



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



**EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIDGE INFORMATION  
MODELING COMO UN NUEVO FLUJO DE TRABAJO PARA LA  
ELABORACIÓN DEL PROYECTO PUENTE CARROZABLE  
NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. WILLIAM APAZA APAZA**

**Bach. JAMES CRISTIAN MENDOZA CALIZAYA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIDGE INFORMATION MODELING COMO UN NUEVO FLUJO DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DE LORO, SANDIA, PUNO - 2023**

AUTOR

**WILLIAM APAZA APAZA JAMES CRISTIAN MENDOZA CALIZAYA**

RECuento DE PALABRAS

**49550 Words**

RECuento DE CARACTERES

**268681 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**267 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**17.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 4, 2024 6:50 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 4, 2024 6:53 AM GMT-5**

### ● 13% de similitud general

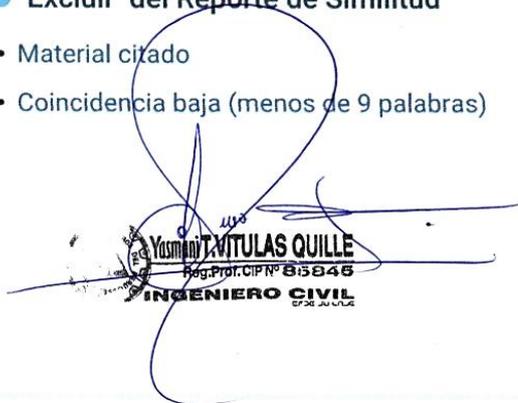
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

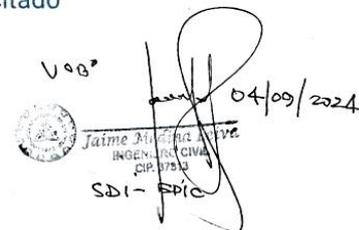
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)

- Material citado



Yasmany TITULAS QUILLE  
Reg. Prof. CIP Nº 85846  
INGENIERO CIVIL

VAB



04/09/2024

Jaime Apaza Apaza James  
INGENIERO CIVIL  
CIP 17532  
SDI - EPIC

Resumen



## DEDICATORIA 1

La presente tesis la dedico a mi madre Gregoria por darme el hermoso regalo de la vida y ser el sustento e inspiración de mi formación como persona y profesional.

A mi padre Rubén por darme la vida, a mis hermanos Nora, Gino, Ulises y Elizabeth por ser mi familia, por acompañarnos en esta hermosa experiencia de la vida, pues encuentro significado en mi existencia en cuanto yo significo para ellos como persona.

A mis amigos y compañeros de estudios de todas las etapas de mi formación académica pues con cada interacción y experiencia compartida pudimos moldear mutuamente nuestra personalidad académica y profesional.

**William Apaza Apaza**



## DEDICATORIA 2

Dedico esta tesis con todo mi cariño a mis padres, Enrique y Mercedes, quienes me han brindado un amor incondicional y me han enseñado valores que han sido mi guía a lo largo de toda mi vida. Su apoyo constante y sus sabias palabras de aliento me han dado la fuerza para seguir adelante, especialmente en los momentos más difíciles.

A mis hermanos, Dina, Ronald y Edwin, les agradezco profundamente por estar siempre a mi lado. Su apoyo, cariño y compañía han sido una fuente constante de inspiración y motivación durante todo este viaje.

**James Cristian Mendoza Calizaya**



## AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos, en primer lugar, con Dios, por bendecirnos cada día. También expresamos nuestro agradecimiento a los docentes que fueron parte esencial de nuestra formación académica en la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

A nuestro asesor de tesis, M.Sc. Yasmani T. Vitulas Quille, por su constante apoyo durante todo el proceso de elaboración de nuestra investigación.

A nuestros jurados, Ing. Guillermo N. Fernández Sila, M.Sc. Diana E. Quinto Gastiaburu y M.Sc. Carlos A. Gonzales Gutierrez, por su gran aporte en la preparación de nuestra tesis.

**William Apaza Apaza**

**James Cristian Mendoza Calizaya**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA 1</b>	
<b>DEDICATORIA 2</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>21</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>25</b>
1.2.1. Problema general.....	25
1.2.2. Problemas específicos .....	25
<b>1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....</b>	<b>26</b>
1.3.1. Hipótesis general .....	26
1.3.2. Hipótesis específicas .....	26
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
1.5.1. Objetivo general .....	28
1.5.2. Objetivos específicos .....	28



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>30</b>
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	30
2.1.2.	Antecedentes nacionales y/o locales .....	31
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>36</b>
2.2.1.	Definición de BrIM (Bridge Information Modeling):.....	36
2.2.2.	BrIM: Modelado de la información para puentes .....	38
2.2.3.	Metodología BrIM (Bridge Information Modeling) .....	38
2.2.4.	Importancia de BrIM en la ingeniería civil .....	40
2.2.5.	Principales beneficios de BrIM.....	40
2.2.6.	Nivel de información necesaria (LOIN) .....	41
2.2.7.	Roles BIM .....	42
2.2.8.	Usos BIM .....	43
2.2.9.	Plan de ejecución BIM (BEP).....	44
2.2.10.	El entorno común de datos (CDE) .....	45
2.2.11.	Implementación y beneficios de BrIM.....	46
2.2.11.1.	Reducción de costos y tiempos .....	46
2.2.11.2.	Mejora en la calidad de los entregables .....	47
2.2.11.3.	Cumplimiento de normativas .....	47
2.2.12.	RFI: Indicador para medir la calidad .....	48
2.2.12.1.	Índice de desempeño del diseño y documentación .....	49
2.2.12.2.	Respuesta al RFI .....	50
2.2.13.	Consideraciones y criterios de diseño del puente .....	51
2.2.13.1.	Diseño de la superestructura del puente.....	51



2.2.13.1.1. Diseño de losa .....	51
2.2.13.1.2. Diseño de viga principal.....	52
2.2.13.2. Diseño de la subestructura del puente.....	57
2.2.13.2.1. Diseño de estribos .....	57

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. ENFOQUE, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>64</b>
3.1.1. Enfoque de investigación .....	64
3.1.2. Nivel de investigación.....	64
3.1.3. Diseño de investigación .....	65
3.1.4. Flujoograma del proceso de investigación.....	65
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>67</b>
3.2.1. Población.....	67
3.2.2. Muestra.....	67
3.2.3. Caso de estudio .....	67
3.2.3.1. Descripción del proyecto.....	67
3.2.3.1.1. Generalidades .....	67
3.2.3.1.2. Ubicación.....	68
3.2.3.1.3. Accesibilidad .....	70
3.2.3.1.4. Datos Principales .....	71
3.2.3.1.5. Datos financieros .....	71
3.2.3.1.6. Características principales y datos de los estudios.....	72
3.2.3.1.7. Características principales del puente proyectado.....	80
<b>3.3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>82</b>
3.3.1. Capacitación y organización BrIM .....	82



3.3.2.	Diseño del flujo de trabajo BrIM .....	84
3.3.3.	Descripción del flujo de trabajo convencional.....	89
<b>3.4.</b>	<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>93</b>
3.4.1.	Implementación de la metodología BrIM en el proyecto.....	93
3.4.1.1.	Procesamiento de estudios básicos.....	94
3.4.1.1.1.	Información topográfica .....	94
3.4.1.1.2.	Información hidrológica e hidráulica .....	96
3.4.1.1.3.	Información geológica y geotécnica.....	97
3.4.1.1.4.	Información de Trazo y diseño vial de accesos.....	98
3.4.1.1.5.	Modelo integrado de estudios básicos.....	102
3.4.1.2.	Diseño Conceptual .....	104
3.4.1.2.1.	Diseño general y modelado preliminar del Puente....	104
3.4.1.2.2.	Emplazamiento y compatibilización inicial .....	113
3.4.1.3.	Diseño de ingeniería BrIM.....	114
3.4.1.3.1.	Análisis y diseño estructural y especialidades .....	114
3.4.1.4.	Modelado definitivo de información.....	123
3.4.1.4.1.	Modelado principal de accesos y especialidades .....	123
3.4.1.4.2.	Identificación de incompatibilidades e interferencias	129
3.4.1.4.3.	Solución a incompatibilidades e interferencias .....	130
3.4.1.4.4.	Integración del modelado final del puente y accesos	133
3.4.1.5.	Desarrollo de entregables BrIM .....	133
3.4.1.5.1.	Elaboración de planos finales.....	133
3.4.1.5.2.	Estimación de metrados.....	135
3.4.1.5.3.	Estimación del presupuesto .....	146
3.4.1.5.4.	Planificación 4D y cronograma.....	148



3.4.2. Procedimiento de la metodología convencional .....	151
3.4.2.1. Interpretación y adecuación de los estudios básicos .....	152
3.4.2.1.1. Estudio de topografía.....	152
3.4.2.1.2. Estudio de hidrología e hidráulica .....	152
3.4.2.1.3. Estudio de geología y geotecnia.....	153
3.4.2.1.4. Estudio de trazo y diseño vial.....	154
3.4.2.2. Diseño conceptual .....	155
3.4.2.2.1. Diseño general, pre-dimensionamiento y dibujo.....	155
3.4.2.2.2. Emplazamiento en planta y perfil del puente .....	157
3.4.2.3. Diseño de ingeniería.....	159
3.4.2.3.1. Análisis y diseño estructural y especialidades .....	159
3.4.2.4. Representación de información.....	164
3.4.2.4.1. Dibujo cad del puente y accesos.....	164
3.4.2.5. Desarrollo de entregables .....	167
3.4.2.5.1. Elaboración de planos finales.....	167
3.4.2.5.2. Estimación de metrados.....	169
3.4.2.5.3. Estimación del presupuesto .....	172
3.4.2.5.4. Cronograma de obra .....	177
3.4.3. Control y determinación de tiempos del flujo BrIM.....	178
3.4.4. Estimación del costo de elaboración del proyecto empleando BrIM....	180
3.4.5. Control y determinación de tiempos del flujo convencional .....	182
3.4.6. Costo de elaboración del proyecto empleando el flujo convencional...	183

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>186</b>
------------------------------	------------



4.1.1.	Tiempo de elaboración .....	186
4.1.1.1.	Empleando la metodología BrIM.....	186
4.1.1.2.	Empleando la metodología convencional .....	188
4.1.2.	Costo de elaboración del proyecto .....	190
4.1.2.1.	Empleando la metodología BrIM.....	190
4.1.2.2.	Empleando la metodología convencional .....	191
4.1.3.	Calidad de elaboración.....	191
4.1.3.1.	Principales RFI's encontradas con la metodología BrIM .....	191
4.1.3.2.	Índice de desempeño del diseño y documentación .....	197
4.1.3.3.	Entregables BrIM .....	199
4.1.3.3.1.	Planos .....	199
4.1.3.3.2.	Metrados.....	201
4.1.3.3.3.	Respecto a los presupuestos .....	202
4.1.3.3.4.	Planificación y programación de obra.....	204
4.1.3.4.	Entregables de la metodología convencional.....	205
4.1.3.4.1.	Planos .....	205
4.1.3.4.2.	Metrados.....	207
4.1.3.4.3.	Presupuesto.....	209
4.1.3.4.4.	Programación de obra.....	211
<b>4.2.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>212</b>
4.2.1.	Tiempo de elaboración .....	212
4.2.2.	Costo de elaboración del proyecto .....	217
4.2.3.	Calidad de elaboración.....	219
4.2.3.1.	Aspectos relacionados a la calidad a nivel de metodología .....	220
4.2.3.2.	Aspectos relacionados a la calidad de los entregables .....	222



4.2.3.2.1. Respeto a los planos .....	222
4.2.3.2.2. Respeto a los metrados .....	223
4.2.3.2.3. Respeto a los presupuestos .....	228
4.2.3.2.4. Respeto a la planificación y programación de obra.	231
4.2.4. Comparación de los principales aspectos.....	234
4.2.4.1. Comparación de los aspectos principales de la Fase I .....	235
4.2.4.2. Comparación de los aspectos principales de la Fase II .....	236
4.2.4.3. Comparación de los aspectos principales de la Fase III.....	237
4.2.4.4. Comparación de los aspectos principales de la Fase IV .....	238
4.2.4.5. Comparación de los aspectos principales de la Fase V .....	239
<b>4.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>242</b>
4.3.1. Cumplimiento de objetivos .....	242
4.3.1.1. Objetivos específicos .....	242
4.3.1.2. Objetivo general .....	246
4.3.2. Prueba de hipótesis.....	247
4.3.2.1. Hipótesis específicas .....	247
4.3.2.2. Hipótesis general .....	251
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>254</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>257</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>258</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>262</b>

**ÁREA:** Construcciones.

**TEMA:** Innovación tecnológica en construcción y gerencia.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcción y Gerencia.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 10 de septiembre del 2024.



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b>	Gráfico del CDE. .... 46
<b>Figura 2</b>	Perfil del estribo. .... 58
<b>Figura 3</b>	Cargas típicas en el estribo. .... 59
<b>Figura 4</b>	Flujograma del proceso de investigación. .... 66
<b>Figura 5</b>	Ubicación del puente Nogalani - centro poblado Alto Yanamayo..... 68
<b>Figura 6</b>	Ubicación del distrito San Juan del Oro - provincia de Sandia. .... 69
<b>Figura 7</b>	Ubicación de la provincia de Sandia dentro del departamento de Puno. .. 70
<b>Figura 8</b>	Ubicación del departamento de Puno dentro del país Perú. .... 70
<b>Figura 9</b>	Gráfico del IMDA de los vehículos..... 77
<b>Figura 10</b>	Sección de la super estructura del puente. .... 80
<b>Figura 11</b>	Perfil de la estructura del puente. .... 81
<b>Figura 12</b>	Vista de planta de los accesos del puente. .... 82
<b>Figura 13</b>	Flujo de trabajo con metodología BrIM. .... 87
<b>Figura 14</b>	Flujo de la metodología convencional..... 92
<b>Figura 15</b>	Google Drive en la web. .... 94
<b>Figura 16</b>	Google Drive de escritorio. .... 94
<b>Figura 17</b>	Vista de las curvas de nivel realizado en el programa Civil 3D..... 95
<b>Figura 18</b>	Vista de 3D del terreno, importado de Civil 3D al programa Infracworks. 96
<b>Figura 19</b>	Vista 3D Importado del programa Civil 3D al programa Infracworks. .... 96
<b>Figura 20</b>	Vista 3D de los estratos que fueron realizados en el programa Civil 3D.. 97
<b>Figura 21</b>	Vista 3D de los estratos del suelo en el programa Infracworks. .... 98
<b>Figura 22</b>	Vista de planta donde se realizó el diseño Geométrico en Civil 3D. .... 99
<b>Figura 23</b>	Vista de perfil de ensamblaje de los accesos en Civil 3D. .... 100
<b>Figura 24</b>	Vista en planta del acceso izquierdo realizado en el programa Civil 3D.100
<b>Figura 25</b>	Vista en planta del acceso derecho realizado en el programa Civil 3D. . 101
<b>Figura 26</b>	Vista 3D de los accesos en Infracworks Importados de Civil 3D. .... 101
<b>Figura 27</b>	Modelado integrado de los estudios básicos realizado en Infracworks..... 103
<b>Figura 28</b>	Modelado integrado de los estudios básicos realizado en el Infracworks. 103
<b>Figura 29</b>	Concepción inicial del puente y accesos. .... 105
<b>Figura 30</b>	Estribos del puente del modelo de concepción..... 105



<b>Figura 31</b>	Plantilla Excel para el Pre-dimensionado del Estribo del Puente.....	106
<b>Figura 32</b>	Modelado de muro pantalla y cimentación del estribo.....	107
<b>Figura 33</b>	Modelado de muros laterales y viga cabezal. ....	107
<b>Figura 34</b>	Modelado de muro parapeto. ....	108
<b>Figura 35</b>	Secuencia de modelado preliminar del estribo del puente. ....	108
<b>Figura 36</b>	Modelado preliminar de las partes del estribo del puente. ....	109
<b>Figura 37</b>	Plantilla excel del predimensionamiento de viga principal y diafragma. ....	110
<b>Figura 38</b>	Planilla de excel del predimensionamiento de la viga losa del puente....	110
<b>Figura 39</b>	Modelado preliminar de las vigas principales. ....	111
<b>Figura 40</b>	Modelado preliminar de las vigas diafragma. ....	111
<b>Figura 41</b>	Modelado preliminar de la losa del puente.....	112
<b>Figura 42</b>	Modelado preliminar de las partes de la super estructura del puente.....	112
<b>Figura 43</b>	Modelado inicial de las especialidades.....	113
<b>Figura 44</b>	Modelado inicial de las especialidades.....	113
<b>Figura 45</b>	Configuración de la alineación horizontal y vertical del puente. ....	114
<b>Figura 46</b>	Creación de materiales.....	115
<b>Figura 47</b>	Definición del tipo del puente. ....	116
<b>Figura 48</b>	Definición de las dimensiones del tablero.....	116
<b>Figura 49</b>	Definición de los diagramas de puente.....	117
<b>Figura 50</b>	Definición del apoyo fijo.....	117
<b>Figura 51</b>	Definición del apoyo móvil. ....	118
<b>Figura 52</b>	Tipo de fundación del estribo. ....	118
<b>Figura 53</b>	Definición del eje, tramo y soportes de la superestructura del puente. ...	119
<b>Figura 54</b>	Condiciones de apoyo en el inicio.....	119
<b>Figura 55</b>	Condiciones de apoyo en el fin.....	120
<b>Figura 56</b>	Asignación del diafragma.....	120
<b>Figura 57</b>	Asignaciones de propiedades para la visualización.....	121
<b>Figura 58</b>	Visualización del modelo del puente.....	121
<b>Figura 59</b>	Asignación de las cargas de diseño. ....	122
<b>Figura 60</b>	Definición de los casos de carga. ....	122
<b>Figura 61</b>	Calculo de la cantidad mínima de acero de refuerzo requerido. ....	123
<b>Figura 62</b>	Modelado del acero de refuerzo del muro pantalla y aleros del estribo..	124
<b>Figura 63</b>	Modelado del acero de refuerzo de la viga cabezal, muros y aleros. ....	125
<b>Figura 64</b>	Modelo integral de refuerzo del estribo del puente. ....	125



<b>Figura 65</b>	Modelo del apoyo de neopreno sobre la viga cabezal. ....	126
<b>Figura 66</b>	Modelado del acero de refuerzo de la viga principal y diafragma. ....	127
<b>Figura 67</b>	Modelado principal del acero de refuerzo de la losa del puente. ....	127
<b>Figura 68</b>	Modelado de la losa de los elementos complementarios y accesos. ....	128
<b>Figura 69</b>	Modelado del acero de refuerzo elementos complementarios y accesos. ....	128
<b>Figura 70</b>	Modelado de la super estructura del puente. ....	129
<b>Figura 71</b>	Tabla de detección de conflictos en Naviswork. ....	129
<b>Figura 72</b>	Modelado del aumento de altura del alero del estribo. ....	130
<b>Figura 73</b>	Modelado de los aceros en “L” de la pantalla y aleros en Revit. ....	131
<b>Figura 74</b>	Modelado de la pantalla de acuerdo a los planos en e programa Revit... ..	132
<b>Figura 75</b>	Modelado de las pestañas en el programa Revit.....	133
<b>Figura 76</b>	Plano de la estructura del puente. ....	134
<b>Figura 77</b>	Plano de los accesos del puente. ....	135
<b>Figura 78</b>	Tabla de cantidades de concreto armado en estribos, pantalla y muros. .	136
<b>Figura 79</b>	Modelo del encofrado de todos los componentes del puente. ....	137
<b>Figura 80</b>	Modelo del encofrado de todos los componentes del puente. ....	138
<b>Figura 81</b>	Vinculación mediante cost-it de objetos modelados. ....	139
<b>Figura 82</b>	Estructura de presupuesto BrIM del puente Nogalani. ....	139
<b>Figura 83</b>	Configuración de opciones de exportación por defecto para estribos. ....	140
<b>Figura 84</b>	Estructura de presupuesto BrIM del puente Nogalani. ....	141
<b>Figura 85</b>	Verificación de los metrados en Presto y Revit.....	141
<b>Figura 86</b>	Vista de planta de la obra lineal de los accesos del puente. ....	142
<b>Figura 87</b>	Vista de los perfiles de los accesos del puente. ....	143
<b>Figura 88</b>	Tabla de informe de volumen de corte y relleno. ....	144
<b>Figura 89</b>	Tabla de cálculo de materiales.....	144
<b>Figura 90</b>	Metrado de la partida de excavación en el programa presto. ....	145
<b>Figura 91</b>	Visualización de la estructura del presupuesto en el programa Presto....	146
<b>Figura 92</b>	Visualización del análisis del costo unitario en el programa Presto.....	147
<b>Figura 93</b>	Visualización de las mediciones en el programa Presto.....	148
<b>Figura 94</b>	Cronograma Gantt del proceso constructivo del proyecto. ....	149
<b>Figura 95</b>	Planificación 4D del proyecto en el programa Navisworks. ....	150
<b>Figura 96</b>	Simulación del proyecto en el programa Navisworks. ....	150
<b>Figura 97</b>	Recorrido virtual del proyecto en el programa Navisworks.....	151
<b>Figura 98</b>	Altura y longitud mínima del puente Nogalani. ....	153



<b>Figura 99</b>	Modelado 2D de la zapata .....	154
<b>Figura 100</b>	Hoja Excel de la plantilla de predimensionamiento del puente.....	155
<b>Figura 101</b>	Dibujo de perfil izquierdo del estribo del puente en AutoCAD.....	156
<b>Figura 102</b>	Plantilla Excel de predimensionamiento de la losa del puente.....	157
<b>Figura 103</b>	Dibujo de la super estructura del puente. ....	157
<b>Figura 104</b>	Emplazamiento en planta y perfil del puente de los estudios básicos. ....	158
<b>Figura 105</b>	Disposición de los elementos relacionados al NAME. ....	159
<b>Figura 106</b>	Plantilla Excel de metrado de cargas que actúan en la superestructura...	160
<b>Figura 107</b>	Plantilla de Excel del cálculo de acero de refuerzo de la viga principal.	161
<b>Figura 108</b>	Plantilla Excel del cálculo del acero de refuerzo de la viga diafragma...	162
<b>Figura 109</b>	Plantilla de Excel de cálculo de acero de la losa. ....	162
<b>Figura 110</b>	Plantilla de Excel de cargas horizontales y verticales del estribo. ....	163
<b>Figura 111</b>	Plantilla del cálculo del acero de refuerzo del estribo y zapata.....	164
<b>Figura 112</b>	Dibujo del acero de refuerzo del estribo en el programa AutoCAD. ....	165
<b>Figura 113</b>	Dibujo del acero de refuerzo de las vigas en el programa AutoCAD. ....	166
<b>Figura 114</b>	Dibujo del acero de refuerzo de la losa del puente en AutoCAD.....	166
<b>Figura 115</b>	Accesos del puente en civil realizado en Civil 3D. ....	167
<b>Figura 116</b>	Plano de la estructura del refuerzo. ....	168
<b>Figura 117</b>	Hoja de planilla de metrados en el programa Excel. ....	170
<b>Figura 118</b>	Datos iniciales del proyecto.....	173
<b>Figura 119</b>	Importación del archivo Excel.....	174
<b>Figura 120</b>	Estructuración de las partidas del proyecto. ....	174
<b>Figura 121</b>	Introducción de los metrados.....	175
<b>Figura 122</b>	Cronograma Gantt del puente Nogalani. ....	178
<b>Figura 123</b>	Plantilla Excel de control de tiempos por la metodología BrIM. ....	179
<b>Figura 124</b>	Plantilla de control de tiempos de la metodología convencional. ....	183
<b>Figura 125</b>	Programación Gantt de la metodología BrIM .....	188
<b>Figura 126</b>	Cronograma Gantt de ejecución del expediente técnico .....	190
<b>Figura 127</b>	Corrección de la altura del estribo.....	192
<b>Figura 128</b>	Interferencia entre alero del estribo y los accesos del puente.....	193
<b>Figura 129</b>	Detalle de anclaje y amarre de refuerzo. ....	193
<b>Figura 130</b>	Detalle de perfil del estribo. ....	194
<b>Figura 131</b>	Pestañas de las vigas principales del plano E-ESPE-01.....	195
<b>Figura 132</b>	Sección Transversal del carril del plano ST-01.....	196



<b>Figura 133</b>	Interferencia de aceros de la viga principal y la placa del apoyo.....	197
<b>Figura 134</b>	Gráfico del Índice de desempeño del diseño y documentación.....	198
<b>Figura 135</b>	Plano de la estructura del puente. ....	199
<b>Figura 136</b>	Plano de los accesos del puente. ....	200
<b>Figura 137</b>	Programación Gantt de ejecución por la metodología BrIM.....	205
<b>Figura 138</b>	Plano de la estructura del refuerzo. ....	206
<b>Figura 139</b>	Plano de los accesos del puente. ....	207
<b>Figura 140</b>	Programación Gantt de la ejecución del proyecto por convencional. ....	211
<b>Figura 141</b>	Diagrama de comparación del tiempo acumulado de duración de fases. ....	215
<b>Figura 142</b>	Diagrama del costo de elaboración del expediente técnico. ....	218
<b>Figura 143</b>	Diagrama tornado del tiempo y costo de elaboración. ....	219
<b>Figura 144</b>	Diagrama tornado de metrados en partidas de acero de refuerzo.....	227
<b>Figura 145</b>	Diagrama tornado de metrados en partidas de movimiento de tierras. ...	227
<b>Figura 146</b>	Diagrama tornado del presupuesto de obra por las dos metodologías. ...	231
<b>Figura 147</b>	Diagrama tornado de los entregables al emplear los flujos de trabajo. ...	234



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Peraltes mínimos.....	53
<b>Tabla 2</b> Factores de Resistencia $\phi$ .....	54
<b>Tabla 3</b> Ubicación del Proyecto.....	69
<b>Tabla 4</b> Coordenadas UTM del puente Nogalani.....	69
<b>Tabla 5</b> Ruta de Accesos a la zona del proyecto.....	71
<b>Tabla 6</b> Datos generales del proyecto.....	71
<b>Tabla 7</b> Datos financieros de la elaboración del expediente técnico.....	72
<b>Tabla 8</b> Puntos del levantamiento topográfico con estación total.....	73
<b>Tabla 9</b> Planos topográficos del estudio de topografía.....	74
<b>Tabla 10</b> Datos obtenidos por el procesamiento hidráulico con Hec Ras.....	75
<b>Tabla 11</b> Principales datos geotécnicos.....	76
<b>Tabla 12</b> Consideraciones de trazo y diseño vial de accesos.....	78
<b>Tabla 13</b> Programas de capacitación BrIM.....	84
<b>Tabla 14</b> Ubicación de la perforación diamantina.....	97
<b>Tabla 15</b> Resumen de Diseño Geométrico.....	99
<b>Tabla 16</b> Datos de los materiales del acero y concreto.....	115
<b>Tabla 17</b> Planos elaborados por la metodología convencional del puente.....	168
<b>Tabla 18</b> Planos elaborados por la metodología convencional de los accesos.....	169
<b>Tabla 19</b> Resumen de metrados realizados por la metodología convencional.....	171
<b>Tabla 20</b> Presupuesto realizado por la metodología convencional.....	176
<b>Tabla 21</b> Plantilla referencial para el cálculo del monto de cotización.....	181
<b>Tabla 22</b> Planilla referencial para el cálculo del monto de cotización.....	185
<b>Tabla 23</b> Control de tiempos de fases y procesos empleando la metodología BrIM.....	186
<b>Tabla 24</b> Control de tiempos de fases y procesos por metodología Convencional.....	188
<b>Tabla 25</b> Cotizaciones de elaboración empleando la metodología BrIM.....	190
<b>Tabla 26</b> Cotizaciones de elaboración empleando la metodología convencional.....	191
<b>Tabla 27</b> Datos para el calcular el índice de desempeño.....	198
<b>Tabla 28</b> Planos del puente del expediente técnico por la metodología BrIM.....	199
<b>Tabla 29</b> Planos de los accesos expediente técnico por la metodología BrIM.....	200
<b>Tabla 30</b> Metrados de partidas elaborados por la metodología BrIM.....	201



<b>Tabla 31</b>	Presupuesto realizado por la metodología BrIM. ....	203
<b>Tabla 32</b>	Planos del expediente técnico por la metodología Convencional.....	206
<b>Tabla 33</b>	Planos del expediente de los accesos por la metodología Convencional...	207
<b>Tabla 34</b>	Metrados de partidas obtenidas con la metodología convencional GORE.	208
<b>Tabla 35</b>	Presupuesto con la metodología convencional GORE Puno. ....	209
<b>Tabla 36</b>	Comparación de tiempos de elaboración de expediente técnico. ....	212
<b>Tabla 37</b>	Comparación de tiempos de fases y procesos por las dos metodologías...	213
<b>Tabla 38</b>	Variación del tiempo de duración de las fases en horas y porcentaje.....	214
<b>Tabla 39</b>	Variación del costo de elaboración del Expediente Técnico. ....	218
<b>Tabla 40</b>	Variación de metrados del expediente del GORE y la metodología BrIM	223
<b>Tabla 41</b>	Variación a nivel de costo directo BrIM vs Convencional GORE.....	228
<b>Tabla 42</b>	Resultados de programación de obra. ....	232
<b>Tabla 43</b>	Principales aspectos comparativos.....	234
<b>Tabla 44</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase I...	236
<b>Tabla 45</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase II. .	236
<b>Tabla 46</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase III.	237
<b>Tabla 47</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase IV.	238
<b>Tabla 48</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V. .	239
<b>Tabla 49</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V. .	240
<b>Tabla 50</b>	Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V. .	241
<b>Tabla 51</b>	Consideraciones para cumplir el objetivo OE-1. ....	243
<b>Tabla 52</b>	Consideraciones para cumplir el objetivo OE-2. ....	244
<b>Tabla 53</b>	Consideraciones para cumplir el objetivo OE-3. ....	245
<b>Tabla 54</b>	Consideraciones para cumplir el objetivo OG.....	246
<b>Tabla 55</b>	Comprobación de hipótesis HE-1 (tiempo de elaboración).....	248
<b>Tabla 56</b>	Comprobación de hipótesis HE-2 (costo de elaboración).....	249
<b>Tabla 57</b>	Comprobación de hipótesis HE-3 (calidad de entregables).....	250
<b>Tabla 58</b>	Comprobación de hipótesis HG.....	252



## ACRÓNIMOS

ACI:	American Concrete Institute
AASTHO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
BIM:	Building Information Modeling
BrIM:	Bridge Information Modeling
CDE:	Common Data Environment
GORE:	Gobierno Regional
IMDA:	Índice Medio Diario Anual
LOD:	Level of Detail
LOI :	Level of Information
LOIN:	Level of Information Need
NAME:	Nivel de las aguas máximas extraordinarias
RFI:	Request for Information



## RESUMEN

Teniendo conocimiento de la importancia de la adecuada elaboración de los expedientes técnicos en la ejecución satisfactoria de obras públicas y la escasa implementación de nuevas metodologías de trabajo, en la presente tesis se busca evaluar la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) como un nuevo flujo de trabajo para la elaboración del expediente técnico del puente carrozable Nogalani, en comparación con la metodología convencional. Para lo cual se diseñó e implementó un flujo de trabajo basado en la metodología BrIM, luego se controló las duraciones de los procesos del flujo BrIM y cotizó precios de mercado del servicio de elaboración de expediente técnico mediante el uso de la metodología BrIM. Todo ello también se realizó para la metodología convencional, obteniéndose que la metodología BrIM redujo en 15% y en 31% el tiempo total de elaboración del expediente técnico empleado por la metodología convencional, secuenciado de manera lineal y programado en el diagrama Gantt respectivamente. También se encontró que el costo de elaboración mediante el uso de la metodología BrIM es 1.74 veces el costo de elaboración con la metodología convencional. Por último, se encontró una mejor calidad en los entregables BrIM, pues son documentos con datos e información con mayor precisión y confiabilidad, que definen y tienen mejor ajuste al alcance del proyecto diseñado, pues se evidenció errores en el expediente técnico elaborado con la metodología convencional, traduciéndose en excedentes y déficit en los metrados, en consecuencia, se acumuló un déficit de 39,015.53 soles, que representa el 5.36% del presupuesto convencional. Respecto al cronograma de obra se optimizó en 41 días, representando un 34% de la programación realizada de manera convencional.

**Palabras clave:** Bridge Information Modeling (BrIM), Diseño, Expediente técnico, Infraestructura vial, Puente.



## ABSTRACT

Knowing the importance of the proper preparation of technical files in the successful execution of public works and the scarce implementation of new work methodologies, this thesis seeks to evaluate the Bridge Information Modeling (BrIM) methodology as a new workflow for the preparation of the technical file of the Nogalani highway bridge, compared to the conventional methodology. For this purpose, a workflow based on the BrIM methodology was designed and implemented, then the durations of the BrIM flow processes were controlled and market prices were quoted for the technical file preparation service using the BrIM methodology. All this was also done for the conventional methodology, obtaining that the BrIM methodology reduced by 15% and 31% the total time of elaboration of the technical file used by the conventional methodology, sequenced in a linear way and programmed in the Gantt diagram respectively. It was also found that the cost of preparation using the BrIM methodology is 1.74 times the cost of preparation using the conventional methodology. Finally, a better quality was found in the BrIM deliverables, since they are documents with data and information with greater precision and reliability, which define and have better adjustment to the scope of the designed project, since errors were evidenced in the technical file prepared with the conventional methodology, resulting in surpluses and deficits in the metrics, consequently, a deficit of 39,015.53 soles was accumulated, which represents 5.36% of the conventional budget. The work schedule was optimized in 41 days, representing 34% of the conventional schedule.

**Keywords:** Bridge Information Modeling (BrIM), Design, Technical file, Road infrastructure, Bridge.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad diversas obras públicas del estado están en situación de petición de adicionales presupuestales y ampliaciones de plazo e inclusive algunas paralizadas y/o inconclusas teniendo como una de las causas principales la deficiente elaboración de los expedientes técnicos como lo señala el Contralor General de la República afectando de manera importante en el cierre de las brechas de infraestructura en el país. Si bien es cierto el estado consciente de esta problemática y teniendo el conocimiento de las ventajas que ofrece la metodología BIM viene estableciendo las normativas para su implementación, en consecuencia se puede decir que la implementación BIM en edificaciones tiene un progreso significativo, sin embargo no es lo mismo respecto a la infraestructura vial y en particular para los puentes, por lo cual surge el BrIM, Bridge Información Modeling, como un derivado especializado en puentes de la metodología BIM.

En consecuencia, en la presente tesis, en el capítulo III, se diseña, implementa y evalúa un flujo de trabajo de la metodología BrIM, para esto se describe las características del proyecto y el desarrollo de la implementación en cada fase y procesos. De manera similar se establece y aplica nuevamente la metodología convencional empleada por los profesionales del GORE Puno. De manera paralela a la implementación y/o aplicación de ambas metodologías se realizó el control de tiempos de las duraciones de las fases y procesos. Y para estimar el costo de elaboración se elaboraron términos de referencia para cotizar los servicios de elaboración del expediente técnico de manera similar a los procedimientos de las entidades del estado. Luego en el capítulo IV se compara y analiza los resultados obtenidos respecto al tiempo, costo y la calidad de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani.



## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad diversas obras públicas del estado están en situación de petición de adicionales presupuestales y ampliaciones de plazo e inclusive algunas paralizadas y/o inconclusas teniendo como una de las causas principales la deficiente elaboración de los expedientes técnicos como lo señala el Contralor General de la República afectando de manera importante en el cierre de las brechas de infraestructura en el país.

Ergo durante las inspecciones de rutina a las principales obras públicas de agua potable y obras viales en la provincia de Arequipa, el Contralor General Nelson Shack pudo identificar diferentes problemas en la ejecución de esas obras, estos problemas fueron ocasionados por deficiencias en la elaboración de los expedientes técnicos y es una situación que se repite en las distintas regiones de nuestro país, afectando la calidad y el progreso de las obras públicas a nivel nacional (Contraloría General de la República, 2022).

Shack Yalta señala que es una situación recurrente que las entidades públicas liciten obras públicas con expedientes técnicos deficientes, los cuales presentan una serie de diversos problemas. Lo que conlleva que estos problemas se resuelvan durante la ejecución de cada obra, resultandos adicionales de obra y ampliaciones de plazo. lo que al final ocasionara retrasos en la ejecución y costos más elevados de lo previsto (Contraloría General de la República, 2022).

Una de las principales causas de la deficiente elaboración de los expedientes técnicos radica en la metodología de trabajo que se utiliza desde muchos años atrás hasta la actualidad, la cual presenta deficiencias en la gestión de la información de un proyectos, poca eficiencia en la integración de las diversas especialidades implicadas en la elaboración de proyectos de puentes carrozables, además de que las herramientas que se



emplean en estas metodologías no son integradas eficientemente como es el caso de las hojas de cálculo y los dibujos CAD provocando retrasos en la elaboración del proyecto y aumentan probabilidad que ocurran errores lo cual disminuye significativamente la calidad del proyecto.

En consecuencia, el estado consciente de esta problemática y teniendo el conocimiento de las ventajas que ofrece la metodología BIM viene estableciendo las normativas para su implementación, es decir viene preparando el escenario para la implementación progresiva de la metodología BIM teniendo como documentos principales la Guía Bim Nacional versión 2023. Ergo se puede decir que la implementación BIM en edificaciones tiene un progreso significativo, sin embargo, no es lo mismo respecto a la infraestructura vial y en particular para los puentes, por lo cual surge el BrIM, Bridge Información Modeling, como un derivado especializado en puentes de la metodología BIM.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) optimiza la elaboración del Expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Qué efecto tiene la implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) en el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional?



¿Qué efecto tiene la implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) en el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional?

¿Qué efecto tiene la implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) en la calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional?

### **1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

#### **1.3.1 Hipótesis general**

La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) optimiza la elaboración del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandía, Puno – 2023, en comparación con la metodología convencional.

#### **1.3.2 Hipótesis específicas**

La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) mejora significativamente calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.



## 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La problemática principal es la deficiente elaboración de expedientes técnicos, lo cual no favorece a una adecuada ejecución de obras públicas, esto se encuentra respaldada principalmente por informes y pronunciamientos de la Contraloría General de la República. Comprendiéndose que entre diversas causas una de las principales relacionada al aspecto técnico, es la metodología de elaboración convencional, pues se encuentra limitada a nivel de gestión de información, organización y herramientas, provocando un desarrollo poco ágil e ineficiente.

Otra problemática latente es el cumplimiento de la normatividad vigente, pues según el Plan Nacional de Competitividad y Productividad, que fue ratificado el 28 de julio de 2019 por el Decreto Supremo N. 237-2019-EF, la Medida de Política 1.2 prescribe la adopción progresiva de la metodología BIM en el ámbito del sector público. Y en concordancia se emitió el Decreto Supremo N° 289-2019-EF, que establece la disposición para la incorporación progresiva de BIM en la Inversión Pública, este decreto establece cómo serán llevados a cabo los aspectos de gestión de la información de una infraestructura pública. Siendo esta adopción es parcial y preponderante en edificaciones, sin embargo, en infraestructura vial y particularmente en puentes es incipiente.

Si esto sigue así lo que se prevé es que como consecuencia principal se continuará elaborando expedientes técnicos deficientes y efecto de ello las obras continuarán ejecutándose con muchos percances, generándose mayores gastos y ampliaciones de plazos de ejecución y en consecuencia la reducción de brechas en infraestructura vial se realizará de manera ineficaz y deficiente.

Por lo cual la medida de control propuesta es la implementación de la metodología BrIM para la elaboración de expedientes técnicos de puentes , además considerando y



extrapolando las experiencias en el avance progresivo y favorable del empleo del BIM para la gestión y diseño de proyectos de edificación se requiere la implementación del BrIM (Bridge Information Modeling), como una metodología derivada y especializada en los proyectos de puentes, pues con la innovación alcanzada en estos tiempos se prevé resolverá diversos problemas técnicos en la elaboración de expedientes técnicos.

Ergo, esta implementación tiene que estar respaldada por una voluntad política reflejada en normativas e incentivos hacia su implementación. Recalcando también que los beneficios de la metodología BrIM se pueden extender a etapas del proyecto como la ejecución, operación y mantenimiento e inclusive la demolición del puente, es decir al ciclo de vida del proyecto. Por lo tanto, teniendo en consideración lo descrito y el escaso conocimiento divulgado sobre este tema tan importante, esta investigación es de gran aporte y relevancia en este presente y el futuro cercano.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) como un nuevo flujo de trabajo para la elaboración del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandia, Puno – 2023, en comparación con la metodología convencional.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Implementar un flujo de trabajo con la metodología BrIM para la elaboración del expediente técnico del proyecto puente Carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandia, Puno – 2023.



Controlar y comparar los tiempos de elaboración del expediente técnico del proyecto puente Carrozable Nogalani, mediante la metodología BrIM y la metodología convencional.

Cotizar y comparar los costos de elaboración del expediente técnico del proyecto puente Carrozable Nogalani, mediante la metodología BrIM y la metodología convencional.

Evaluar la calidad de los entregables del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, elaborado con la metodología BrIM, en comparación con la metodología convencional



## CAPÍTULO

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

López A, Gomes V. (2022) en su tesis “Implementación de metodología BIM hasta 5D en un puente vehicular ubicado en la ciudad de Bucaramanga” busca fundamentalmente analizar cómo la metodología BIM hasta 5D influye en la fase de planificación de un puente en la ciudad de Bucaramanga, centrándose en los efectos derivados de su implementación. Para lo cual obtuvo el modelado 3D del proyecto el cual permitió identificar problemas y realizar las modificaciones correspondientes los cuales no se hubieran detectados por el método convencional, también se consideraron nuevas partidas con un costo de \$11'409,688 el cual representa un 4.12% con respecto al diseño convencional, el cual no estaba contemplado en el proyecto original.

Gaitán J. (2013) en su tesis: “Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia” efectuó la adopción de la metodología BrIM para planificar de manera detallada el proceso de construcción de un puente de concreto armado.; logrando la visualización del proyecto en un modelo 3D, cuantificar los materiales, representar el proceso constructivo en un modelo 4D y logrando simular los costos de construcción en el transcurso del tiempo obteniendo un modelo 5D, todo apoyado en softwares Autodesk®. Llegando a concluir que el modelado de información tiene el potencial de ser una herramienta esencial en las etapas de planificación, diseño y construcción de puentes de



distintas tipologías, siempre que se cuente con una formación adecuada en el uso del programas y experiencia en la representación y diseño de los módulos estructurales del puente.

