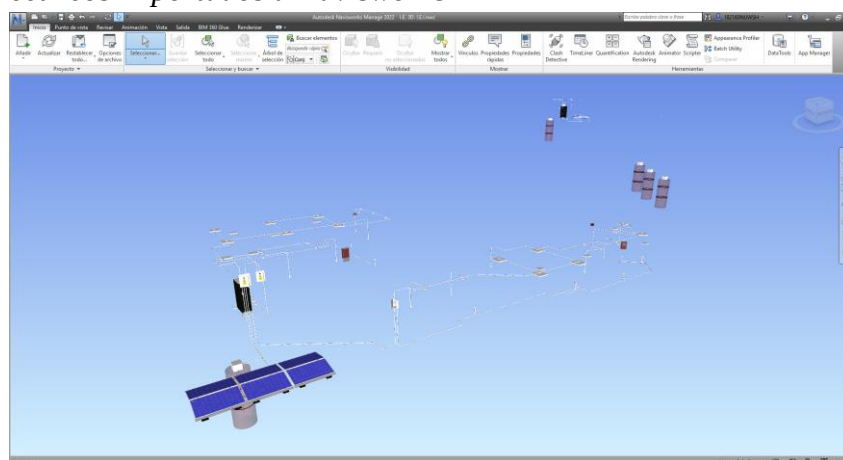
*Nota:* Elaboración propia

**Figura 36.**  
*Elementos sanitarios importados a Navisworks*



*Nota:* Elaboración propia

**Figura 37.**  
*Elementos eléctricos importados a Navisworks*



*Nota:* Elaboración propia

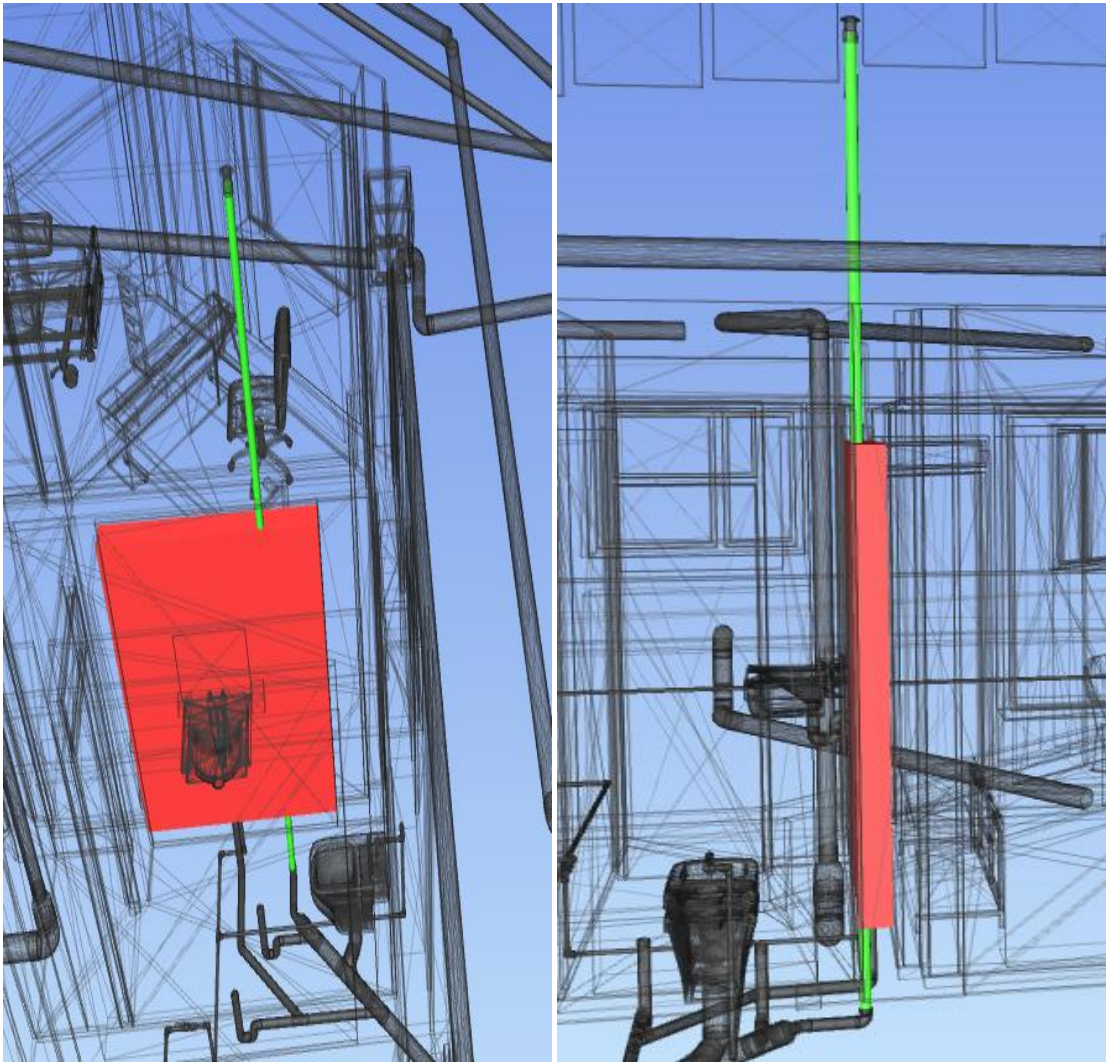
El formato de Solicitud de Requerimiento de Información (RFI) se utilizó como un instrumento de documentación técnica dentro del análisis de interferencias detectadas en el modelo BIM. El llenado del RFI inició con la identificación del proyecto, detallando su nombre y ubicación, lo que permitió contextualizar la interferencia dentro del alcance del estudio. Posteriormente, se asignó un número de referencia (RFO) para su trazabilidad dentro del análisis de colisiones. A continuación, se registró el número de colisiones detectadas, especificando la ubicación de la interferencia dentro del modelo, como los bloques o sectores afectados, y se definió la especialidad relacionada con el conflicto.

Se determinó el tipo de problema, clasificándolo como interferencia, y se categorizó su estado, lo que permitió diferenciar entre colisiones críticas y aquellas que podían resolverse sin afectar la funcionalidad del diseño.

En la descripción de la interferencia, se consignó información sobre el problema detectado. En el caso de la Figura 38, se identificó que una tubería de ventilación del sistema de desagüe de 2" interceptaba con una pared entre los bloques 2 y 3, afectando espacios destinados a dirección, tópico y aula pedagógica. Este registro permitió generar una base de datos de conflictos encontrados, los cuales fueron evaluados posteriormente para su resolución dentro del estudio comparativo.