Tilley P. et al. (1997) en su artículo Indicators of design and documentation deficiency [Indicadores de deficiencia de diseño y documentación] propone tres indicadores de desempeño de la calidad del diseño y la documentación de proyectos basado en el análisis de los planos del proyecto y los registros de requerimiento de información RFI, emplando para su desarrollo la cantidad de ediciones y revisiones de planos, el valor del contrato, la duración inicial del proyecto, la cantidad de RFI emitidas y solicitadas y los tiempos de respuesta reales para cada RFI de manera individual. Para respaldar los indicadores propuestos analiza los datos respecto a las RFI's de dos proyectos de edificación concluyendo que los indicadores propuestos proporcionan una evaluación simple y directa mediante la cual se puede evaluar y comparar las deficiencias de diseños y documentación con las de otros proyectos.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales y/o locales**

Valdivieso F, Valdivieso R. (2023) en su tesis: “Metodología BIM para la elaboración del expediente técnico del proyecto puente Huanchuy y accesos (Casma, 2020)”, emplearon la metodología BIM para la revisión de un proyecto realizado con la metodología tradicional, para ello tuvieron que crear modelos de información, medir la variación respecto al costo y tiempo de ejecución, y detectar las deficiencias de diseño y documentación. Posteriormente calcularon un indicador de calidad del proceso de diseño y documentación en base a los RFI's del tipo aclaración de información, llegando a determinar que la calidad del



proyecto elaborado de manera tradicional era pobre, además detectaron una variación de 32,972.32 soles, representando un aumento del 0.66% del presupuesto inicial, obteniéndose un presupuesto más preciso, con una reducción significativa en la probabilidad de ajustes a lo largo de la ejecución del proyecto, de manera similar respecto al plazo de ejecución determinaron que sería necesario 22 días adicionales, representado un 15% de la programación inicial, obteniendo un plazo de ejecución más acorde a la realidad del proyecto. Con esto analizan y manifiestan que, respecto a los cambios en el presupuesto de obra y el plazo de ejecución, no se debe apresurar el juicio sobre si un aumento o disminución en estos aspectos es bueno o malo en sí mismo. Es esencial reconocer que la metodología BIM mejora la confiabilidad y la calidad del proyecto, proporcionando un alcance más claramente definido y fomentando la participación de todos los equipos implicados. Además, se concluye que la metodología BIM logró optimizar la creación del expediente técnico del proyecto.

Villanes J, Maesaka L. (2019) en su tesis: “Propuesta de una guía de implementación de la metodología BrIM en las etapas de expediente técnico y ejecución para la optimización de costos, tiempo y calidad en puentes de concreto armado sobre ríos en el Perú. Caso: Puente Yunculmas, UPCA, Lima 2019”, con el propósito de maximizar la eficiencia en la construcción de puentes de concreto armado, así como de reducir los tiempos, costos y mejorar la calidad de los proyectos, procedieron a implementar la metodología BrIM en el proyecto del puente Yunculmas perteneciente a un programa de PROVIAS Nacional en el cual se obtuvo que la implementación redujo en un 11.3% los costos de la construcción, así también respecto al tiempo hallaron la reducción de 38 días de ejecución esto



gracias a una planificación de ejecución de obra más detallada y realista y un mejor análisis de constructibilidad.

Baltazar M. (2022) en su tesis “Metodología BrIM para optimizar procesos en la etapa de diseño del puente evitamiento ubicado en el km 14+760 carretera Mazamari Pangoa, provincia de Satipo, departamento Junín” propone una nueva metodología denominada BrIM (Bridge Information Modeling) para el desarrollo de obras viales, pues desarrolló flujos de trabajo colaborativos en el diseño y mantenimiento de puentes. En el caso del puente evitamiento se aplicó esta metodología BrIM con el objetivo de determinar la optimización de los procesos en la etapa de diseño, como resultado en la etapa de diseño permitió la optimización de un 30 % en procesos, un 62.5 % en la proyección y control de data, un 43.75% en tiempo de aplicación del flujo, un 37.5% en costo de aplicación del flujo, un 4.41% en el costo del concreto y 3% en el costo del acero. Gracias a la aplicación de la metodología BrIM, se pudo identificar posibles sobrecostos y evitar paralizaciones antes de que el proyecto fuera concluido. Esto demuestra la importancia y efectividad del flujo de trabajo colaborativo propuesto por esta metodología.

Julca S. (2024) en la tesis “Implementación de la metodología BIM en el diseño del puente carrozable sobre el río Cancha corral en el ámbito de la comunidad campesina de la Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca”, implemento la metodología BrIM como una nueva herramienta para mejorar el diseño y gestión de obras de puentes, el objetivo principal de este proyecto fue evaluar el impacto de la implementación BrIM en la fase de ingeniería del proyecto del puente carrozable. donde se halló que la aplicación de la metodología BrIM reduce en 0.89 % el costo directo del



movimiento de tierras, también se obtuvo variación en los metrados al aplicar la metodología BrIM: en la excavación de tierras saturadas hubo una reducción de -62.13%, excavación seca un aumento de 1495.65%, en el concreto del estribo una reducción de 22.73%, en el concreto en losas de aproximación un aumento de 20%. Además, la programación 4D permite identificar y resolver posibles interferencias antes de comenzar el proyecto, mejorando de manera importante la eficiencia en las etapas de planificación, programación y ejecución de obra.

Huamán D, Ochante J. (2022) en su tesis: “Determinación del tipo de superestructura de un puente mediante un análisis comparativo en la reducción del tiempo del proceso constructivo y el costo integral mediante el uso de la metodología BrIM, en la Panamericana Norte” – 2022. En esta tesis se realizó la simulación con la metodología BrIM mostrándose la diferencia entre costo y tiempo con la metodología tradicional, mediante el modelado 3D el que servirá como herramienta para la planificación de la construcción de la superestructura del puente, determinando así el sistema de estructural adecuado para optimizar los recursos económicos y el plazo de ejecución.

Espinoza F. (2017) en su tesis: “Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del Puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca – Cajamarca”, tiene como objetivo mejorar la visualización, planificación y el seguimiento de los costos del proyecto para lo cual Implementaron la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo obteniendo los siguientes resultados, que la relación (Beneficios para el contratista/ Costo de Implementación) del BrIM para su caso de estudio es de 2.49, es decir por cada 1.00 Sol invertido se logra una reducción de 2.49 Soles.



Quenta J. (2021) en su tesis: “Optimización de información en la ejecución de una Edificación mediante modelamiento BIM y planificación Last Planner System” con el propósito de lograr avances en la gestión de la información y en la optimización de la programación de la obra, se realizó un modelado tridimensional a partir de los documentos del proyecto “Mejoramiento del Servicios de Laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano”. Obteniendo como resultados metrados más confiables y solucionando 7 interferencias, lo cual representa un ahorro total de 47 357.44 soles lo que representa el 2.06% del costo directo y también lograron reducir 57 días calendario, representando el 15.83% del tiempo de ejecución total de la obra.

Flores L, Medina P. (2018) en su tesis: “Evaluación de la filosofía Lean Design y la tecnología BIM como herramienta en la elaboración del Expediente Técnico: creación del complejo sociocultural parroquial niño salvador del mundo—Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018” Se aplicó la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico con el fin de realizar una evaluación comparativa con el método tradicional utilizando muestras representativas y una base de datos de proyectos similares, generándose planos y reportes de metrados en un entorno coordinado que se implementó en el proyecto. La aplicación de la investigación logró optimizar el tiempo en un porcentaje de 57.40 % en la elaboración de planos y 33.33% en la elaboración de metrados del proyecto.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

Este marco teórico busca investigar y evaluar Bridge Information Modeling como una metodología, estableciendo sus fundamentos, aplicaciones y beneficios en el campo de la ingeniería civil, y más específicamente la del diseño y construcción de puentes. Bridge Information Modeling constituye una evolución de la tecnología Building Information Modeling en la misma adaptada a los proyectos de infraestructura que son los puentes. Abordando el proyecto a lo largo de su vida, desde la concepción de la idea hasta su continua mantención del mismo.

### 2.2.1 Definición de BrIM (Bridge Information Modeling):

Se puede describir como un conjunto de herramientas y métodos digitales que se usan para crear un modelo informativo de un puente. Este modelo permite unir la información de diseño y construcción proveniente de diferentes disciplinas. Gracias a BrIM, (Hernan, Trotta, & Peterson, 2012).

Los modelos que se mencionan a continuación son parte de un esfuerzo por crear un modelo común. Cada uno aporta información que se combina en una base de datos consolidado, lo cual permite su uso práctico en las actividades de construcción:

- **Modelo Geométrico:** El modelo geométrico actúa como un vínculo entre el diseño vial y el diseño del puente en BrIM. Sirve de base, ya que define los aspectos espaciales esenciales y controla la disposición y apariencia de los componentes. Imagina que describe cómo se distribuyen las características estructurales del puente, tanto horizontal como verticalmente. Por ejemplo, las vigas pueden ajustarse al diseño de la carretera, ya sea recto, curvado o en espiral. Este modelo influye en dónde



estarán cada parte del puente y generalmente se limita a líneas que definen la posición de elementos secundarios como aisladores y refuerzos. (Hernan, Trotta, & Peterson, 2012).

- **Análisis Estructural:** El análisis estructural requiere ordenar cuidadosamente los componentes y almacenar una variedad de información sobre ellos para analizar después el diseño. Incluye partes que representan cómo es físicamente la estructura. Puede ser muy detallado y a veces se simplifica según lo complicado que sea el puente. La cantidad de detalles se puede ajustar fácilmente según lo que necesites y puedes usarlo para realizar análisis más específicos mediante otras herramientas. (Hernan, Trotta, & Peterson, 2012).
- **Modelo Físico:** Imagina el modelo físico como una maqueta en 3D muy precisa de cómo es el puente por dentro. Puede incluir hasta los detalles más pequeños y a veces eso es todo lo que necesitas para calcular cosas como cuánto material se necesita o cómo se va a construir. Estos modelos se pueden usar para hacer representaciones visuales en 3D, animaciones o incluso para simular cómo será la construcción. (Hernan, Trotta, & Peterson, 2012).
- **Modelos de Construcción:** Los modelos de construcción están cambiando la forma en que se hace la ingeniería civil porque permiten enviar datos directamente a los equipos y maquinaria de construcción. Tienen toda la información necesaria sobre cómo es el puente, desde sus dimensiones hasta cómo se conecta con la carretera, todo en un solo lugar. Esto hace que sea más fácil diseñar y construir el puente y reduce la necesidad de tener muchos documentos diferentes (Hernan, Trotta, & Peterson, 2012).



### **2.2.2 BrIM: Modelado de la información para puentes**

El concepto de Modelado de Información para Puentes (BrIM), Basado en BIM, es una metodología que integra todas las fases del proceso de construcción de un puente, desde el diseño y la ejecución hasta el mantenimiento y la administración de la infraestructura. En esencia, Consiste en crear y administrar la información a lo largo de cada etapa del ciclo de vida de un puente. (Morales, Rodríguez, & Ariza, 2020).

De acuerdo con el American Institute of Steel Construction (2020) , el BrIM se está impulsando como una innovación tecnológica en la manera en que la ingeniería de puentes maneja el flujo de trabajo y los datos a lo largo de todo el ciclo de vida de los puentes. Actualmente, el desarrollo de proyectos de puentes implica el uso de diversas herramientas de software que apoyan la mayoría de las tareas de diseño y construcción. Sin embargo, es necesario establecer estándares de interoperabilidad de datos a nivel industrial que cubran el ciclo de vida completo del puente.

Por otro lado, la US Department of Transportation Federal Highway Administration (2019) define el BrIM como un enfoque avanzado de modelado basado en la definición detallada de los "objetos" que componen la estructura física. Este enfoque proporciona una representación digital completa de las propiedades físicas y funcionales del puente, ofreciendo una base de información que respalda decisiones confiables durante todo su ciclo de vida.

### **2.2.3 Metodología BrIM (Bridge Information Modeling)**

La metodología BrIM (Bridge Information Modeling) Marca un avance importante en nuestra manera de diseñar, planificar y construir puentes. Esta



innovadora estrategia de gestión de información integra diversas herramientas y tecnologías, facilitando una mejor visualización y coordinación en cada etapa del proyecto. Utilizando modelos en 3D y 4D, BrIM nos permite no solo ver una representación física de los puentes, sino también entender cómo evolucionarán a lo largo del tiempo, mejorando así la toma de decisiones (Autodesk, 2018).

La metodología BrIM ha emergido como un elemento fundamental en la evolución de la calidad de los proyectos de puentes, logrando una drástica reducción en los costos y tiempos de ejecución. Al implementar BrIM, se desata una sinergia asombrosa entre diversas disciplinas, desde la meticulosa ciencia de la topografía hasta los complejos análisis de la geología, la fluidez de la hidráulica y el arte del diseño estructural. Este enfoque holístico no solo refina cada etapa del proyecto con precisión quirúrgica, sino que también impulsa una colaboración vibrante y efectiva entre los distintos equipos. Así, se asegura que todos los componentes técnicos se aborden con una coherencia y coordinación impecables, transformando la ejecución de puentes en una danza sincronizada de excelencia e innovación (Eastman, Teicholz, & Liston, 2011).

Lo que hace especial a BrIM es su capacidad para transformar datos complejos en modelos digitales inteligentes. Estos modelos no solo ilustran las cualidades físicas y funcionales de un puente, sino que también ayudan a gestionar su ciclo de vida completo, desde el diseño inicial hasta la construcción y el mantenimiento. Esta metodología facilita una comunicación más clara y efectiva entre todos los equipos involucrados, asegurando que todos estén en la misma página y trabajando hacia un objetivo común (Tekla, 2021).



A diferencia de BIM, que se centra principalmente en edificaciones, BrIM se adapta específicamente a la compleja y vasta arena de los proyectos de infraestructura horizontal, como los puentes. Esta sofisticada adaptación permite una gestión de datos extraordinariamente precisa y eficiente, catalizando una colaboración sinérgica entre las diversas disciplinas de ingeniería implicadas. En última instancia, BrIM no solo eleva la calidad general del proyecto, sino que también infunde una robusta seguridad y durabilidad en los puentes, transformándolos en estructuras imponentes y confiables que desafían el paso del tiempo (Magazine, 2021).

#### **2.2.4 Importancia de BrIM en la ingeniería civil**

Sin duda, el Modelado de Información para Puentes (BrIM) ha confirmado ser esencial para elevar la calidad de los proyectos de puentes al reducir tanto los costos como los plazos de ejecución. Su adopción posibilita una integración fluida de múltiples disciplinas, como topografía, geología, hidráulica y diseño estructural. Además, BrIM ayuda a identificar pronto los conflictos y errores en el diseño, lo que conlleva una reducción significativa en la necesidad de realizar modificaciones costosas durante la fase de construcción (Eastman, Teicholz, & Liston, 2011).

#### **2.2.5 Principales beneficios de BrIM**

- Mejora en la Calidad del Diseño: BrIM inyecta una precisión y coherencia sin precedentes en la información, elevando la calidad del diseño y la constructibilidad de las estructuras. Este nivel de exactitud permite una prefabricación impecable y la entrega de materiales justo a tiempo,



fomentando una colaboración excepcional entre los diversos equipos del proyecto (Tekla, 2021).

- **Gestión Eficiente del Ciclo de Vida:** Los modelos tridimensionales generados mediante BrIM se erigen como una fuente singular de información a lo largo de todas las fases del proyecto, posibilitando actualizaciones en tiempo real y un seguimiento continuo del estado del puente. Esto incluye la capacidad de realizar análisis estructurales y gestionar el mantenimiento de manera más eficiente y proactiva (Magazine, 2021).
- **Reducción de Errores y Costos:** Al centralizar la información y facilitar la interoperabilidad entre las múltiples aplicaciones de diseño y construcción, BrIM reduce drásticamente los errores y la duplicación de esfuerzos. Esto se traduce en una notable disminución de los costos y tiempos de ejecución del proyecto, optimizando los recursos y acelerando los procesos (Tekla, 2021).
- **Adaptación a Tecnologías Emergentes:** BrIM se integra con fluidez a tecnologías vanguardistas como la impresión 3D, la realidad aumentada, permitiendo una gestión y monitoreo avanzados del puente durante todo su ciclo de vida. Esta integración propulsa la eficiencia y la innovación a niveles sin precedentes (Tekla, 2021).

#### **2.2.6 Nivel de información necesaria (LOIN)**

Cuando trabajamos en el manejo de la información BIM, es fundamental definir claramente qué nivel de información es necesario (LOIN - Level of Information Need) para alcanzar los objetivos de un proyecto en cada fase de intercambio de datos. Esto implica que necesitamos garantizar que nuestros



modelos de información contengan solo los datos esenciales para evitar esfuerzos innecesarios. Si generamos demasiada información irrelevante, desperdiciamos tiempo y recursos, pero si proporcionamos muy poca información, podríamos no tener suficiente para tomar buenas decisiones o cumplir con nuestros objetivos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

El LOIN actúa como una guía que nos permite determinar qué información debe incluirse en la transmisión de datos, Aunque el modelo BIM a menudo se relaciona con el LOIN, en realidad este concepto incluye toda la información producida Para atender a las demandas del proyecto . Esto abarca desde los detalles gráficos (como modelos 3D) hasta datos no gráficos (como tablas y datos alfanuméricos) y la documentación asociada (como informes técnicos) (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Esto abarca tanto los detalles gráficos (modelos 3D) como los datos no gráficos, así como la documentación asociada (informes técnicos).

Para definir el nivel de detalle gráfico, utilizamos el LOD (Level of Detail), y para los datos no gráficos, usamos el LOI (Level of Information). Ambos son igualmente importantes y juntos conforman el LOIN, que nos ayuda a gestionar y entregar la información exacta y esencial para que el proyecto avance de manera exitosa (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

### **2.2.7 Roles BIM**

Los roles BIM son las funciones que diferentes personas asumirán durante la realización de un proyecto que utiliza la metodología BIM. No se trata de inventar nuevas profesiones o puestos de trabajo, sino de asignar



responsabilidades específicas a quienes participan en el manejo de la información relacionada con BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Es importante que las personas que asuman estos roles BIM tengan las habilidades y conocimientos necesarios para realizar tareas específicas y cumplir con las necesidades de información. Estos roles son desempeñados por los empleados actuales de las entidades y empresas del sector privado, pero es esencial ofrecer capacitaciones y fomentar el conocimiento de BIM dentro de la organización (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Además, Una persona puede tomar múltiples roles, o un solo rol puede ser desempeñado por varias personas, en función de la complejidad y la categoría del proyecto. Por ejemplo, en proyectos grandes, puede haber varios coordinadores BIM, cada uno especializado en diferentes áreas del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

### **2.2.8 Usos BIM**

Al abordar un proyecto con BIM, es esencial definir los usos BIM que se aplicarán, De acuerdo con los requisitos informativos y los objetivos para la administración de la información BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Los usos BIM representan enfoques prácticos de aplicación de BIM que se relacionan con cada fase del Ciclo de Inversión con el fin de lograr objetivos definidos. Estos usos nos facilitan entender las diferentes formas en que las personas involucradas pueden emplear BIM en un proyecto específico. Es crucial mantener una comunicación abierta y un intercambio constante de información entre todos los implicados en la Gestión de la Información BIM durante todo el



Ciclo de Inversión, dentro de un entorno compartido de datos. Esto garantiza que tengamos acceso a información valiosa y de calidad, que todos comprendamos mejor el proyecto y que podamos tomar decisiones fundamentadas en datos confiables (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

### **2.2.9 Plan de ejecución BIM (BEP)**

El Plan de Ejecución de BIM (BEP, por sus siglas en inglés) es un documento redactado por la parte principal designada. Su objetivo es guiar el progreso o ejecución de una fase específica de un proyecto que emplea BIM. En este documento se detallan la metodología de trabajo, los procedimientos, Las especificaciones técnicas, los roles BIM, las responsabilidades y los entregables necesarios conforme a los requisitos de información establecidos por la entidad designante. Todas las partes involucradas en el desarrollo de la fase correspondiente del Ciclo de Inversión deben seguir estos lineamientos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

De acuerdo con la guía del Ministerio de Economía y Finanzas (2023). El BEP presenta las actividades de información que el equipo de ejecución debe llevar a cabo en la gestión de la información BIM durante la fase o etapa de una inversión. Esto abarca cualquier modificación o adición recomendada de acuerdo con los estándares de información del proyecto sugerido, así como con los métodos y procedimientos de producción de información. Su desarrollo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Información sobre la inversión y datos de los encargados de la gestión de la información para el equipo de ejecución.
- Estrategia recomendada para el desarrollo de información.



- Estrategia recomendada para la federación de información.
- Propuestas para la adición o modificación de las normas de información del proyecto.
- Métodos y procedimientos para la producción de datos.
- Lista de herramientas y plataformas de coordinación.

La implementación adecuada de estos elementos asegura que todos los participantes en el proyecto estén alineados y puedan trabajar de manera coherente y eficiente. Esto, a su vez, mejora la calidad del proyecto final y minimiza los riesgos de errores y retrabajos durante las etapas de diseño y construcción.

#### **2.2.10 El entorno común de datos (CDE)**

El entorno de datos comunes es como el núcleo central que impulsa el trabajo en equipo y la gestión de información en proyectos de inversión que utilizan BIM. Piénsalo como el lugar donde todos nos reunimos digitalmente para colaborar y compartir información (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

El CDE, conocido como Common Data Environment en inglés, es esa fuente confiable de información que todo el equipo del proyecto utiliza para recopilar, organizar y compartir datos en las inversiones que aplican BIM. Es como nuestra biblioteca digital donde guardamos y compartimos todos los documentos importantes (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Este equipo del proyecto está formado por diferentes partes: quienes asignan las tareas, los líderes principales y los colaboradores designados. El trabajo en equipo se representa en la Figura 1, para asegurarnos de que todo fluya sin problemas (UK BIM Framework, 2020).

Según lo que dice la normativa NTP-ISO 19650-1: (2021), la forma en que implementamos el CDE puede variar mucho, ya que a veces necesitamos usar diferentes tecnologías en un solo proceso. Mucha gente piensa que el CDE se trata principalmente de tecnología y se olvida de los flujos de trabajo, pero en realidad, lo más importante es diseñar primero cómo queremos que funcionen las cosas.

## Figura 1

*Gráfico del CDE.*



Después, elegimos las herramientas tecnológicas que mejor se adapten a esos procesos, dependiendo de lo que necesitemos en cada etapa de nuestra inversión que use BIM. Si logramos que nuestros procesos y nuestras herramientas tecnológicas trabajen bien juntos, podremos manejar la información de manera más efectiva y sacarle el máximo provecho.

### 2.2.11 Implementación y beneficios de BrIM

#### 2.2.11.1 Reducción de costos y tiempos

Los estudios han demostrado consistentemente que la implementación de BrIM resulta en ahorros significativos en costos y tiempos de proyecto, Esto es esencial para aumentar la eficiencia y



sostenibilidad de las obras públicas (Li et al., 2019). Por ejemplo, la reducción de errores de diseño y la mejora en la planificación pueden reducir los costos de retrabajos y los retrasos en la construcción (Azhar, 2011).

#### **2.2.11.2 Mejora en la calidad de los entregables**

El empleo de modelos tridimensionales y cuatridimensionales ofrece una visualización más efectiva y una detección precoz de inconsistencias, lo que incrementa la calidad del diseño y la precisión de los entregables del proyecto (Autodesk, 2018). Asimismo, los modelos digitales minuciosos promueven la coordinación entre los diversos equipos de trabajo, optimizando la comunicación y disminuyendo los conflictos (Smith & Tardif, 2019)

#### **2.2.11.3 Cumplimiento de normativas**

La metodología BrIM facilita el cumplimiento de las regulaciones vigentes, como el Decreto Supremo N° 289-2019-EF en Perú, que proporciona directrices para la implementación progresiva de BIM en la inversión pública (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). La capacidad de BrIM para manejar y registrar todos los aspectos del proyecto asegura que se cumplan todas las normativas y estándares relevantes, lo cual es crucial para la aprobación y realización de proyectos de infraestructura.



### **2.2.12 RFI: Indicador para medir la calidad**

Es frecuente que en los proyectos de construcción los documentos contractuales, como los planos y las especificaciones, no aborden completamente todos los aspectos necesarios. Las especificaciones ambiguas, contradicciones entre los planos, inconsistencia en las especificaciones, documentos de construcción poco detallados o con lagunas, y condiciones no previstas en el sitio que generan incertidumbre en su interpretación, pueden ser aclarados empleando el RFI (Request for Information, solicitud de información) o SI (Solicitud de Información) (Hanna, Tadt, & Whited, 2012).

Los RFI (Request for Information) constituyen un documento estandarizado que forma parte del control de calidad del contratista. Se utilizan cuando se necesita aclarar alguna especificación técnica, entender un detalle, extender y/o especificar las indicaciones contenidos en los planos de construcción, solicitar más información, entre otros aspectos. Estos se dirigen al cliente o a la supervisión con el fin de abordar cualquier incongruencia que pueda obstaculizar el flujo regular de la ejecución de la obra (Alcántara, 2013).

Según un estudio de Tilley y Barton (1997), los métodos de consulta formal, como la elaboración de Solicitudes de Información (RFI), pueden proporcionar indicadores clave para medir la calidad de la documentación de diseño e ingeniería, o alternativamente, para evaluar su nivel de deficiencia.

En consecuencia, la frecuencia de las Solicitudes de Información (RFI) y el tiempo de respuesta asociado a estas solicitudes son indicadores significativos de la calidad del diseño del proyecto. Un número elevado de RFI suele señalar deficiencias en la documentación de diseño e ingeniería, mientras que una demora

excesiva en la respuesta a estas solicitudes revela deficiencias en la organización y eficacia de los diseñadores del proyecto.

### 2.2.12.1 Índice de desempeño del diseño y documentación

De acuerdo con Paul A. Tilley et al. (1997) el índice de desempeño del diseño y documentación del proyecto que incluye a las RFI's del tipo aclaración de información; considera principalmente las solicitudes de información complementaria y adicional o aclaraciones a información existente, son las que tienen relación directa con la calidad del diseño y la documentación presentada para la ejecución del proyecto. Además, incluyen el tamaño y la complejidad del proyecto considerando al monto total estimado del contrato que equivale al monto de inversión para la construcción y la duración inicial estimada para el proyecto, manifestando todo esto en la siguiente ecuación:

$$PI_1 = \frac{N_c}{VC * D} \quad (1)$$

Donde:

$N_c$  = Número de RFI de tipo aclaración de información.

$VC$  = Valor final estimado del contrato (\$100,000).

$D$  = Duración inicial del proyecto (meses).

Es necesario mencionar que existe otro indicador que involucra el tiempo de respuesta de las RFI's tipificadas como aclaración de información, el cual requiere de datos como el tiempo de respuesta requerido y el tiempo de respuesta real, siendo un indicador de la gravedad

del RFI ya que considera los retrasos de las respuestas solución emitidas por el equipo de diseño y/o proyectista. A continuación, presentamos la fórmula:

$$PI_2 = \frac{1}{N_c} \sum \frac{T_a - T_r}{T_a} \quad (2)$$

Donde:

$N_c$  = Número de RFI de tipo aclaración de información (con tiempo de respuesta especificado).

$T_r$  = Tiempo de respuesta requerido (días).

$T_a$  = Tiempo real de respuesta (días).

#### **2.2.12.2 Respuesta al RFI**

Según Hanna, Tadt, & Whited (2012) para evitar demoras en el cronograma de construcción, las respuestas a las Solicitudes de Información (RFI) deberían ser proporcionadas en un tiempo promedio de siete días tras su recepción. Asimismo, es crucial que el formulario estándar de RFI indique un tiempo de respuesta esperado y factible, para destacar la urgencia y relevancia de una respuesta rápida.

El número de días de respuesta a las Solicitudes de Información (RFI) está proporcionalmente relacionado con el tamaño y la duración del proyecto; es decir, a mayor tamaño del proyecto, mayor es el número promedio de días requeridos para la respuesta a las RFI (Hughes, Wells, Nutter, & Zack, 2013).



## 2.2.13 Consideraciones y criterios de diseño del puente

Se adoptaron las siguientes consideraciones y criterios de diseño según (Rodríguez Serquén, 2017).

### 2.2.13.1 Diseño de la superestructura del puente

Un puente tipo viga-losa está compuesto por una serie de vigas paralelas soportadas por apoyos, sobre las cuales descansa una losa de concreto que sirve como plataforma para el tránsito. Las vigas principales, que son los elementos longitudinales, soportan las cargas verticales y las distribuyen a los apoyos.

#### 2.2.13.1.1 Diseño de losa

- Pre-dimensionamiento de losa donde el espesor mínimo es

$$t_{min} = \frac{S' + 0.05}{30} \quad (3)$$

$t_{min}$  = Espesor mínimo de la losa

$S'$  = Espaciamiento mínimo entre ejes

En el caso de voladizos de concreto que cargan parapetos o barreras de concreto, el espesor mínimo de la losa debe

ser  $t_{min} = 0.20m$

- El diseño de losa bajo los principios del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD, por sus siglas en inglés) se lleva a cabo mediante el cálculo de las fuerzas y momentos aplicados.

Resistencia I:

$$U = n[(1.25 \text{ ó } 0.9)DC + (1.50 \text{ ó } 0.65)DW + 1.75(LL + IM)] \quad (4)$$

Servicio I:



$$U = n[1.0DC + 1.0DW + 1.0(LL + IM)] \quad (5)$$

Para el Estado Límite de Resistencia I, con  $n = n_D n_R n_I = 1$ :

$DC$  = Carga muerta

$DW$  = Carga por superficie de rodadura

$DC$  = Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)

- El cálculo del acero de refuerzo principal en una losa de puente se basa en el momento flector máximo, a partir del cual se determina el área de acero necesaria. El acero refuerzo principal se coloca en la dirección del mayor momento, mientras que el acero refuerzo de distribución se dispone perpendicularmente para controlar la fisuración y distribuir las cargas. Además, se añade refuerzo de temperatura en ambas direcciones para minimizar la fisuración debida a cambios térmicos y contracción.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (6)$$

$A_s$  = Área de acero

$M_u$  = Momento último

$\phi$  = Factor de reducción de resistencia

$f_y$  = Resistencia a la fluencia del acero

$d$  = Peralte efectivo

$a$  = Profundidad del bloque

#### 2.2.13.1.2 Diseño de viga principal

La viga se diseñará siguiendo el criterio de deflexión. Las deflexiones bajo carga de servicio deben estar dentro de los límites

permitidos para prevenir deformaciones excesivas que puedan comprometer la funcionalidad y la apariencia del puente.

- Pre-dimensionamiento de la viga: Los peraltes mínimos comúnmente usados para superestructuras con peralte constante, de acuerdo con los detalles de la tabla 1.

**Tabla 1**

*Peraltes mínimos.*

Material	Tipo	Tramos simples	Tramos continuos
Hormigón Armado	Vigas T	0.070 L	0.065 L
	Viga Cajón	0.060 L	0.055 L
	Viga Estructura peatonal	0.035 L	0.33

Entonces:

$$h_{min} = 0.07L \quad (7)$$

$L$  = Longitud de luz del puente

Para el predimensionamiento del ancho de la viga

$$b = 0.0157\sqrt{S'L} \quad (8)$$

$S'$  = Distancia entre los ejes de las vigas

$L$  = Luz del puente

- Diseño por Factores de Carga y Resistencia LRFD: el diseño de losa bajo los principios del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD, por sus siglas en inglés) se lleva a cabo mediante el cálculo de las fuerzas y momentos aplicados.

Resistencia I:

$$U = n[1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM)] \quad (9)$$



Servicio I:

$$U = n[1.0DC + 1.0DW + 1.0(LL + IM)] \quad (10)$$

Fatiga I:

$$U = n[1.5(LL + IM)] \quad (11)$$

Para el Estado Límite de Resistencia I, con  $n = n_D n_R n_I = 1$ :

$DC$  = Carga muerta

$DW$  = Carga por superficie de rodadura

$DC$  = Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)

- Normativas y Factores de Seguridad: factores de Resistencia  $\phi$ :  
Utilizados para reducir la resistencia nominal de la sección y asegurar un margen de seguridad adecuado, se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Factores de Resistencia  $\phi$ .*

Tipo de Resistencia	Factor de Resistencia	Descripción
Flexión (Momento Flector)	0.9	Se usa para calcular la resistencia de una viga a momentos flectores, ofreciendo un margen de seguridad para garantizar que la viga pueda soportar los momentos aplicados.
Esfuerzo Cortante	0.75	Aplicado a la resistencia al esfuerzo cortante en vigas, este factor garantiza que la viga pueda resistir las fuerzas de corte sin fallar.
Compresión Axial	0.65	Este factor se usa para determinar la resistencia a la compresión axial en elementos de viga, reflejando la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión

- Cálculo del Acero Principal (por flexión): estado límite de resistencia I: Esta fórmula se usa para calcular el momento último requerido para la resistencia estructural, asegurando que la viga pueda soportar las cargas combinadas con un margen de seguridad adecuado



$$M_u = n[1.25M_{DC} + 1.5M_{Dw} + 1.75M_{(LL+IM)}] \quad (12)$$

$n$  = Factor de carga

$M_{DC}$  = Momento debido a la Carga Muerta

$M_{Dw}$  = Momento debido a la Carga Viva

$M_{(LL+IM)}$  = Momen. combinado de Carga Viva y Efecto

Dinámico

Área de acero de refuerzo

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} \quad (13)$$

$A_s$  = Área de acero

$M_u$  = Momento ultimo

$\phi = 0.9$  constante

$f_y$  = Resistencia a la fluencia del acero

$d$  = Peralte efectivo

$a$  = Profundidad del bloque

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (14)$$

$$C = 1.18 \frac{\rho f_y d}{0.85 f_c} \quad (15)$$

$f_y$  = Resistencia a la fluencia del acero

$f_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

- Diseño por corte: el diseño por corte se utiliza para diseñar el refuerzo transversal (estribos) necesario para resistir las fuerzas de corte en la viga



$$V_{LL+IM} = V_{LLmax} + V_{IM} + V_{DW} \quad (16)$$

$V_{LL+IM}$  = Cortante final bajo carga viva y efecto dinámico

$V_{LL}$  = Cortante máximo debido a carga viva

$V_{IM}$  = Cortante debido al impacto

$V_{DW}$  = Cortante debido a la carga de desplazamiento

- Aplicamos el coeficiente de concentración de carga ( $f_r$ )

$$V_{LLfinal} = f_r \times V_{LL+IM} \quad (17)$$

$f_r$  = Coeficiente de concentración de carga

El uso del coeficiente de concentración de carga  $f_r$  permite ajustar el cortante calculado para considerar efectos adicionales no completamente representados en el cálculo inicial.

- Cortante último por estado de límite: la fórmula determina el valor máximo de cortante que debe soportar la viga, considerando las cargas muertas, adicionales y vivas con sus factores de seguridad.

$$V_u = n [1.25V_{DC} + 1.50V_{DW} + 1.75V_{(LL+IM)}] \quad (18)$$

$n$  = Factor modificador de carga

$V_{DC}$  = Cortante por carga muerta

$V_{DW}$  = Cortante de carga por superficie de rodadura

$V_{(LL+IM)}$  = Cortante de carga Viva y efecto de Carga Dinámica

- Resistencia al corte del concreto: la fórmula se utiliza para determinar la capacidad del concreto para resistir fuerzas de corte antes de tener en cuenta el refuerzo adicional de acero

$$V_c = 0.53\sqrt{f'}b d' \quad (19)$$

$f'$  = Resistencia a la compresión del concreto

$b$  = Ancho de la viga

$d'$  = Peralte efectivo de la viga

- Por normativa

$$V_s = V_u - \emptyset * V_c \quad (20)$$

- Espaciamiento máximo de estribos ( $S_{max}$ ) es la separación máxima de estribos se establece los siguientes límites.

$$S_{max} = menor \begin{cases} d/4 \\ 30cm \end{cases} \text{ si } V_s > 1.1\sqrt{f'_c}b_wd \quad (21)$$

$\rightarrow kg/cm^2$

$$S_{max} = menor \begin{cases} d/2 \\ 60cm \end{cases} \text{ si } V_s \leq 1.1\sqrt{f'_c}b_wd \quad (22)$$

$\rightarrow kg/cm^2$

Espaciamiento entre estribos calcula el espaciamento entre estribos en una viga de concreto, asegurando que la viga tenga la capacidad suficiente para resistir las fuerzas de corte.

$$S = \emptyset * \frac{A_v * f_y * d'}{V_s} \quad (23)$$

$\emptyset$  = Factor de reducción

$A_v$  = Área de refuerzo transversal

$f_y$  = Resistencia del acero

$V_s$  = Cortante de diseño

## 2.2.13.2 Diseño de la subestructura del puente

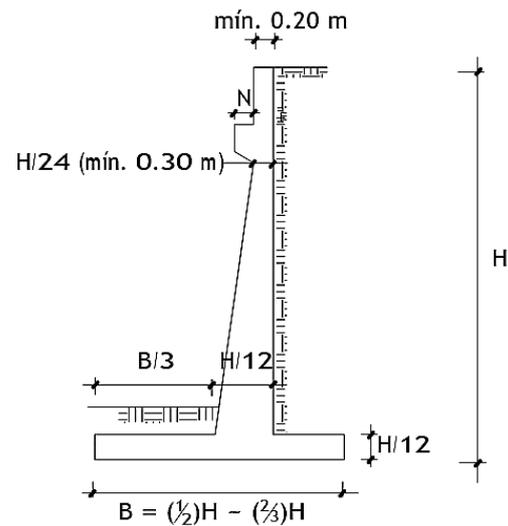
### 2.2.13.2.1 Diseño de estribos

Para el diseño de estribos de puente adoptamos el siguiente procedimiento y criterios de diseño:

- El pre-dimensionamiento de estribos en voladizo obedece a los siguientes criterios asociados a cada dimensión mostradas como fórmulas en la Figura 2.

**Figura 2**

*Perfil del estribo.*



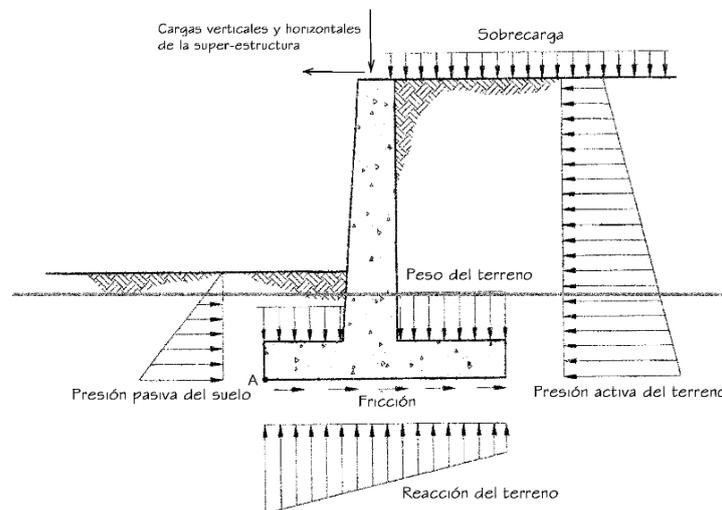
Fuente: Libro Puentes con AASHTO – LRFD 2014 (7th edition).

- Para el metrado de cargas se deben considerar los siguientes:
  - Las cargas verticales aplicadas a la superestructura, que incluyen las reacciones de las cargas muerta y viva.
  - La masa del estribo junto con el peso del relleno.
  - El empuje ejercido por el terreno más el efecto de las cargas adicionales sobre el terreno.
  - La presión del viento sobre la estructura y la carga viva, que se transmite a través del apoyo fijo.
  - El empuje dinámico de las aguas combinado con la fuerza de flotación.
  - La carga longitudinal generada por el frenado de los vehículos y transmitida por el apoyo fijo.

- La fuerza centrífuga aplicada en puentes de geometría curva.
- La fuerza sísmica actuante sobre la superestructura y la infraestructura.
- Consideraciones para la estabilidad del estribo, según (Rodríguez, 2017) esto se realizará para asegurar la estabilidad contra las fallas por vuelco, deslizamiento y presiones en la base.
  - En el análisis de vuelco para los estados límites de resistencia y eventos extremos, es necesario calcular la excentricidad de la resultante alrededor del punto A en la base del estribo. Las fuerzas y momentos que contrarrestan el vuelco se aplican con factores de carga  $\gamma$  mínimos.

### Figura 3

#### *Cargas típicas en el estribo.*



CARGAS TÍPICAS EN ESTRIBO

Para las fuerzas y momentos que generan vuelco, se aplican factores de carga  $\gamma$  máximos. Esta descripción es en referencia a la Figura 3.



- Para el estado límite de resistencia, la resultante en la base del cimiento debe situarse dentro de los dos tercios centrales ( $e \leq B/3$ ), a excepción de los suelos rocosos, donde se permitirá que esté en los nueve décimos centrales ( $e \leq 0.45B$ ) (Art. 11.6.3.3).
- Para el estado límite de Evento Extremo y con  $\gamma_{EQ} = 0$ , mantener la fuerza resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales ( $e \leq B/3$ ) de las dimensiones del cimiento para cualquier suelo. Si en cambio  $\gamma_{EQ} = 1$ , mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los ocho décimos centrales ( $e \leq 0.40B$ ). Para valores de  $\gamma_{EQ}$  entre 0 y 1.0, interpolar linealmente entre los valores especificados para definir las restricciones referidas a la ubicación de la resultante (Art. 11.6.5.1). En caso de cimientos cargados biaxialmente, estos requerimientos deben aplicarse en ambas direcciones.

- Deslizamiento en estados límites de resistencia y evento extremo

El valor de la resistencia factorada al deslizamiento incluye una componente friccional ( $\phi_{\tau} R_{\tau}$ ) que se manifiesta a lo largo de la base del estribo y una componente por presión pasiva del terreno ( $\phi_{ep} R_{ep}$ ) que se aplica en la cara vertical correspondiente. Es decir:

$$R_R = \phi_{\tau} R_{\tau} + \phi_{ep} R_{ep} \quad (24)$$

Donde:

$$R_{\tau} = (V) \tan \delta$$

$\delta$  = Ángulo de fricción entre la base del cimiento y el suelo



$\tan \delta = \tan \phi_f$  Para concreto vacado directamente al  
suelo

$\tan \delta = (0.8)\tan \phi_f$  Para concreto pre-fabricado

$V$  = Fuerza vertical total sobre el cimiento

$\phi_f$  = ángulo de fricción interna del suelo.

- Presiones en la base – estados límites de resistencia y evento extremo

Para determinar las presiones en la base es conveniente emplear el método de Meyerhof, para esto se tiene que seguir el siguiente procedimiento:

- Hallar la excentricidad  $e$  con respecto al punto central de la base del cimiento, con las cargas aplicables factoradas:

$$e = \frac{\sum \text{momentos factorados actuantes}}{\sum \text{fuerzas verticales factoradas actuantes}} \quad (25)$$

Determinar los esfuerzos verticales con los factores correspondientes. En caso de que la estructura reciba cargas en dos ejes, se deben calcular los esfuerzos en ambas direcciones.

Primer caso: Considerando una presión distribuida uniformemente en la base (para suelo no rocoso), el valor de  $q$  se determina como:

$$q = \frac{\sum \text{fuer. vert. factoradas act. /unidad de long.}}{B - 2e} \quad (26)$$

Donde:

$B$  = Ancho del cimiento en el plano de cargas



$B - 2e =$  Ancho efectivo de cimiento

$Vu =$  Suma de las fuerzas verticales factoradas.