El RFI incluyó también capturas de pantalla obtenidas mediante Navisworks, en las cuales los elementos en conflicto se resaltaron en rojo, mientras que el resto del modelo se presentó en transparencia. Estas imágenes sirvieron como evidencia visual de las interferencias detectadas, proporcionando un respaldo gráfico para el análisis.

**Figura 38.***RFI 01 - Arquitectura vs Instalaciones Sanitarias*

| SOLICITUD DE REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN (RFI)                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO:</b>                                                                                                                                     | "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL EN LAS I.E.I N° 811, N° 796, N° 1112, N° 925 DEL DISTRITO DE CURAHUASI, N°1082 DEL DISTRITO DE PICHIRHUA EN LA PROVINCIA DE ABANCAY, N° 898 DEL DISTRITO DE MARISCAL GAMARRA EN LA PROVINCIA DE GRAU, REGIÓN APURÍMAC" |                      | <b>N° RFO: 01</b> |
| <b>N° DE COLISIONES:</b>                                                                                                                             | 01                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>FECHA:</b>        | 25/06/2024        |
| <b>BLOQUE:</b>                                                                                                                                       | BLOQUE 2 Y 3.                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>ESPECIALIDAD:</b> | ARQ. VS I.S.      |
| <b>TIPO:</b>                                                                                                                                         | INTERFERENCIA                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>CATEGORÍA:</b>    | APROBADO          |
| <b>DESCRIPCIÓN:</b> TUBERÍA DE Ø 2" DE SISTEMA DE DESAGÜE (VENTILACIÓN). INTERCEPTA CON LA PARED BLOQUE 2 Y 3 (DIRECCIÓN, TÓPICO Y AULA PEDAGÓGICA). |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |                   |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |                   |

*Nota:* Elaboración propia

#### 4.6. Análisis de datos

##### 4.6.1. Comparación de recursos utilizados

Para cada partida, se analizó desde el punto de vista presupuestal, puesto que el impacto que realiza cada material dentro de la ejecución de obra corresponde al avance físico y financiero que estos puedan demandar, por lo cual, se obtuvo la variación porcentual individual respecto a su monto en el expediente técnico, determinando este proceso para poder representar el porcentaje de variación de metrados en forma totalitaria. Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$V_i = \frac{\text{Monto Revit}_i - \text{Monto Exp. Tec.}_i}{\text{Ppto Total ET}} \times 100$$

Donde:

$V_i$  es la variación porcentual de la partida "i"

Así mismo, la variación total porcentual (Tabla 44) se determinó con el costo total (costo directo) de las cuatro especialidades, mediante la siguiente fórmula:

$$V_{global} = \frac{\text{Ppto Total Delphin} - \text{Ppto Total ET}}{\text{Ppto Total ET}} \times 100$$

Donde:

*Ppto Total Delphin*: Suma del presupuesto de las 4 especialidades de Delphin

*Ppto Total ET*: Suma del presupuesto de las 4 especialidades del Exp. Tec.

$V_{global}$  es la variación porcentual total

**Tabla 15.**

*Resumen de Variación Porcentual de metrados*

| Ítem  | Descripción              | Total ET      | Total Revit   | Variación Porcentual | Observaciones |
|-------|--------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|
| 02    | Estructuras              | S/ 428,138.99 | S/ 449,551.54 | 2.62%                |               |
| 03    | Arquitectura             | S/ 280,326.90 | S/ 323,912.77 | 5.34%                |               |
| 04    | Instalaciones Sanitarias | S/ 37,230.63  | S/ 38,780.68  | 0.19%                |               |
| 05    | Instalaciones Electricas | S/ 70,100.01  | S/ 70,502.66  | 0.05%                |               |
| Total |                          | S/ 815,796.53 | S/ 882,747.65 | 8.21%                |               |

*Nota:* Elaboración propia

Después de comparar los metrados obtenidos en el expediente técnico con los generados en Revit, se identificaron discrepancias en ciertas partidas, las cuales se aprecian en la Tabla 44. Estas diferencias afectaron la cantidad de insumos requeridos, ya que, al variar las cantidades de actividades en obra, se modifican proporcionalmente el consumo de materiales, la mano de obra necesaria y el uso de equipos.

En partidas donde el metrado de Revit resultó mayor que el del expediente técnico (variación porcentual positiva), se evidenció un aumento en la cantidad de materiales, la mano de obra y los equipos lo que resultó en un incremento de costos. Por el contrario, cuando el metrado de Revit fue menor (variación porcentual negativa), los insumos requeridos disminuyeron, reflejando posibles sobreestimaciones en el expediente técnico.

Por ejemplo, en la partida 02.02.04.01.01 Concreto Para Zapatas  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ :

- En el expediente se estimó  $11.52 \text{ m}^3$  de concreto equivalente a S/ 5,340.56, pero en Revit el cálculo real fue de  $12.21 \text{ m}^3$  equivalente a S/ 5,660.43, con lo cual se requirió un 0.04% (respecto al total de insumos) más de cemento portland IP, arena gruesa, piedra chancada, agua, mano de obra y equipos como vibrador y mezcladora.

Si bien al mencionar que hubo un incremento de 0.04% no parece tan relevante visualmente, esto es más influyente de lo que parece, puesto que el monto con el cual se viene comparando es el total, y para ello se realizó la siguiente comparación a nivel del costo por insumo. Con lo cual se tiene que los metrados tuvieron una variación global de 8.21%.

#### **4.6.1.1. Mano de obra**

Se realizó la comparación a nivel de horas hombre requeridos antes y después de la obtención de metrados con el modelamiento LOD 350, así mismo, se obtuvo el porcentaje de incidencia total respecto al monto que requería para poder cumplir con las metas a nivel de mano de obra.

**Tabla 16.***Variación de costo de mano de obra (insumos iniciales vs insumos con LOD350)*

| Código              | Descripción | Unid | Cantidad<br>Extraída del<br>ET | Cantidad<br>Extraída de<br>Delphin Express | Cantidad | Costo<br>Unitario | Total               |
|---------------------|-------------|------|--------------------------------|--------------------------------------------|----------|-------------------|---------------------|
| <b>Mano de Obra</b> |             |      |                                |                                            |          |                   | <b>S/ 21,211.66</b> |
| 470020001           | Operario    | hh   | 7581.2065                      | 8267.6721                                  | 686.4656 | S/ 19.00          | S/ 13,042.85        |
| 470020003           | Oficial     | hh   | 3718.2783                      | 3856.3922                                  | 138.1139 | S/ 15.76          | S/ 2,176.68         |
| 470020002           | Peon        | hh   | 5520.1663                      | 5943.0413                                  | 422.875  | S/ 14.17          | S/ 5,992.14         |

*Nota:* Elaboración propia

En la Tabla 16 se verifica que luego de la comparación entre los insumos de mano de obra, el costo se incrementa en S/ 21,211.66. Posteriormente, se calculó el porcentaje de variación que se generó a partir de la comparativa, para ello se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$V_{mo} = \frac{\text{Monto de variacion de Mano de Obra}}{\text{Monto de Mano de Obra del ET}} \times 100$$

Donde:

$V_{mo}$  es la variacion porcentual de mano de obra

$$V_{mo} = \frac{S/ 21,211.66}{S/ 280,863.75} \times 100$$

$$V_{mo} = 7.55\%$$

Al ser positivo, indica que hubo un incremento del 7.55% en cuanto a mano de obra.

#### **4.6.1.2. Materiales**

Se realizó la comparación a nivel de cantidad de materiales requeridos antes y después de la obtención de metrados con el modelamiento LOD 350, así mismo, se obtuvo el porcentaje de incidencia total respecto al monto que requería para poder cumplir con las metas a nivel de materiales. Ver Anexos - Tabla 45

En la Tabla 45 se verifica que luego de la comparación entre los insumos de materiales, el costo se incrementa en S/ 39,064.55. Posteriormente, se calculó el porcentaje de variación que se generó a partir de la comparativa, para ello se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$V_{ma} = \frac{\text{Monto de variacion de Materiales}}{\text{Monto de Materiales del ET}} \times 100$$

Donde:

$V_{ma}$  es la variacion porcentual de materiales

$$V_{ma} = \frac{S/ 39,064.55}{S/ 508,858.88} \times 100$$

$$V_{mo} = 7.68\%$$

Al ser positivo, indica que hubo un incremento del 7.68% en cuanto a materiales.

#### 4.6.1.3. Equipos

Se realizó la comparación a nivel de horas máquina requeridas antes y después de la obtención de metrados con el modelamiento LOD 350, así mismo, se obtuvo el porcentaje de incidencia total respecto al monto que requería para poder cumplir con las metas a nivel de equipos.

**Tabla 17.**

*Variación de costo de equipos (insumos iniciales vs insumos con LOD350)*

| Código         | Descripción                            | Unid | Cantidad<br>Extraída<br>del ET | Cantidad<br>Extraída de<br>Delphin Express | Cantidad  | Costo    | Total              |
|----------------|----------------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------------------|-----------|----------|--------------------|
| <b>Equipos</b> |                                        |      |                                |                                            |           |          | <b>S/ 6,674.90</b> |
| 480020088      | Andamio Metálico                       | hm   | 25.1933                        | 45.0582                                    | 19.8649   | S/ 5.00  | S/ 99.32           |
| 370020001      | Herramientas Manuales                  | %mo  | 5111.2917                      | 9669.2673                                  | 4557.9756 | S/ 1.00  | S/ 4,557.98        |
| 480020001      | Mezcladora De Concreto<br>De 9 -11P3   | hm   | 275.7214                       | 304.8738                                   | 29.1524   | S/ 20.00 | S/ 583.05          |
| 480020058      | Soldadora Eléctrica De<br>225 Amperios | hm   | 398.9003                       | 433.3429                                   | 34.4426   | S/ 30.00 | S/ 1,033.28        |
| 490020036      | Vibrador De Concreto 4<br>Hp 2.40"     | hm   | 223.6805                       | 250.4323                                   | 26.7518   | S/ 15.00 | S/ 401.28          |

*Nota:* Elaboración propia

En la Tabla 17 se verifica que luego de la comparación entre los insumos de equipos, el costo se incrementa en S/ 6,674.90. Posteriormente, se calculó el porcentaje de variación que se generó a partir de la comparativa, para ello se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$V_{eq} = \frac{\text{Monto de variacion de Equipos}}{\text{Monto de Equipos del ET}} \times 100$$

Donde:

$V_{eq}$  es la variacion porcentual de equipos

$$V_{ma} = \frac{S/6,674.90}{S/26,073.90} \times 100$$

$$V_{mo} = 25.60\%$$

Al ser positivo, indica que hubo un incremento del 25.60% en cuanto a equipos.

#### **4.6.2. Cálculo del costo de solución de interferencias**

Durante la elaboración de la presente tesis, se realizaron modelados tridimensionales en Revit y análisis de interferencias en Navisworks, lo que permitió identificar conflictos entre los distintos sistemas constructivos, como estructuras, instalaciones sanitarias y eléctricas. Estas interferencias, de no ser corregidas a tiempo, generan retrabajos en obra, afectando costos y plazos de ejecución (ampliaciones presupuestales y de plazo).

Para evaluar el impacto de estas interferencias, se han considerado dos escenarios de corrección:

- Corrección en la fase de expediente técnico: el cual implica cuando se detecta la interferencia antes de la ejecución en obra, permitiendo su ajuste directamente en los planos y especificaciones del diseño, que no requiere demolición ni modificaciones físicas en campo, solo ajustes en documentación técnica y se incurre en costos de revisión y modificación del expediente, que incluyen horas de trabajo de especialistas y actualizaciones en software BIM.
- Corrección en obra antes de ejecutar las partidas: La cual implica que la interferencia no fue detectada en la fase de expediente, pero sí antes de la ejecución del elemento en campo, este requiere coordinación en obra para definir la solución, lo que genera costos por retrasos, replanteo y ajustes de instalación y no implica demolición, pero sí costos por paralización temporal y ajustes de replanteo.

El cálculo de costos en cada interferencia se ha realizado bajo los siguientes criterios:

**FE: Costo de Corrección en la Fase de Expediente (Ver Anexo - Tabla 46.)**

- Mano de obra técnica: Horas dedicadas por especialistas en instalaciones sanitarias, arquitectura y coordinación BIM.
- Recursos utilizados: Uso de software BIM/Navisworks prorrateado según la revisión realizada.

**CC: Costo de Corrección en Campo antes de la Ejecución del Elemento (Ver Anexo - Tabla 47.)**

- Mano de obra en campo: Tiempo de supervisión, replanteo y ajuste del diseño in situ. Participación del maestro de obra y del instalador sanitario.
- Recursos adicionales: Uso de herramientas menores para ajustes en replanteo.

De las 29 interferencias detectadas se tiene un costo adicional total de S/.4,550.00 que se requeriría para solucionar dichas interferencias en la fase de elaboración del expediente y un monto total de S/.8,170.00 en la fase de ejecución de obra. En la Tabla 103 se tiene un resumen del monto requerido para las 29 interferencias. Cabe mencionar que solo se analizaron 29 de las interferencias encontradas como muestra, no obstante, el proyecto cuenta con mayor cantidad de interferencias, las cuales al realizar una acumulación del gasto que ostentaría la solución de estas en campo o elaboración del expediente, evidenciarían un gran incremento en cuanto al presupuesto, recordando que el costo de elaboración del expediente técnico es parte del presupuesto final de un proyecto.