Segundo caso: Para terrenos rocosos, la presión se distribuye de manera trapezoidal o triangular.

$$q_{max} = \frac{Vu}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (27)$$

$$q_{min} = \frac{Vu}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (28)$$

- Comparar los valores de  $q$  ó  $q_{m\acute{a}x}$ , que consideran factores de carga, con la capacidad portante del terreno (capacidad máxima de soporte del suelo multiplicada por el factor de resistencia correspondiente). La capacidad de soporte factorada debe ser mayor o igual al esfuerzo de soporte factorado.

$$q_R \leq \phi_b q_n \quad (29)$$

Donde:

$q_n = q_u =$  Capacidad portante última no factorada para el estado límite apropiado

$\phi_b =$  Factor de resistencia

Un factor de resistencia de 1.0 se usa en el cálculo de presiones sobre el terreno en el estado límite de evento extremo según Art. 11.5.8 AASHTO LRFD 2014 (Ver Tablas 10.5.5.2.2-1 y 11.5.7-1 para factores de resistencia en el estado límite de Resistencia).

- El diseño estructural del estribo se realiza en dos partes: la primera se encarga de la pantalla del estribo y la segunda es la cimentación



del estribo, esto en consideración de los criterios LRFD AASHTO para los estados límites de resistencia última y evento extremo. Una vez determinado el  $M_u$  de acuerdo a las condiciones del estado, se prosigue a diseñar el acero con las fórmulas:

$$A_s = \frac{M_u}{0.9f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (30)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad (31)$$



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ENFOQUE, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación es mixto; es cualitativo debido a que respecto a la variable de calidad se realizarán descripciones cualitativas de la calidad de los entregables logrados con la metodología BrIM, es decir los datos a analizar son aspectos, característicos, cualidades y similares. También es cuantitativo pues se realizarán mediciones y cálculos numéricos respecto al tiempo y costo relacionado a los procesos dentro de la metodología BrIM.

El método mixto abarca un conjunto de estrategias y técnicas tanto empíricas como críticas para la recolección de datos cualitativos y cuantitativos. Estos datos se integran de manera sistemática y se discuten con el fin de realizar inferencias comprensivas que faciliten una mejor comprensión del fenómeno bajo estudio (Creswell, 2014).

##### 3.1.2 Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo - relacional, se considera descriptivo porque se centra en el estudio de caso aplicativo al proyecto del puente carrozable Nogalani donde se describirá la implementación en circunstancias temporales y geográficas particulares y es relacional debido a que la implementación de la metodología BrIM tendrá efectos en la calidad, tiempo y costo para la elaboración del proyecto.



Los estudios descriptivos se centran en describir las características, propiedades y perfiles de individuos, comunidades, grupos, objetos, procesos u otros fenómenos que están siendo objeto de estudio. Su objetivo principal es recoger o medir información de manera individual o conjunta sobre teorías o variables, sin intentar establecer relaciones entre ellas (Hernandez , Fernandez, & Baptista, 2014).

### **3.1.3 Diseño de investigación**

El diseño de esta investigación es no experimental, ya que se trata de un estudio de caso y siendo la unidad de estudio un flujo de trabajo basado en una metodología es único y su tipo y magnitud no admite ser controlada como otros tipos de unidades de estudio que sí pueden ser estudiadas en laboratorios, además no se trabajará con ensayos y/o pruebas controladas en laboratorios.

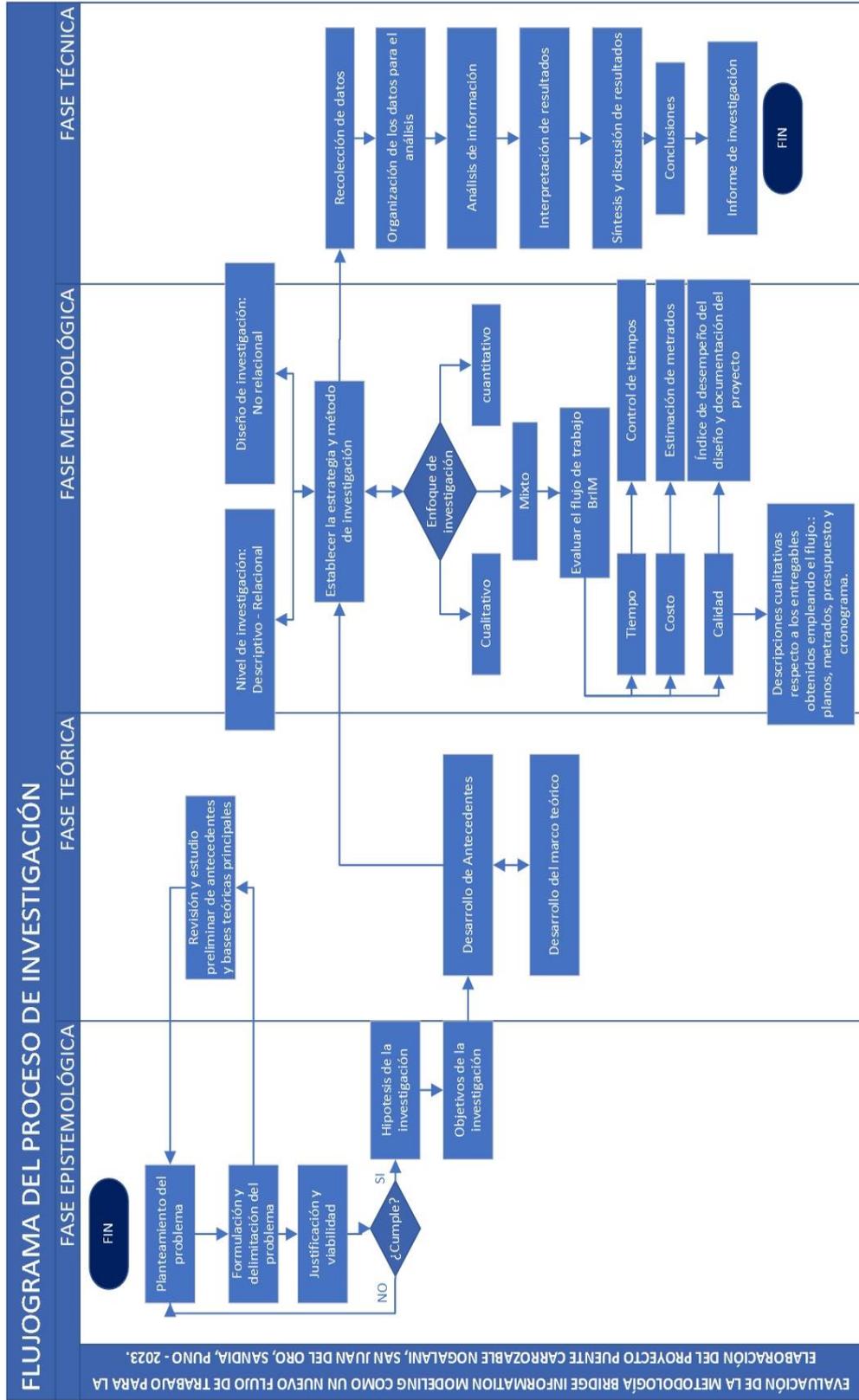
El diseño no experimental se utiliza cuando el investigador necesita verificar o confirmar resultados y llevar a cabo una validación cruzada entre datos cualitativos y cuantitativos, aprovechando las fortalezas de cada metodología y mitigando sus debilidades. En este enfoque, La validación o verificación de resultados no siempre es garantizada. Los datos tanto cualitativos como cuantitativos son recogidos y analizados simultáneamente en relación con un problema de investigación específico. Durante la interpretación y discusión, se explican y comparan ambas clases de resultados, destacando las diferencias y similitudes entre las bases de datos (Hernandez , Fernandez, & Baptista, 2014).

### **3.1.4 Flujograma del proceso de investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación se siguió la secuencia de procesos investigativos que figuran en la siguiente Figura 4.

**Figura 4**

*Flujograma del proceso de investigación.*





## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 Población**

Los proyectos de puentes carrozables del Gobierno Regional de Puno en el 2023.

### **3.2.2 Muestra**

Proyecto del puente carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandía, Puno - 2023.

### **3.2.3 Caso de estudio**

#### **3.2.3.1 Descripción del proyecto**

##### **3.2.3.1.1 Generalidades**

El proyecto “Creación del puente carrozable Puente Nogalani” forma parte de un paquete de proyectos de mayor envergadura denominado: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR A TRAVES DE PUENTES CARROZABLES EN LAS PROVINCIAS DE CARABAYA Y SANDIA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO” con CUI 2470024, el cual incluía 28 puentes ubicados en distintas localidades de las provincias de Sandía y Carabaya. El puente Nogalani pertenece al sector del mismo nombre, perteneciente al centro poblado de Alto Yanamayo del distrito de San Juan del Oro de la provincia de Sandía. En la actualidad la localidad de Nogalani continúa careciendo de esta obra tan necesaria para mejorar la

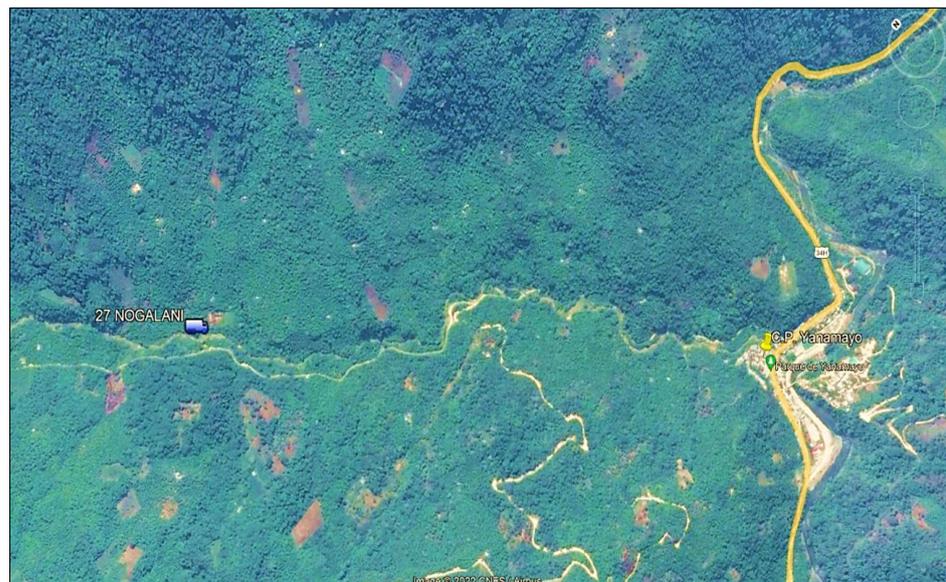
transitabilidad vehicular y peatonal, es decir el proyecto aún no ha pasado a su etapa de construcción.

### 3.2.3.1.2 Ubicación

El proyecto encuentra ubicado en Sector Nogalani perteneciente al centro poblado Alto Yanamayo del distrito de San Juan del Oro de la provincia de Sandia, en la siguiente Figura 5 se muestra su ubicación en relación al centro poblado Alto Yanamayo.

#### Figura 5

*Ubicación del puente Nogalani - centro poblado Alto Yanamayo.*



Para una mejor referencia de la ubicación se presenta la Tabla 3 de ubicación y Tabla 4 de coordenadas del puente, además de la Figura 6,7 y 8 de mapa local, regional y nacional.

**Tabla 3**

*Ubicación del Proyecto.*

---

Sector	: Nogalani
Centro poblado	: Alto Yanamayo
Distrito	: San Juan del Oro
Provincia	: Sandia
Departamento	: Puno

---

**Tabla 4**

*Coordenadas UTM del puente Nogalani.*

---

	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Altitud</b>
Puente Nogalani	488,576.00	8'431,305.00	1227 m s. n. m.

---

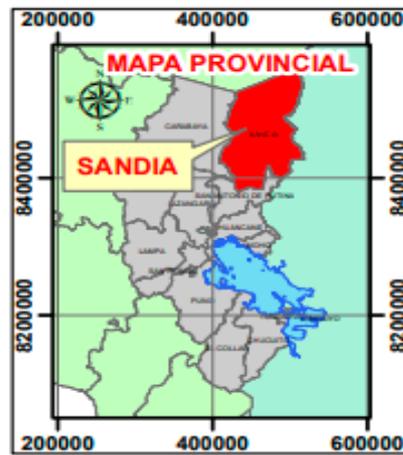
**Figura 6**

*Ubicación del distrito San Juan del Oro - provincia de Sandia.*



**Figura 7**

*Ubicación de la provincia de Sandia dentro del departamento de Puno.*



**Figura 8**

*Ubicación del departamento de Puno dentro del país Perú.*



### 3.2.3.1.3 Accesibilidad

Para poder llegar a la zona del proyecto se tiene la ruta vía terrestre más conveniente partiendo desde la ciudad de Puno hasta llegar a la ubicación proyectada del puente Nogalani siendo un total de 370 kilómetros de recorrido en aproximadamente 10 horas de viaje, esto de acuerdo a la ruta mostrada en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Ruta de Accesos a la zona del proyecto.*

Nº	Tramo	Distancia (Km.)	Tiempo (Min.)	Tipo de Vía
1	Puno - Juliaca	42.8	53	Asfaltada
2	Juliaca – San Antonio de Putina	92.2	101	Asfaltada
3	San Antonio de Putina – Sandia	150.2	230	Asfaltada/Afirmado
4	Sandia - Yanamayo	83.3	205	Afirmado
5	Yanamayo – Puente Nogalani	1.9	10	Afirmado
Total		370.4	599	

#### 3.2.3.1.4 Datos Principales

El proyecto lo ejecuta el Gobierno Regional de Puno a cargo de la sub gerencia de estudios definitivos, en la Tabla 6 se detalla más información correspondiente al proyecto:

**Tabla 6**

*Datos generales del proyecto.*

Sector	:	99 Gobiernos regionales
Pliego	:	458 Gobierno Regional Puno
Unidad ejecutora	:	001 Región Puno Sede Central
Función	:	15 Transporte
Programa	:	033 Transporte Terrestre
Sub programa	:	0066 Vías Vecinales
CUI	:	2470024
Responsable:	:	Sub Gerencia de Estudios Definitivos

#### 3.2.3.1.5 Datos financieros

Respecto al financiamiento de la elaboración del expediente técnico se tiene que el Puente Nogalani pertenece a un paquete de 28 puentes, los cuales tienen un presupuesto global de 2'141,965.17 soles para la elaboración de los expedientes técnicos así mismo también se cuenta



con un plazo de elaboración global de 210 días calendarios. A continuación, en la Tabla 7 se detalla más datos financieros:

**Tabla 7**

*Datos financieros de la elaboración del expediente técnico.*

Fuente de Financiamiento	: Recursos Determinados
Entidad Financiera	: Gobierno Regional de Puno
Entidad ejecutora	: Gobierno Regional de Puno
Responsable:	: Sub Gerencia de Estudios Definitivos
Modalidad de Ejecución	: Administración Directa
Gasto de elaboración (paquete de 28 puentes)	: 2,141,965.17 soles
Plazo de elaboración (paquete de 28 puentes)	: 210 días calendarios
Gasto de elaboración (01 Puente Nogalani)	: 70,922.79 soles

### **3.2.3.1.6 Características principales y datos de los estudios**

Los estudios básicos de ingeniería a considerar para el diseño de puentes según el manual de diseño de puentes vigente son los estudios topográficos, hidrología e hidráulica, geológicos y geotécnicos, sísmico, de impacto ambiental, de tráfico, complementarios, trazo y diseño vial de accesos y por último un estudio de alternativas nivel de anteproyecto. Respecto a estos estudios para el puente Nogalani se tiene los siguientes datos e información principal para su diseño conceptual y definitivo:

- Estudios topográficos, respecto la topografía se tuvo acceso al informe de topografía en donde indica que el método empleado es la fotogrametría basada en un vuelo de drone con puntos de control en la superficie y también una georreferenciación en base a dos puntos geodésicos de orden “C”, así también se empleó el levantamiento topográfico con



estación total para las correcciones y verificaciones necesarias de los resultados obtenidos del procesamiento fotogramétrico.

A continuación, se presenta la Tabla 8 donde se detallan los puntos topográficos con estación total:

**Tabla 8**

*Puntos del levantamiento topográfico con estación total.*

<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Cota</b>	<b>Descripción</b>
1	488,549.498	8'431,364.604	1,233.378	PUN12090
2	488,523.068	8'431,378.176	1,235.440	PUN12091
3	488,523.809	8'431,354.200	1,228.133	PTO CAMBIO
4	488,576.465	8'431,349.915	1,229.778	FOTO CONTROL
5	488,549.195	8'431,342.467	1,226.364	FOTO CONTROL
6	488,591.152	8'431,349.719	1,231.334	EJE
7	488,590.276	8'431,348.202	1,231.403	LADO
8	488,576.602	8'431,348.475	1,229.904	LADO
9	488,574.495	8'431,351.239	1,229.606	LADO
10	488,554.199	8'431,352.544	1,227.548	EJE
11	488,554.227	8'431,350.885	1,227.488	LADO
12	488,554.420	8'431,353.918	1,227.604	LADO
13	488,535.544	8'431,349.486	1,227.579	LADO
14	488,578.451	8'431,326.706	1,229.324	Relleno
15	488,532.766	8'431,345.672	1,227.550	EJE
16	488,581.497	8'431,330.923	1t,231.037	Relleno
17	488,532.188	8'431,338.979	1,227.659	LADO
18	488,530.524	8'431,339.844	1,227.729	EJE
19	488,529.019	8'431,339.912	1,227.794	LADO
20	488,534.690	8'431,317.009	1,229.689	EJE
21	488,536.027	8'431,317.799	1,229.701	EJE
22	488,534.856	8'431,314.472	1,230.058	LADO
23	488,542.702	8'431,304.650	1,231.940	EJE
24	488,573.204	8'431,323.812	1,223.548	Relleno
25	488,576.785	8'431,326.928	1,224.041	Relleno
26	488,568.269	8'431,337.904	1,225.410	Relleno
27	488,561.110	8'431,336.987	1,225.693	Relleno
28	488,550.874	8'431,336.268	1,226.115	Relleno
29	488,545.698	8'431,360.286	1,227.920	Relleno
30	488,538.194	8'431,365.432	1,228.440	Relleno
31	488,528.003	8'431,365.635	1,228.876	Relleno
32	488,514.748	8'431,365.022	1,229.381	Relleno
33	488,502.354	8'431,368.925	1,230.256	Relleno
34	488,494.152	8'431,374.586	1,230.494	Relleno
35	488,494.746	8'431,372.055	1,230.331	ESPEJO AGUA



Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
36	488,496.000	8'431,364.906	1,229.471	ESPEJO AGUA
37	488,510.236	8'431,356.175	1,228.506	ESPEJO AGUA
38	488,520.379	8'431,353.433	1,228.159	ESPEJO AGUA
39	488,531.045	8'431,353.893	1,227.927	ESPEJO AGUA
40	488,517.493	8'431,372.995	1,229.742	Relleno
41	488,502.223	8'431,366.835	1,230.370	Relleno
42	488,519.702	8'431,355.517	1,229.591	ESPEJO AGUA
43	488,505.393	8'431,354.543	1,228.777	ESPEJO AGUA
44	488,514.317	8'431,351.311	1,228.493	Relleno
45	488,506.868	8'431,377.244	1,230.273	Relleno
46	488,550.792	8'431,291.779	1,234.084	EJE
47	488,552.046	8'431,292.723	1,234.042	LADO
48	488,549.350	8'431,291.030	1,233.971	LADO
49	488,557.917	8'431,282.076	1,235.876	EJE
50	488,558.835	8'431,282.886	1,235.895	LADO
51	488,556.662	8'431,281.486	1,235.821	LADO
52	488,557.470	8'431,276.316	1,236.651	EJE VÍA
53	488,558.367	8'431,277.812	1,236.646	LADO VÍA
54	488,556.363	8'431,274.546	1,236.574	LADO VÍA
55	488,512.665	8'431,338.044	1,231.293	Relleno
56	488,508.779	8'431,344.615	1,231.002	Relleno
57	488,522.687	8'431,323.492	1,233.352	Relleno
58	488,472.303	8'431,366.510	1,248.452	LADO VÍA
59	488,471.214	8'431,365.331	1,248.363	EJE VÍA
60	488,457.973	8'431,379.512	1,250.996	EJE VÍA
61	488,459.173	8'431,380.669	1,251.006	LADO VÍA
62	488,539.637	8'431,313.157	1,230.699	EJE PROPUESTO
63	488,568.652	8'431,334.376	1,225.255	Relleno

También se tuvo acceso a los planos entregables del estudio de topografía de acuerdo a la Tabla 9:

**Tabla 9**

*Planos topográficos del estudio de topografía.*

N°	Descripción	Código
1	PLANO DE UBICACIÓN	PU-01
2	VISTA GENERAL	VG-01
3	PLANO GENERAL	PT-01

- Estudios de Hidráulica e hidrología, respecto a estos se tuvo acceso al informe del estudio detallado de la cuenca del río Yanamayo obteniéndose en la parte hidrológica que la cuenca



tiene un área de 1453.7 hectáreas con un total de 88 ríos aportantes hasta el punto de interés, los datos pluviométricos fueron tomados de la estación Tambopata - 114043, siendo la más cercana a la zona de influencia del proyecto. Luego de haber realizado el análisis estadístico de los datos en el informe se indica que la distribución lognormal es la que más se ajusta a la distribución de probabilidad de precipitación máxima en 24 horas. Así mismo nos indican que el tiempo de concentración de la cuenca es de 32.68 minutos y por último proporciona el caudal máximo de diseño, calculado con el software HEC HMS, siendo 7.40 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 140 años y un caudal de 14.30 m<sup>3</sup>/s para 500 años, el cual se empleará en cálculos de socavación.

En la parte hidráulica se tiene que el río en el tramo de interés cuenta con una pendiente entre 1% a 3%, además considerando los datos hidrológicos de la cuenca realizaron el procesamiento con el software HEC RAS para así obtener que los principales datos requeridos para el diseño del puente, los cuales están en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Datos obtenidos del procesamiento con Hec Ras.*

N°	Descripción	Valor
1	Tirante máximo para un periodo de retorno de 140	1.08 m
2	Cota de nivel máximo de agua	1,228.55 m s. n. m.

Respecto a la socavación en el informe indica que en la zona de estudio se tiene una socavación de 1.5 metros en el cauce del río, 1.80

metros en el estribo derecho y 1.60 en el estribo izquierdo, esto para un periodo de retorno de 500 años.

- Estudios geológicos y geotécnicos, respecto a estos se tuvo acceso al informe del estudio, en el cual se recomienda que por tratarse de suelos gravosos arenosos (Estribo Derecho e Izquierdo), se recomienda cimentar las estructuras, a una profundidad mínima de Df de 4 m por debajo del terreno natural, el cual contemplará zapatas rectangulares de 2.00 x 6.00 m. Los datos mencionados se complementan con la siguiente Tabla 11:

**Tabla 11**

*Principales datos geotécnicos.*

<b>Perforación</b>	<b>Estrato</b>	<b>Prof. de Cimentación (m)</b>	<b>Q admisible (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Asentamiento (cm)</b>
E derecho	E-4	4	5.18	0.43
E izquierdo	E-4	4	4.58	0.43

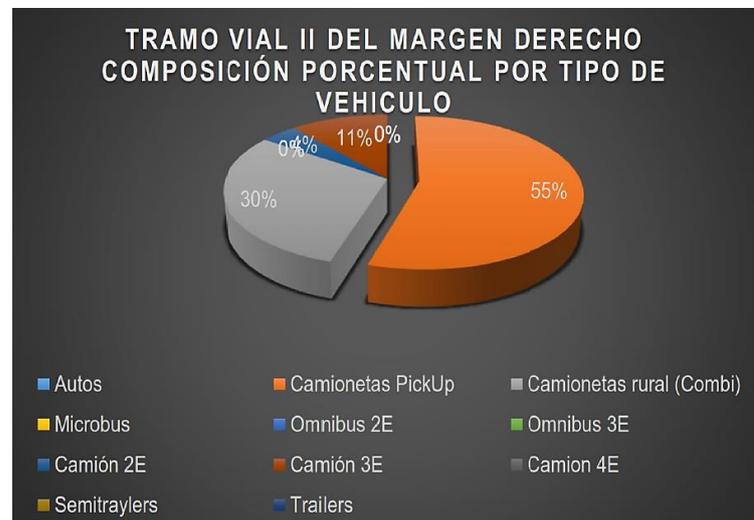
En el mismo informe se encontró que se realizaron sondajes de profundidad de 10.30 y 10.50 metros para el estribo derecho e izquierdo respectivamente además para la obtención de datos para los cálculos complementarios respecto a la geotecnia del proyecto, donde se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo SPT - estribo derecho a 10m.
- Ensayo SPT - estribo izquierdo a 10m.
- Sondajes - perforación Diamantina estribo derecho a 10.3m.
- Sondajes - perforación Diamantina estribo izquierdo a 10.5m.
- Ensayo granulométrico por tamizado

- ensayos de límites de consistencia
- estudio de canteras y fuentes de agua – Nogalani
- Diseño de mezclas - Nogalani
- Estudio de tráfico, en este estudio se indica que la metodología empleada es de conteo vehicular en 2 estaciones en un periodo de una semana y ajustado posteriormente por el factor de corrección estacional llegándose a obtener un IMDA de 288 vehículos por día para el año 2022 y realizando la proyección de tráfico para 20 años se tiene un IMDA de 554 vehículos por día. Además, el informe detalla la composición vehicular como se muestra en el diagrama en la Figura 9.

### Figura 9

*Gráfico del IMDA de los vehículos.*



FUENTE: Informe de estudio de Tráfico.

Estudio de trazo y diseño vial de accesos, se tuvo acceso al informe del estudio donde en consideración que el IMDA es de 288 vehículos por día la clasificación por demanda según el DG-2018 corresponde a una carretera de tercera clase, además la orografía de la zona de proyecto

corresponde a un terreno accidentado (tipo3). En la tabla 12 se muestran algunas consideraciones del trazo y diseño vial.

**Tabla 12**

*Consideraciones de trazo y diseño vial de accesos*

<b>Consideraciones de trazo y diseño vial de accesos</b>	
Clasificación Vial por demanda	Carretera de tercera clase.
Clasificación por orografía	Terreno accidentado (tipo 3)
Longitud de acceso margen izquierdo	96.37 m.
Longitud de acceso margen derecho	98.62 m.
Longitud de Puente	25.00 metros
Tipo de Puente	Viga - losa
Espesor de losa de aproximación	0.2
Velocidad de Diseño	30 km/h (Variable)
Radio min. Curvatura Calculada	10.00 m (Variable)
Radio min. Curvatura Accesos	12.500 m (Variable)
Radios considerados, ingreso y salida de Puente	Margen Der. = 12.50.00 m Margen Izq.= 17.85 m
Bombeo	2 %.
Pendiente mínima de diseño	5.75 %.
Pendiente máxima de diseño	-10.54 %.
Pendientes del proyecto	Mínima= 5.75%, máxima= 10.54 %.
Peralte máximo	12%.
Ancho de calzada	4.20 m.
Berma	Sin berma

- Los estudios sísmicos, de acuerdo con la norma los estudios sísmicos especiales no corresponden, debido a que en el manual de diseño de puentes específicamente en el ítem 1.4.3 requerimiento de los estudios sísmicos señala que, para los puentes de una sola luz, simplemente apoyados en los estribos, independientemente de la zona sísmica en la que se ubique se podrán utilizar directamente las fuerzas sísmicas mínimas especificadas en el título II del manual de diseño de puentes. Considerando esto en el informe se tiene que la zona de estudio se encuentra en la zona 1, en donde el



coeficiente de aceleración  $A_s$  sea menor que 0.05, donde la fuerza de diseño horizontal en las direcciones restringidas de una unión se deberá tomar mayor o igual que 0.15 veces la reacción vertical.

Sin embargo, cabe aclarar que según el caso sea la limitada accesibilidad a la información, por su inexistencia, por no corresponder al proyecto y por no tener relación directa con la investigación para el caso de la presente investigación no se consideraron los estudios de impacto ambiental, complementarios y estudios de alternativas por los siguientes motivos:

- Los estudios de impacto ambiental aún no se realizaron y/o están en trámite, a la vez que no tiene relación directa respecto al diseño del puente Nogalani, más si es influyente para la etapa de construcción e intervención posterior.
- Respecto a los estudios complementarios se puede considerar los estudios enfocados a la parte social como el PACRI, plan de compensación y reasentamiento involuntario, sin embargo, en este caso no corresponde debido a que no hay habitantes cercanos a los estribos y accesos de puente Nogalani. Además, estos aspectos no tienen relación directa con el diseño del puente.
- Respecto al estudio de alternativas, no se cuenta con un informe detallado y/o documentado, asumiéndose que los jefes del proyecto vieron conveniente respetar las consideraciones del estudio de pre inversión a nivel de perfil donde la

alternativa propuesta es un puente de concreto armado tipo viga losa.

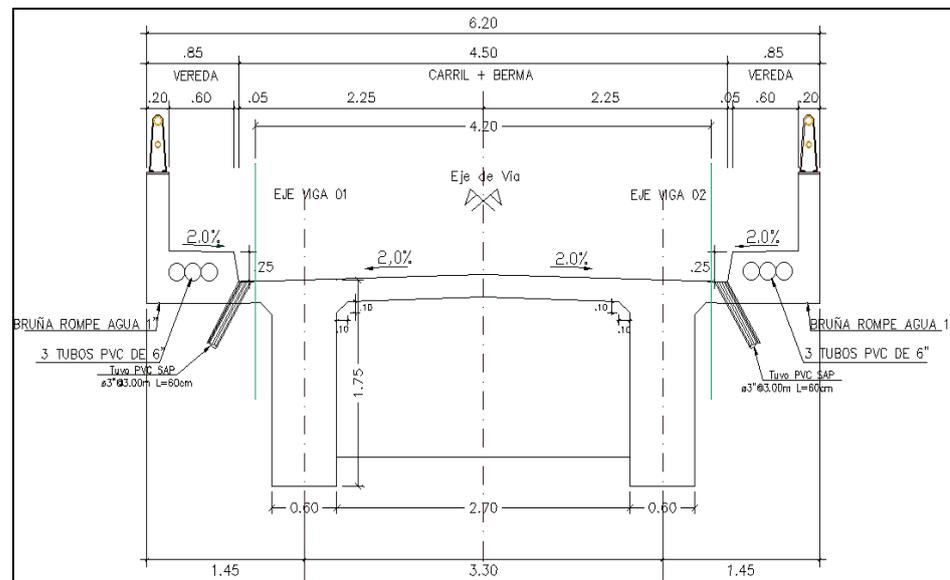
### 3.2.3.1.7 Características principales del puente proyectado

Las principales características del puente proyectado se describirán separando los 3 componentes principales del proyecto como sigue a continuación:

- La superestructura es de tipo viga losa con material de concreto armado, de un solo tramo simplemente apoyado, de un solo carril de 4.2m de ancho con veredas laterales de 0.60m de ancho y barandas de seguridad, tal como se visualiza en la Figura 10.

**Figura 10**

*Sección de la super estructura del puente.*

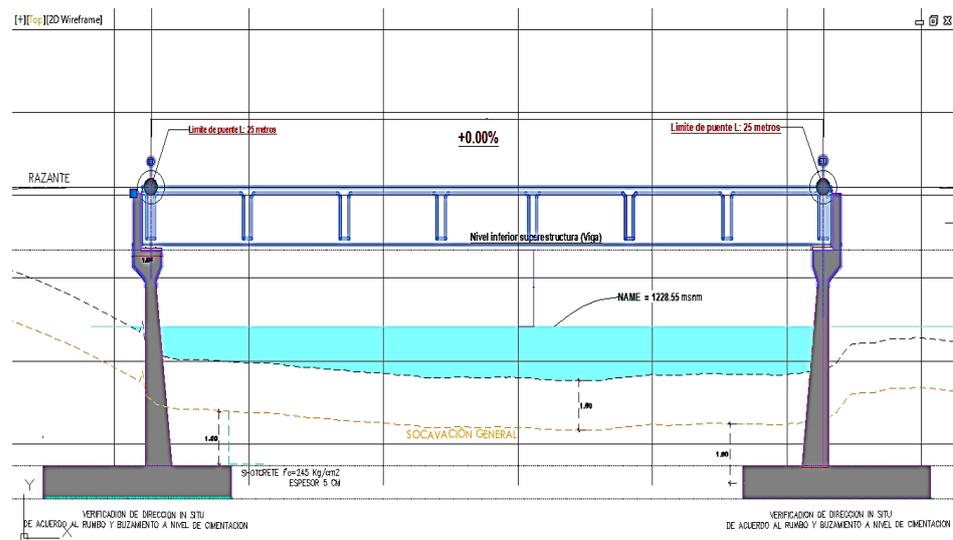


- La subestructura está conformada por dos estribos, uno en cada extremo y/o ribera del río con muros pantalla y

cerramiento lateral del material de relleno conformado para los accesos como se aprecia en la Figura 11. Además, el elemento de apoyo o transmisión de cargas entre la superestructura y la subestructura será neopreno.

**Figura 11**

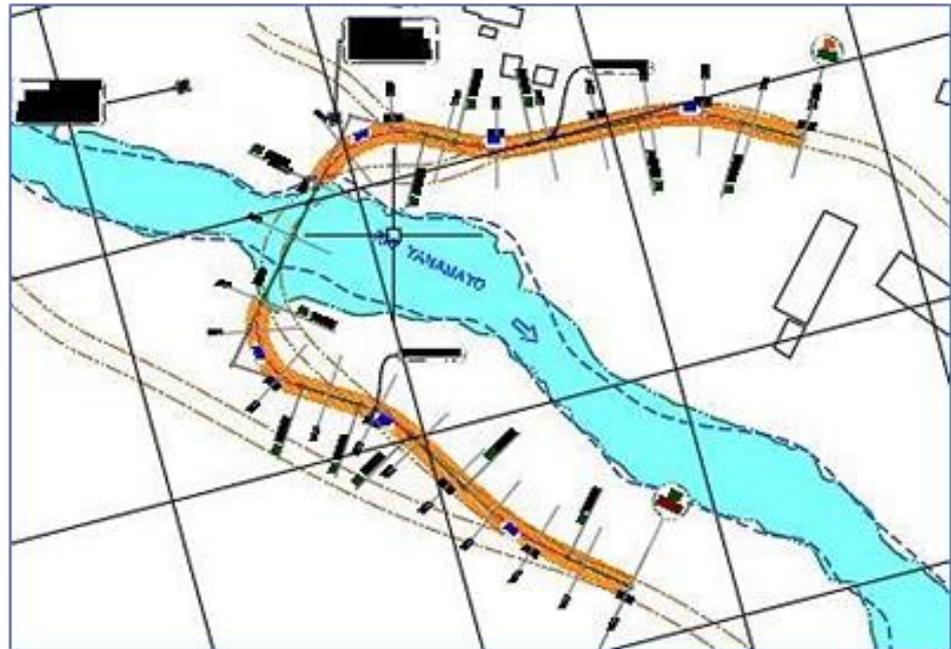
*Perfil de la estructura del puente.*



- Los accesos serán diseñados y acondicionados de tal forma que permita un correcto empalme entre la vía y el puente. Estos serán proyectados para ambos lados de acceso al puente, teniendo un aproximado de 100m de trazo y diseño vial como se puede apreciar en la Figura 12.

**Figura 12**

*Vista de planta de los accesos del puente.*



### 3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.3.1 Capacitación y organización BrIM

Para poder establecer un programa de capacitación acerca de los softwares que involucra el flujo BrIM, se realizó una revisión y estudio de diversas fuentes, siendo las principales las tesis empleadas como antecedentes de esta investigación, los cursos pregrabados disponibles en línea y los videos de YouTube. Pues es necesario aclarar que no existe un único programa de capacitación BrIM validado y/o establecido, pues la constante evolución de la tecnología hace que se actualice en periodos cortos de tiempo. Si embargo realizada la revisión y estudios de los archivos mencionados se elaboró un flujo de trabajo BrIM preliminar, el cual se procedió a verificar respecto a la interoperabilidad y la funcionalidad secuencial entre los softwares y como consecuencia se replanteo el flujo BrIM para luego verificarlo nuevamente,



logrando así obtener un flujo BrIM con la secuencialidad e inter operatividad satisfactoria, siendo este el que se describe en el ítem 3.5.2.

Respecto a la normatividad también se realizó el estudio correspondiente, para así poder establecer un flujo de trabajo acorde a la normatividad vigente, encontrándose como documento principal a la Guía Nacional BIM versión 2023, que entre los más importante contiene los estándares BIM respecto a los usos BIM, nivel de información necesaria(LOIN), roles BIM y también la gestión de la información BIM que relaciona a la partes involucradas, las etapas organizacionales, documentos que se emplearán, las actividades dentro del proceso de gestión de la información BIM y su relación con las fases del ciclo de inversión. También establece premisas para la adopción BIM, las estrategias de colaboración y facilita las herramientas documentarias para encaminar y facilitar la adopción de la metodología BIM, siendo una de las principales el del Anexo 1 – Formato N°05; Registro del plan de ejecución BIM que en siglas se conoce como BEP, este documento facilita la organización del trabajo en la adopción del BIM, este documento describe cómo el equipo de ejecución abordará la gestión de la información, abarcando la metodología de trabajo, los procesos, las características técnicas, los roles, las responsabilidades y los entregables, todo conforme a los requisitos de información establecidos en las fases del ciclo de inversión de un proyecto BIM..

De esta forma considerando la normatividad vigente se ratificó el flujo de trabajo BrIM para luego poder tener un programa de capacitación de softwares como se detalla en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Programas de capacitación BrIM.*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción de Cursos</b>	<b>Institución / Fuente</b>	<b>Software</b>
1	BIM aplicado a puentes con Revit structure.	PORTAL CIVIL	Revit
2	Revit Structure aplicado a puentes.	INFINITYTECH	Revit
3	Diseño y detallado de puentes de hormigón armado con CSI Bridge	YOUTUBE	CSI Bridge
4	Presupuestos BIM con Presto y Cost-It	KONSTRUEDU	PRESTO
5	Infracore para diseño de puentes	YOUTUBE	Infracore
6	Naviswork aplicado a puentes	INFINITYTECH	Naviswork
7	Diseño geométrico de carreteras con Civil 3D	KONSTRUEDU	Civil 3D

El programa de capacitación BrIM se apoyó y complementó en una base de conocimientos previos teóricos de diseño de puentes y manejo de softwares convencionales como AutoCAD, Microsoft Excel y Microsoft Project acorde a la necesidad de cada curso.

### **3.3.2 Diseño del flujo de trabajo BrIM**

Para la el diseño del flujo de trabajo BrIM principalmente se consideró los siguientes criterios:

- Secuencialidad cronológica funcional de las actividades ingenieriles requeridas para la elaboración del expediente técnico en la etapa de ingeniería de diseño.
- Disponibilidad de software BIM.
- Interoperabilidad de los softwares BIM.
- Complementariedad entre las funcionalidades de los softwares BIM y los usos BIM requeridos.



- Consideraciones de entorno laboral como funciones e interdependencia entre jefaturas y oficinas, esto de acuerdo al Anexo 2 del organigrama vigente del Gobierno Regional de Puno.

Considerando los criterios mencionados se elaboró un listado de procesos y actividades necesarias para lograr desarrollar el proyecto, los cuales posteriormente se agrupó en fases y con ello se elaboró un flujograma de trabajo BrIM. Establecido el flujograma se empezó a indagar los softwares BIM disponibles que den soporte para realizar las actividades requeridas y que además tengan interoperabilidad entre ellos, posterior a esto se empezó a realizar pruebas y verificar la interoperabilidad. Finalmente se logró establecer el flujograma de trabajo en base a la metodología BrIM presentado en la Figura 13 y adjuntado en el Anexo 3 en tamaño grande para una mejor visualización.

Las fases establecidas para realizar el proyecto en la etapa de diseño son cinco, las cuales se detallan a continuación:

La primera fase es el procesamiento BrIM de los estudios básicos; en esta fase se encuentra los procesos que adecuan los resultados de los estudios básicos como informes y planos CAD transformándolos en información BrIM que equivale en gran parte a realizar modelados 3D. Entre los procesos de esta fase se encuentra la conversión de la información topográfica, hidrológica e hidráulica, geológica y geotécnica y su ensamblado en un modelo integrado, para proseguir con el procesamiento BrIM de la información de trazo y diseño vial, el cual se apoya en los estudios antes mencionados. Por último, se obtiene un modelo integrado de estudios básicos, lográndose una visualización 3D del entorno del proyecto, lo cual es muy útil para realizar un análisis del entorno físico de manera



integral para poder determinar la ubicación más favorable del puente, accesos y obras complementarias necesarias.

La segunda fase es el diseño conceptual BrIM, en esta fase se encuentra el proceso de diseño general y modelado preliminar del puente con las características principales preestablecidas como el tipo de puente, el material, la luz, medidas de componentes estructurales pre-dimensionadas y similares, esto con el uso de los softwares Infracore y Revit. Como segundo proceso se tiene el emplazamiento del modelo preliminar y compatibilización inicial de especialidades, que equivale a una revisión integral del emplazamiento del puente, accesos y obras complementarias en el entorno, esto en el programa Infracore, en los casos que haya falencia se debe regresar al proceso anterior para realizar las correcciones pertinentes, hasta que exista una compatibilidad inicial geométrica y funcional entre los estudios básicos, el puente, los accesos y demás obras complementarias.

La tercera fase es netamente el diseño de ingeniería que corresponde principalmente al diseño estructural, vial y especialidades requeridas. En esta etapa se realiza el análisis y diseño estructural para determinar las dimensiones finales de los componentes estructurales con sus respectivas cantidades de acero de refuerzo, de manera similar en el diseño vial y de las obras complementarias requeridas. Para esto se empleó el programa CSI Bridge, el cual a pesar de no tener una interoperabilidad BIM cuenta con una visualización 3D de la respuesta y/o comportamiento estructural que es muy favorable para la interpretación de la información estructural y su posterior modelado en el software Revit estructural.





En la cuarta fase de modelado definitivo de información se realizan los procesos de modelado principal del puente que implica el modelado definitivo de los elementos estructurales con sus aceros de refuerzo ya calculados en la fase anterior, de manera similar en el proceso se modela el carril de los accesos a detalle incluyendo las instalaciones u obras complementarias. Posteriormente se realiza la identificación y absolución de incompatibilidades e interferencias con ayuda de los softwares Revit y Naviswork, que tienen funcionalidades de detección de interferencias e incompatibilidades en detalles como la superposición de elementos con diferentes características físicas y funcionales. Luego se prosigue con el modelado solución a incompatibilidades e interferencias resolviendo los problemas detectados se cuenta con los modelos finales del puente, los accesos y las obras complementarias. Como último proceso en esta fase se tiene la integración del modelado final del puente y accesos, consolidando los modelos finales de las distintas áreas, el cual se conoce como el modelo federado.

La quinta fase es el desarrollo de entregables el cual contempla los procesos finales como la elaboración de planos del puente en Revit y de los accesos en Civil 3D, la estimación de metrados del puente que emplea las tablas de cuantificación de Revit para luego vincularlo y/o exportarlo al espacio de mediciones del programa PRESTO, para los metrados de accesos generados en Civil 3D, particularmente las tablas generadas deben exportarse a MS Excel y luego llevarlo a PRESTO.

La estimación del presupuesto también se realiza con PRESTO, en el cual es posible generar la estructura de las partidas, los análisis de costos unitarios y



gracias a su interoperabilidad con Revit, es posible vincular y/o exportar los parámetros requeridos para obtener los metrados.