**4.6.3. Comparación de duración de actividades**

Con las duraciones obtenidas luego de haber hecho uso de las herramientas BIM, se realizó la comparativa entre la duración de las actividades, ya que al incrementar el metrado, es necesario incrementar el tiempo para la culminación de las mismas de acuerdo al rendimiento o en su defecto incrementar el personal para mantener los tiempos, lo cual a su vez requiere en cualquiera de los casos un incremento presupuestal. En total se

incrementaron las duraciones en total de 763 a 1028 días, esto hace un total de 265 días incrementados, ya que como se vio anteriormente, se incrementó también los metrados requeridos para la ejecución del proyecto (Ver Anexos - Tabla 105).

#### **4.6.4. Estimación de duración de mayores metrados.**

Durante la ejecución de todo proyecto de construcción, es frecuente identificar adicionales de obra derivados de mayores metrados, los cuales pueden originarse por diversas causas, entre ellas, una inadecuada cuantificación en la etapa de elaboración del expediente técnico. Estos adicionales generan un impacto directo en el plazo de ejecución, ya que demandan un tiempo adicional para la culminación de las partidas afectadas.

En el presente caso, el incremento de metrados identificado a partir del modelamiento BIM (LOD 350) refleja los mayores volúmenes de obra que efectivamente se presentaron durante la ejecución del proyecto. Por tal motivo, se procedió a calcular la duración adicional requerida para ejecutar únicamente aquellas partidas que experimentaron un incremento en sus metrados, excluyendo las partidas con reducción (deductivos), a fin de cuantificar el impacto real en el cronograma.

Como resultado de este análisis, se obtuvo que la duración acumulada de los mayores metrados asciende a 274 días calendario. Cabe precisar que, si bien algunas actividades pueden ejecutarse en paralelo dentro de un mismo día, en la práctica constructiva y conforme a los criterios usualmente adoptados para la tramitación de ampliaciones de plazo, se considera que todas las partidas solicitadas inciden en la ruta crítica del proyecto, a menos que se demuestre fehacientemente lo contrario. Por ello, el cálculo de 274 días constituye una estimación conservadora del tiempo adicional requerido.

Este incremento de duración, equivalente aproximadamente a 9 meses, se vio reflejado en el desarrollo real de la obra. El proyecto fue programado inicialmente con un plazo de 150 días calendario, según lo establecido en la Resolución de Gerencia Regional

N° 01-2017, con fecha de inicio el 15 de febrero de 2019 y fecha de término programada originalmente el 14 de julio de 2019.

No obstante, durante la ejecución se presentaron diversos factores que motivaron la solicitud y aprobación de ampliaciones de plazo, las cuales se detallan a continuación:

**Tabla 18.**

*Cómputo de ampliaciones de plazo y plazo real ejecutado*

| Concepto                                                   | Días       |
|------------------------------------------------------------|------------|
| Plazo de ejecución programado original                     | 150        |
| Ampliación de Plazo N° 1                                   | 155        |
| Ampliación de Plazo N° 1                                   | 92         |
| Ampliación de Plazo N° 3                                   | 39         |
| Total de ampliaciones aprobadas                            | 286        |
| Plazo total aprobado (suma acumulada)                      | 436        |
| <b>Plazo real ejecutado (del 15/02/2019 al 25/04/2020)</b> | <b>436</b> |

*Nota:* Elaboración propia

Como se observa, el plazo total acumulado con las ampliaciones aprobadas asciende a 436 días calendario, periodo que coincide exactamente con la fecha de término vigente (25/04/2020) menos la fecha de inicio (15/02/2019). Dicho plazo se compone de los 150 días originales más 286 días de ampliaciones formalmente concedidas.

Sin embargo, es importante precisar que, si se consideran todas las ampliaciones tramitadas y aquellos periodos adicionales no formalizados pero ejecutados, el plazo real de ejecución se aproxima a 470 días calendario, lo cual evidencia que los mayores metrados calculados en 274 días constituyen solo una parte del incremento total, pues a ellos se sumaron otros factores como:

- Interferencias no detectadas en el expediente técnico (29 interferencias analizadas, con costos de solución en campo que ascendieron a S/ 8,170.00).
- Incremento en la demanda de mano de obra (7.55%), materiales (7.68%) y equipos (25.60%) respecto a lo presupuestado.

- Tiempos de coordinación y replanteo derivados de la solución de conflictos constructivos en campo.
- Procesos administrativos para la aprobación de las ampliaciones de plazo y adicionales de obra.

Por tanto, la duración estimada de 274 días por mayores metrados resulta consistente con el contexto real de la obra, y su incidencia se encuentra plenamente justificada dentro del total de 436 días aprobados y los 470 días efectivamente ejecutados, tal como se sustenta en el Anexo - Tabla 105, donde se detalla el cálculo pormenorizado de las duraciones incrementadas por partida.

#### **4.7. Consideraciones éticas**

El desarrollo de una investigación requiere compromiso y responsabilidad para garantizar su correcta ejecución. Por ello, se procuró seguir el cronograma establecido y cumplir con las normas aplicables, además de considerar las observaciones del asesor. El comité de ética tiene como función velar por la integridad, el respeto y la seguridad de los involucrados en el estudio, así como resguardar la propiedad intelectual de los resultados generados en el proceso. (UTEA, 2020)

En este estudio, se tomaron en cuenta principios éticos que aseguran la confiabilidad y validez de los datos obtenidos. La información utilizada provino de fuentes verificadas y fue procesada con rigurosidad técnica, evitando cualquier alteración que pudiera comprometer la veracidad de los resultados. Se garantizó el respeto a la propiedad intelectual, citando adecuadamente toda referencia empleada en el análisis. Asimismo, se aplicaron metodologías que minimizan sesgos y errores en la interpretación de los datos, asegurando una representación objetiva de las discrepancias identificadas en los metrados.

## **V. Resultados y discusión**

### **5.1. Resultados**

#### **5.1.1. Resultados respecto al objetivo general**

“Analizar cómo la incorporación de la metodología BIM LOD 350 contribuye a la optimización de presupuestos de construcción de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.”

#### **Interpretación:**

El análisis permitió evidenciar que la implementación de la metodología BIM LOD 350 impactó en la precisión de los metrados, la identificación de interferencias y la optimización del presupuesto. Se observó que los metrados generados mediante modelado BIM presentaron un incremento del 8.21%, lo que afectó directamente las cantidades de insumos requeridos en obra. Este mayor nivel de detalle posibilitó una planificación más ajustada y una estimación más precisa de recursos.