Por último, se realiza la planificación 4D y cronograma de obra empleando el programa Naviswork para lograr una secuencia constructiva más realista y poder tener un cronograma en MS Project que refleje una correcta planificación y programación de ejecución de obra.

De manera paralela al desarrollo de los procesos de las cinco fases descritas, donde los responsables de la elaboración tienen dependencia de la Sub Gerencia de Estudios Definitivos, se tiene el seguimiento, acompañamiento y control por parte de la Oficina Regional de Supervisión y Liquidación de Proyectos. En la metodología BrIM la supervisión trabaja de manera paralela al desarrollo y no solo al final para su evaluación, pues los responsables de supervisar el adecuado desarrollo del proyecto y elaboración del expediente técnico tienen acceso permanente al entorno común de datos CDE, donde se almacena y desarrolla la información del proyecto, con los permisos y restricciones otorgadas por el administrador del CDE, de esta manera puede influir en el proyecto con avisos oportunos de errores u omisiones en el desarrollo del proyecto. Asimismo los procesos de primera, segunda y tercera revisión presentes en el flujo de BrIM, son hitos de control para realizar las correcciones pertinentes a la fase, antes de proseguir con el desarrollo del proyecto bajo consideraciones equivocadas.

### **3.3.3 Descripción del flujo de trabajo convencional**

Para describir el flujo de la metodología convencional, se consideró el procedimiento llevado a cabo por el equipo profesional de estudios definitivos del

Gobierno Regional de Puno, delegado por modalidad directa. El proceso de elaboración se realizó en las instalaciones del Gobierno Regional, donde se procedió a observar y participar parcialmente en las actividades. Esto permitió conocer la secuencia de procedimientos y las herramientas de procesamiento utilizadas, como plantillas y software, y así establecer y describir el flujo de trabajo convencional empleado.

Una vez realizada una aproximación detallada al flujo de trabajo convencional, se elaboró el correspondiente flujograma, el cual se muestra en la Figura 14 y se adjunta en un tamaño ampliado en el Anexo 4 para una mejor visualización. En esta figura se representan las fases, los procesos y los programas empleados para desarrollar el expediente técnico del puente Nogalani.

Los procedimientos y pasos involucrados del flujo de metodología convencional se agruparon en 5 fases que son las siguientes:

La primera fase interpretación de estudios básicos consiste en la recopilación y revisión de estudios básicos. En esta etapa, se reúne toda la información relacionada con los estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos, así como los estudios geológicos y geotécnicos. Estos datos están documentados en forma de informes y planos CAD.

La segunda fase, el diseño conceptual, consiste en la concepción inicial y el predimensionamiento preliminar del puente de acuerdo con la información y el análisis de los estudios básicos. En esta fase se determina la ubicación del puente y se realiza el predimensionamiento de las partes de la estructura en 2D utilizando el programa AutoCAD. Además, se lleva a cabo el emplazamiento de la estructura



del puente y su integración con los accesos, revisando el diseño desde una perspectiva de planta y perfil.

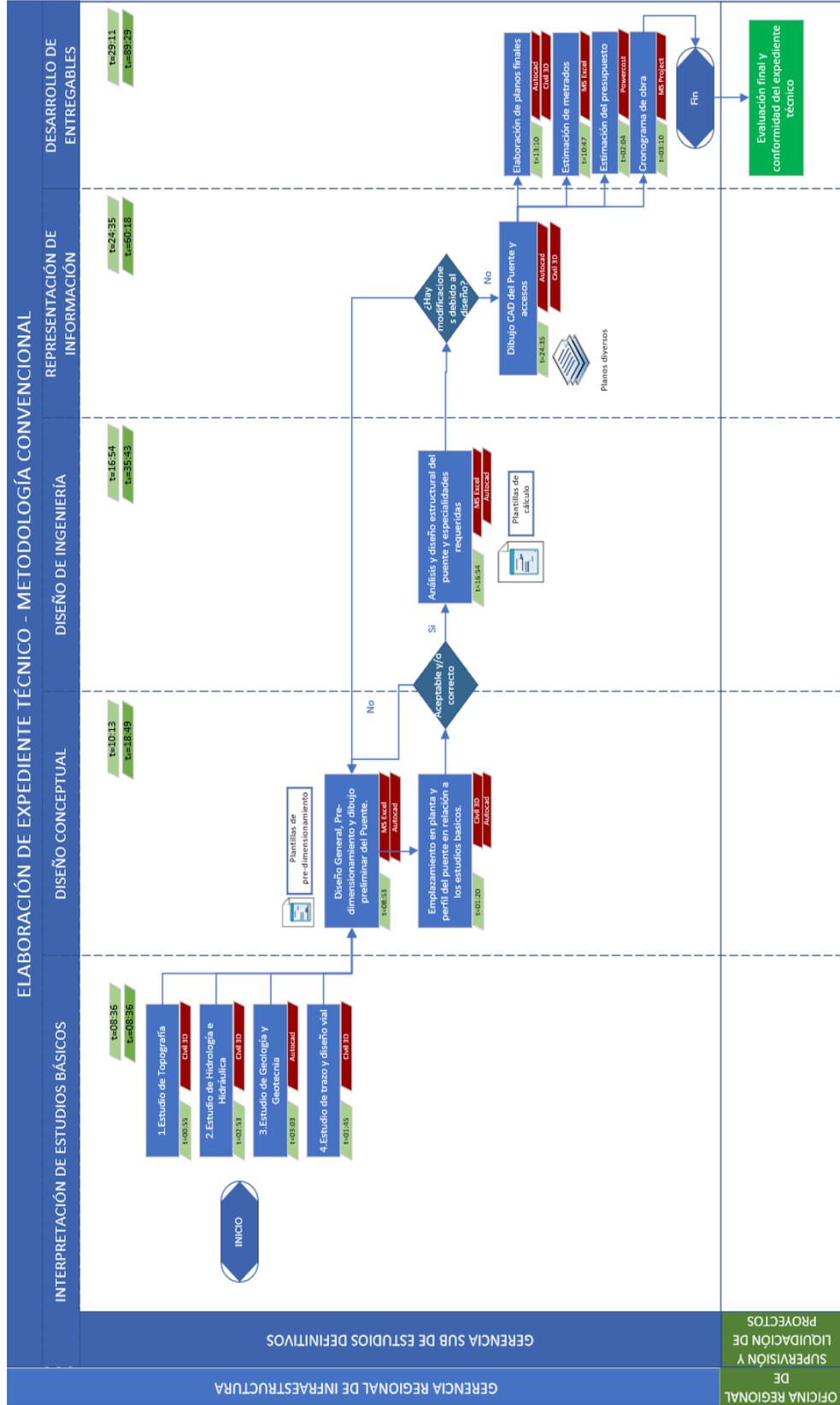
En la tercera fase, el diseño de ingeniería, se verifica si las características y dimensiones del modelo conceptual son correctas para determinar las dimensiones finales del puente. Para ello, se realiza el análisis y diseño estructural de las componentes del puente, utilizando plantillas de Excel previamente configuradas. Además, en esta fase se diseña el acero de refuerzo de los componentes del puente.

En la cuarta fase, representación de la información, una vez determinadas las dimensiones finales de la estructura, se procedió a elaborar los planos realizando los dibujos CAD definitivos de la estructura del puente utilizando el programa AutoCAD. Sobre los accesos del puente se realizó la revisión final del perfil y planta con las medidas finales de la estructura del puente.

Por último, desarrollo de entregables, en la quinta fase se preparan los entregables finales. Estos incluyen la elaboración detallada de los planos del proyecto, el presupuesto completo que abarca todos los costos estimados para la construcción del puente y la planificación de los tiempos mediante cronogramas. Estos documentos son esenciales para la ejecución del proyecto.

**Figura 14**

*Flujo de la metodología convencional.*



## 3.4 PROCEDIMIENTO

### 3.4.1 Implementación de la metodología BrIM en el proyecto

La implementación de la metodología BrIM se realizó en la etapa de elaboración del expediente técnico, basándonos en la Guía Nacional BIM versión 2023. Para una adecuada implementación de la metodología BrIM al proyecto se comenzó con el desarrollo del documento de plan ejecución BIM – BEP en el cual se definió los roles y responsabilidades de cada agente dentro del proyecto, en el cual se estableció la forma de comunicación para garantizar la fluidez de la información entre los diferentes equipos y las condiciones que deben cumplir los entregables el documento BEP se adjuntó en el Anexo 1 Formato N°05: Registro del Plan de Ejecución BIM – BEP de la Guía Nacional BIM.

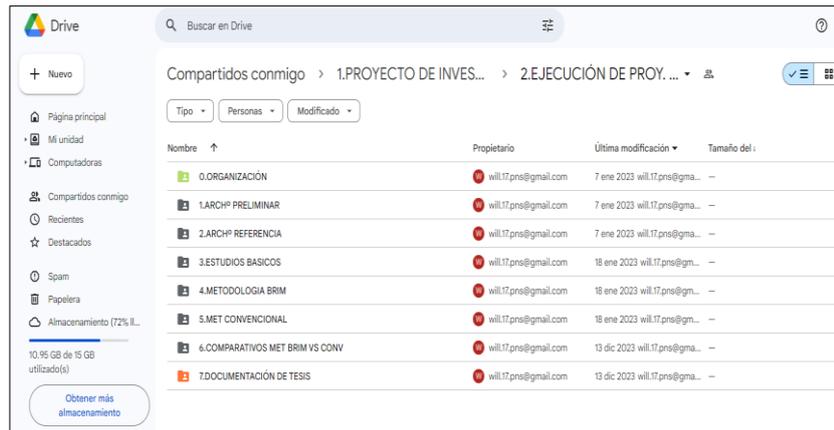
El entorno común de datos (CDE) que se implementó la metodología BrIM fue en Google Drive web y Google Drive de escritorio plataforma gratuita como se muestran en la Figura 15 y 16, que nos permite almacenar distintos tipos de archivos e ingresar a ellos desde cualquier aparato electrónico conectado a la nube, este entorno nos permitió gestionar la información de una forma estructurada y ordenada permitiendo el intercambio adecuado de datos e información del proyecto entre los involucrados.

Otro aspecto importante del CDE es que permite el trabajo compuesto y sincronizado en base al internet empleando el programa Revit, en el cual se puede crear un modelo central, este modelo puede abrirse en diversas computadoras, creando un archivo local para cada modelador BIM, en este archivo local se desarrolla la zona delegada acorde a cada especialidad, para luego sincronizar este trabajo parcial al modelo central, en donde se almacena, combina y compone el

modelo compuesto. Esta última función se asemeja a una construcción virtual donde cada modelador BIM equivale a un equipo de personal obrero que se encarga de la construcción de un área y/o zona de trabajo delegada.

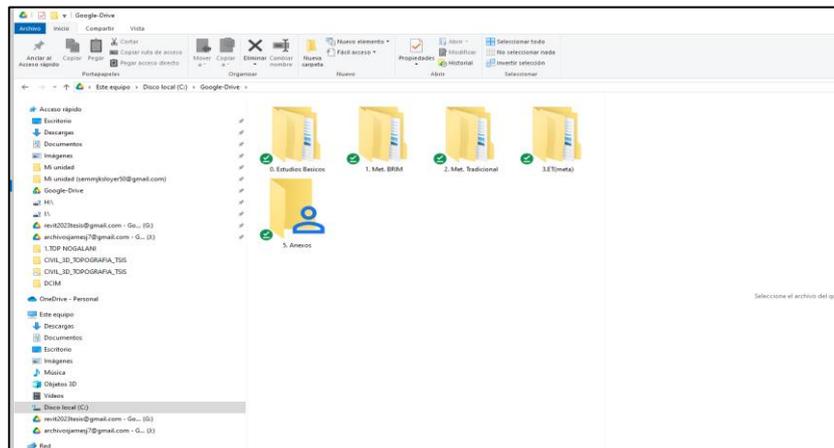
**Figura 15**

*Google Drive en la web.*



**Figura 16**

*Google Drive de escritorio.*



### 3.4.1.1 Procesamiento de estudios básicos

#### 3.4.1.1.1 Información topográfica

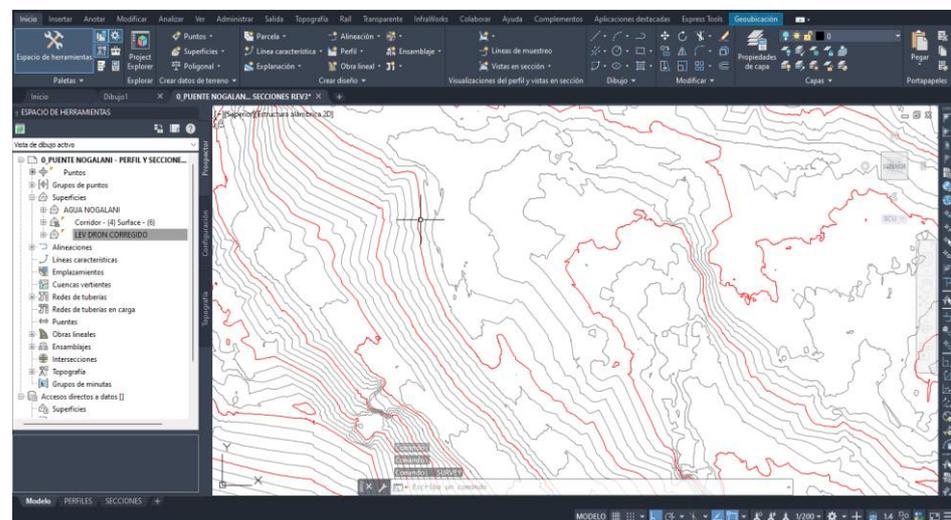
A partir del levantamiento Topográfico realizado en campo el cual contiene puntos con la información de planimetría y altimetría del terreno,

en cual se creó la superficie del terreno en el programa Civil 3d de acuerdo a los puntos obtenidos por el levantamiento topográfico.

La superficie creada se conforma por triángulos que constituyen la triangulación de la superficie y así obtener un plano con las curvas de nivel principal y secundaria donde se puede visualizar el relieve de terreno en una vista 2D y 3D como se muestra en la Figura 17 y 18.

### Figura 17

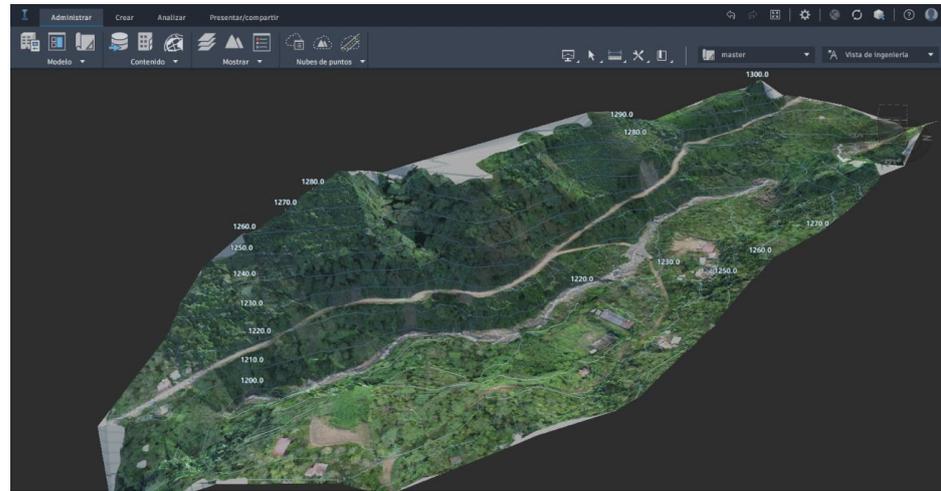
*Vista de las curvas de nivel realizado en el programa Civil 3D.*



Luego de realizar las superficies del terreno en Civil 3D se procedió a exportar la superficie al programa Infracore donde se visualizará con los demás estudios básicos.

**Figura 18**

*Vista de 3D del terreno, importado de Civil 3D al programa Infraworks.*

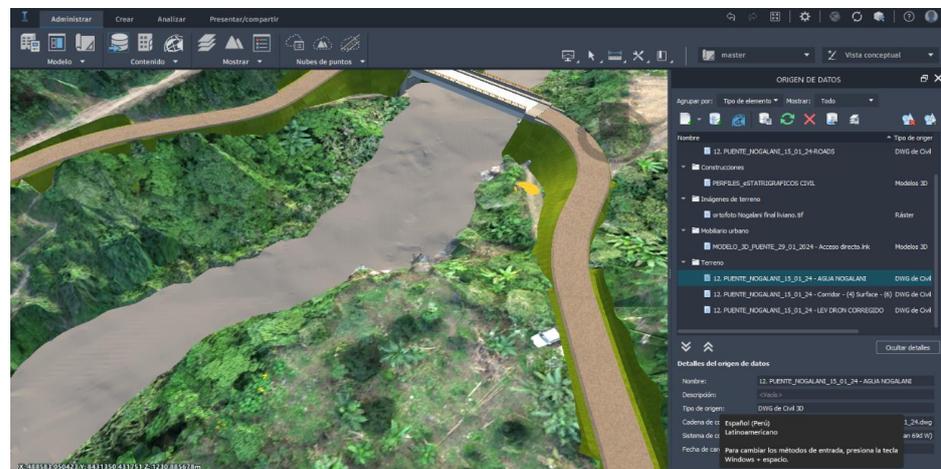


### 3.4.1.1.2 Información hidrológica e hidráulica

Se procedió a realizar el cálculo del nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) en la extensión HEC-RAS del programa Civil 3D el cual fue representado gráficamente en programa Civil 3D mediante una superficie el cual fue exportado al programa Infraworks como se muestra en la Figura 19.

**Figura 19**

*Vista 3D Importado del programa Civil 3D al programa Infraworks.*



### 3.4.1.1.3 Información geológica y geotécnica

Se procedió a realizar la estratigrafía de las dos muestras tomadas con perforación diamantina uno al lado izquierdo del puente (ED-01) y el otro al derecho (ED-02) como se detalla en la Tabla 14:

**Tabla 14**

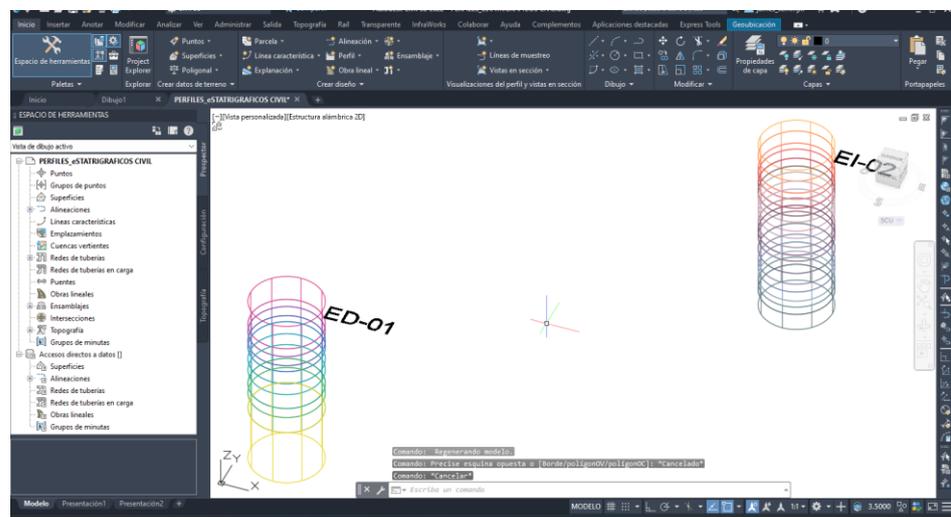
*Ubicación de la perforación diamantina.*

Zona	Código	Profundidad	Coordenadas		
			E	N	Z
NOGALANI	ED-1	10.30	488540.236	8431328.424	1226.939
NOGALANI	ED-2	10.50	488560.731	8431348.586	1228.002

Para su representación gráfica se usó la extensión Geotechnical modeler del programa Civil 3d donde se ingresan los datos de ubicación, profundidad y espesor de los estratos los cuales se grafican los dos estratos en la superficie del terreno del proyecto en formas de cilindro como se muestra en la Figura 20.

**Figura 20**

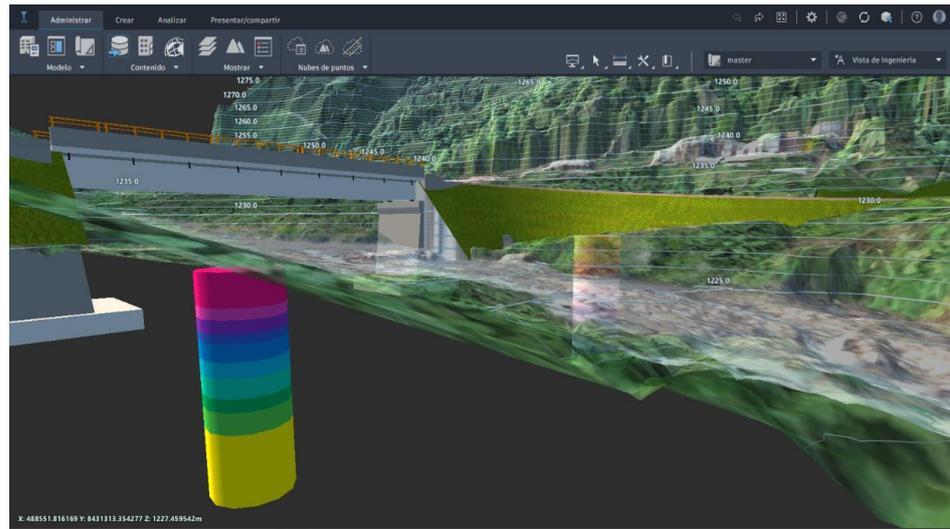
*Vista 3D de los estratos que fueron realizados en el programa Civil 3D.*



Luego de la creación de los estratos en el programa Civil 3D se procedió a exportar al programa Infracore para la visualización con los demás estudios básicos.

### Figura 21

*Vista 3D de los estratos del suelo en el programa Infracore.*



#### 3.4.1.1.4 Información de Trazo y diseño vial de accesos

Al tener la superficie del terreno ya modelado con las curvas de nivel respectivas se procedió a realizar el diseño geométrico de planta y diseño geométrico vertical como se muestra en la Figura 22 del acceso izquierdo y derecho, el cual fue realizado en programa Civil 3D de acuerdo a la norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018. Con el cual se obtuvieron las siguientes características de los accesos como se muestra en la Tabla 15.

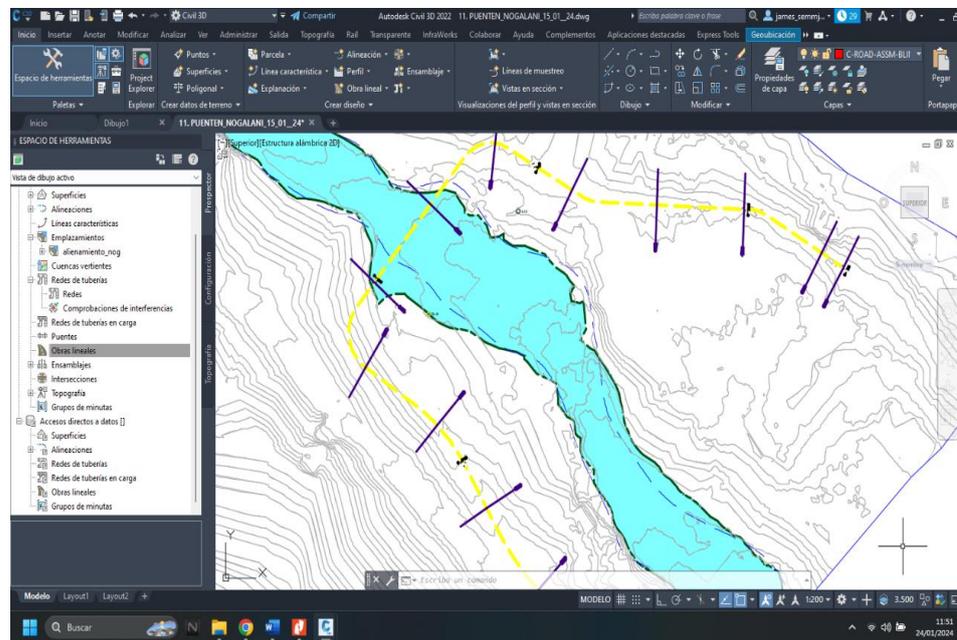
**Tabla 15**

*Resumen de Diseño Geométrico.*

Clasificación por Demanda	Trocha Carrozable
Clasificación por Orográficas	Terreno escarpado (tipo 4)
Radio Mínimo	(Ingreso – Salida) 12.50 m
Radio Mínimo (Acceso)	Radio Mínimo (Acceso)
Pendiente mínimo	5.75%
Pendiente máxima	-10.94%
Ancho de Calzada	4.20 m

**Figura 22**

*Vista de planta donde se realizó el diseño Geométrico en Civil 3D.*

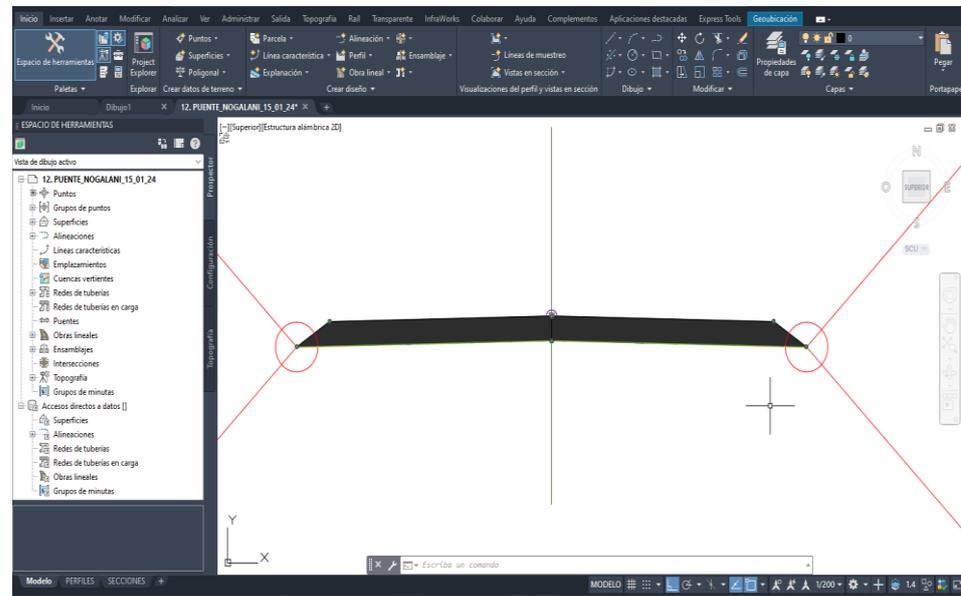


Luego de realizar el diseño geométrico de planta se procede a crear el ensamblaje como se muestra en la Figura 23 para poder crear la obra lineal de los accesos del puente en el programa Civil 3D.

Sobre el acceso izquierdo se tiene una longitud de 99 metros con las progresivas del km00+00 al km00+99 como se muestra en la Figura 24 y sobre el acceso derecho con una longitud de 101 metros con las progresivas del km00+125 km00+226 como se muestra en la Figura 25.

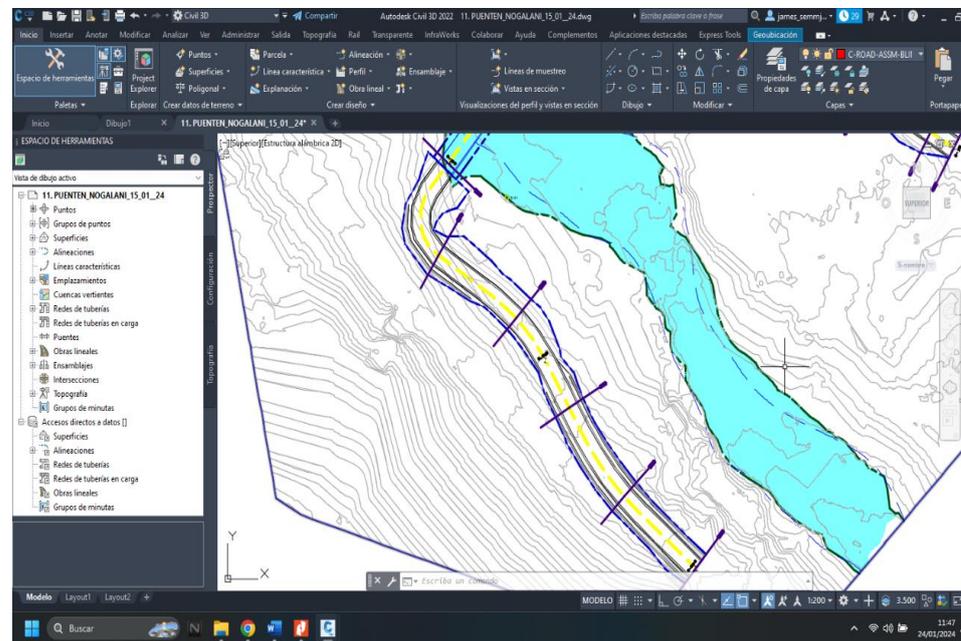
**Figura 23**

*Vista de perfil de ensamblaje de los accesos en Civil 3D.*



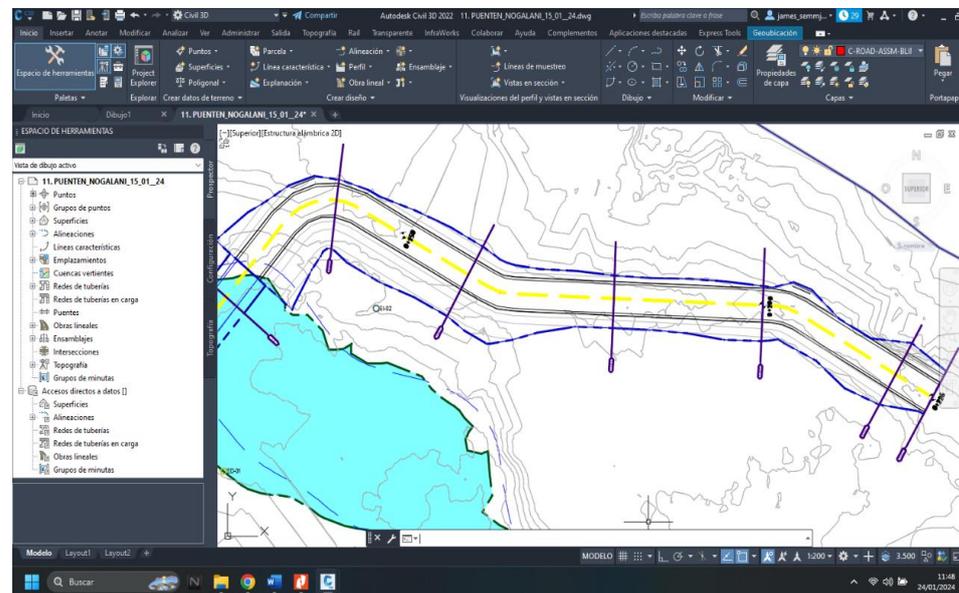
**Figura 24**

*Vista en planta del acceso izquierdo realizado en el programa Civil 3D.*



**Figura 25**

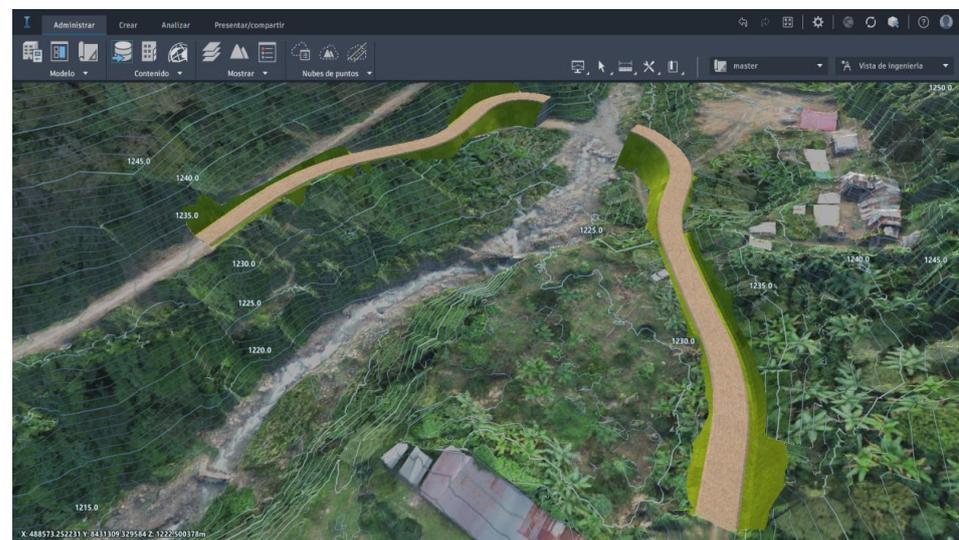
*Vista en planta del acceso derecho realizado en el programa Civil 3D.*



Luego de realizar la obra vial de los accesos en el programa Civil 3D se procedió a exportar la obra vial al programa Infracworks como se muestra en la Figura 26 donde se visualizará con los demás estudios básicos.

**Figura 26**

*Vista 3D de los accesos en Infracworks Importados de Civil 3D.*



#### 3.4.1.1.5 Modelo integrado de estudios básicos

Después de completar los estudios básicos, se desarrolló un modelo integrado para la concepción del puente el cual es importante para integrar los diversos estudios básicos realizados durante la fase de planificación. Cada estudio básico proporciona datos cruciales que cuando se combinan, permiten la creación de un modelo integral y detallado del proyecto en donde se importaron la información de los estudios básicos:

El estudio de topografía proporciona un levantamiento detallado de la superficie del terreno, esencial para entender la geografía del área y planificar la ubicación exacta del puente. El resultado es la superficie del terreno obtenido a partir del levantamiento topográfico.

El estudio de geología, con la estratigrafía obtenida en dos puntos específicos del lugar, permite conocer las características del subsuelo, lo cual es fundamental para diseñar el tipo de cimentación que tendrá el puente. El resultado es la estratigrafía de los dos puntos más críticos donde se realizará el puente.

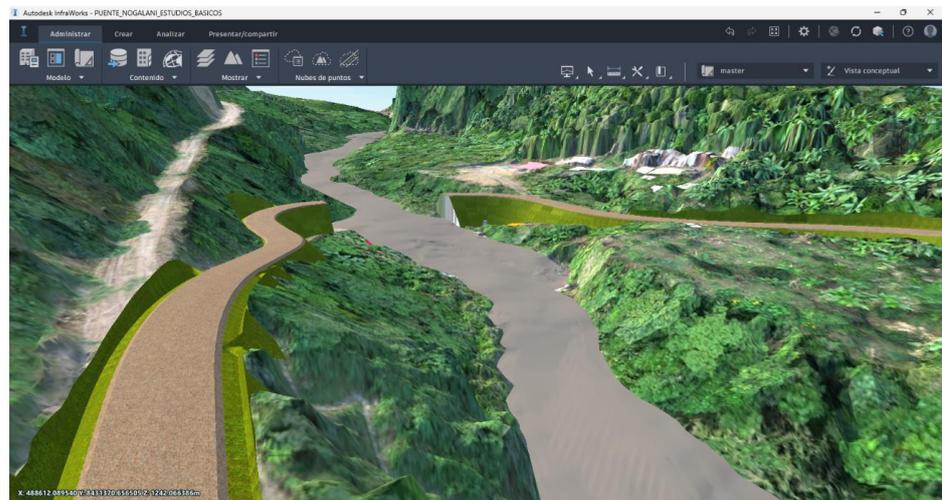
El estudio de hidráulica proporciona datos sobre la superficie y el nivel de las aguas máximas extraordinarias (NAME), lo que es importante para asegurar la altura mínima del puente cuando se de estos niveles máximos de agua. El resultado es la superficie y nivel NAME obtenidos.

El estudio básico de diseño vial define los accesos al puente, garantizando que la estructura del puente conecte adecuadamente con la red vial existente y cumpla con los estándares de diseño y seguridad vial. El resultado es la ubicación de los accesos del puente.

En la Figura 27 y 28 se muestra cómo se integraron estos elementos para ofrecer una visión completa y detallada del proyecto, garantizando que todos los aspectos del diseño y la construcción se basen en datos precisos y coherentes.

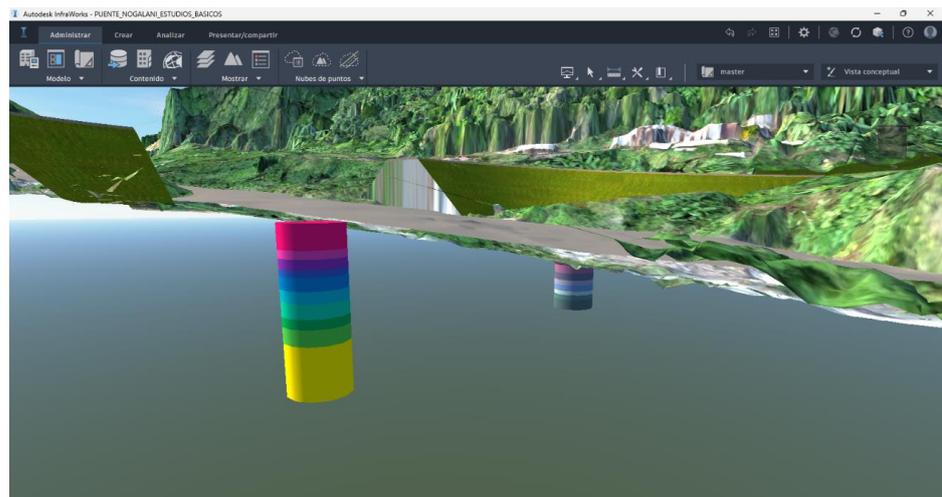
### Figura 27

*Modelado integrado de los estudios básicos realizado en Infracworks.*



### Figura 28

*Modelado integrado de los estudios básicos realizado en el Infracworks.*



### 3.4.1.2 Diseño Conceptual

#### 3.4.1.2.1 Diseño general y modelado preliminar del Puente

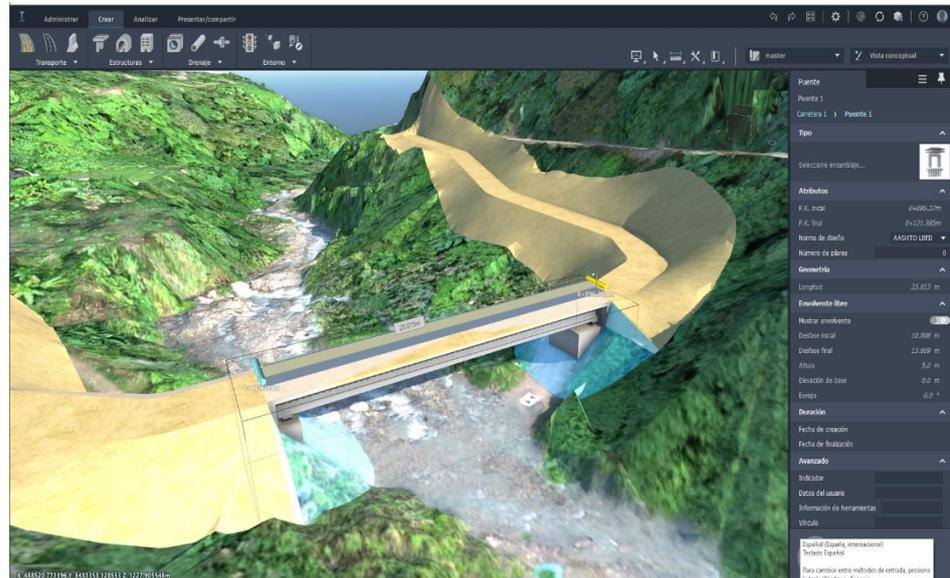
El diseño inicia con una concepción inicial de la geometría general del puente en base a los modelos pre establecidos del software Infracworks y el predimensionamiento inicial en base a las plantillas de cálculo, pues al tener modelado el entorno básico del puente se puede proyectar geometrías y modelos convenientes para poder visualizar de manera general el tipo, la orientación, la luz y las características geométricas del puente, esto se puede observar en la Figura 29.

Al crear la estructura del puente sobre el corredor vial utilizando los modelos establecidos en el programa InfraWorks, se encontró una limitación al intentar representar un puente tipo viga losa. La biblioteca del programa no contenía los elementos adecuados para este tipo de puente, lo que dificultó su correcta representación. Como se muestra en la Figura 30, el puente viga losa presenta una cimentación diferente que no pudo ser adecuadamente modelada con los recursos disponibles en InfraWorks.

Luego apoyándonos en la concepción inicial del puente se procede al predimensionamiento de los elementos estructurales del puente con ayuda de plantillas excel que contienen las fórmulas y los criterios para definir las dimensiones iniciales de los elementos del puente.

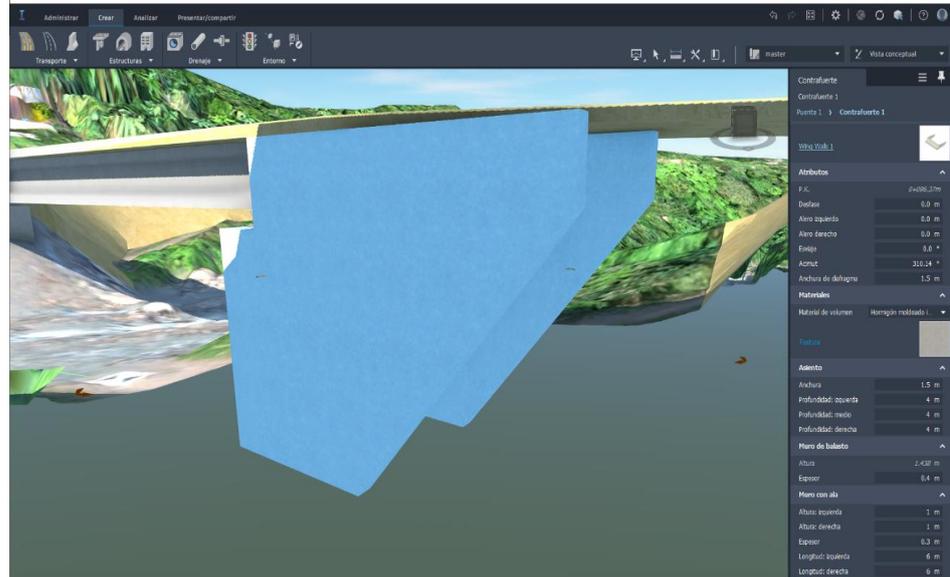
**Figura 29**

*Concepción inicial del puente y accesos.*



**Figura 30**

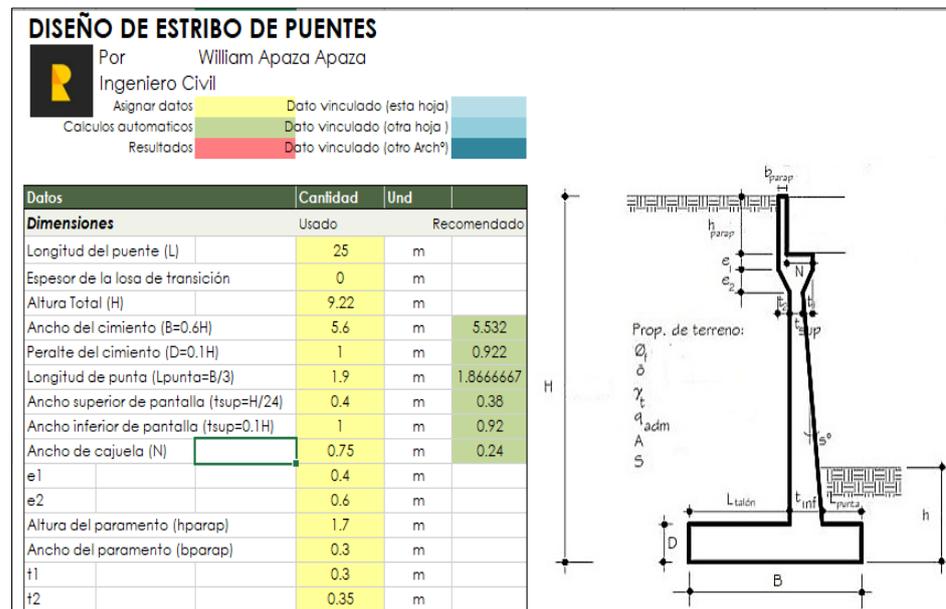
*Estribos del puente del modelo de concepción.*



Para el caso de la subestructura se estableció las dimensiones de los estribos con ayuda de la plantilla correspondiente como la presentada en la Figura 31.

**Figura 31**

*Plantilla Excel para el Pre-dimensionado del Estribo del Puente.*



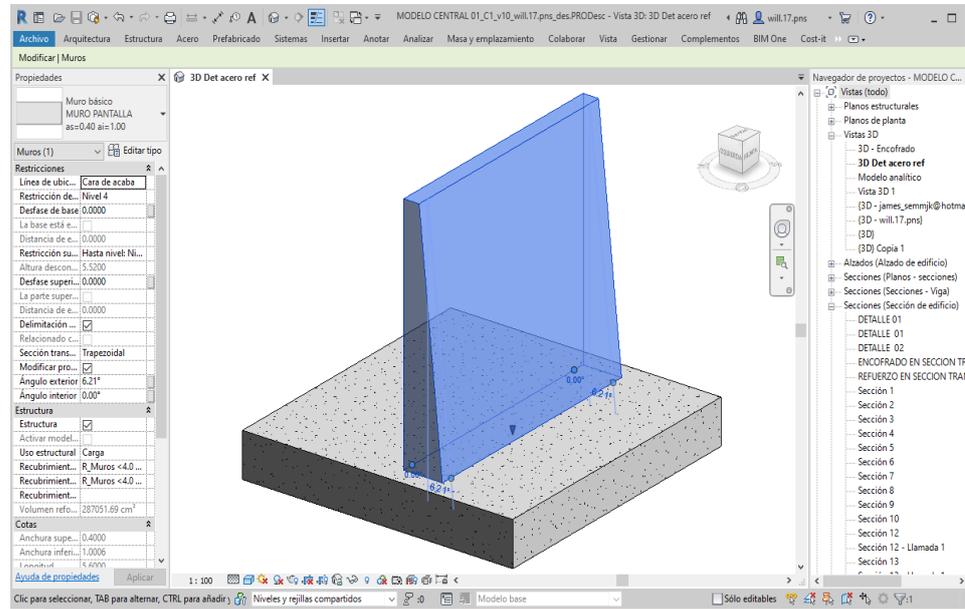
Una vez establecida las primeras dimensiones generales del estribo se procedió a realizar el modelado preliminar del estribo, siendo sus principales partes modeladas la zapata, la pantalla del estribo, el cabezal de apoyo de vigas, los muros laterales o aleros y el parapeto o muro sobre el cabezal.

Para el modelado se empezó con el muro pantalla, luego con la opción de cimentación estructural de muro se modelo la zapata del estribo como se puede observar en la Figura 32.

Luego se continuo el modelado de la parte baja de los muros laterales de espesor variable. Para el modelado de la viga cabezal se empleó la familia de muros ya que tiene la opción de editar perfil, esto ayudo a darle la forma hexagonal de la viga donde se apoyan las vigas principales del puente, esto se puede ver en la Figura 33.

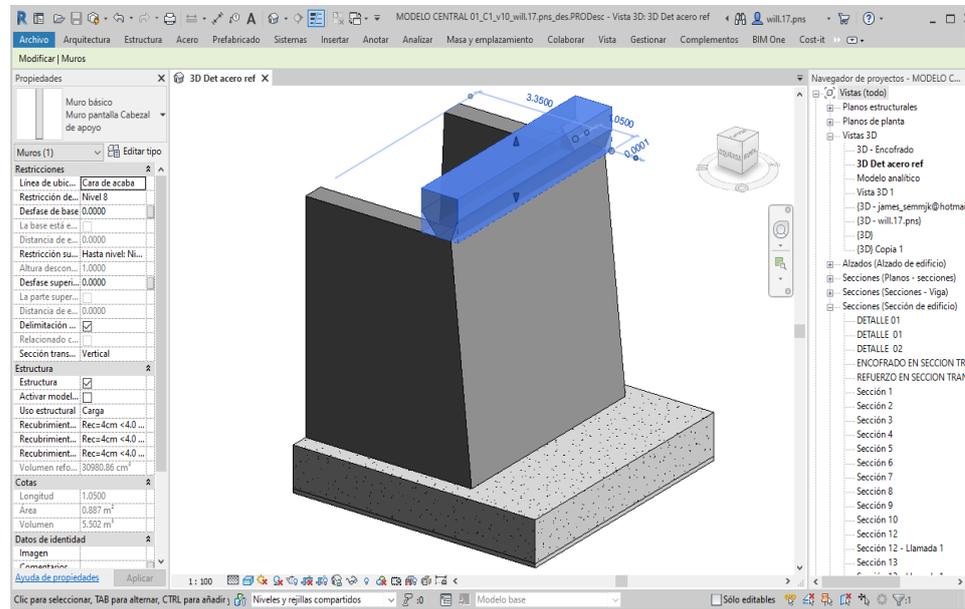
**Figura 32**

*Modelado de muro pantalla y cimentación del estribo.*



**Figura 33**

*Modelado de muros laterales y viga cabezal.*

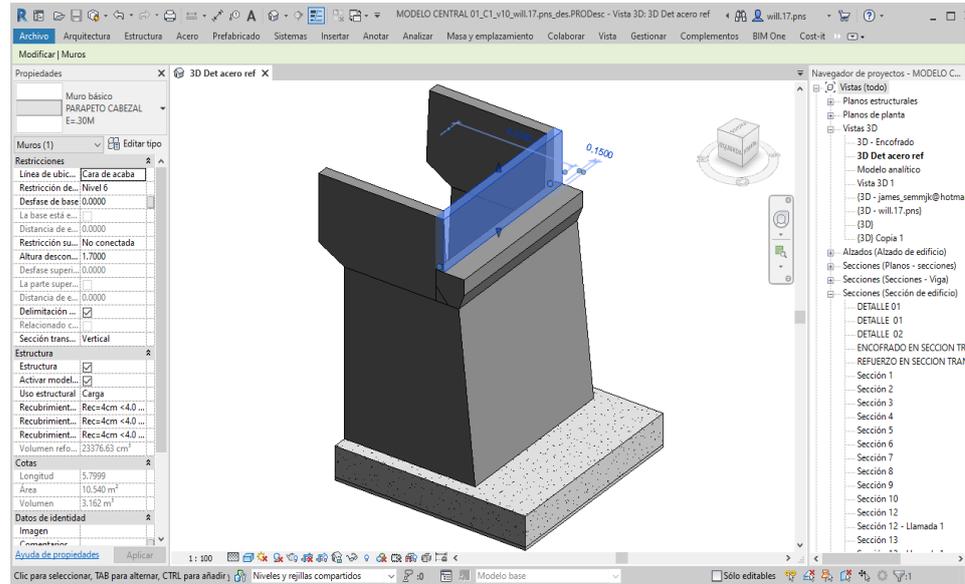


Posterior a esto se completó la parte superior de los muros laterales y/o aleros y el muro parapeto sobre la viga cabezal que soporta los empujes

del material de relleno de las vías de acceso como se muestra en la Figura 34.

**Figura 34**

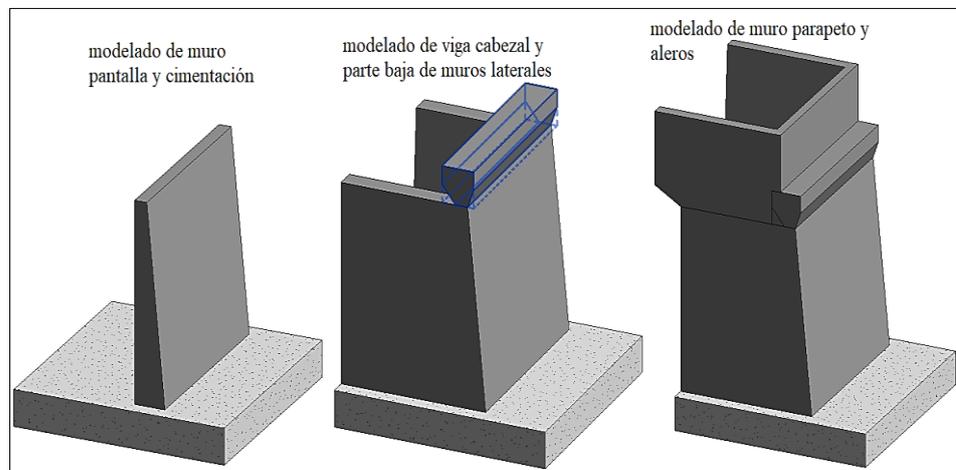
*Modelado de muro parapeto.*



Para tener en consideración se realizó a la siguiente secuencia de modelado preliminar del estribo se observa en la Figura 35.

**Figura 35**

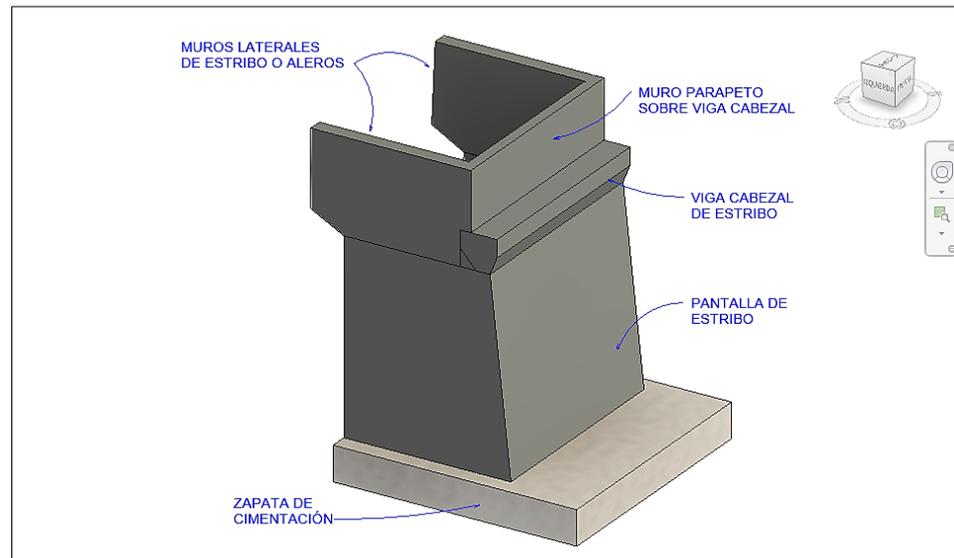
*Secuencia de modelado preliminar del estribo del puente.*



Finalmente se logró el modelado preliminar de los componentes de la subestructura tal como se muestra en la siguiente Figura 36.

### Figura 36

*Modelado preliminar de las partes del estribo del puente.*

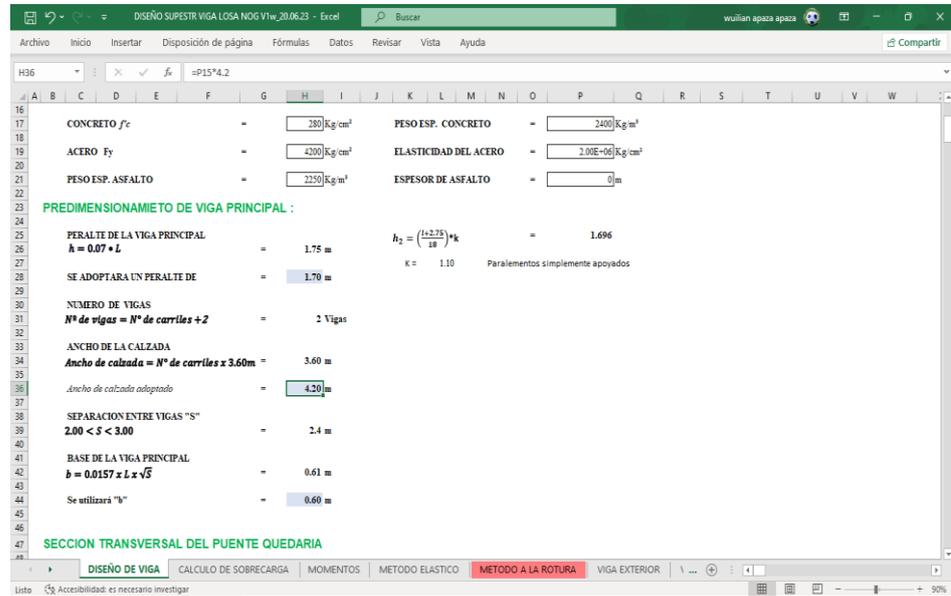


Luego se procedió el pre dimensionamiento de la super estructura del puente de tipo viga losa de concreto armado, donde considerando que la luz del puente es 25 metros, se pre dimensionó la viga principal, viga diafragma y la losa, definiéndose la bases, alturas y espesores de las vigas y losa respectivamente con la ayuda de una hoja Excel previamente programada como se muestra en la Figura 37 y 38.

Una vez realizado el dimensionamiento preliminar de la super estructura, se realizó el modelado preliminar de la viga principal, viga diafragma y la losa realizados en el programa Revit en donde se creó las secciones de la viga y longitud definida como se muestran en la Figura 39 y 40.

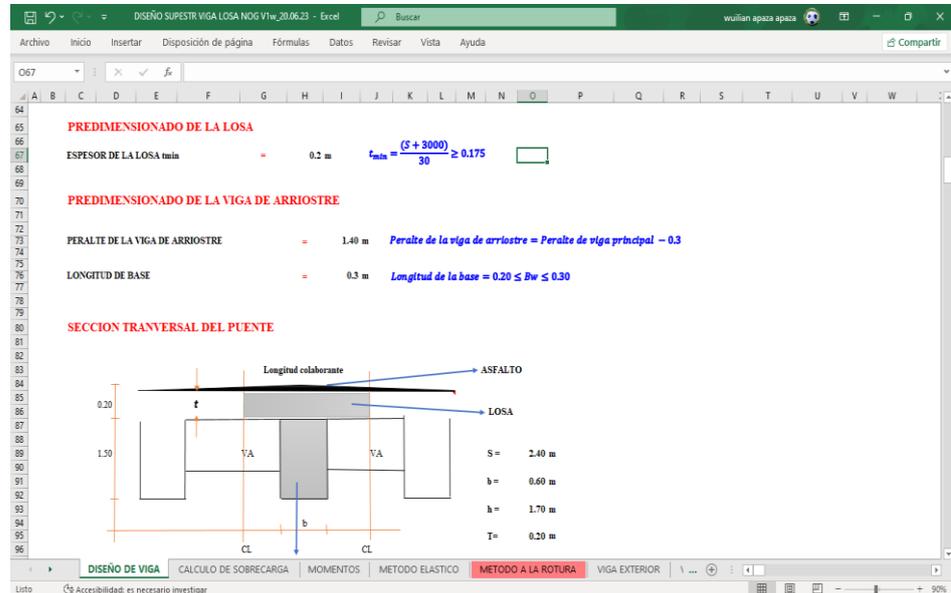
**Figura 37**

*Plantilla excel del predimensionamiento de viga principal y diafragma.*



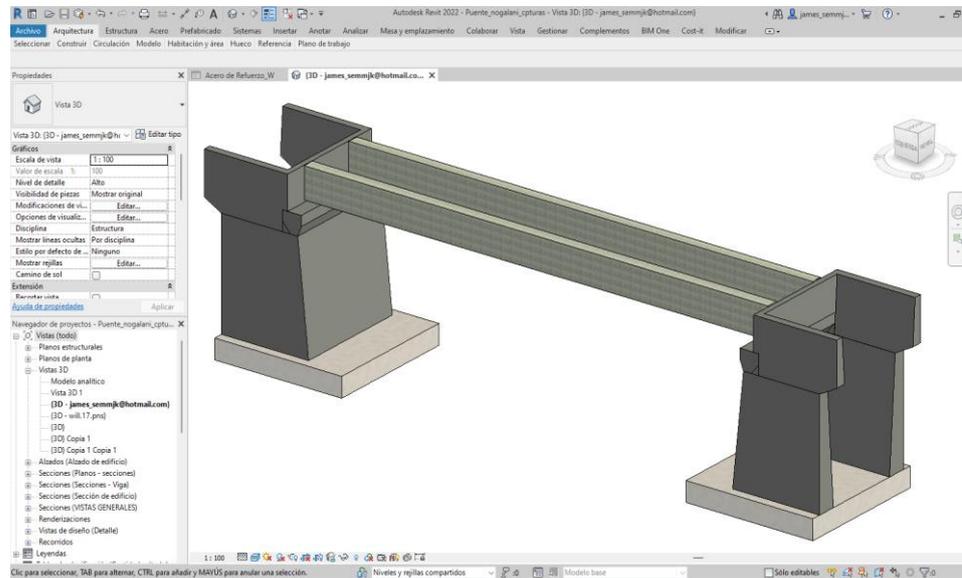
**Figura 38**

*Planilla de excel del predimensionamiento de la viga losa del puente.*



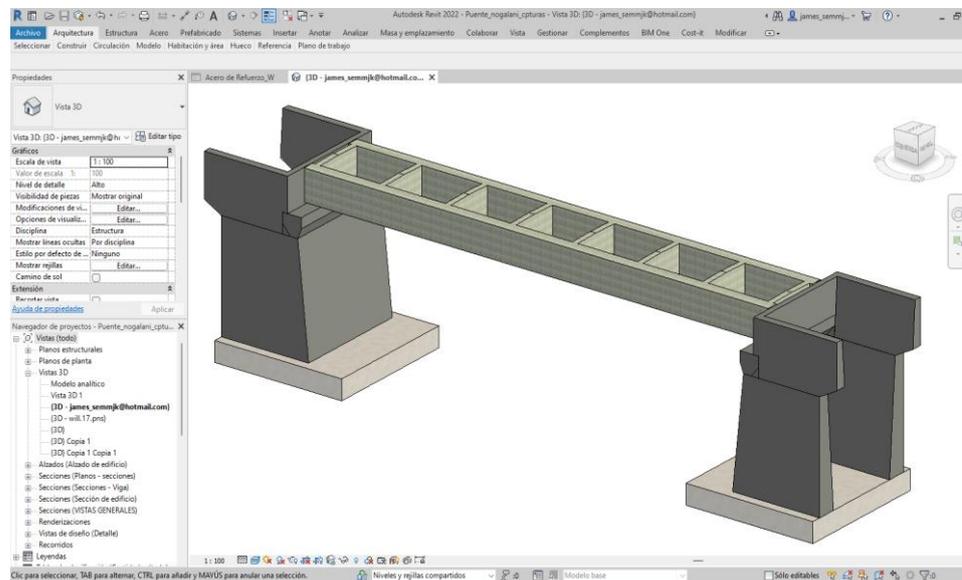
**Figura 39**

*Modelado preliminar de las vigas principales.*



**Figura 40**

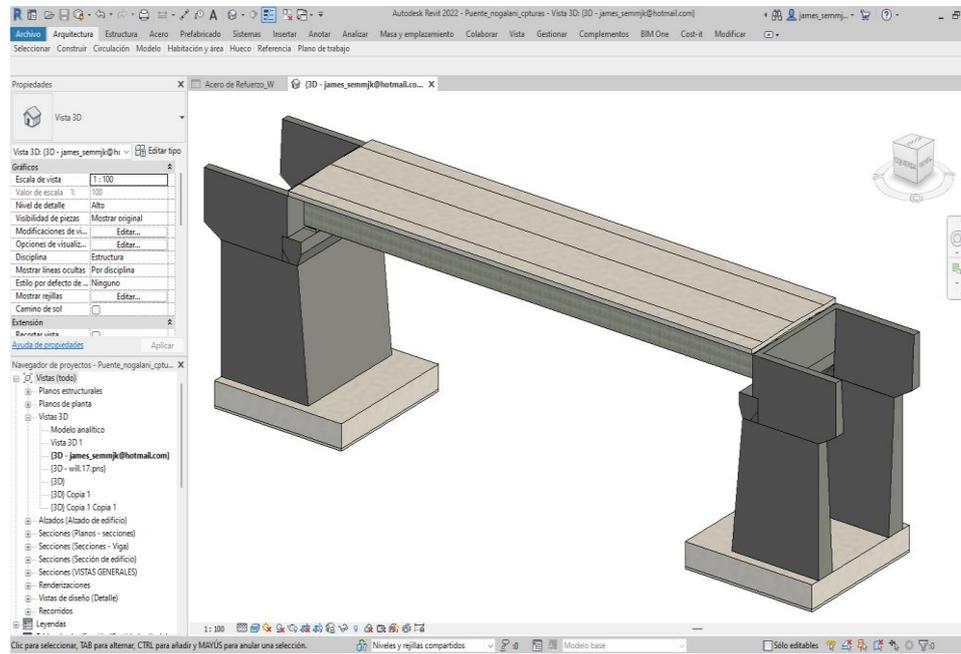
*Modelado preliminar de las vigas diafragma.*



Luego del modelado de la viga principal y diafragma se continuó con el modelado preliminar de la losa, el cual se realizó en el programa Revit en donde se modelo la losa con un espesor de 20cm en el programa Revit como se muestran en la Figura 41.

**Figura 41**

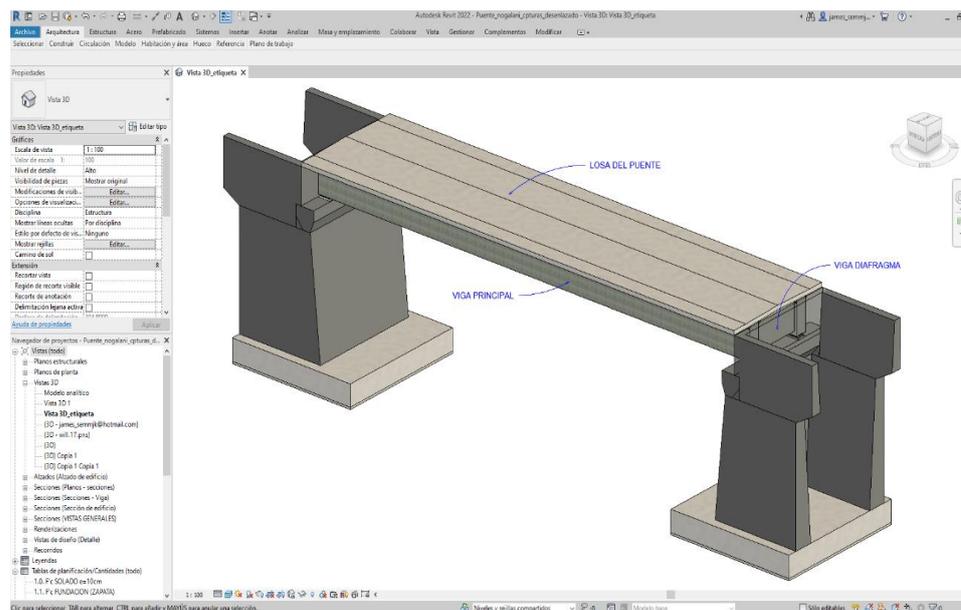
*Modelado preliminar de la losa del puente.*



Finalmente se logró el modelado preliminar de los elementos de la subestructura del puente como se muestra en la siguiente Figura 42.

**Figura 42**

*Modelado preliminar de las partes de la super estructura del puente.*

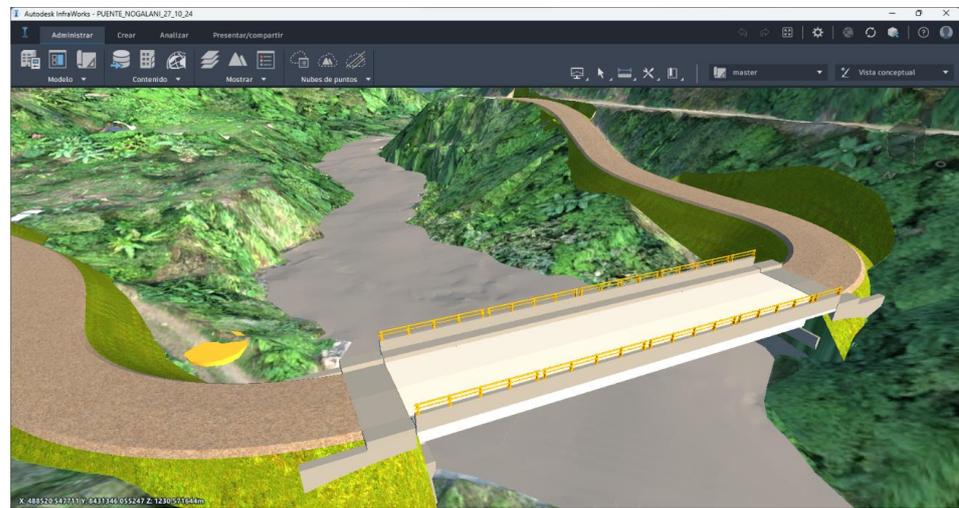


### 3.4.1.2.2 Emplazamiento y compatibilización inicial

Al integrar el modelo preliminar del puente con los estudios básicos, se obtiene un modelo integrado de forma coherente que facilita la concepción del puente y asegura que todos los aspectos del diseño y la construcción se basen en datos precisos y detallados.

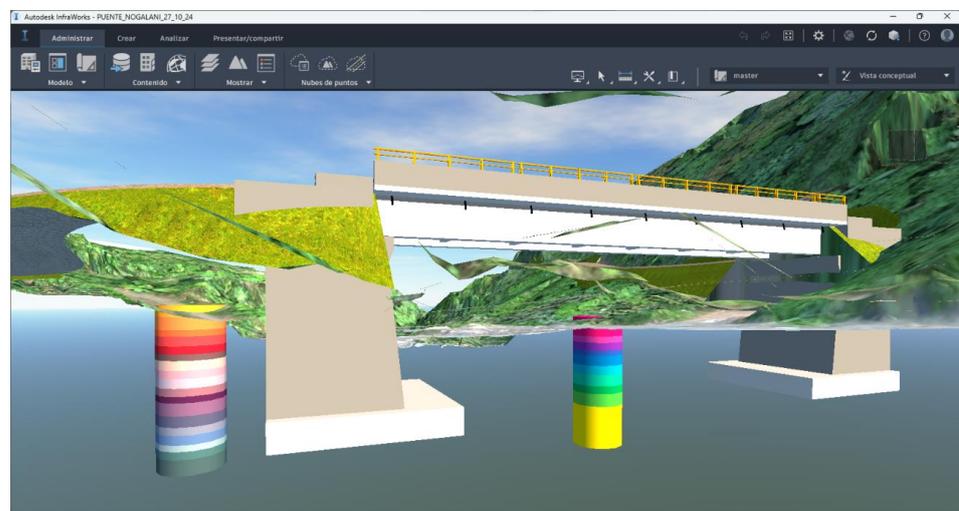
**Figura 43**

*Modelado inicial de las especialidades.*



**Figura 44**

*Modelado inicial de las especialidades.*



La Figura 43 y 44 muestra cómo se integran y complementan estas especialidades, formando una visión completa y clara del proyecto. Este enfoque multidisciplinario y compatibilización inicial fue esencial del proyecto es esencial para el éxito de proyectos de ingeniería civil de gran envergadura, como la construcción del puente Nogalani.

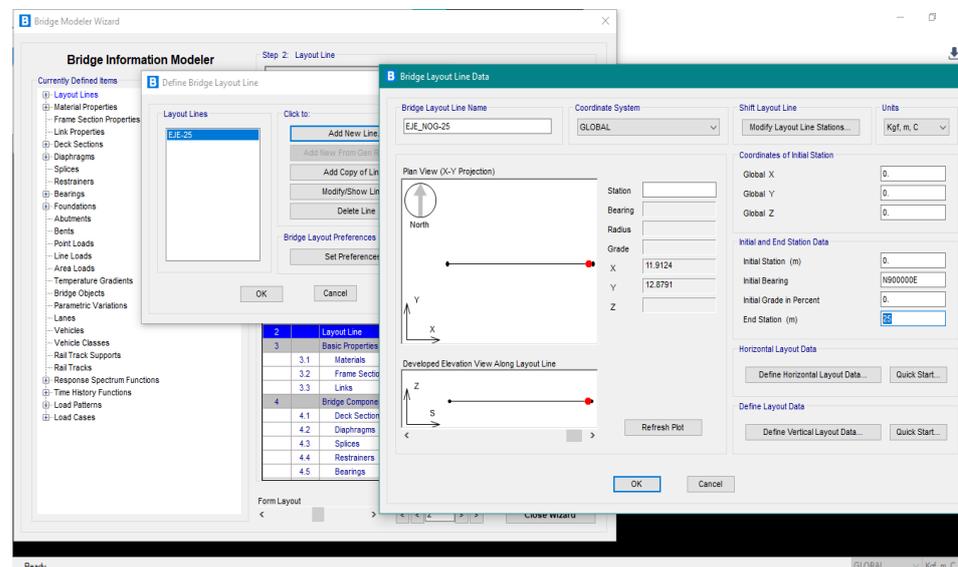
### 3.4.1.3 Diseño de ingeniería BrIM

#### 3.4.1.3.1 Análisis y diseño estructural y especialidades

El análisis estructural se realizó con el software CSI Bridge, el cual una vez creado el proyecto se accedió a su interfaz “Bridge Wizard”, en donde se inició creando la línea diseño del puente, para definir la alineación horizontal y vertical del puente con las configuraciones ilustradas en la Figura 45. Luego se procedió a crear los materiales con las propiedades físicas requeridas para el diseño, en el caso del concreto para la superestructura se definió como se muestra en la Figura 46.

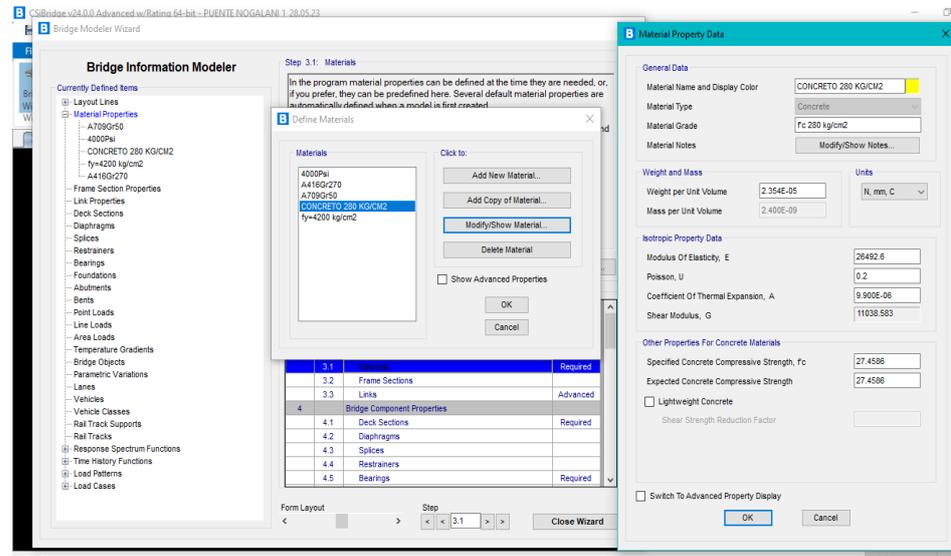
### Figura 45

*Configuración de la alineación horizontal y vertical del puente.*



**Figura 46**

*Creación de materiales.*



De manera similar se definió para los otros materiales requeridos como se detalla en la siguiente Tabla 16:

**Tabla 16**

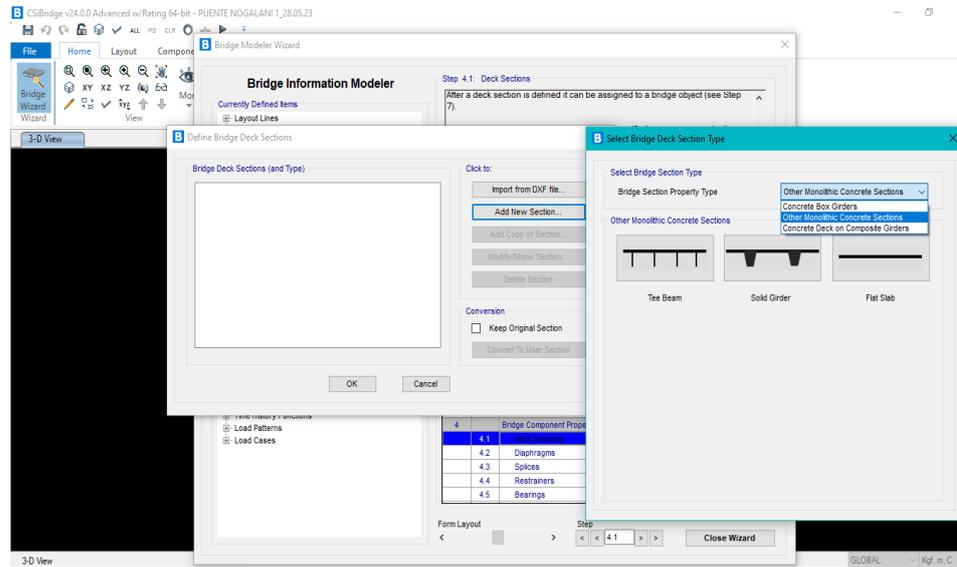
*Datos de los materiales del acero y concreto.*

<b>Materiales</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>CONCRETO</b>			
Resistencia a la compresión	f <sub>c</sub>	280	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto	E <sub>c</sub>	26492.6	N/mm <sup>2</sup>
<b>ACERO</b>			
Esfuerzo de fluencia	f <sub>y</sub>	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero	E <sub>a</sub>	2000000	kg/cm <sup>2</sup>

Posteriormente definimos las características del puente, empezando con la elección del tipo de puentes ilustrada en la Figura 47 y luego se define la sección transversal del puente y dimensiones del tablero como se observa en la Figura 48.

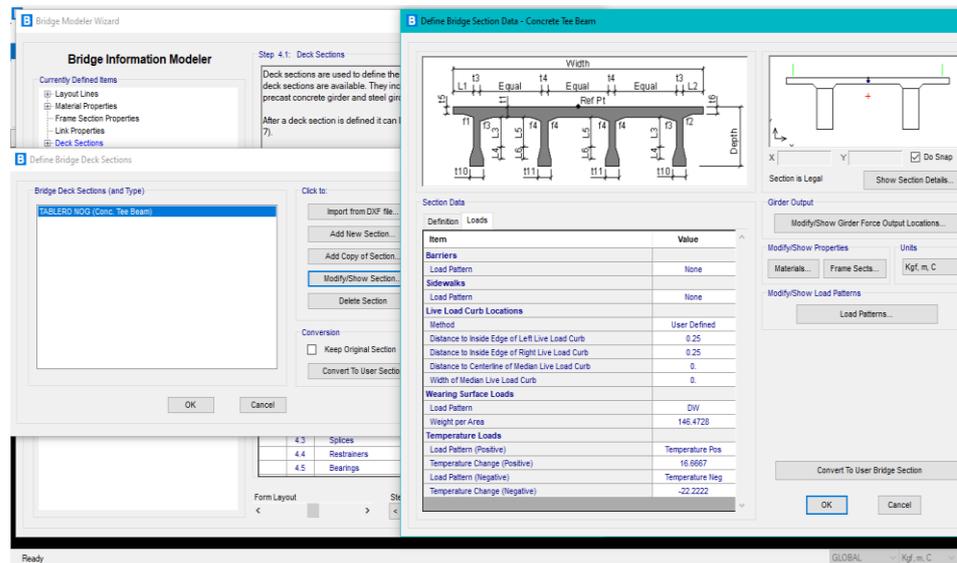
**Figura 47**

*Definición del tipo del puente.*



**Figura 48**

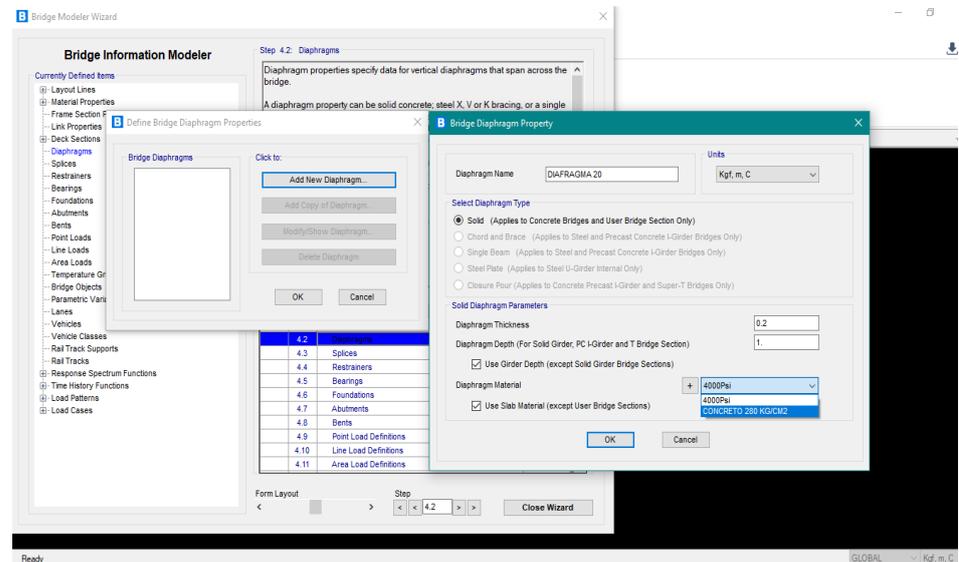
*Definición de las dimensiones del tablero.*



Continuando con la definición de las condiciones de diseño del puente, definimos los diafragmas orientados en sentido perpendicular del puente como se muestra en la Figura 49.

**Figura 49**

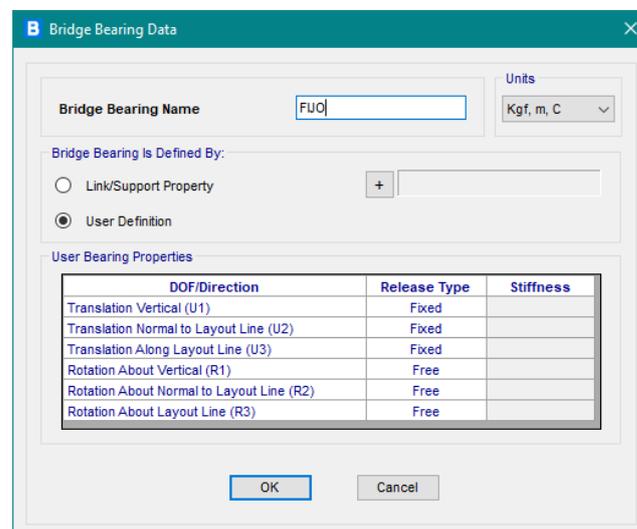
*Definición de los diagramas de puente.*



También definimos los apoyos fijo y móvil como se aprecia en la Figura 50 y la Figura 51, de manera similar definimos el tipo de fundación empotrado, así también los estribos de apoyo ilustrada en la Figura 52, y de esta manera en conjunto representa las condiciones en la que la superestructura se conecta con la subestructura.

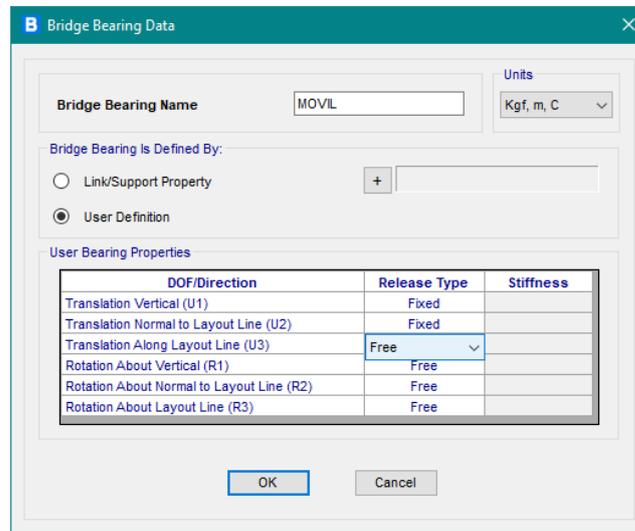
**Figura 50**

*Definición del apoyo fijo.*



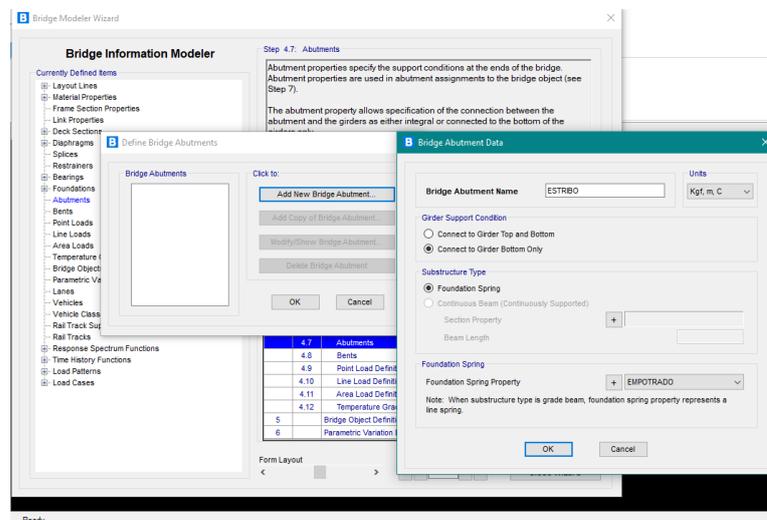
**Figura 51**

*Definición del apoyo móvil.*



**Figura 52**

*Tipo de fundación del estribo.*

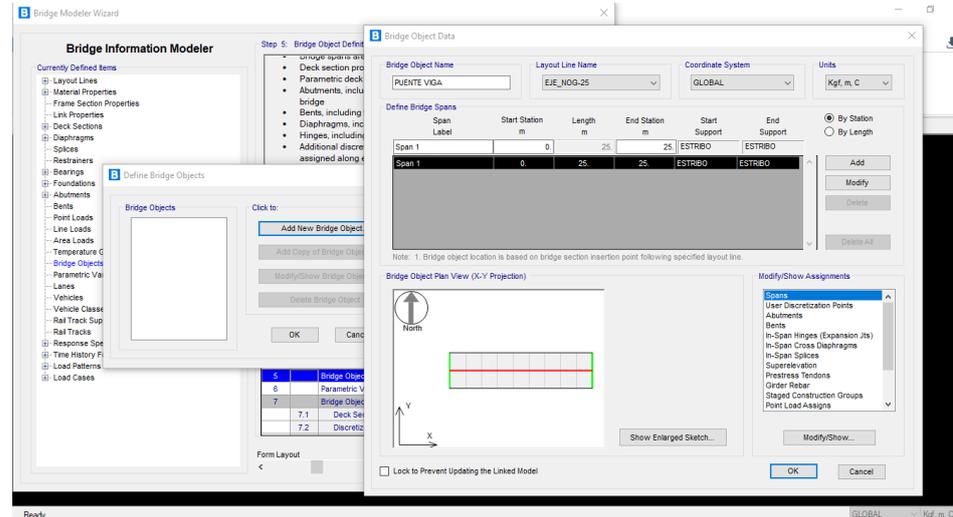


Una vez definido los materiales, las principales componentes estructurales y las condiciones de los apoyos pasamos a asignarlo a objetos del programa que recibirán esos parámetros para ser representados en un modelo tridimensional. Para esto vamos al ítem “Bridge Object Definitions” para definir el objeto puente, empezamos definiendo el eje, el

tramo y los soportes de la superestructura tal como se muestra en la Figura 53.