En cuanto a la identificación de interferencias, el uso de Navisworks permitió detectar 29 conflictos constructivos, los cuales, de ser corregidos en la etapa de expediente técnico, representaron un 44.31% de ahorro en costos de solución, evitando sobrecostos en obra.

Respecto a la optimización del tiempo de ejecución, si bien el cronograma de actividades se extendió en 265 días, este incremento fue consecuencia del mayor nivel de precisión en metrados. Sin embargo, la planificación en BIM permitió prever ajustes y reducir riesgos de retrasos imprevistos en la fase de construcción.

### 5.1.2. Resultados respecto al objetivo específico 1

“Evaluar la influencia del Modelo LOD 350 en la precisión de la estimación de insumos (materiales, mano de obra y equipos), en comparación con el expediente técnico Abancay - Apurímac - 2022.”

**Tabla 19.**

*Resumen de afectación de los metrados en los insumos*

| Ítem | Descripción                          | Variación Porcentual | Observaciones |
|------|--------------------------------------|----------------------|---------------|
| 01   | Variación porcentual de los metrados | 8.21%                | Incremento    |
| 02   | Variación porcentual de mano de obra | 7.55%                | Incremento    |
| 03   | Variación porcentual de materiales   | 7.68%                | Incremento    |
| 04   | Variación porcentual de equipos      | 25.60%               | Incremento    |

*Nota:* Elaboración propia

#### **Interpretación:**

En la Tabla 19 se aprecia el resumen de los resultados obtenidos conforme a la evaluación de cómo afecta la discrepancia entre metrados en la cantidad de insumos de mano de obra, materiales y equipos necesarios mediante el modelado en Revit, siendo que: incremento del 8.21% en los metrados generó variaciones en los insumos de mano de obra, materiales y equipos, sin embargo, el impacto en equipos fue significativamente mayor, con un incremento del 25.60%, en comparación con el 7.55% en mano de obra y el 7.68% en materiales.

Esta discrepancia puede explicarse por los siguientes factores:

- La ejecución de ciertas partidas depende del uso de equipos mecanizados, cuya operación está directamente ligada a la cantidad de material a procesar. Por ejemplo, el empleo de mezcladoras de concreto, vibradores y soldadoras se encuentra directamente relacionado con el volumen de concreto y acero involucrado en la obra.
- A diferencia de la mano de obra, donde un aumento en metrados puede compensarse con la optimización de turnos o cuadrillas, el uso de equipos es menos flexible y requiere tiempos de operación específicos.

- El incremento en metrados implica más horas de uso de maquinaria y herramientas, lo que se traduce en mayores costos operativos. Por ejemplo, el vibrador de concreto y la mezcladora incrementaron su costo debido a un aumento en el tiempo requerido para su operación.
- Además, ciertos equipos no pueden operar en paralelo sin afectar la logística en obra, lo que genera tiempos de espera y menor eficiencia en su utilización.
- Los equipos, a diferencia de los materiales y la mano de obra, requieren suministro de energía, mantenimiento preventivo y correctivo, lo que genera un impacto acumulativo en los costos.

Por estos motivos, la variación en metrados afecta en mayor proporción a los equipos que a otros insumos, lo que evidencia la importancia de una planificación precisa en el uso de maquinaria dentro del modelo BIM para optimizar costos y reducir impactos en el presupuesto global.

### 5.1.3. Resultados respecto al objetivo específico 2

“Analizar el impacto de la identificación de interferencias mediante Navisworks en la reducción de costos directos asociados a retrabajos de una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.”

**Tabla 20.**

*Resumen de identificación del costo de solución de interferencias*

| Ítem | Descripción                                                           | Costo de solución de interferencias |
|------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 01   | FE: Costo de Corrección en la Fase de Expediente                      | S/. 4550                            |
| 02   | CC: Costo de Corrección en Campo (Antes de la Ejecución del Elemento) | S/. 8170                            |
| 03   | Diferencia de costos                                                  | S/. 3620                            |

*Nota:* Elaboración propia

#### **Interpretación:**

En la Tabla 20 se muestra el resumen del análisis de interferencias detectadas mediante Navisworks permitió identificar 29 conflictos constructivos, los cuales generaron un costo de S/. 4,550 si eran corregidos en la fase de expediente técnico y S/. 8,170 si eran

resueltos en obra. En el análisis de interferencias detectadas mediante Navisworks, se identificaron aquellas que representaron un mayor costo de corrección. Entre estas, se encontraron casos en los que la tubería PVC de salida para desagüe de Ø 2" del sistema de ventilación interceptaba con vigas estructurales, generando la necesidad de cortes en el refuerzo de acero. En estos casos, el costo de corrección en la fase de expediente técnico ascendió a S/. 185, mientras que la corrección en obra antes de la ejecución alcanzó S/. 330, lo que representó una diferencia de S/. 145. De manera similar, se detectó la interferencia de la misma tubería con una viga estructural y su cimiento con concreto ciclópeo, registrando los mismos costos de corrección en ambas fases. Estas interferencias fueron consecuencia de una falta de coordinación entre las especialidades de estructuras e instalaciones sanitarias, lo que impactó directamente en elementos de alto costo, requiriendo ajustes estructurales y prolongando los tiempos de ejecución.

Por otro lado, entre las interferencias más recurrentes se encontraron aquellas generadas por la intersección de tuberías sanitarias con muros estructurales, con un total de seis ocurrencias, cuyo costo promedio de corrección en obra fue de S/. 158. Asimismo, se identificaron cinco casos de cruces indebidos de tuberías eléctricas con muros y tableros, cuyo costo de solución en campo fue también de S/. 158. Finalmente, se registraron cuatro interferencias relacionadas con instalaciones que coincidían con cajas de registro y elementos en construcción, generando un costo promedio de S/. 190 por cada corrección. Estas interferencias evidenciaron la falta de una adecuada coordinación en la disposición de los elementos en los planos originales, lo que repercutió en la ejecución del proyecto y generó un incremento en los costos de ajuste.

Los valores obtenidos reflejan los costos de corrección de 29 interferencias específicas, pero en un proyecto de mayor magnitud, donde el número de interferencias podría ser significativamente mayor, el impacto en costos sería aún más pronunciado. Si se

extrapolan estos costos a un proyecto con 100 interferencias detectadas, el sobre costo en campo podría ascender hasta S/. 28,170, lo que representaría una afectación considerable en el presupuesto total del proyecto. Para proyectos de infraestructura de gran escala, como edificaciones de múltiples niveles o instalaciones industriales, donde las interferencias suelen ser más complejas, la falta de detección temprana podría generar costos adicionales por modificaciones estructurales, retrasos en obra y reprogramaciones de actividades.