**Figura 53**

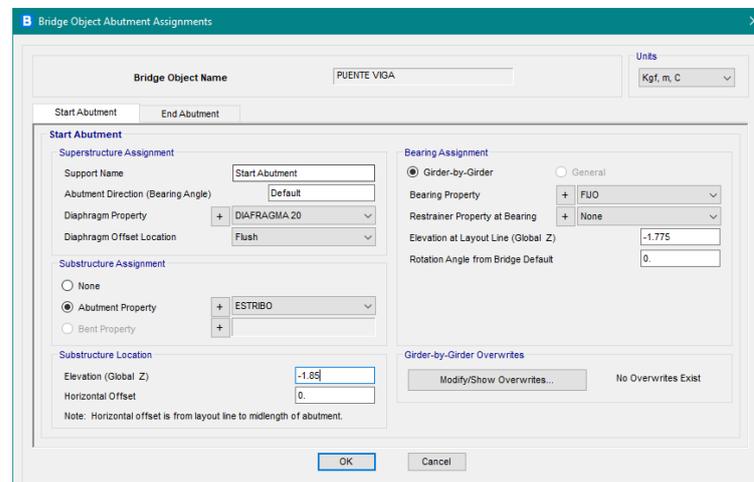
*Definición del eje, tramo y soportes de la superestructura del puente.*



Continuamos con la asignación de propiedades a los objetos en el apartado “Modify/Show Assignments”, desplegamos el cuadro de “Abutments” para asignar las condiciones de apoyo en los estribos como se muestra en la Figura 54 y 55.

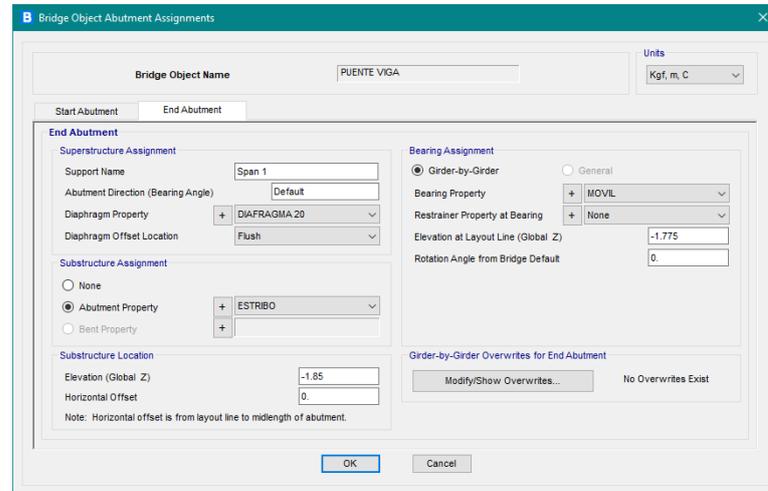
**Figura 54**

*Condiciones de apoyo en el inicio.*



**Figura 55**

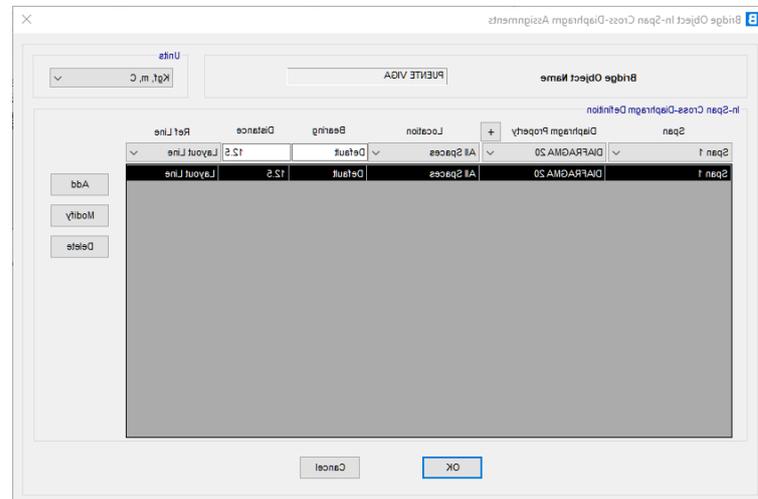
*Condiciones de apoyo en el fin.*



Para la asignar las condiciones del diafragma se configuró como se observa en la Figura 56.

**Figura 56**

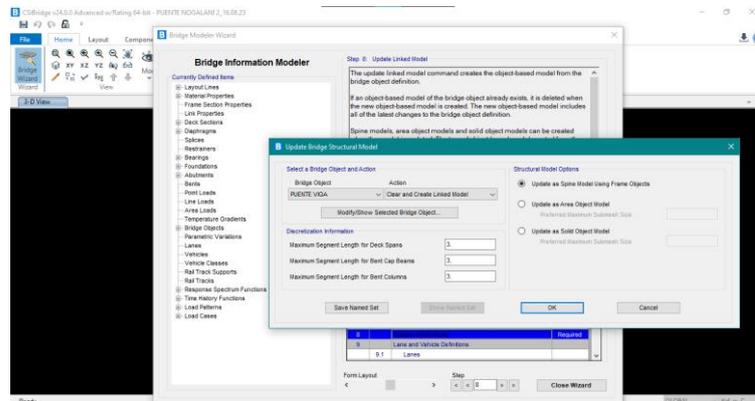
*Asignación del diafragma.*



Para poder visualizar los objetos del puente con las asignaciones de propiedades establecidas se ingresa al apartado Update Linked Model donde se configuró de acuerdo a la Figura 57.

**Figura 57**

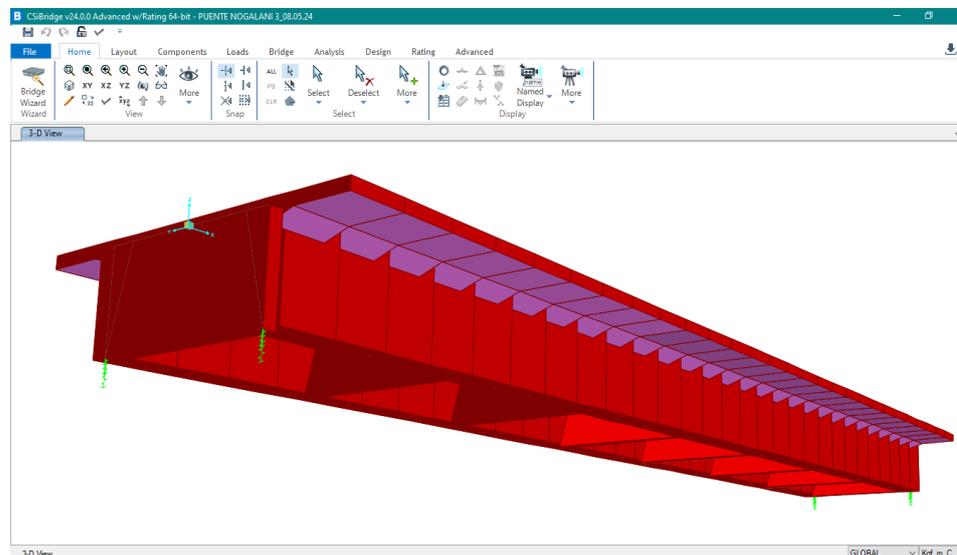
*Asignaciones de propiedades para la visualización.*



Realizada la configuración se puede visualizar el modelo generado del puente como se muestra en la Figura 58.

**Figura 58**

*Visualización del modelo del puente.*

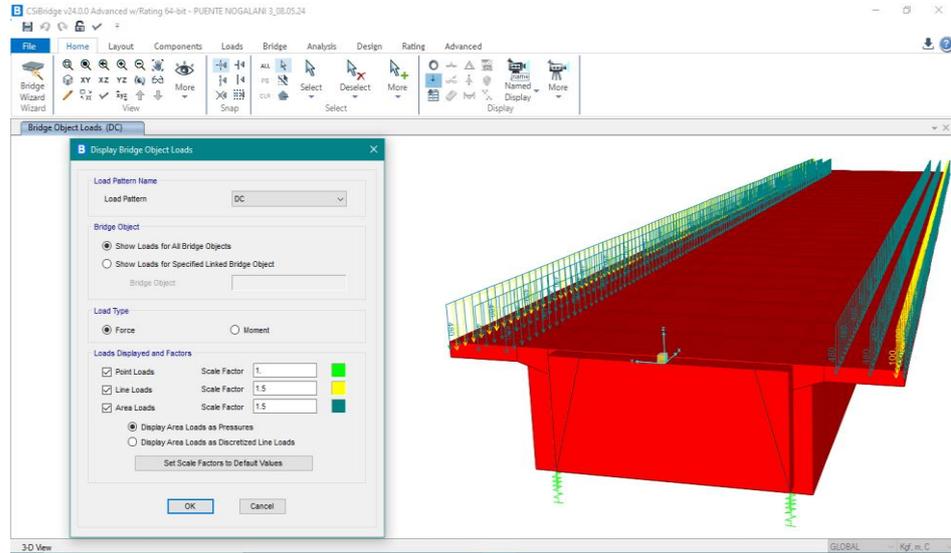


Realizada la definición de propiedades y modelado de las componentes del puente se procede a definir y asignar las cargas de diseño, considerando el peso propio, las cargas muertas de la vereda, baranda, superficie de rodadura y la carga viva peatonal, así también la carga

vehicular HL-93. En la Figura 59 se puede observar las cargas de vereda y baranda aplicadas con los valores y las ubicaciones correspondientes.

**Figura 59**

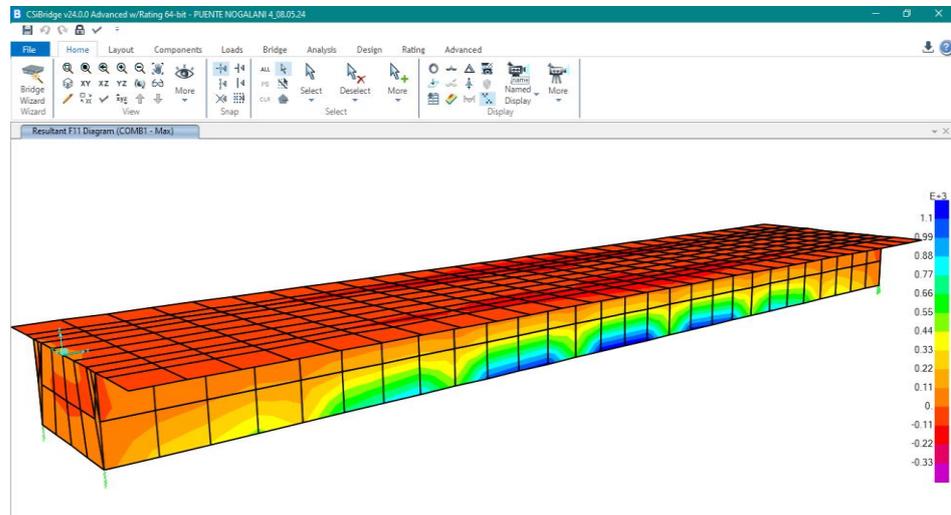
*Asignación de las cargas de diseño.*



Luego de la asignación de cargas, se procede a definir los patrones y casos de carga para proseguir con el análisis estructural que nos proporcionará los esfuerzos internos tal como se muestra en la Figura 60.

**Figura 60**

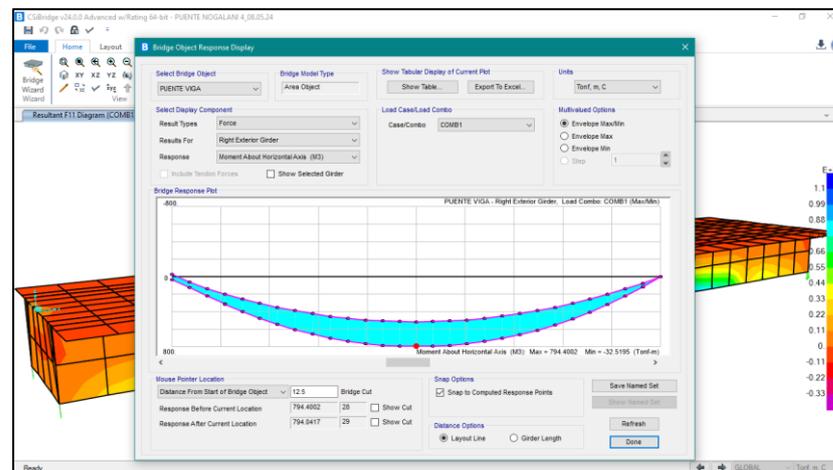
*Definición de los casos de carga.*



Para poder realizar el diseño de los elementos estructurales el programa nos proporciona los momentos a considerar para cada una de las vigas como se ilustra en la Figura 61 con los cuales se calcularon la cantidad de refuerzo requeridas para cada elemento para su posterior modelado en Revit.

**Figura 61**

*Calculo de la cantidad mínima de acero de refuerzo requerido.*



### 3.4.1.4 Modelado definitivo de información

#### 3.4.1.4.1 Modelado principal de accesos y especialidades

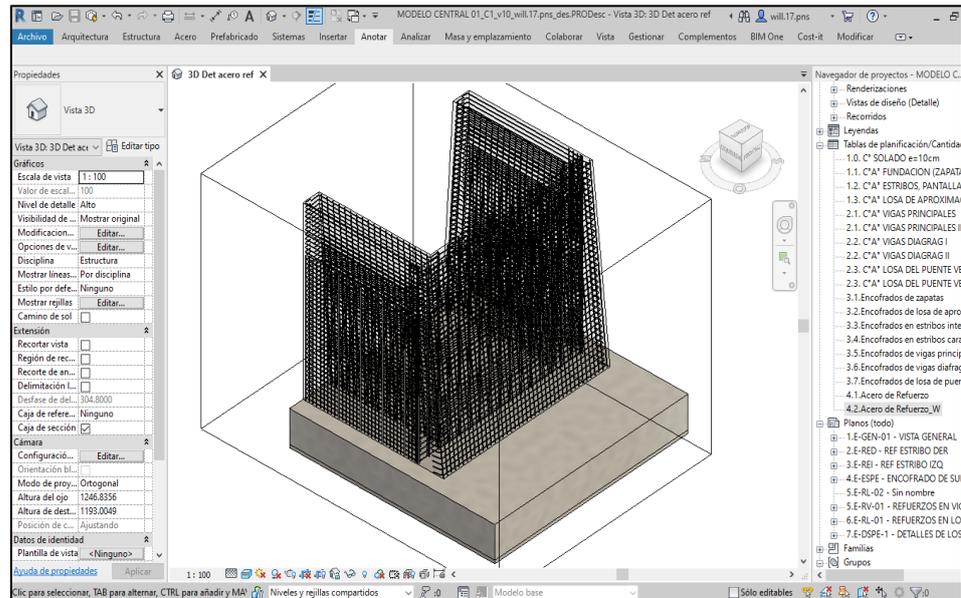
Una vez realizado el diseño estructural de los elementos que conforman la subestructura y la superestructura, es decir una vez establecido las dimensiones finales de cada elemento y el refuerzo de acero requerido, se inicia con el modelado principal iniciando con el ajuste, redefinición y adecuación de los elementos estructurales, para luego pasar a modelar de manera detallada el acero de refuerzo.

Para la subestructura se realiza las modificaciones requeridas según los cálculos estructurales y luego se empieza a modelar las varillas de

refuerzo por cada anfitrión: La cimentación se reforzó con varillas longitudinales y transversales tal como se observa en la Figura 62.

**Figura 62**

*Modelado del acero de refuerzo del muro pantalla y aleros del estribo.*

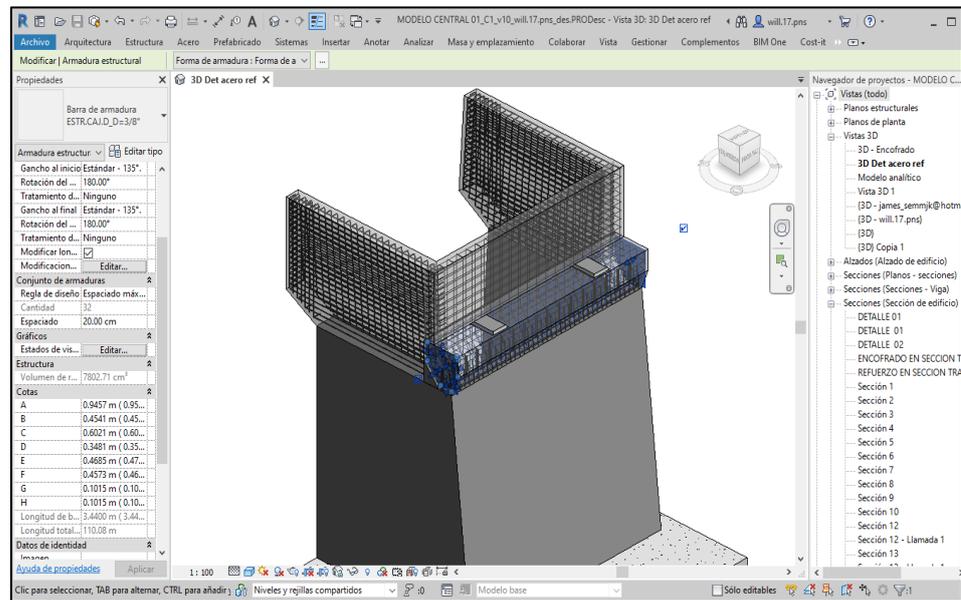


Luego se realizó el modelado del acero de refuerzo de la viga cabezal, elemento estructural que soporta las vigas principales del puente, de manera similar se hizo con el muro parapeto posterior y los aleros en voladizo como se muestra en la Figura 63.

Para culminar la parte del modelado de la subestructura se revisó los detalles de refuerzo en las zonas de unión y/o junta, teniéndose detalles minuciosos en los anclajes, los traslapes y la ubicación de cada refuerzo para así poder tener de manera integral el refuerzo de acero de los estribos del puente, tal como se observa en la Figura 64.

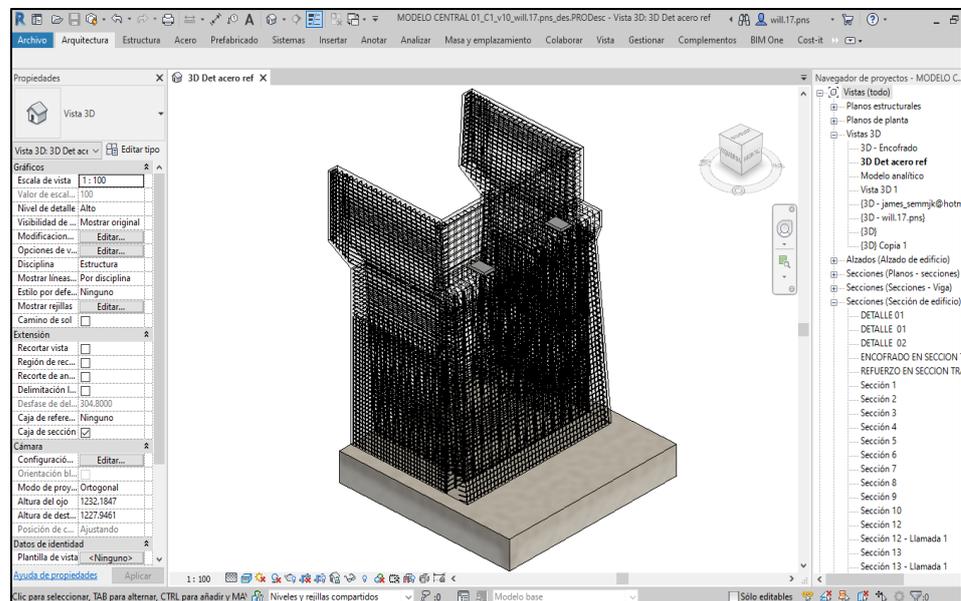
**Figura 63**

*Modelado del acero de refuerzo de la viga cabezal, muros y aleros.*



**Figura 64**

*Modelo integral de refuerzo del estribo del puente.*

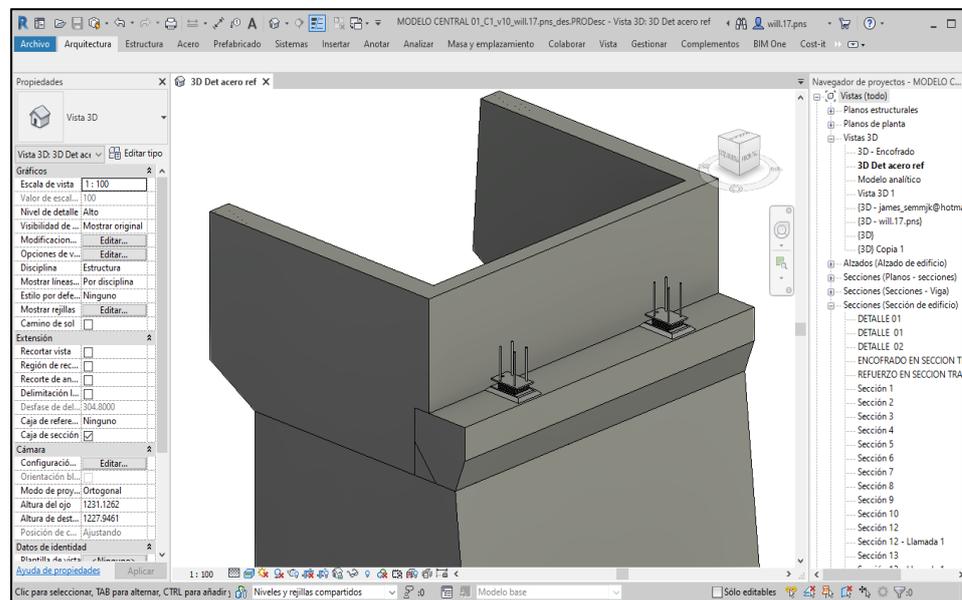


La transmisión de las cargas de la superestructura a la subestructura se realiza a través de los apoyos de neopreno, los cuales se calcularon en la etapa de diseño de ingeniería. El modelado de los apoyos de neopreno

se realizó con familias de modelos genéricos, debido a que está compuesta de varios elementos diferentes como planchas de metal, recubrimiento de neopreno y planchas, varillas de anclaje. En la Figura 65 se puede observar el modelo del apoyo de neopreno con todas sus componentes ubicado en la viga cabezal bajo la viga principal del puente.

**Figura 65**

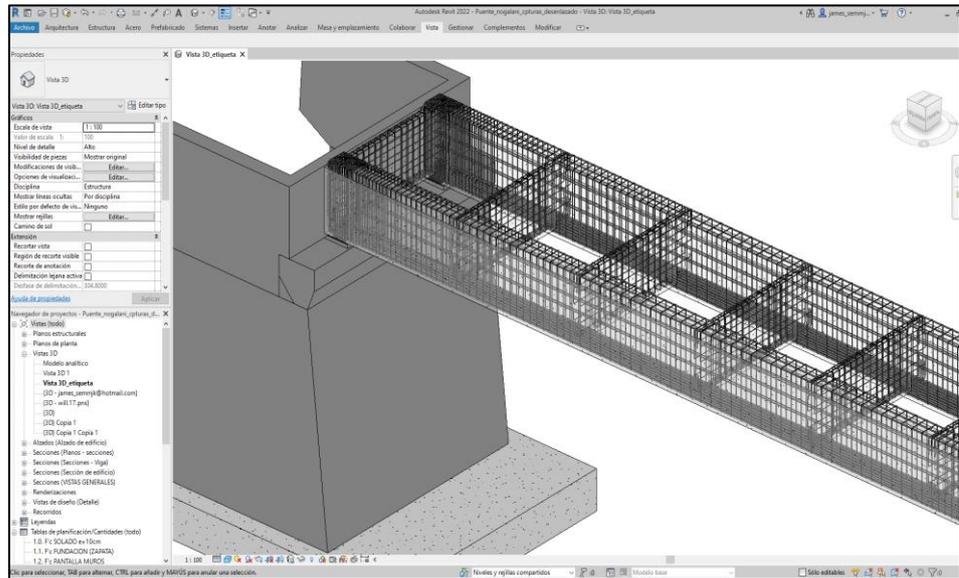
*Modelo del apoyo de neopreno sobre la viga cabezal.*



Se continuó con el modelado principal de la super estructura, donde no se realizaron cambios a las medidas de los elementos que lo conforman ya que el modelo preliminar de la superestructura cumple con el análisis estructural. Por lo que se continuó con el modelado principal de los aceros de refuerzo de la viga principal y viga diafragma como se muestran en la Figura 66.

**Figura 66**

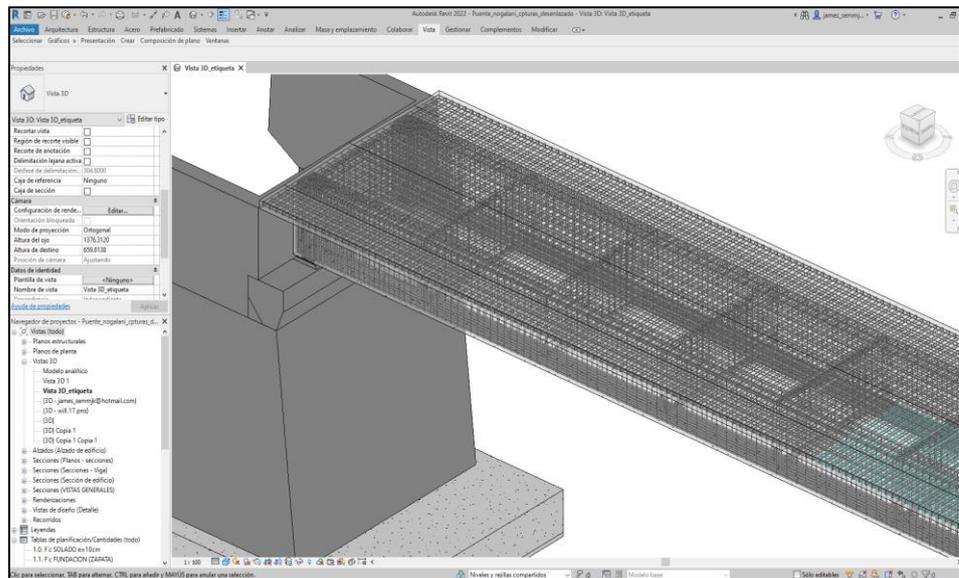
*Modelado del acero de refuerzo de la viga principal y diafragma.*



Se continuó con el modelado principal del acero de refuerzo de la losa del puente manteniéndose las medidas de la losa del modelo preliminar por cumplir con el análisis estructural como se muestra en la Figura 67.

**Figura 67**

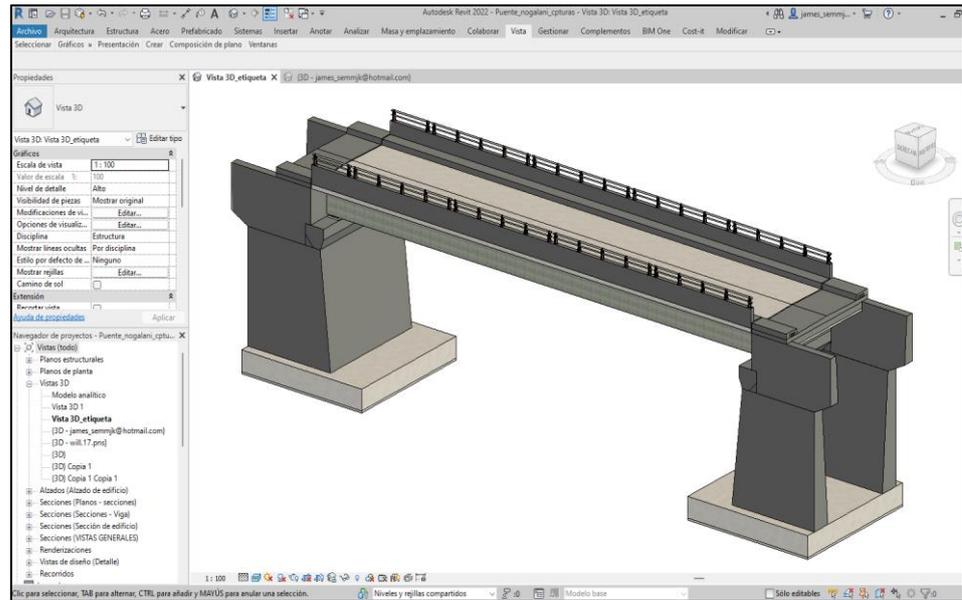
*Modelado principal del acero de refuerzo de la losa del puente.*



Por último, se continuó con el modelado principal de las estructuras y acero de refuerzo de los elementos complementarios y los accesos del puente como se muestra en la Figura 68, 69 y 70.

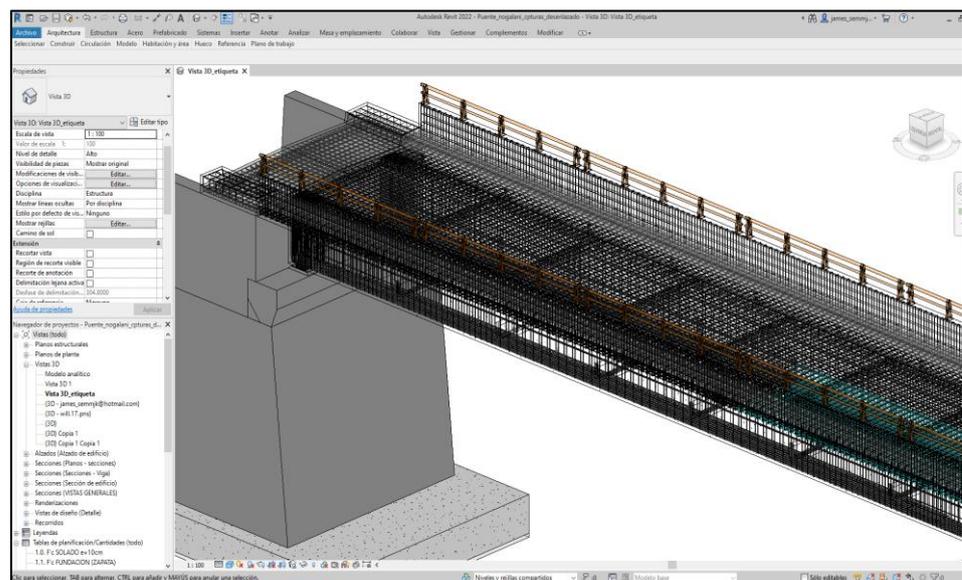
**Figura 68**

*Modelado de la losa de los elementos complementarios y accesos.*



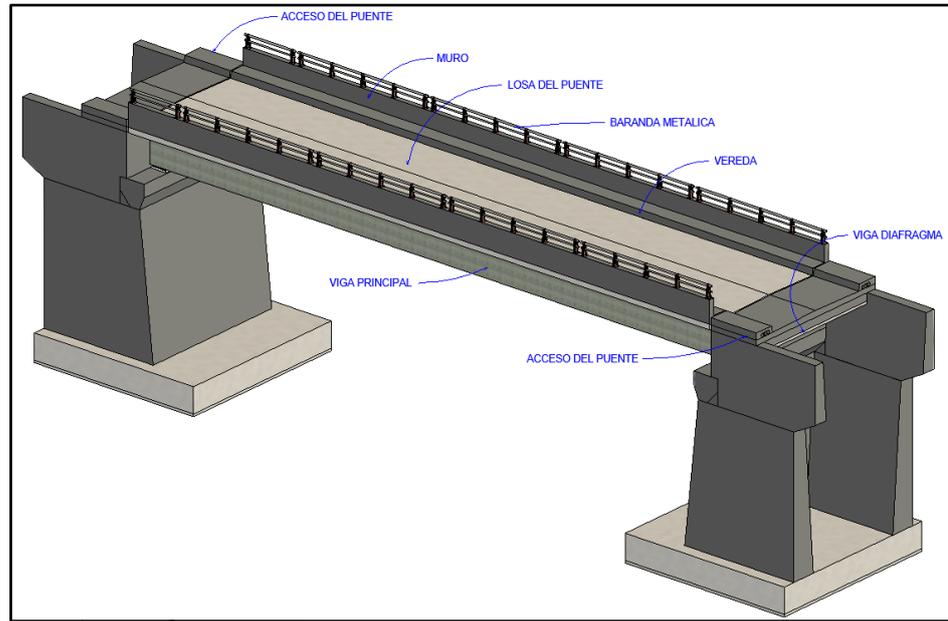
**Figura 69**

*Modelado del acero de refuerzo elementos complementarios y accesos.*



**Figura 70**

*Modelado de la super estructura del puente.*



### 3.4.1.4.2 Identificación de incompatibilidades e interferencias

La identificación de incompatibilidades e interferencias se realizó con ayuda de los softwares Naviswork, Infracore y Revit, además las más importantes se consideraron como requerimientos de información RFI's. en la Figura 71 se muestra un reporte de interferencias de Naviswork.

**Figura 71**

*Tabla de detección de conflictos en Naviswork.*

AUTODESK® NAVISWORKS® Informe de conflictos															
Test	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado						
3	0,001m	4	4	0	0	0	0	Estático	Aceptar						
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	Elemento 1			Elemento 2				
								ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Nuevo	-0.003	2-3 : Nivel 6	Estático	2024/6/12 15:34	x:488541.637, y:8431353.932, z:1231.079	ID de elemento: 618394	Nivel 6	PL anclaje fijo sup	Sólido	ID de elemento: 667640	<Sin nivel>	Barra de armadura	Sólido
	Conflicto2	Nuevo	-0.003	2-4 : Nivel 6	Estático	2024/6/12 15:34	x:488544.167, y:8431351.812, z:1231.079	ID de elemento: 618394	Nivel 6	PL anclaje fijo sup	Sólido	ID de elemento: 700615	<Sin nivel>	Barra de armadura	Sólido
	Conflicto3	Nuevo	-0.002	2-3 : Nivel 6	Estático	2024/6/12 15:34	x:488542.029, y:8431354.003, z:1231.041	ID de elemento: 618394	Nivel 6	PL anclaje fijo sup	Sólido	ID de elemento: 445529	<Sin nivel>	Barra de armadura	Sólido

### 3.4.1.4.3 Solución a incompatibilidades e interferencias

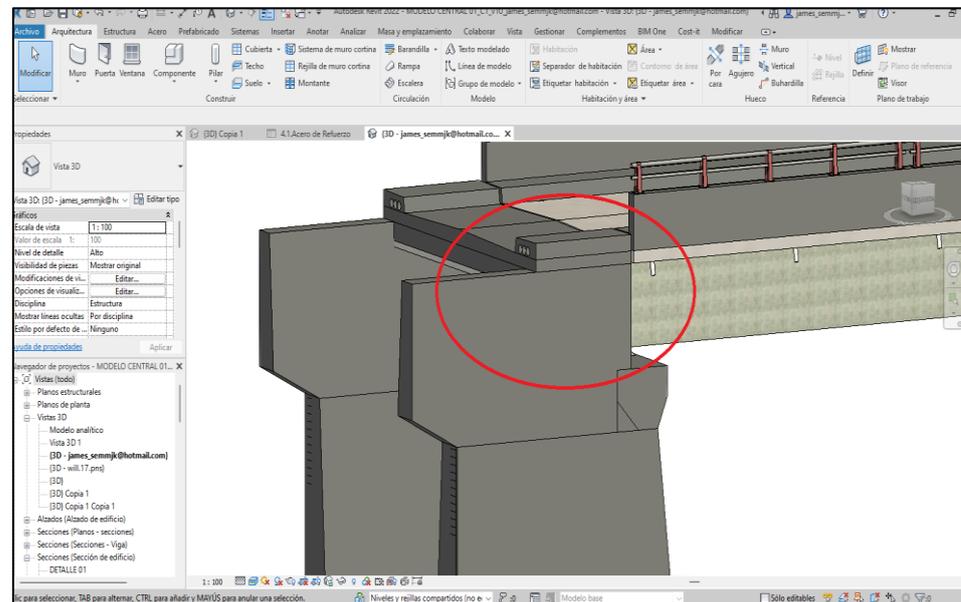
Luego de detectar la principales RFI's se procedió a la solución de cada uno de ellos de acuerdo a las soluciones propuestas en cada uno de ellos.

- RFI N°01: Solicitó planos detallados planos de unión entre la losa de aproximación y alas del muro de contención lateral.

Para la solución a este RFI se aumentó la altura del muro de los aleros del estribo para que empalme con la losa de aproximación y los del puente por lo que se modeló de esta forma como se muestra en la Figura 72.

**Figura 72**

*Modelado del aumento de altura del alero del estribo.*



- RFI N°02: Solución al diseño de los aleros del estribo el cual está en interferencia con los accesos del puente.

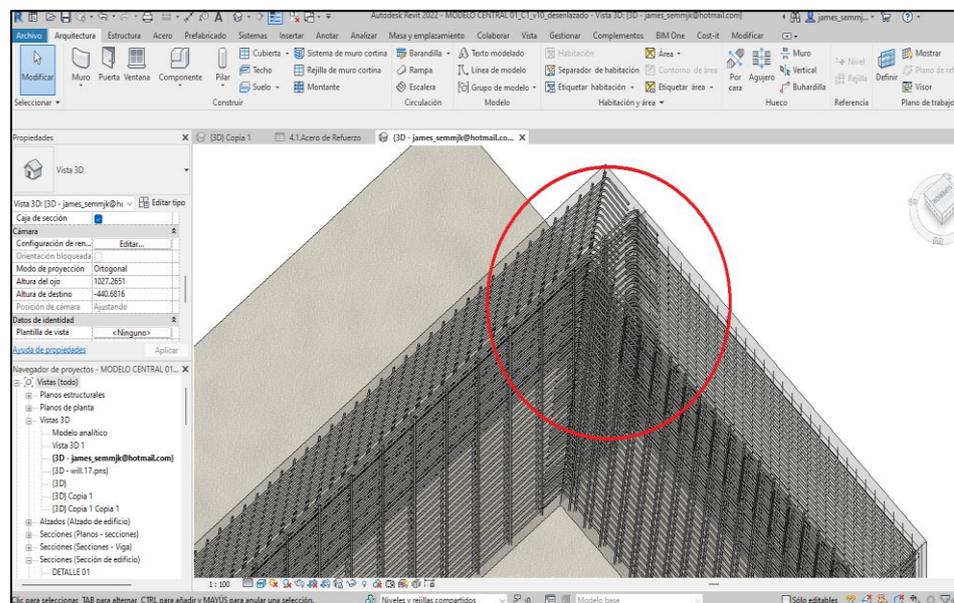
No se dio solución a este RFI porque es necesario la aprobación del proyectista por ser de un carácter de suma importancia.

- RFI N°03: Solicitó detalle de unión y/o empalme entre el muro pantalla y muros laterales.

Para la solución a este RFI se consideró la pantalla y los aleros de forma monolítica, se empalmaron las longitudes de anclaje de los aceros en forma de “L” de los aleros respecto a la pantalla y viceversa y así aprovechar la longitud del acero que es de 9 metros de longitud para que el refuerzo este en forma de U los cuales empalarán a la pantalla principal y aleros por lo que se modeló como se muestra en la Figura 73.

**Figura 73**

*Modelado de los aceros en “L” de la pantalla y aleros en Revit.*

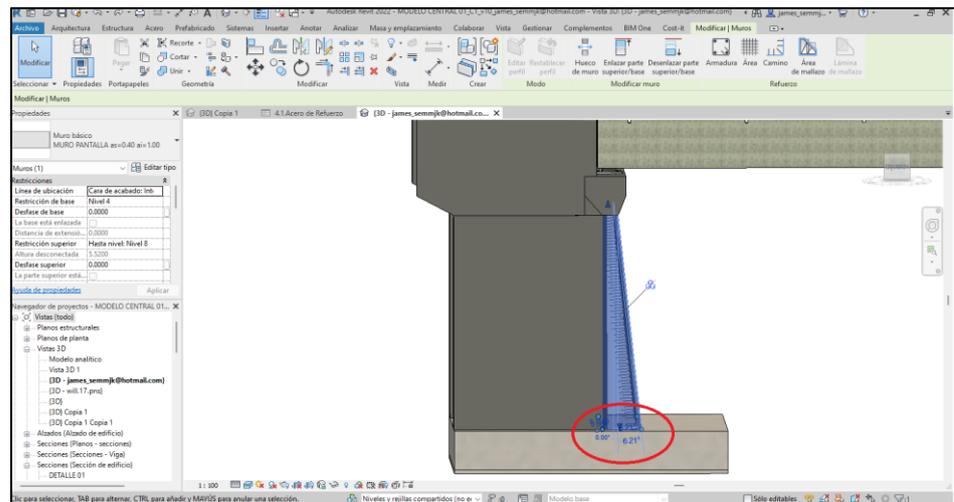


- RFI N°04: Solicitó aclaración de proyección de muros de estribo sobre la cimentación y eje de apoyo superestructura.

Para la solución a este RFI se adoptó el inicio del muro de la pantalla considerando los planos de las demás especialidades ya que estos guardan y se modelo de acuerdo a estos como se muestra en la Figura 74.

**Figura 74**

*Modelado de la pantalla de acuerdo a los planos en e programa Revit*

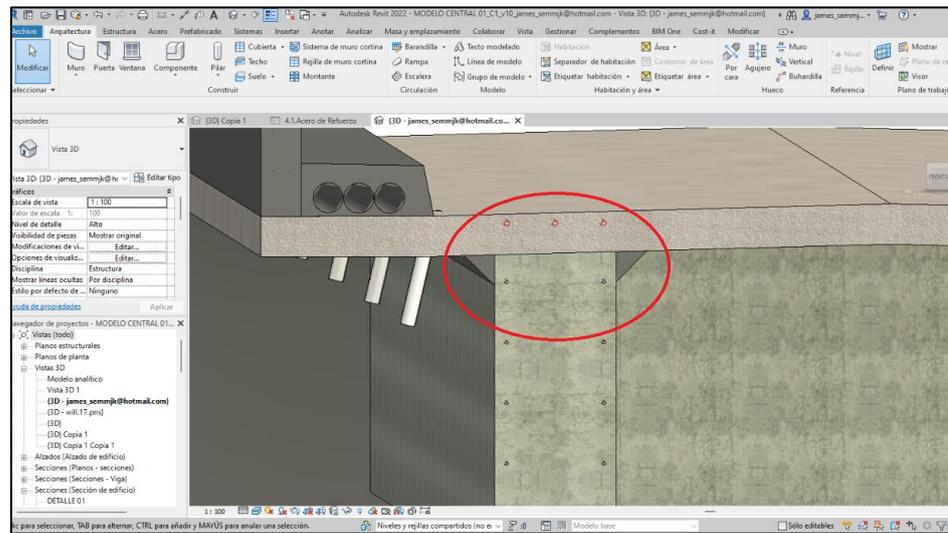


- RFI N°05: Incompatibilidad entre los planos e-espe-01 y e-rv-01 donde las medidas de las pestañas de las vigas principal son de distinta medida.

Para la solución a este RFI se optó por tomar la medida de la pestaña más grande que es de 16 cm para de esta forma asegurar el diseño estructural, por lo que se modeló las pestañas con la medida de 16 cm como se muestra en la Figura 75.

## Figura 75

*Modelado de las pestañas en el programa Revit.*



### 3.4.1.4.4 Integración del modelado final del puente y accesos

Una vez absuelto las incompatibilidades e interferencias se realizó el modelo federado final del proyecto en sus distintas disciplinas, este modelo nos ayuda a generar un nuevo y mejor formato de comunicación entre las distintas disciplinas del cual se extraerá los entregables de una manera más fiable y exacta los cuales son los planos, estimación de presupuestos, estimación del presupuesto, planificación 4D y cronograma.

### 3.4.1.5 Desarrollo de entregables BrIM

#### 3.4.1.5.1 Elaboración de planos finales

Una vez realizado el modelado final de la estructura del puente, lo que nos garantizará que los planos a realizar estén libres de inconsistencias y que disminuye la posibilidad de errores durante la construcción. Se procedió a la realización de la documentación de los planos: secciones,

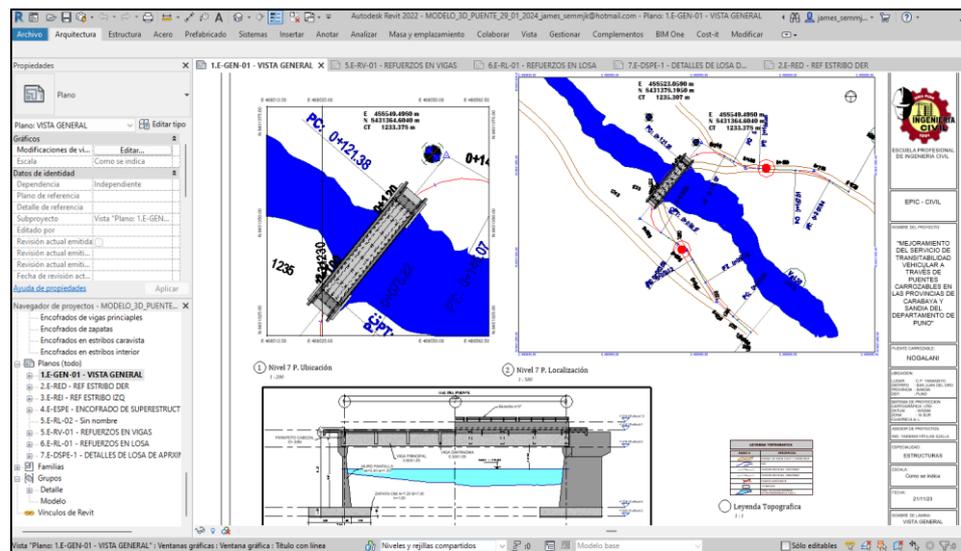
elevaciones y detalles necesarios para la ejecución del proyecto, estos fueron realizados de forma precisa y actualizada en el programa Revit.

Cada plano está conformado por diferentes vistas 2D, tablas, detalles y rótulo, el cual en conjunto forman un plano general de una especialidad como Arquitectura, Estructura, etc. como se muestra en la Figura 76.

Luego de la creación de los planos de la estructura del puente como se muestra en la Figura 77 se procedió a la elaboración de los planos de los accesos del puente, el cual fue realizado en el programa Civil 3D donde se realizó el modelado de los accesos para la documentación de los planos donde contiene la ubicación de los accesos, volumen de explanaciones y cantidad del afirmado.

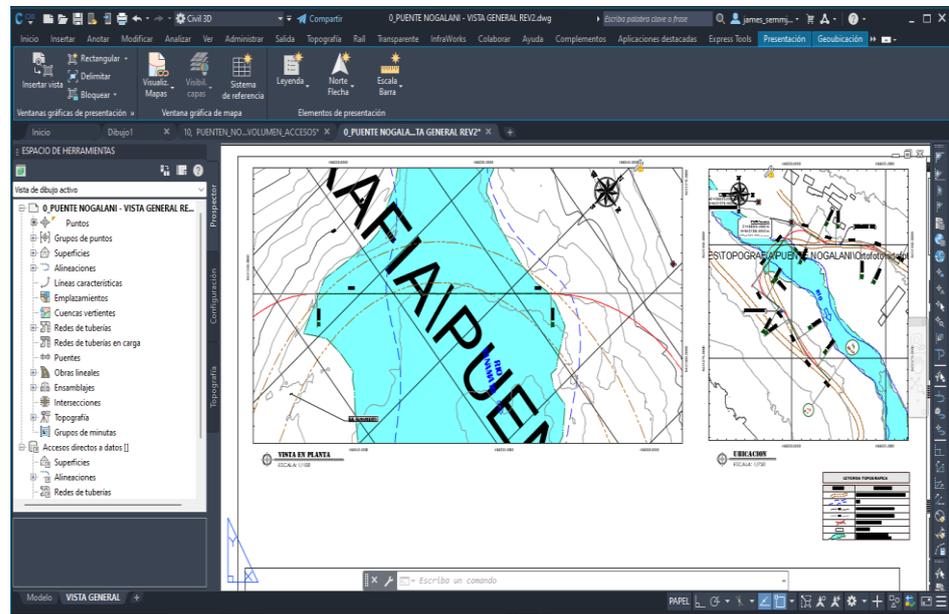
## Figura 76

*Plano de la estructura del puente.*



## Figura 77

*Plano de los accesos del puente.*



### 3.4.1.5.2 Estimación de metrados

La estimación de metrados del puente se realizó con ayuda de las tablas de planificación y cantidades de Revit, para lo cual se creó tablas con campos y filtrado de parámetros de volumen para la medición de volúmenes de concreto de la cimentación, estribos, vigas principales, vigas diafragma, losa y vereda del puente. En la Figura 78 se muestra los campos seleccionados para poder obtener el volumen de concreto en los estribos del puente, así también se puede observar en el área del navegador del proyecto el listado de tablas de cantidades creados en el proyecto.

**Figura 78**

*Tabla de cantidades de concreto armado en estribos, pantalla y muros.*

A	B	C	D
Familia	Tipo	Volumen	Código de montaje
Muro básico	MURO PANTALLA as=0.40 ai=1.00	23.97 m³	03.03.03.04
Muro básico	PARAPETO CABEZAL E= 300	3.16 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=1.00 An4.353	16.99 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATs as=0.40 ai=0.60 An4.353	5.70 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.60 An4.353 2	0.07 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.60 An4.353 2	0.07 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.60 An4.353 2	0.07 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO pantalla Cabezal de apoyo	5.50 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO PANTALLA as=0.40 ai=1.00	23.97 m³	03.03.03.04
Muro básico	PARAPETO CABEZAL E= 300	3.16 m³	03.03.03.04
Muro básico	Muro pantalla Cabezal de apoyo	5.50 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=1.00 An4.353	16.99 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATs as=0.40 ai=0.60 An4.353	5.70 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=1.00 An4.353	16.99 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATs as=0.40 ai=0.60 An4.353	5.70 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=1.00 An4.353	16.99 m³	03.03.03.04
Muro básico	MURO LATs as=0.40 ai=0.60 An4.353	5.70 m³	03.03.03.04
Total general: 18		156.27 m³	

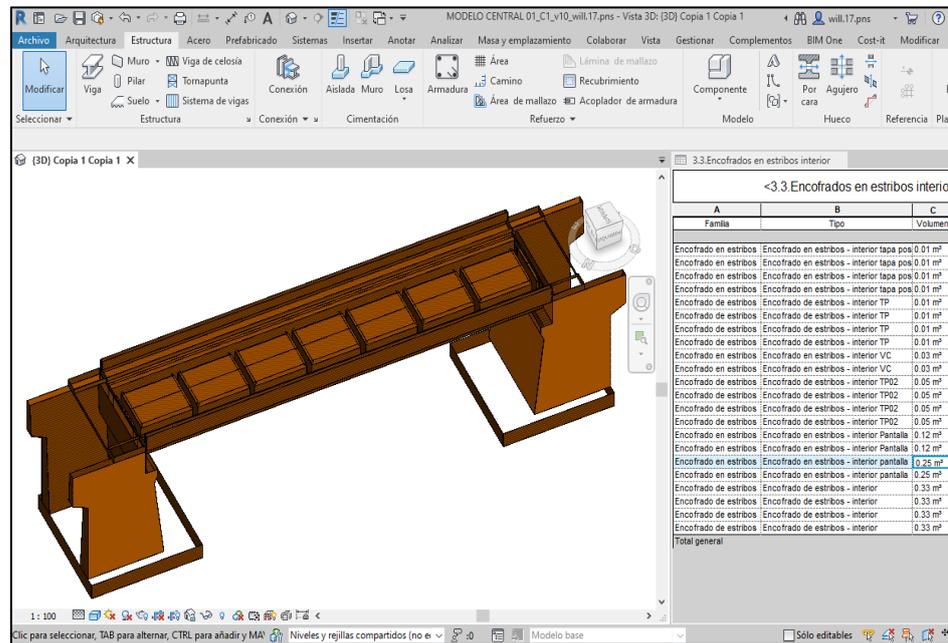
**Fuente:** Elaboración propia.

En el caso del encofrado debido a que se tiene superficies inclinadas y áreas muy irregulares se optó por modelar el encofrado con un espesor de 1.0 cm, lográndose obtener el volumen del modelo genérico del encofrado con mayor precisión, para posteriormente dividirlo entre 1.0 cm y así obtener las áreas de encofrado. En la Figura 79 se observa el modelado del encofrado y la tabla de cantidades del encofrado de estribos no caravista.

- Para el modelado y representación del encofrado se utilizó la herramienta de modelado in situ del programa Revit, en el cual se modeló todas las caras donde se requiera encofrado de la sub estructura y superestructura del puente y así obtener el área de encofrado mediante las tablas de planificación.

**Figura 79**

*Modelo del encofrado de todos los componentes del puente.*

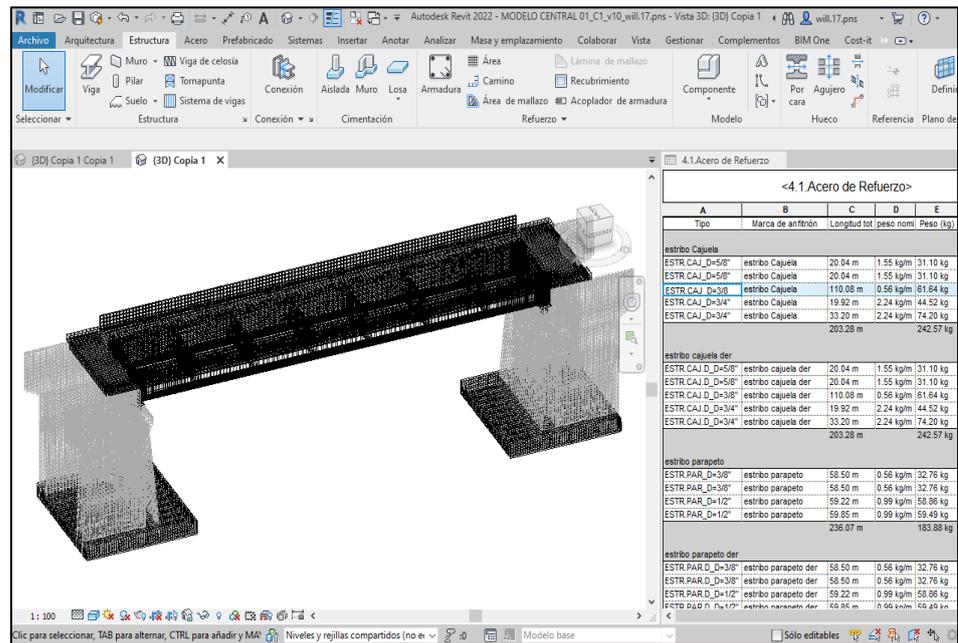


**Fuente:** Elaboración propia.

Para la cuantificación del acero de refuerzo se generaron tablas de cantidades por tipo de refuerzo y filtrado por la marca de anfitrión, de tal manera que se agrupa las tablas por el elemento estructural al que corresponden. Cada tipo de refuerzo cuenta con un tipo de diámetro y longitud, lo cual aprovechamos para asignarle el peso por metro lineal de tipo de barra, luego creamos un campo que involucra una fórmula que multiplica la longitud del refuerzo por su peso nominal, y de esta forma obtenemos la cantidad de refuerzo en kilogramos. En la Figura 80 se observa la tabla de cantidades del acero de refuerzo filtrado por marca de anfitrión.

**Figura 80**

*Modelo del encofrado de todos los componentes del puente.*

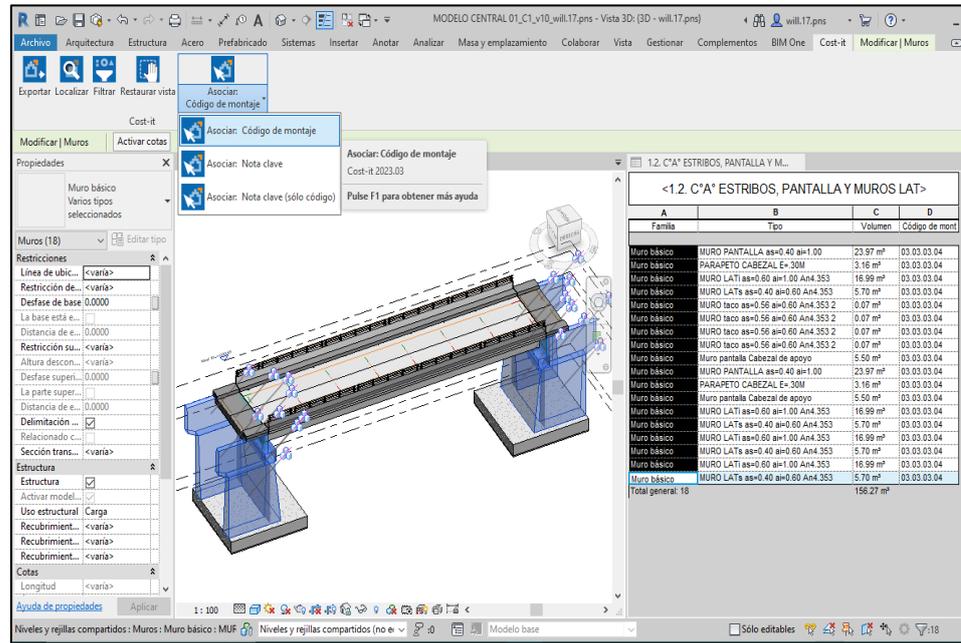


**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez elaborado todas las tablas de cantidades requeridas según nuestra estructura de partidas del presupuesto empezamos a enlazar el código de montaje de cada objeto modelado con la partida a la cual corresponde en el presupuesto elaborado con PRESTO, esto gracias al plugin de nombre Cost-it que se instaló en Revit. En la Figura 81 se puede ver la manera de asociar los objetos modelados de ambos estribos mediante el código de montaje 03.03.03.04, que equivale al código asignado a la partida CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> (EN SECO) del presupuesto elaborado en PRESTO, el cual se puede observar en la Figura 82.

**Figura 81**

*Vinculación mediante cost-it de objetos modelados.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 82**

*Estructura de presupuesto BrIM del puente Nogalani.*

The screenshot shows a budget software interface with a hierarchical tree structure of budget items. Below the tree, a table titled 'Mediciones' provides detailed information for each item, including tags, descriptions, quantities, and costs.

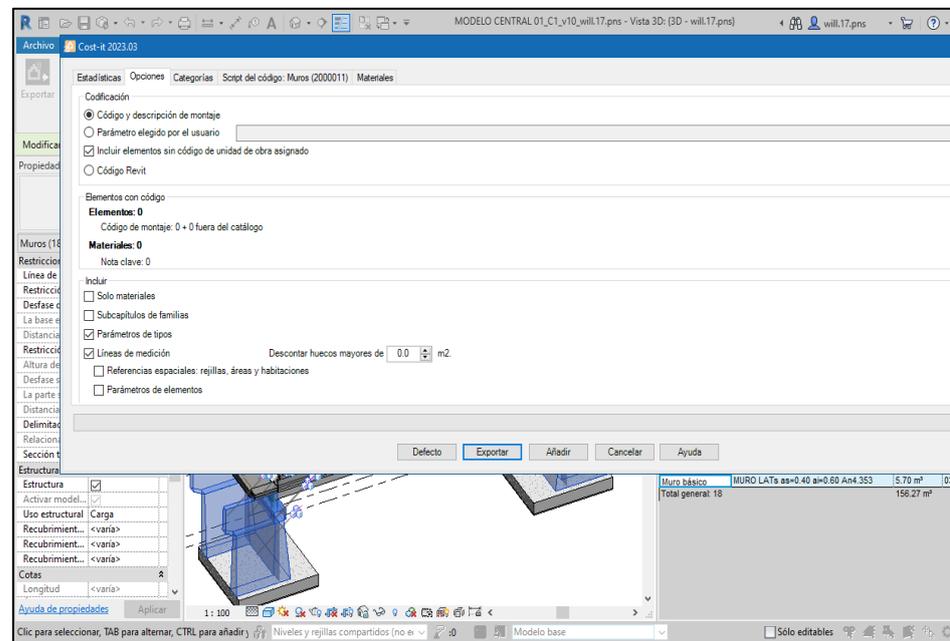
Tag	Espa.	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
1		Nivel 8 Nivel 8 Oeste Muro pantalla Cabezal de apoyo	1		6.200	1.050		5.502	5.502	✓
2		Nivel 4 Nivel 4 Este MURO LATI as=0.60 ai=1.00 An4.353	1			4.000		16.989		✓
3		Nivel 4 Nivel 4 Sur MURO PANTALLA as=0.40 ai=1.00	1		0.400	5.600		23.968	40.957	✓
4		Nivel 6 Nivel 6 Sur PARAPETO CABEZAL E=30M	1			0.300	5.800	3.162	3.162	✓

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego de la vinculación de objetos modelados con las respectivas partidas se configuró la exportación procurando trasladar a PRESTO los parámetros de los objetos que permitan obtener las mismas cantidades totales de las tablas de cantidades de Revit. Por ejemplo, en la Figura 83 se observa la configuración de opciones de exportación por defecto que se empleó para los objetos modelados como muros de estribos.

**Figura 83**

*Configuración de opciones de exportación por defecto para estribos.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Luego se requiere una verificación de la tabla de categorías a exportar, en cuanto a la cantidad de objetos seleccionados a exportar, al código de montaje y los parámetros a exportar de los objetos modelados, como se puede ver en la Figura 84, en la fila seleccionada, en el caso de los muros fueron la Longitud, Anchura, Altura desconectada y el volumen como datos principales

**Figura 84**

*Estructura de presupuesto BrIM del puente Nogalani.*

ID	Categoría	Etiqueta	Sub	Elem	Código	Des	Materiales	Color	Unid	Medida	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula
13	2009000	Armadura estructural_V...	Model		0	'03.04.02.01'		12582143	kg	Usuario	1	Longitud...		peso no...	
14	2009000	Armadura estructural_I...	Model		0	'03.04.03.01'		12582143	kg	Usuario	1	Longitud...		peso no...	
17	2001330	Pilares estructurales	Model		0			12582906	m3	Volumen	1		b/JOD/Dia...	h/Nominal h	
18	2009030	Conexiones estructurales	Model		0			12582898	u	Número	1		b/JOD/Dia...	h/Nominal h	
19	2001100	Pilares	Model		0			12582883	m	Longitud...	1				
20	2001392	Suelos - Bordes de losa	Model		0			12582875	m	Longitud...	1				
21	2000032	Suelos	Model		0	'03.03.01.01'		12582868	m3	Usuario	1		Área	Área	
22	2000032	Suelos_losa de aproxi...	Model		0	'03.03.04.03'		12582868	u	Usuario	1		Área	Grosor	
23	2000032	Suelos_losa vereda y par	Model		0	'03.04.03.03'		12582868	u	Usuario	1		Área	Grosor	
24	2000011	Muros	Model		18	'03.03.03.04'		12582860	m3	Usuario	1	Longitud	Anchura	Altura desc...	
25	2000011	Muros_parapetos losa	Model		18	'03.04.03.03'		12582860	m3	Usuario	1	Longitud	Anchura	Altura desc...	
26	2000170	Paneles de muro cortina	Model		0			12582852	m3	Usuario	1	Longitud	Anchura	Altura desc...	
27	2000171	Montantes de muro co...	Model		0			12779455	m	Longitud...	1				

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 85**

*Verificación de los metrados en Presto y Revit.*

Familia	Tipo	Volumen
Muro básico	MURO PANTALLA	23.97 m³
Muro básico	PARAPETO CABEZAL	3.16 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=16.99	16.99 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.40 ai=5.70	5.70 m³
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.07	0.07 m³
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.07	0.07 m³
Muro básico	MURO taco as=0.56 ai=0.07	0.07 m³
Muro básico	MURO PANTALLA as=	23.97 m³
Muro básico	PARAPETO CABEZAL	3.16 m³
Muro básico	Muro pantalla Cabezal	5.50 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=16.99	16.99 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.40 ai=5.70	5.70 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=16.99	16.99 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.40 ai=5.70	5.70 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=16.99	16.99 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.40 ai=5.70	5.70 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.60 ai=16.99	16.99 m³
Muro básico	MURO LATI as=0.40 ai=5.70	5.70 m³
Total general:		18
		156.27 m³

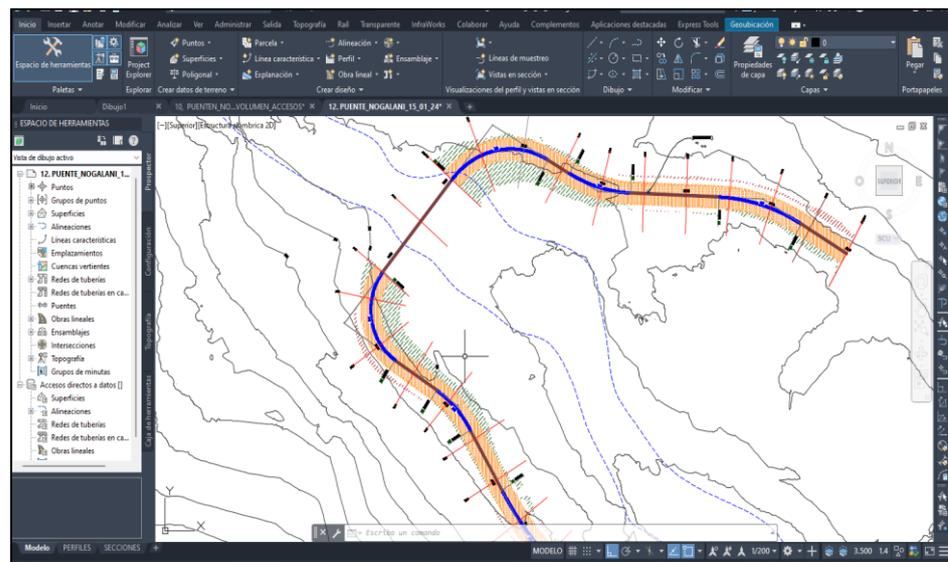
**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante aclarar que la información del objeto exportado a PRESTO queda vinculado al modelo Revit, siendo esta una de las funcionalidades que permite la verificación inmediata del metrado con el modelo, en la Figura 85 se observa una pantalla compartida entre Revit y PRESTO, donde una vez seleccionado la línea de medición del metrado y ejecutado la función de “Seleccionar en el modelo” en PRESTO, inmediatamente en Revit realiza un acercamiento al objeto modelado para visualizar y/o seleccionar de ser necesario.

Para la cuantificación del volumen de corte, relleno y material de los accesos del puente se utilizó el programa Civil 3D mediante el modelado de la obra lineal sobre la superficie del terreno como se muestra en la Figura 86, en donde se superponen las dos superficies para el cálculo de volumen de explanación y material.

### Figura 86

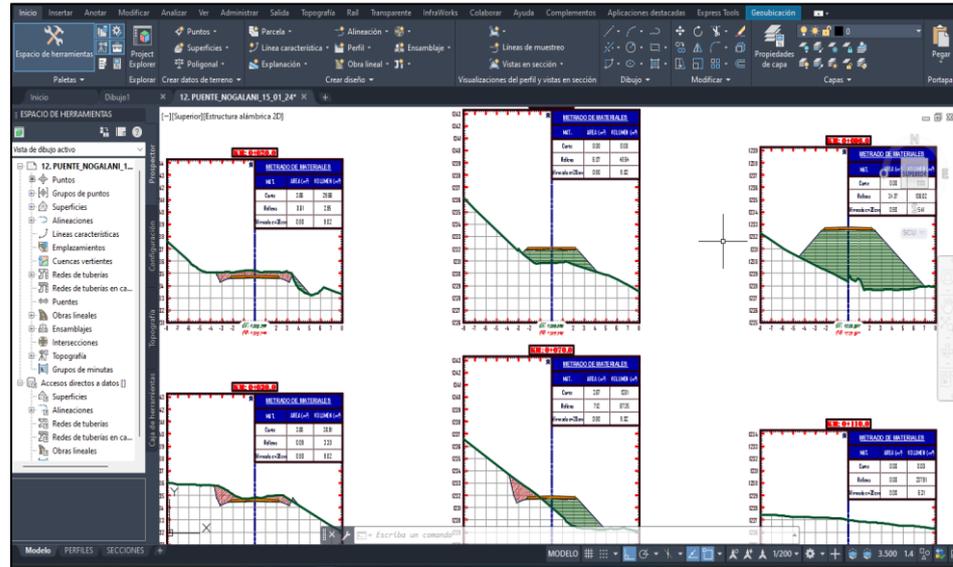
*Vista de planta de la obra lineal de los accesos del puente.*



En la Figura 87 se muestra los perfiles realizados a cada 20 metros en los cuales se calcula el área y volumen del corte, relleno y material.

**Figura 87**

*Vista de los perfiles de los accesos del puente.*



Para la obtención total de los metros de volumen de explanación, se utiliza la herramienta informe de volumen en el cual se obtiene una tabla con el reporte de área, así como el volumen de corte y relleno por progresivas, el cual puede ser exportado a una hoja Excel como se muestra en la Figura 88.

Para la obtención total de los metros de material, se utiliza la herramienta de cálculo de materiales en el cual se tiene una tabla con el reporte de área y volumen de material por progresivas el cual también puede ser exportado a una hoja Excel como se muestra en la Figura 89.

**Figura 88**

*Tabla de informe de volumen de corte y relleno.*

PROGR.	AREA DE CORTE (m <sup>2</sup> )	AREA DE RELLENO (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN CORTE (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN RELLENO (m <sup>3</sup> )	V. CORTE ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	V. RELLENO ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )
0+000	4.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010	2.06	0.00	30.32	0.01	30.32	0.01	30.30
0+020	3.86	0.61	29.66	2.95	59.98	2.96	57.02
0+030	3.88	0.09	38.91	3.30	98.89	6.26	92.63
0+040	0.00	1.32	19.55	7.05	118.44	13.31	105.13
0+050	0.00	3.47	0.00	23.99	118.44	37.30	81.14
0+060	0.00	6.07	0.00	48.64	118.44	85.94	32.50
0+070	2.67	7.12	12.81	67.35	131.25	153.29	-22.04
0+080	8.59	4.24	61.58	51.21	192.83	204.50	-11.66
0+090			61.09	86.97	243.92	291.47	-47.54

**Figura 89**

*Tabla de cálculo de materiales.*

Prog.	Área	Vol.	Vol. Acum.
0+000	0.90	0.00	0.00
0+010	0.90	9.02	9.02
0+020	0.90	9.02	18.04
0+030	0.90	9.02	27.06
0+040	0.90	9.02	36.07
0+050	0.90	9.02	45.09
0+060	0.90	9.02	54.11
0+070	0.90	9.02	63.13
0+080	0.90	9.02	72.15

Para la cuantificación de volumen de corte y relleno de la subestructura del puente se realizó mediante la superposición de superficies

del terreno levantado y la superficie de la zapata programa Civil 3D el cual nos permitirá obtener el volumen a desplazar.

Las tablas de cantidades obtenidas en Civil 3D se pueden exportar a Excel con ayuda de un plugin y estas a su vez pueden ser incluidas en el software de PRESTO en su sección de mediciones. Esto se puede observar en la Figura 90, aplicado para el caso de la partida 04.01.03 EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO.

**Figura 90**

*Medrado de la partida de excavación en el programa presto.*

EDT	Código	NatC	Resumen	Producción	Factor	Ud	CanPres	Pres	ImpPres
6	04.01		ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO	0	0		1,00	107.787,97	107.787,97
7	04.01.01		DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACION)	750.0000	M2		1,100.00	0,50	550,00
8	04.01.02		TOPOGRAFIA Y GEORREFERENCIACION	500.0000	M2		1,100.00	3,23	3.553,00
9	04.01.03		EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ACCESO	500.0000	M3		487,40	8,80	4.289,12
10	04.01.04		CONFORMACION DE TERRAPLENES	400.0000	M3		1,646.50	44,19	72.758,84
11	04.01.05		PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRAZANTE	700.0000	M2		924,00	7,16	6.615,84
12	04.01.06		AFIRMADOS E=0.20M	250.0000	M3		186,98	64,04	11.974,20
13	04.01.07		ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	150.0000	M3		487,40	16,51	8.048,97

Tag	Espacio	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
	Nivel 01								487,40	
20	<input type="checkbox"/>	Nivel 01	Progresiva 00+0+190					29,23		
21	<input type="checkbox"/>	Nivel 01	Progresiva 00+0+200					30,01		
22	<input type="checkbox"/>	Nivel 01	Progresiva 00+0+210					66,57		
23	<input type="checkbox"/>	Nivel 01	Progresiva 00+0+220					79,45		
24	<input type="checkbox"/>	Nivel 01	Progresiva 00+0+220					0,01	487,40	

De manera similar se realizó los procedimientos descritos para las partidas seleccionadas teniendo en cuenta su directa relación con la construcción del puente y accesos e incidencia en el presupuesto del proyecto, estas partidas se seleccionaron del presupuesto desarrollado por el equipo del GORE Puno, adjuntado en el Anexo 5, mas no se consideró las partidas y/o trabajos de carácter complementario, es así que con fines investigativos se considerará partidas empleando la metodología BrIM.

### 3.4.1.5.3 Estimación del presupuesto

Para la estimación del presupuesto se empleó el software Presto, este programa pertenece a la compañía RIB de España y tiene la particularidad de estar bien valorado en el entorno BIM por su interoperabilidad y bidireccionalidad de flujo de información con el programa Revit de Autodesk

Para la creación del presupuesto y su estructura de partidas se empleó las partidas del presupuesto elaborado de manera convencional, el tener el presupuesto en un archivo de Microsoft Excel facilitó el estructurado y copiado, ya que Presto admite copiado directo de datos, es decir es muy compatible con los softwares de Microsoft. En la Figura 91 se muestra la estructura del presupuesto del puente Nogalani en el programa Presto.

**Figura 91**

*Visualización de la estructura del presupuesto en el programa Presto.*

EDT	Código	NatC	Resumen	Producción	Factor	Ud	CanPres	Pres	ImpPres
4	3	3	INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)	0	0		1	662,091.67	662,091.67
5	3.1	02	TRABAJOS PRELIMINARES		0		1.00	1,678.50	1,678.50
6	3.1.1	03	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACION)	750.0000			450.00	0.50	225.00
7	3.1.2	04	TOPOGRAFIA Y GEORREFERENCIACION	500.0000			450.00	3.23	1,453.50
8	3.2	01.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS		0	0	1.00	27,218.46	27,218.46
9	3.2.1	01.05	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SE...	250.0000			588.74	5.58	3,285.17
10	3.2.2	01.06	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL SELECCIONADO...	250.0000			300.53	59.85	17,986.72
11	3.2.3	01.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	150.0000			360.18	16.51	5,946.57
12	3.3	03.03	SUB ESTRUCTURA		0	0	1.00	396,025.16	396,025.16
13	3.3.1	03.03.01	SOLDADO		0	0	1.00	4,313.38	4,313.38
14	3.3.1.1	03.03.01.01	CONCRETO F'c=100 KG/CM2 PARA SOLDADO	80.0000			115.92	37.21	4,313.38
15	3.3.2	03.03.02	FUNDACION (ZAPATA)		0	0	1.00	131,023.75	131,023.75
16	3.3.2.1	03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	250.0000	kg		7,853.48	10.37	81,440.59
17	3.3.2.2	03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	18.0000	m2		56.80	65.07	3,695.98
18	3.3.2.3	03.03.02.03	CONCRETO CICLOPEO 210 KG/CM2 (EN SECO)	15.0000	m3		100.80	455.23	45,887.18
19	3.3.3	03.03.03	PANTALLA		0	0	1.00	249,088.70	249,088.70

**Fuente:** Elaboración propia.

Los análisis de costos unitarios se desarrollan de manera similar a programas convencionales como el S10 o el Delphin Express, con la particularidad que su visualización se logra con el extendido del árbol de EDT de la partida, como se puede observar en la Figura 92, donde la partida 03.03.02.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO se observa desplegada y se observa su análisis de costos unitarios con los respectivos código, naturaleza de categoría, descripción del recurso, producción, factor, unidad, cantidad presupuestada, precio unitario y el parcial correspondiente.

**Figura 92**

*Visualización del análisis del costo unitario en el programa Presto.*

EDT	Código	NatC	Resumen	Producción	Factor	Ud	CanPres	Pres	ImpPres
13	3.3.1	03.03.01	SOLADO	0	0		1.00	4,313.38	4,313.38
14	3.3.1.1	03.03.01.01	CONCRETO FC=100 KG/CM2 PARA SOLADO	80.0000			115.92	37.21	4,313.38
15	3.3.2	03.03.02	FUNDACION (ZAPATA)	0	0		1.00	131,023.75	131,023.75
16	3.3.2.1	03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	250.0000	kg		7,853.48	10.37	81,440.59
17	3.3.2.2	03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	18.0000	m2		56.80	65.07	3,695.98
18	47.00007		OPERARIO		1	HH	8.0000	14.17	6.30
19	47.00008		OFICIAL		2	HH	8.0000	12.57	11.17
20	47.00009		PEON		1	HH	8.0000	10.97	4.88
21	02.00018		ALAMBRE NEGRO N° 8			KG	0.1580	5.50	0.87
22	02.13366		CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA			KG	0.1000	8.00	0.80
23	30.13367		DESMOLDANTE PARA ENCOFRADO			GLN	0.0667	58.00	3.87
24	43.00020		MADERA TORNILLO			P2	3.3300	8.50	28.31
25	43.13368		TRIPLAY DE 18MM PARA ENCOFRADO			PLN	0.0550	149.00	8.20
26	47.601.00		HERRAMIENTAS MANUALES			%MO	0.2235	3.00	0.67
27	3.3.2.3	03.03.02.03	CONCRETO CICLOPEO 210 KG/CM2 (EN SECO)	15.0000	m3		100.80	455.23	45,887.18
28	3.3.3	03.03.03	PANTALLA	0	0		1.00	249,088.70	249,088.70

**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a los metrados se tiene una ventana de mediciones para cada partida donde se puede vincular y añadir los metrados desde Revit y también digitar y/o copiar desde Excel los datos de las mediciones. En la Figura 93 en la parte baja se observa la ventana de mediciones de la partida 03.03.02.03 CONCRETO CICLOPEO 210 kg/cm<sup>2</sup> (EN SECO) donde se

incluyen columnas de número de elementos, longitud, anchura, altura, formula y cantidades para el procesamiento requerido de las mediciones.

### Figura 93

Visualización de las mediciones en el programa Presto.

The screenshot shows the Presto software interface. The top part displays a budget table with columns: EDT, Código, NatC, Resumen, Producción, Factor, Ud, CanPres, Pres, and ImpPres. The bottom part shows a measurement table with columns: Tag, Espa, Comentario, N, Longitud, Anchura, Altura, Fórmula, Cantidad, CanPres, and Pres.

EDT	Código	NatC	Resumen	Producción	Factor	Ud	CanPres	Pres	ImpPres
15	3.3.2	03.03.02	FUNDACION (ZAPATA)	0	0		1.00	131,023.75	131,023.75
16	3.3.2.1	03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	250.0000		kg	7,853.48	10.37	81,440.59
17	3.3.2.2	03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	18.0000		m2	56.80	65.07	3,695.98
18	3.3.2.3	03.03.02.03	CONCRETO CICLOPEO 210 KG/CM2 (EN SECO)	15.0000		m3	100.80	455.23	45,887.18
19	3.3.3	03.03.03	PANTALLA	0	0		1.00	249,088.70	249,088.70

Tag	Espa	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
	Nivel								100.80	
1		ZAPATA CIM A=7.20 B=7.00 h=1.00	1	7.2000	7.0000	1.0000		50.4000		
2		ZAPATA CIM A=7.20 B=7.00 h=1.00	1	7.2000	7.0000	1.0000		50.4000	100.8000	

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, una vez ingresado al programa PRESTO las partidas, los análisis de costos unitarios y los metrados, el programa calcula el presupuesto del proyecto.

#### 3.4.1.5.4 Planificación 4D y cronograma

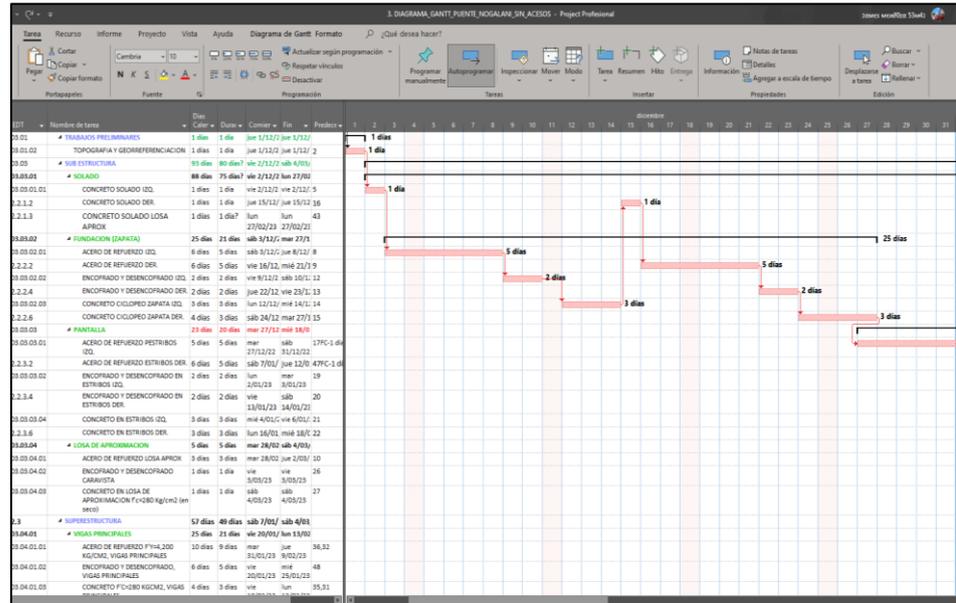
Por último, se realizó el cronograma y la planificación 4D de la obra para lograr una secuencia constructiva más realista y poder tener un cronograma que refleje una correcta planificación y programación de ejecución de obra de acuerdo al proceso constructivo de la ejecución del puente Nogalani.

Se realizó un cronograma Gantt donde fue realizado la programación de la obra de una forma más asertiva al proceso constructivo del puente Nogalani, el cual fue realizado en el programa MS Project como

se muestra en la Figura 94 para posteriormente exportarlo al programa Navisworks para la programación 4D.

**Figura 94**

*Cronograma Gantt del proceso constructivo del proyecto.*

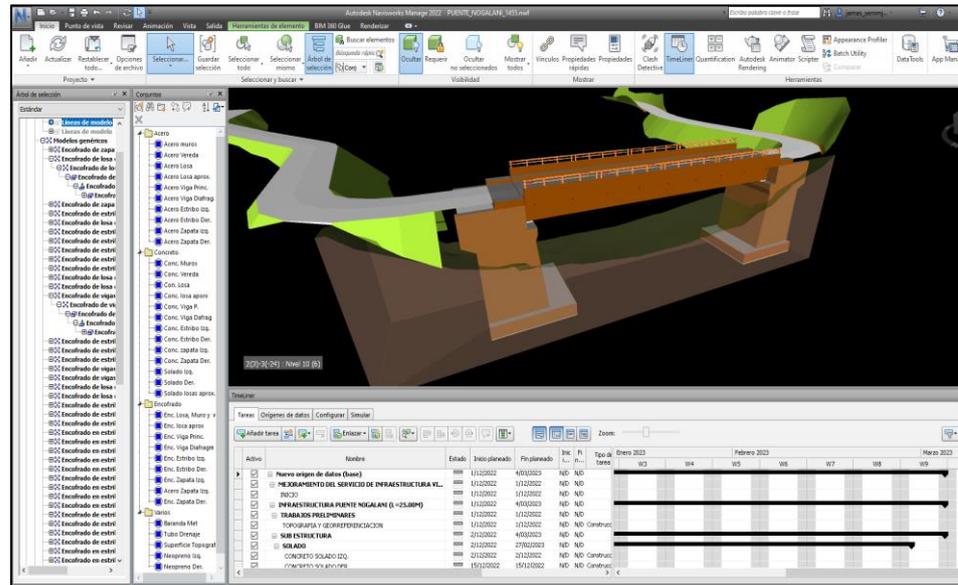


Para la planificación 4D del proyecto se utilizó el programa Navisworks en donde se importó el modelo federado desde Revit en formato. NWC, donde se realizó la simulación del proceso constructivo y animación de las partidas del proyecto donde se planifico todas las etapas del proceso constructivo como se muestra en la Figura 95 en donde se enlaza los conjuntos creados al Diagrama Gantt que fue importado.

Una de sus herramientas es la simulación constructiva 4D el cual nos permitió coordinar, la simulación de la construcción y visualizar desde diferentes puntos de vista para el análisis de todo el proyecto y su revisión integrada como se muestra en la Figura 96.