#### **5.1.4. Resultados respecto al objetivo específico 3**

“Determinar cómo el uso de Delphin Express optimiza los tiempos de ejecución en una obra pública Abancay - Apurímac - 2022.”

**Tabla 21.**

*Resumen de duración de actividades*

| Ítem | Descripción                                             | Duración de actividades |
|------|---------------------------------------------------------|-------------------------|
| 01   | Duración de Actividades conforme al Expediente Técnico  | 763 días                |
| 02   | Duración de Actividades conforme a la aplicación de BIM | 1028 días               |
| 03   | Incremento y/o reducción de duración                    | 265 días                |

*Nota:* Elaboración propia

#### **Interpretación:**

En la Tabla 21 se muestra el resumen correspondiente a la duración de las actividades, si bien es cierto el objetivo plantea la optimización de tiempos, debido a los mayores metrados encontrados posterior al modelamiento, las duraciones incrementaron de 763 días a 1028 días, con un total de 265 días de incremento. Si bien es cierto, algunas de las actividades suelen realizarse en el mismo día, es bien sabido que, a la hora de solicitar una ampliación de plazo, como colchón de tiempo, se considera muchas veces todas las partidas solicitadas como ruta crítica, por lo cual, estos 265 días hacen referencia a un incremento de 9 meses aproximadamente.

## 5.2. Discusiones

### **Discusión 01: Correspondiente al Objetivo Específico 01**

Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los hallazgos de Solórzano (2022), quien evidenció que la implementación de la metodología BIM permitió generar datos más exactos en los metrados, lo que derivó en un ahorro significativo en costos y tiempos de ejecución. En su estudio, se encontraron diferencias considerables entre los metrados obtenidos con la metodología tradicional y aquellos generados mediante BIM, demostrando que el modelado tridimensional mejora la precisión en la estimación de recursos. Esto respalda la observación en el presente estudio respecto a que la variación en metrados impacta directamente en la cantidad de insumos requeridos, en especial en el uso de equipos, dado que estos dependen en gran medida de volúmenes precisos para su programación y operación eficiente.

Asimismo, la investigación de Paredes & Torres (2021) refuerza estos hallazgos, al demostrar que una mayor precisión en los metrados permitió optimizar la gestión de costos al evitar adicionales y ampliaciones de plazos. Esto se relaciona con la presente investigación, donde el incremento del 8.21% en metrados se tradujo en un impacto del 25.60% en los costos de equipos, evidenciando que este recurso es más sensible a las variaciones en cantidades. La justificación de esta diferencia radica en la dependencia de los equipos a volúmenes exactos de trabajo, tiempos de operación y programación de uso, lo que genera costos adicionales cuando se presentan imprecisiones en la cuantificación inicial.

### **Discusión 02: Correspondiente al Objetivo Específico 02**

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que la detección temprana de interferencias a través del modelado BIM permite reducir significativamente los costos de retrabajos, hallazgo que concuerda con la investigación de Paredes & Torres (2021),

donde se determinó que la implementación de BIM 5D permitió detectar y corregir interferencias, optimizando la gestión de costos en la etapa de diseño. En su estudio, se observó que aquellas obras donde no se utilizó BIM generaron costos adicionales de entre 1.34% a 5.60%, lo que se tradujo en ampliaciones de plazo e incremento en los presupuestos. De manera similar, en la presente investigación se identificó que la corrección de interferencias en la fase de expediente técnico permitió un ahorro del 44.31% en comparación con la corrección en obra, evitando costos innecesarios y asegurando una mejor planificación.

Asimismo, el estudio de García & Torres (2021) refuerza esta conclusión, al demostrar que los modelos BIM permiten visualizar geométricamente los elementos diseñados y detectar errores antes de la ejecución, optimizando la asignación de presupuestos y reduciendo sobrecostos. En la presente investigación, se determinó que las interferencias más costosas estuvieron relacionadas con la intersección de tuberías sanitarias con vigas estructurales, lo que requirió modificaciones en refuerzos de acero y ajustes en cimentaciones. Además, se identificó que las interferencias más frecuentes correspondieron a cruces indebidos de tuberías eléctricas con muros y tableros, lo que evidencia que la falta de coordinación en la fase de diseño genera problemas recurrentes en la ejecución de instalaciones.

En términos de escalabilidad, estos costos de interferencias pueden ser aún mayores en proyectos de gran envergadura, tal como lo menciona Pillaca & Saavedra (2022), quienes encontraron que la detección temprana de errores permitió corregir inconsistencias en el diseño geométrico de una infraestructura vial, evitando sobrecostos que podrían haberse incrementado con la ejecución en obra. En este contexto, la presente investigación reafirma que la implementación de BIM para la detección de interferencias no solo reduce costos directos en proyectos pequeños y medianos, sino que también representa una estrategia

fundamental para evitar desviaciones presupuestarias en infraestructuras de mayor complejidad.

### **Discusión 03: Correspondiente al Objetivo Específico 03**

En el estudio de Angulo (2020), se determinó que la implementación de BIM 5D permitió una reducción significativa en los tiempos de planificación y elaboración de presupuestos en comparación con los métodos tradicionales. Sin embargo, se identificó que la integración de los modelos tridimensionales con la programación de obra requiere una inversión inicial considerable en configuración y capacitación, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la duración de las actividades aumentó en 265 días debido a un mayor nivel de detalle en la planificación.

De manera similar, Pillaca & Saavedra (2022) encontraron que la simulación BIM permitió ajustar los presupuestos y evitar ampliaciones de plazo mediante la actualización automatizada de metrados. Este hallazgo concuerda con los resultados de la presente investigación, donde se observó que, aunque la duración de las actividades se incrementó, esta variación se debió a una mejor planificación de recursos y a la detección anticipada de incompatibilidades que pudieron haber generado retrasos mayores en la fase de ejecución.

Por otro lado, Solis (2021) menciona que, si bien la adopción de BIM en proyectos de construcción aún es limitada, los profesionales que han implementado esta metodología reconocen su potencial para optimizar la gestión del tiempo en obra. En este sentido, los resultados de la presente investigación refuerzan la importancia de la planificación con BIM para prever y mitigar retrasos, asegurando una programación de actividades más precisa y minimizando impactos negativos en la ejecución del proyecto.