**Figura 95**

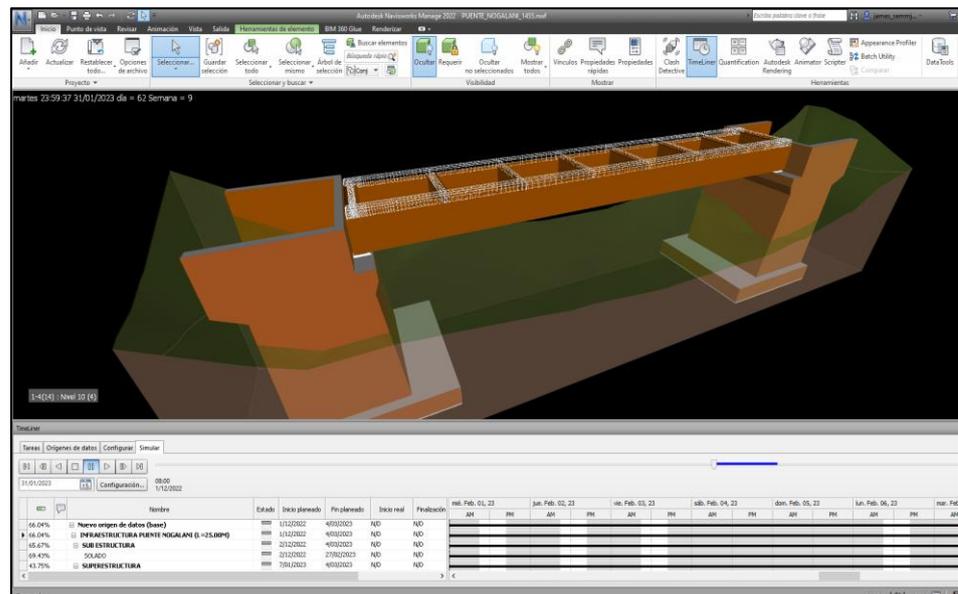
*Planificación 4D del proyecto en el programa Navisworks.*



Otra de las herramientas es el recorrido virtual que nos permitió visualizar el proyecto en su etapa final y así poder ver como se verá cuando esté terminado y medir todas las especialidades modeladas como se muestra en Figura 97.

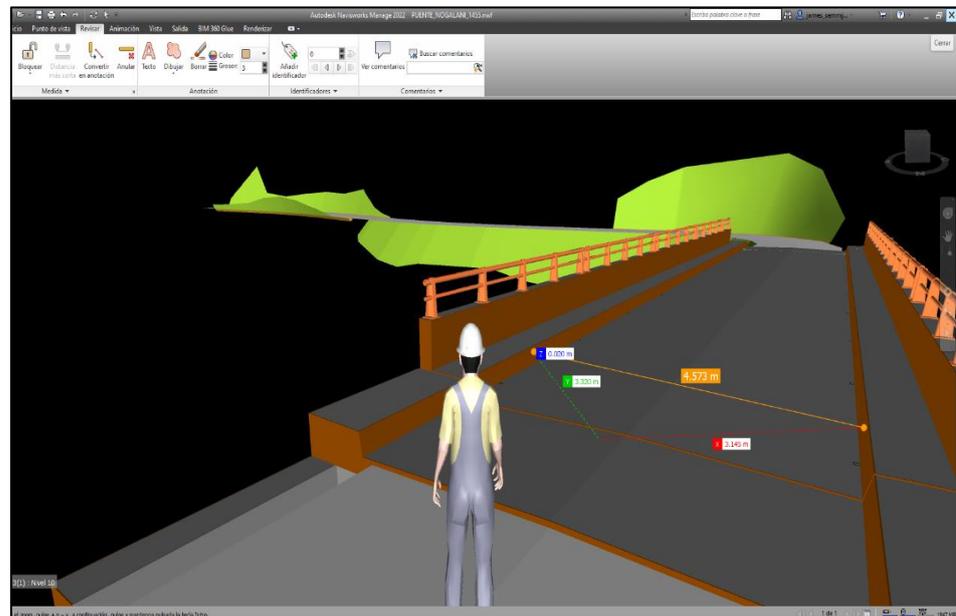
**Figura 96**

*Simulación del proyecto en el programa Navisworks.*



**Figura 97**

*Recorrido virtual del proyecto en el programa Navisworks.*



Después de llevar a cabo la planificación 4D en Navisworks, basada en el proceso constructivo del puente, logramos una comprensión más detallada de su construcción. Como resultado, se desarrolló un nuevo cronograma Gantt, más preciso y confiable, que refleja adecuadamente el proceso constructivo.

### **3.4.2 Procedimiento de la metodología convencional**

Para el desarrollo del expediente técnico del puente Nogalani, se aplicó un flujograma adaptado a la metodología convencional utilizada en la elaboración de expedientes técnicos. Cada fase del proceso se desarrolló de manera ordenada y secuencial, lo que permitió un control riguroso del tiempo. Para garantizar la precisión y eficiencia, todas las fases y procesos se repitieron tres veces, permitiendo un control detallado del tiempo en cada etapa. Esta repetición facilitó la identificación de aspectos deficientes de los procesos con lo cual se logró



mejorar el flujograma propuesto, mejorando así la calidad del expediente técnico del puente Nogalani.

### **3.4.2.1 Interpretación y adecuación de los estudios básicos**

#### **3.4.2.1.1 Estudio de topografía.**

A través de la lectura e interpretación de los planos del informe topográfico y fotogramétrico, se realizó una revisión exhaustiva tanto en campo como en gabinete. Este enfoque garantizó la verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos indispensables para obtener una representación precisa del terreno involucrado en el proyecto.

#### **3.4.2.1.2 Estudio de hidrología e hidráulica.**

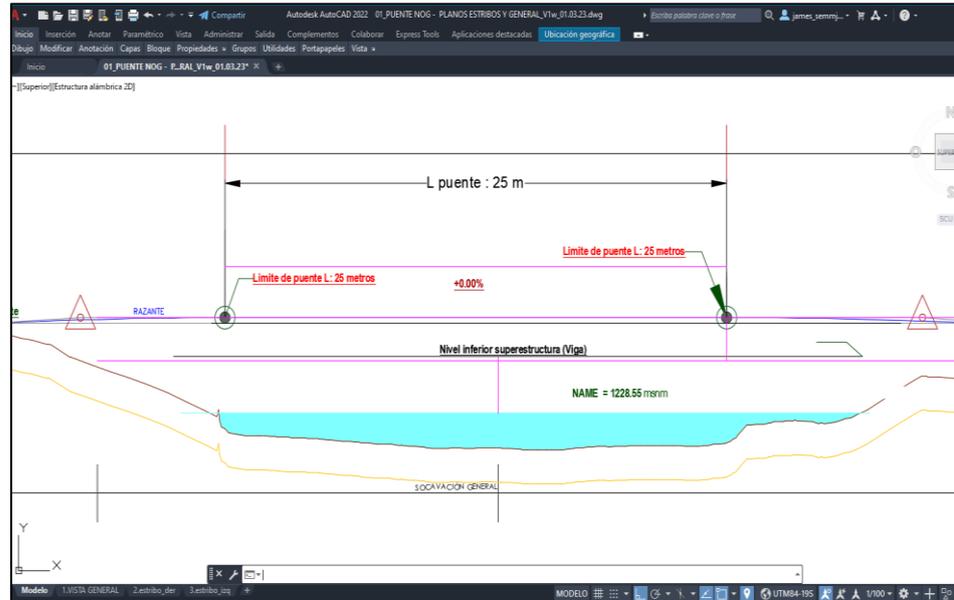
De acuerdo con el informe de hidrología e hidráulica, revisado meticulosamente, se llevó a cabo una caracterización detallada del cauce del río Yanamayo, donde se ubicará el puente con una vida útil proyectada de 75 años. Se determinó que el Nivel de Agua Máxima Esperada (NAME) para un caudal con un tiempo de retorno de 140 años es de 1228.52 metros, con un gálibo de 2.5 metros. Esto nos permitió establecer la altura mínima necesaria del puente, como se muestra en la Figura 98.

Para un caudal con un tiempo de retorno de 500 años, se identificó una profundidad de socavación general en las márgenes derecha e izquierda del río de 1.50 metros, 1.60 metros y 1.80 metros respectivamente. Basándonos en esta información, se propuso una luz libre de 25 metros, lo cual determina la longitud necesaria del puente y garantiza

la protección de los estribos contra la erosión y la socavación durante la temporada de lluvias.

### Figura 98

*Altura y longitud mínima del puente Nogalani.*

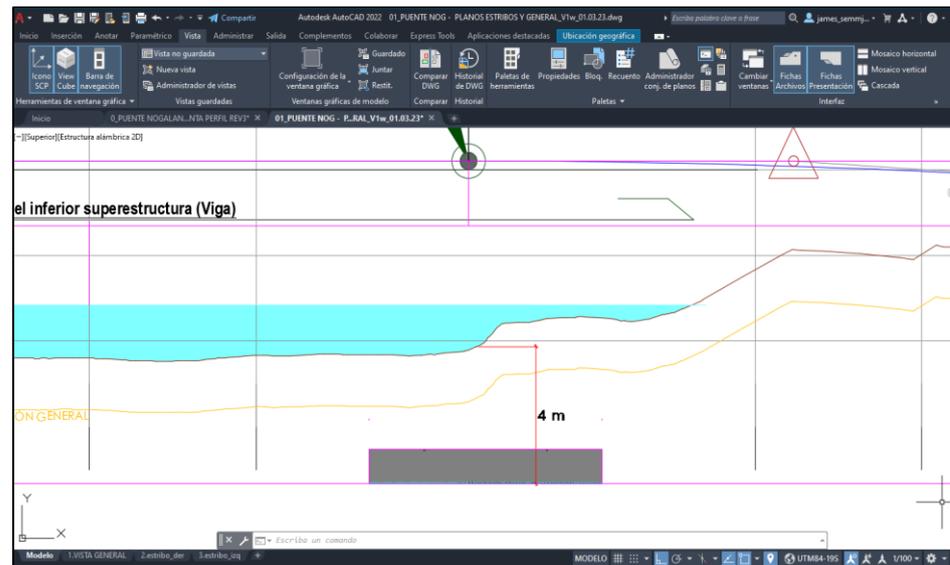


#### 3.4.2.1.3 Estudio de geología y geotecnia.

Tras revisar el informe de geología y geotecnia, se evaluaron la capacidad de carga y los asentamientos esperados del suelo, verificando los cálculos de acuerdo con la estratigrafía del terreno. Utilizando el programa AutoCAD, se creó un dibujo 2D detallando las zapatas de los estribos derecho e izquierdo, con dimensiones de 2 metros por 6 metros. Donde se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 4 metros respecto al perfil del terreno, lo cual resultará en un asentamiento estimado de 0.43 centímetros, como se muestra en la figura 99.

## Figura 99

### Modelado 2D de la zapata



En el informe también se revisaron los parámetros del terreno. Como resultado, se propusieron elementos estructurales para las fundaciones de las estructuras de retención de materiales, específicamente estribos de concreto armado ubicados en ambos lados del puente. Estos estribos están diseñados para soportar la presión generada tanto por el flujo de agua como por el peso del suelo circundante.

#### 3.4.2.1.4 Estudio de trazo y diseño vial.

Según el informe del estudio de trazo y diseño vial, se realizó una revisión exhaustiva tanto en campo como en gabinete para verificar la geometría bidimensional de los accesos. Lo propuesto en el informe y los planos relacionados a los accesos del puente Nogalani cumplen con los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), garantizando funcionalidad, seguridad, comodidad y armonía con el entorno ambiental.

### 3.4.2.2 Diseño conceptual

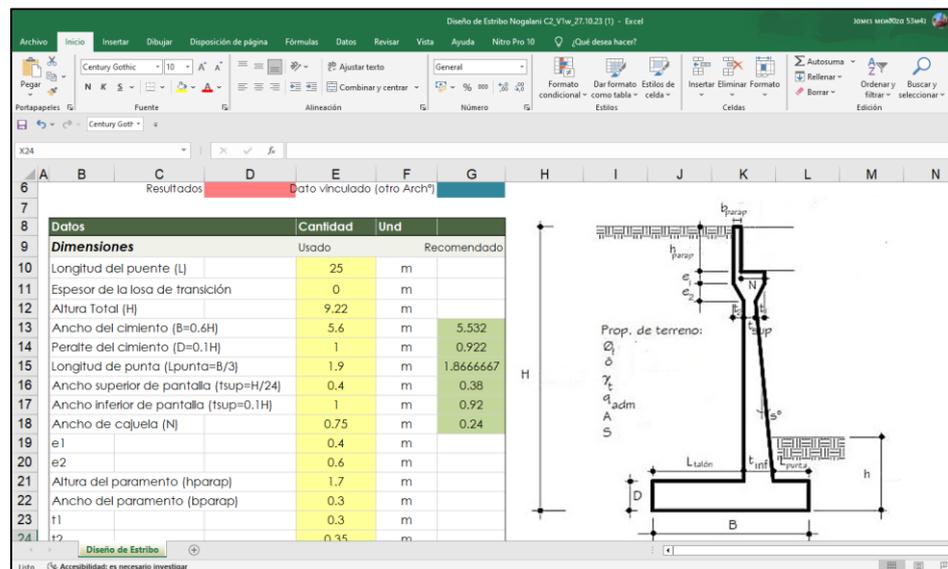
#### 3.4.2.2.1 Diseño general, pre-dimensionamiento y dibujo

Se llevó a cabo el diseño general del puente basándose en estudios básicos de ingeniería. Esto permitió definir el tipo de puente gracias a los datos de la longitud mínima de la luz, altura mínima y el tipo de cimentación necesarios para el puente, facilitando así el diseño de los elementos tanto de la superestructura como de la subestructura del puente.

Para el predimensionamiento de las componentes del puente, se inició con la subestructura, enfocándonos en el predimensionamiento de los estribos. Utilizamos plantillas de Excel programadas con fórmulas y criterios específicos, lo que nos permitió establecer las dimensiones de los estribos derecho e izquierdo, como se muestran en la Figura 100.

**Figura 100**

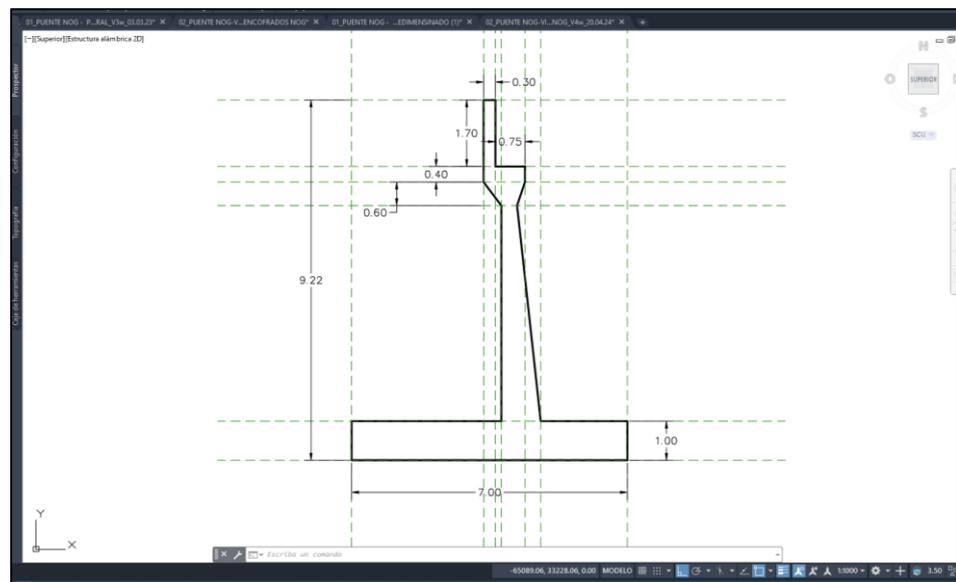
*Hoja Excel de la plantilla de predimensionamiento del puente.*



Una vez obtenidas las dimensiones del predimensionamiento del estribo, se procedió a elaborar el dibujo de sus elementos: la zapata, la pantalla del estribo, el cabezal de apoyo de vigas y los muros laterales o aleros. Estos dibujos fueron realizados utilizando el programa AutoCAD, tal como se observa en las Figuras 101.

### Figura 101

*Dibujo de perfil izquierdo del estribo del puente en AutoCAD.*

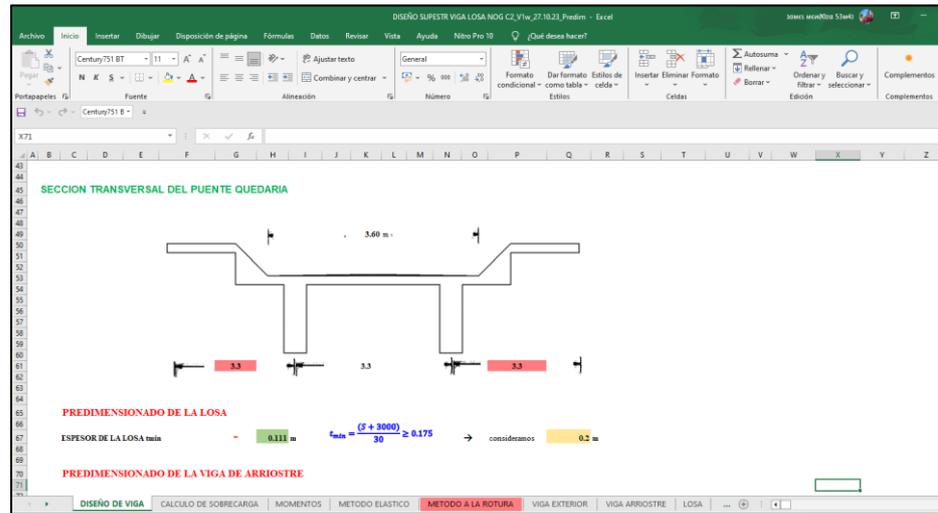


Para continuar en el diseño general del proyecto, utilizamos plantillas de Excel programadas con fórmulas y criterios específicos para pre dimensionar la superestructura. Estas plantillas nos permitieron y facilito determinar el espesor de la losa, así como las dimensiones de la viga principal y la viga diafragma como se muestra en la Figura 102.

Una vez obtenidas las dimensiones realizadas en el pre dimensionamiento de la superestructura, procedimos a conceptualizar de la losa del puente, la viga principal y viga diafragma, realizado mediante el dibujo en el programa AutoCAD, como se muestra en la Figura 103.

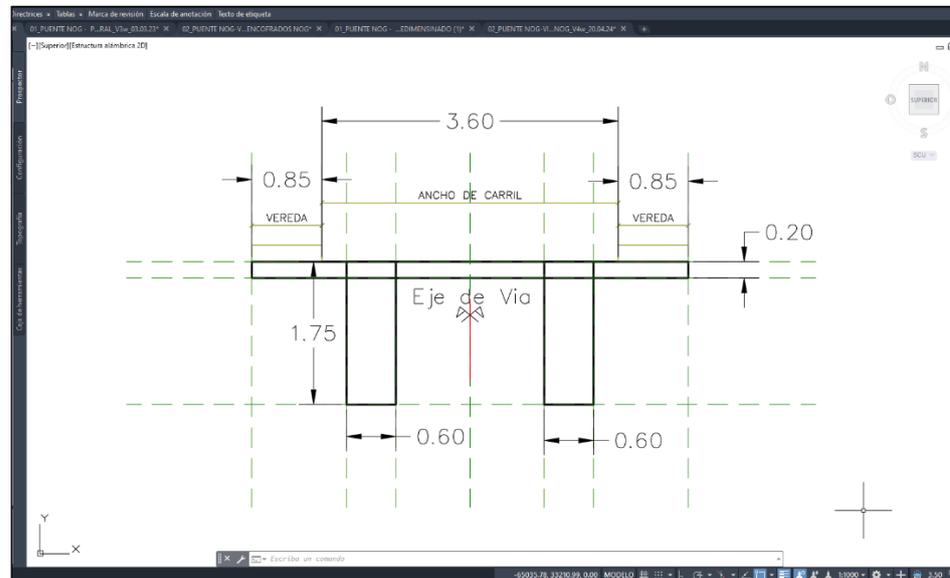
**Figura 102**

*Plantilla Excel de predimensionamiento de la losa del puente.*



**Figura 103**

*Dibujo de la super estructura del puente.*



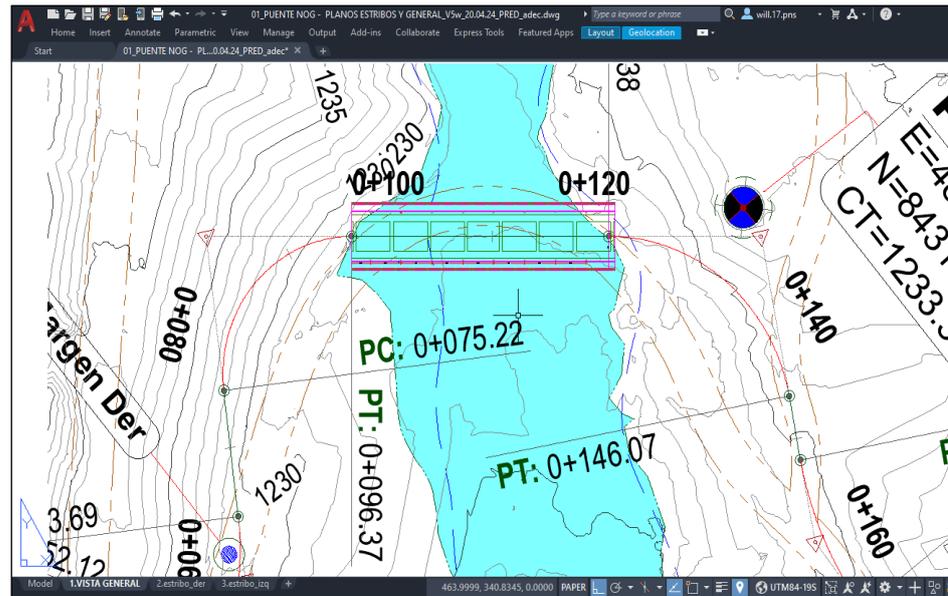
### 3.4.2.2 Emplazamiento en planta y perfil del puente

Una vez realizado el dibujo preliminar de la sub estructura y superestructura del puente se procedió a verificar su adecuada ubicación respecto a los planos de estudios básicos principalmente en el de

topografía, donde se realizó el trazo y diseño vial respecto a la ubicación de sus componentes en planta, tal como se puede observar en la Figura 104.

### Figura 104

*Emplazamiento en planta y perfil del puente de los estudios básicos.*

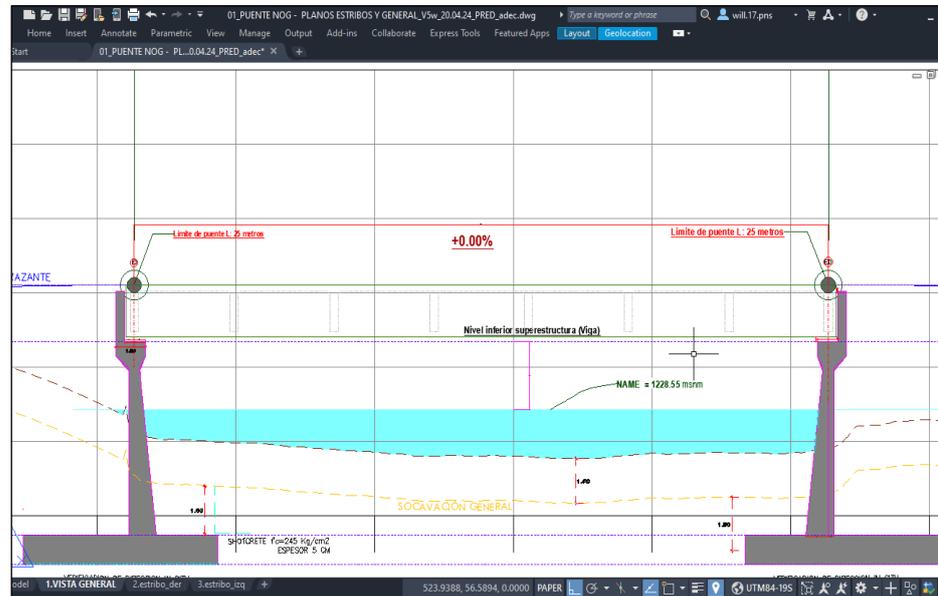


Así mismo en relación con los estudios de hidrología e hidráulica, se verifico la correcta disposición de los elementos en relación al NAME y las profundidades de socavación general y local en los estribos. Con estos datos se procedió a verificar los niveles de fundación de los cimientos como se muestra en la Figura 105.

Este procedimiento se repite hasta que el puente cumpla satisfactoriamente con las condiciones establecidas en los estudios básicos para posteriormente pasar al diseño estructural del puente.

**Figura 105**

*Disposición de los elementos relacionados al NAME.*



### 3.4.2.3 Diseño de ingeniería

#### 3.4.2.3.1 Análisis y diseño estructural y especialidades

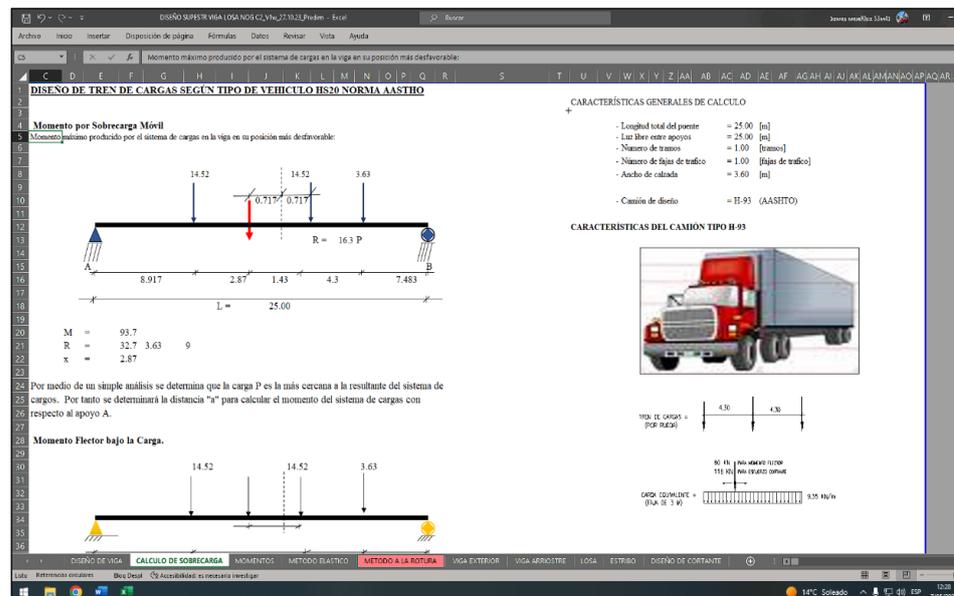
Después de la etapa del diseño general y predimensionamiento de las estructuras del puente, se realizó un análisis detallado de la superestructura y subestructura donde se utilizó el método AASHTO-LRFD (Load and Resistance Factor Design). Donde se aplica factores de carga y resistencia para mejorar la seguridad y eficiencia del diseño. Durante el desarrollo del diseño, se han seguido los requerimientos, directrices y recomendaciones establecidas en el "Manual de Diseño de Puentes" nacional y por AASHTO.

Se inició el análisis estructural de la viga principal del puente, que forma parte de la superestructura. Donde se utilizó plantillas de Excel programadas con fórmulas y criterios específicos los cuales también fueron verificados de forma manual con los mismos criterios en el Anexo

6, se ingresaron los datos necesarios y las características geométricas de la viga, determinadas durante la etapa de predimensionamiento y también se ingresaron el metrado de las cargas que actúan sobre la superestructura del puente, incluyendo cargas vivas, muertas e impacto. Se efectuaron combinaciones de carga utilizando los factores de carga establecidos por la norma AASHTO, garantizando un análisis preciso y conforme a los estándares de seguridad. Este proceso permitió considerar diversas condiciones de carga, simulando escenarios reales y extremos para asegurar la fiabilidad del diseño, como se muestra en la Figura 106. Lográndose obtener las cargas últimas de diseño para proceder con el diseño del acero estructural, utilizando plantillas Excel que determinaron la cuantía mínima del acero de refuerzo y su distribución

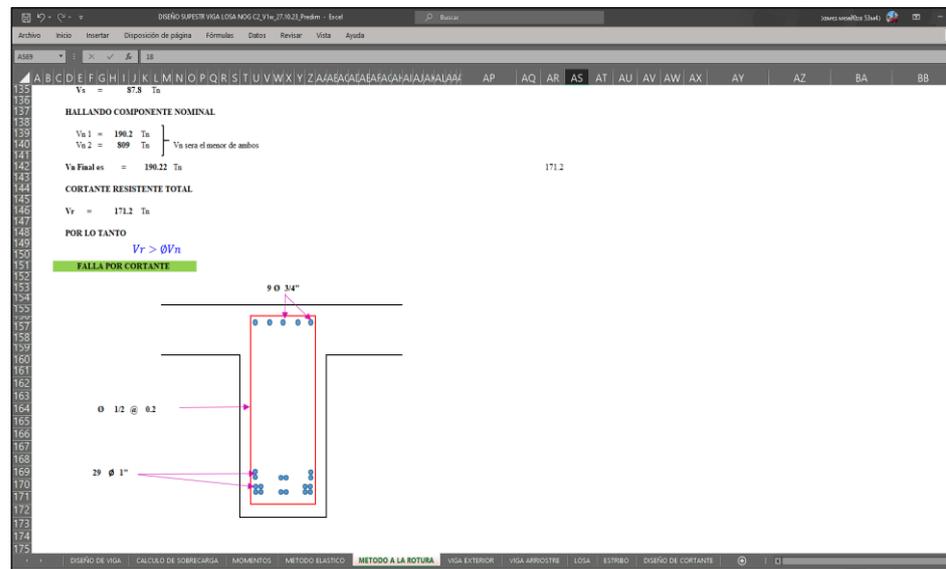
**Figura 106**

*Plantilla Excel de metrado de cargas que actúan en la superestructura.*



## Figura 107

*Plantilla de Excel del cálculo de acero de refuerzo de la viga principal.*

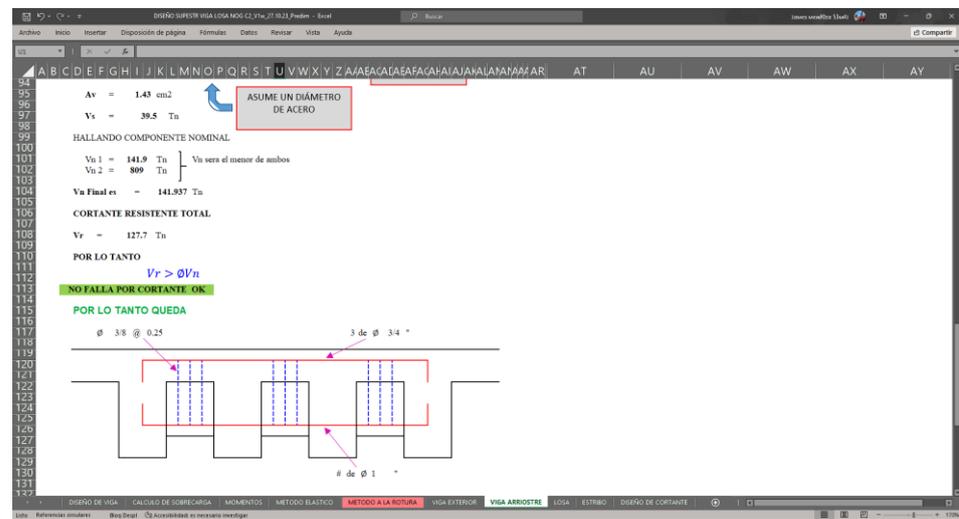


Además, se consideraron los aceros de temperatura y el control de fisuramiento, verificando la resistencia a la falla por flexión y cortante, confirmando que el refuerzo de acero cumple con los criterios de diseño establecidos, asegurando un diseño optimizado y conforme a los estándares estructurales necesarios, como se muestra en la Figura 107.

Se continuó con el análisis estructural de las vigas diafragma el cual pertenece a la superestructura del puente. Con la ayuda de plantilla Excel se ingresaron los datos necesarios y las medidas geométricas de la viga diafragma determinadas durante el predimensionamiento y se calculó el momento máximo de diseño y se asumió que el acero de refuerzo no falla por cortante. Se verificó que el diseño propuesto del acero de refuerzo cumple con los requisitos establecidos, como se muestra en la Figura 108.

## Figura 108

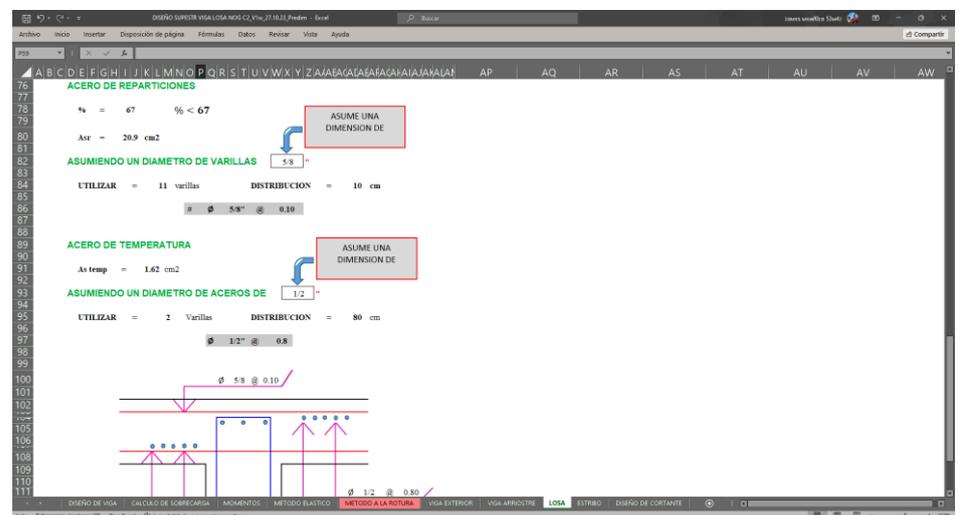
*Plantilla Excel del cálculo del acero de refuerzo de la viga diafragma.*



Se continuó con el análisis estructural de la losa del puente, el cual forma parte de la superestructura. Con la ayuda de plantillas en Excel, se ingresaron las características geométricas propuestas durante el predimensionamiento donde el acero mínimo de refuerzo que se asumió cumple con los criterios de diseño para resistencia a compresión, como se muestra en la Figura 109.

## Figura 109

*Plantilla de Excel de cálculo de acero de la losa.*

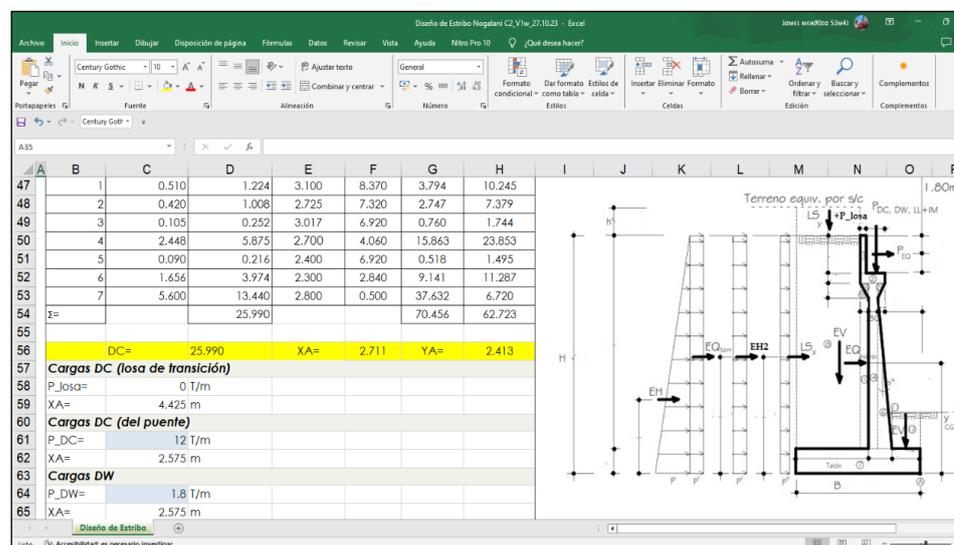


Se finalizó con el análisis de diseño del estribo, el cual pertenece a la sub estructura del puente, utilizando plantillas de Excel donde se ingresaron los datos necesarios y las características geométricas del estribo determinadas durante la etapa de predimensionamiento, Luego se ingresaron las combinaciones de carga y factores de carga según el método LRFD para todas las cargas horizontales y verticales (incluyendo cargas permanentes, sobrecargas vivas, efectos sísmicos y empuje del suelo) Además, se llevaron a cabo los análisis de estabilidad por el método LRFD (AASHTO), considerando criterios como excentricidad, deslizamiento y capacidad de carga como se muestra en la Figura 110.

Para el diseño de la pantalla, vástago y cajuela se calcularon los momentos máximos en la base, media altura y parapeto en las cuales se calcularon los aceros de refuerzo correspondientes. Además, se consideraron los aceros de refuerzo para prevenir agrietamientos en las zonas mencionadas, tal como se muestra en la Figura 111.

**Figura 110**

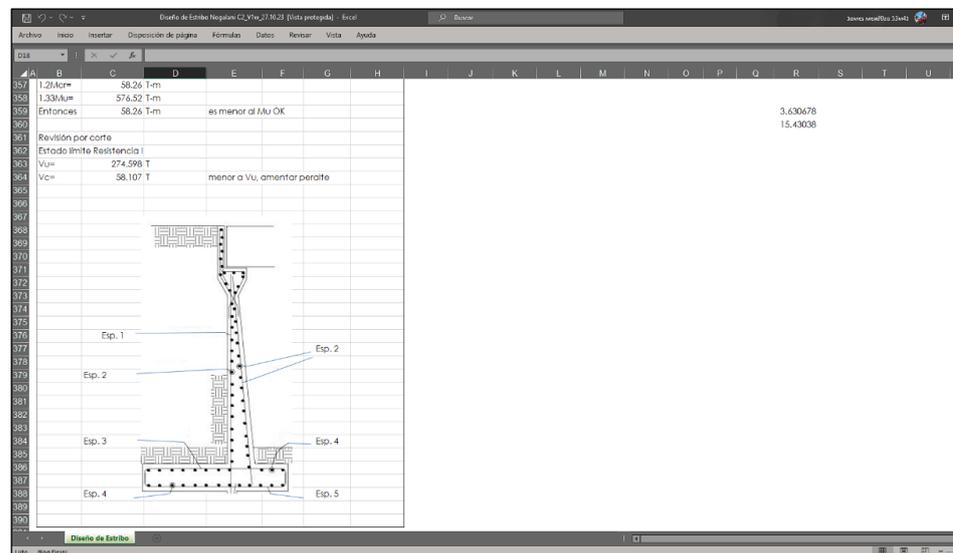
*Plantilla de Excel de cargas horizontales y verticales del estribo.*



Para concluir, se realizó el diseño de la zapata calculando las fuerza y momentos máximos en la punta y talón de la zapata. Esto permitió determinar el refuerzo de acero necesario en la punta y el refuerzo de la zapata en el talón o posterior del muro. Además, se consideró el refuerzo de acero para prevenir agrietamientos tanto en la punta como en el talón de la zapata.

### Figura 111

*Plantilla del cálculo del acero de refuerzo del estribo y zapata.*



### 3.4.2.4 Representación de información

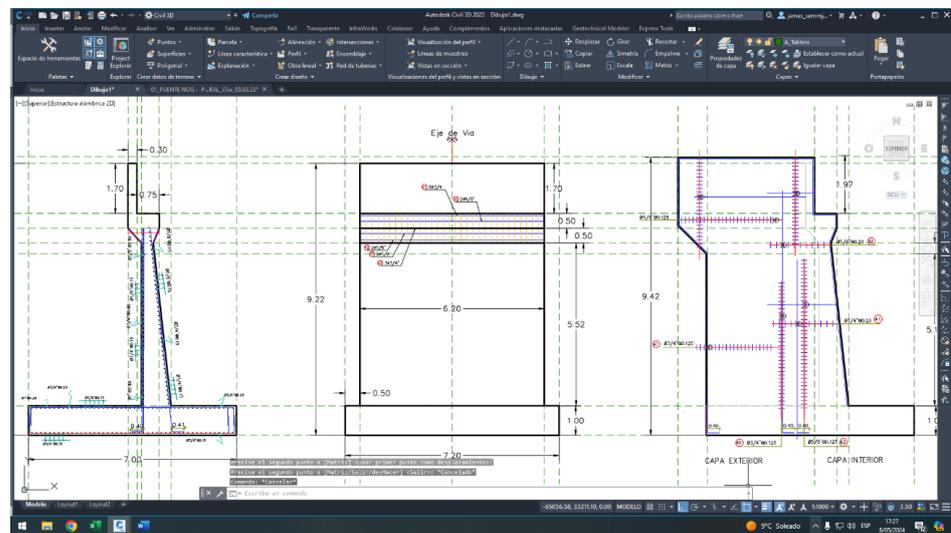
#### 3.4.2.4.1 Dibujo cad del puente y accesos

Una vez finalizado el análisis del diseño estructural del puente y obteniendo las dimensiones finales del modelo conceptual, se procedió con la realización los dibujos de la Pantalla, cajuela y zapata del estribo que pertenece a la sub estructura del puente. Estos dibujos fueron elaborados utilizando líneas auxiliares para la proyección de los dibujos, luego se continuó con la elaboración detallada del dibujo de los aceros de refuerzo

longitudinal y transversal en la Pantalla, cajuela y zapata del estribo que fue realizado en el programa AutoCAD como se muestra en la Figura 112. donde se dibujaron estos aceros de refuerzos en la estructura, facilitando su comprensión y verificación durante la fase de construcción del proyecto.

**Figura 112**

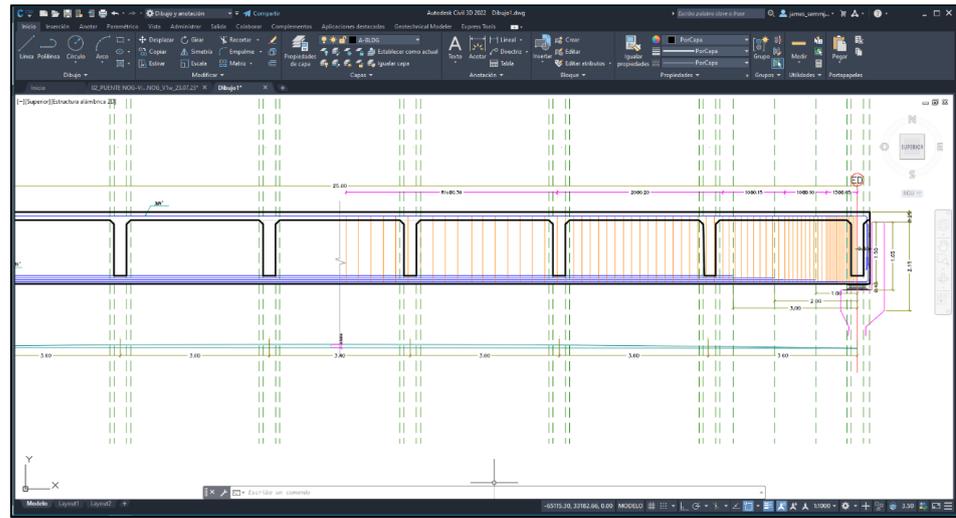
*Dibujo del acero de refuerzo del estribo en el programa AutoCAD.*



Luego se procedió con la elaboración de los dibujos de las la vigas principal y vigas diafragma que pertenece a la superestructura. Luego se realizó el dibujo de los aceros longitudinales y estribos de refuerzo de la viga principal y viga diafragma que pertenece a la superestructura del puente, dibujado en el programa AutoCAD como se muestra en la Figura 113.

**Figura 113**