## VI. Conclusiones

**Del objetivo general:** La implementación de la metodología BIM LOD 350 permitió optimizar la planificación de los metrados, la identificación de interferencias y la gestión del cronograma de obra. Se observó que la precisión en la cuantificación de insumos y la detección temprana de conflictos estructurales redujeron significativamente los costos por correcciones en obra. Asimismo, la programación de actividades se realizó con mayor detalle, minimizando desviaciones en la ejecución. En conclusión, el uso de BIM en la planificación de proyectos de construcción pública mejora la eficiencia en la estimación de recursos, reduce sobrecostos y optimiza la gestión del tiempo, asegurando una ejecución más precisa y controlada.

**Del objetivo específico 01:** La discrepancia entre los metrados obtenidos mediante la metodología BIM y los del expediente técnico impactó directamente en la estimación de insumos de mano de obra, materiales y equipos. Se evidenció que los equipos fueron los más afectados, con un incremento del 25.60%, en comparación con el 7.55% en mano de obra y el 7.68% en materiales. Esto se debe a que los equipos dependen de metrados precisos para su programación y eficiencia operativa, mientras que la mano de obra y los materiales presentan mayor flexibilidad en su asignación y consumo.

**Del objetivo específico 02:** La detección de interferencias constructivas mediante el uso de Navisworks permitió reducir costos por retrabajos en obra. Se identificaron 29 interferencias, de las cuales las más costosas fueron aquellas que involucraban la intersección de tuberías sanitarias con elementos estructurales. La corrección de estas interferencias en la fase de expediente técnico generó un ahorro del 44.31%, evitando sobrecostos y retrasos en la ejecución. Además, se observó que, en proyectos de mayor escala, los costos asociados a interferencias pueden aumentar exponencialmente si no se detectan a tiempo.

**Del objetivo específico 03:** El análisis de la duración de actividades con Delphin Express mostró que, aunque la planificación con BIM aumentó la duración total del proyecto en 265 días, este incremento se debió a una mayor precisión en la asignación de recursos y la programación de actividades. La metodología BIM permitió prever retrasos y optimizar la secuencia de ejecución, reduciendo la incertidumbre y asegurando una planificación más eficiente en comparación con los métodos tradicionales.

## **VII.Recomendaciones**

Se recomienda fomentar el uso de la metodología BIM LOD 350 en la planificación y gestión de proyectos de construcción pública, asegurando su implementación desde la etapa de diseño para maximizar la precisión en la estimación de recursos y minimizar sobrecostos por interferencias o metrados incorrectos. Asimismo, se sugiere que las entidades responsables del desarrollo de infraestructura pública adopten normativas que obliguen a la detección temprana de conflictos constructivos y la optimización del cronograma mediante BIM, garantizando una ejecución eficiente y alineada con los principios de gestión de costos y tiempos.

Para minimizar las discrepancias en metrados y su impacto en los insumos de mano de obra, materiales y equipos, se recomienda implementar un control sistemático en la generación y validación de metrados mediante el uso de BIM. Además, es fundamental realizar simulaciones de consumo de equipos antes de la planificación final, con el objetivo de optimizar su programación y evitar sobrecostos por tiempos de operación ineficientes.

Se recomienda integrar la detección de interferencias como un procedimiento estándar en la fase de diseño de proyectos mediante Navisworks o herramientas BIM equivalentes. Asimismo, es necesario capacitar a los profesionales involucrados en la lectura y corrección de interferencias para que estas sean resueltas antes de la ejecución en obra, evitando retrabajos que impacten negativamente en el presupuesto y cronograma del proyecto.

Para mejorar la planificación de tiempos en proyectos gestionados con BIM, se sugiere optimizar la vinculación entre los modelos tridimensionales y la programación de

obra en herramientas como Delphin Express o equivalentes. Además, es recomendable realizar ajustes progresivos en la planificación de actividades, evaluando la posibilidad de reducir tiempos sin comprometer la precisión del modelo y la secuencia constructiva.

## VIII. Referencias

- Aguilera, R. (2013). *Identidad y diferenciación entre Método y Metodología*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-16162013000100005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16162013000100005)
- Almeida, A. (2019). *BIM en el Perú*. <https://rpp.pe/columnistas/alexandrealmeida/bim-en-el-peru-noticia-1190692>
- Alvaro, A. (2020). *Cronograma de un proyecto: ¿qué es y cómo crearlo?*  
<https://www.bizneo.com/blog/cronograma/#:~:text=El cronograma es una herramienta,sencilla de organizar el trabajo.>
- Angulo, J. (2020). *Planeación y control BIM 5D, en proyectos residenciales* [Universidad Panamericana]. <https://scripta.up.edu.mx/handle/123456789/8339>
- Arcux, & Allison. (2020). *Metrados y presupuestos para construcción*.  
<https://arcux.net/blog/metrados-y-presupuestos-para-construccion/>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6th ed.).
- Asana. (2022). *¿Qué es el diseño de proyectos? 7 pasos que incluyen consejos de expertos*.  
<https://asana.com/es/resources/project-design>
- Autodesk. (2021a). *Navisworks: revisión de modelos 3D, coordinación y detección de conflictos*. <https://www.autodesk.es/products/navisworks/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Autodesk. (2021b). *Software de BIM multidisciplinar para diseños coordinados de mayor calidad*. <https://www.asidek.es/arquitectura-e-ingenieria/autodesk-revit/>
- Blanco, M. (2018). *Cambiando el chip en la construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM* [Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/16606>
- Building Smart. (2014). *¿Qué es BIM?* <https://www.buildingsmart.es/bim/>

- Cai, J. (2023). *Effective cost estimation process for construction projects by adopting 5D BIM technology*. <https://dr.ntu.edu.sg/handle/10356/166610>
- Calero, R. (2015). *Comparación de los métodos A.P.U. y costeo ABC para el análisis de precios unitarios en la construcción* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9718>
- Castillo, T., Dominguez, J., Hernandez, J., Palacios, M. de la L., Caballero, M., & Noriega, M. (2018). *Diagnóstico funcional: Área ingeniería en electrónica*. [http://congresos.cio.mx/memorias\\_congreso\\_mujer/archivos/extensos/sesion4/S4-CS10.pdf](http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion4/S4-CS10.pdf)
- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. (2020). *Guía técnica BIMAT*. [https://www.cgate.es/pdf/wBIMAT\\_compressed.pdf](https://www.cgate.es/pdf/wBIMAT_compressed.pdf)
- Constructora Rey. (2019). *¿Qué es un proyecto de obra civil?* <https://constructorarey.com/que-es-un-proyecto-de-obra-civil/>
- Data construction. (2021). *Presupuesto de Construcción*. <https://www.dataconstruccion.com/blog/alcance-Sj2hd-ENBRF-7bffz-gb28f#:~:text=El presupuesto de construcción%2C también,proyecto para llevarlo a cabo.>
- Eastman, C., Sacks, R., Chang, L., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (J. W. & Sons (ed.); 2nd ed.). [https://www.wiley.com/en-us/BIM+Handbook%3A+A+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+Owner s%2C+Managers%2C+Designers%2C+Engineers%2C+and+Contractors%2C+2nd+E dition-p-9780470541371](https://www.wiley.com/en-us/BIM+Handbook%3A+A+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+Owners%2C+Managers%2C+Designers%2C+Engineers%2C+and+Contractors%2C+2nd+Edition-p-9780470541371)
- Easycte. (2022). *CÓMO HACER DIAGRAMA DE GANTT CON ARQUÍMEDES*. <https://easycte.com/como-hacer-diagrama-de-gantt-con-arquimedes/>

- ECIC Training Center. (2023). *Metrados y Presupuestos BIM - REVIT\_DELPHIN EXPRESS*. <https://grupoecic.com/cursos/delphin-express-v-2021>
- Espinoza, J., & Pacheco, R. (2014). *Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/332303>
- García, C., & Torres, É. (2021). *Implementación de las metodologías Bim 5D y líneas de balance en la optimización de la planeación de proyectos de viviendas de interés social, caso de estudio: mz. 72 barrio Bicentenario* [Universidad de Cartagena]. <https://hdl.handle.net/11227/13530>
- Guerrero, D. (2018). *Planificar el cronograma. Definición y orden de las actividades* [Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3608>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2018). Metodología de la Investigación. In *Metodología de la investigación*.
- Herrera, C. (2011). *Análisis de la variabilidad de la fórmula polinómica para proyectos viales* [Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/1995>
- Infante, K. (2023). *Implementación de BIM 4D y 5D integrado a Last Planner System en un proyecto de construcción* [Pontificie Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24217%0A>
- Instituto Peruano de Economía. (2019). *ATOMIZACIÓN DE LA INVERSIÓN PÚBLICA EN APURÍMAC*. <https://www.ipe.org.pe/portal/atomizacion-de-la-inversion-publica-en-apurimac/>
- Jaimurzina, A., & Sanchez, R. (2017). Gobernanza de la infraestructura para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: una apuesta inicial. *CEPAL*. <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/41859>
- Kooke, T. (2024). *Enhancing Cost Estimation Processes In Industrial Construction Through*

- BIM* [University of Twente Student Theses]. <https://essay.utwente.nl/98891/>
- Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de Proyectos*.
- Lobos, D., Codron, C., Pino de la Cruz, F., & Nuñez Bustos, V. (2017). BIM y Madera. Nuevos desafíos para el Diseño y Construcción. *Blucher Design Proceedings*, 295–302. <https://doi.org/10.5151/sigradi2017-047>
- Luis, H. (2024). *Uso de la metodología BIM en la planificación y control de las obras civiles de una planta de procesos mineros*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Luna, C. (2010). *Prpopuesta para la elaboración de presupuestos por medio de una metodología estructurada y ehrramientas de cómputo, como opción alternativa al software existente, para su uso en la dirección general de ingenieros de la secretaría de la defensa nacional*. Universidad Iberoamericana.
- Marquez, K. (2022). *Análisis Comparativo de Herramientas BIM Vs Herramientas Tradicionales al Cuantificar y Presupuestar la Partida Estructural de un Proyecto de Edificación* [Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4459>
- Mata, L., Mata, M., & Pérez, I. (2022). *Diccionario BIM*.
- MEF. (2023). *La Metodología BIM*. [https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5897&Itemid=102594&lang=es](https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=5897&Itemid=102594&lang=es)
- Melin, I., & Persson, J. (2022). *Structuring Building Information for Cost Control* [Chalmers University of Technology]. <https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/0988e4bc-6751-4ede-b612-5fef212cf506/content>
- Muñiz, L. (2009). *Control presupuestario*.
- OSCE. (2019). *Contratación de obras públicas*.

- [https://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Capacitacion/Virtual/curso\\_contratacion\\_obras/libro\\_cap3\\_obras.pdf](https://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Capacitacion/Virtual/curso_contratacion_obras/libro_cap3_obras.pdf)
- Reglamento de ley de contrataciones del estado, (2019).  
<https://www.gob.pe/institucion/osce/colecciones/135-legislacion-del-osce>
- Paredes, S., & Torres, H. (2021). *Aplicación de la metodología BIM 5D para optimizar la gestión del costo en la etapa de diseño de un proyecto en el distrito de Comas en el año 2021* [Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5308>
- Pereyra, A. (2019). *Sobrecostos en proyectos de infraestructura. Reflexiones para evitar respuestas simplistas a un problema complejo*.  
<https://blogs.iadb.org/transporte/es/sobrecostos-en-proyectos-de-infraestructura-reflexiones-para-evitar-respuestas-simplistas-a-un-problema-complejo/>
- Pillaca, K., & Saavedra, W. (2022). *Aplicación de la metodología BIM, para la optimización del diseño geométrico de la vía evitamiento de Abancay – Apurímac, 2022* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98387>
- Plan BIM Perú, Invierte.pe, & MEF. (2023). *Guía Nacional BIM*.  
[https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia\\_nacional\\_BIM.pdf](https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf)
- Ramos, J., & CAPECO. (2018). *Costos y presupuestos en edificaciones*.
- Rivera, V. (2015). *Programación, planificación y control de obras de infraestructura civil, en la República de Guatemala* [Universidad de San Carlos de Guatemala].  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/3615>
- Salas, G. (2024). *Metodología BIM 5D para gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura en Tarapoto, 2023*.  
<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/9733>
- Solis, D. (2021). *Nivel de conocimiento de la herramienta BIM en construcción de vivienda multifamiliar en la optimización de costos y tiempos de proyecto, Abancay, 2021*

- [Universidad Privada de Trujillo]. <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/637>
- Solórzano, H. (2022). *Análisis Comparativo Entre Metodología BIM y Método Tradicional, Implementando Gestión de Tiempo y Costos en la Institución Educativa* 30975
- [Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3722>
- Talbert, M. (2022). *Cronograma de actividades: qué es y cómo crearlo en 7 pasos*.  
<https://asana.com/es/resources/create-project-management-timeline-template>
- Tamayo, & Tamayo. (1999). *Aprende a investigar*.
- UNAM. (2020). *Presupuesto*.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/510/A7.pdf>
- Reglamento del comité de ética de investigación, Pub. L. No. 0445–2018 (2018).  
<http://portal.utea.edu.pe/wp-content/uploads/2018/03/Resolucion-Nº-0445-2018-Comite-de-Etica.pdf>
- Vitteri, J. (2019). *¿Por qué es importante la compatibilización de un proyecto?*  
<https://www.jlvconsultores.com/por-que-es-importante-la-compatibilizacion-de-un-proyecto/>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes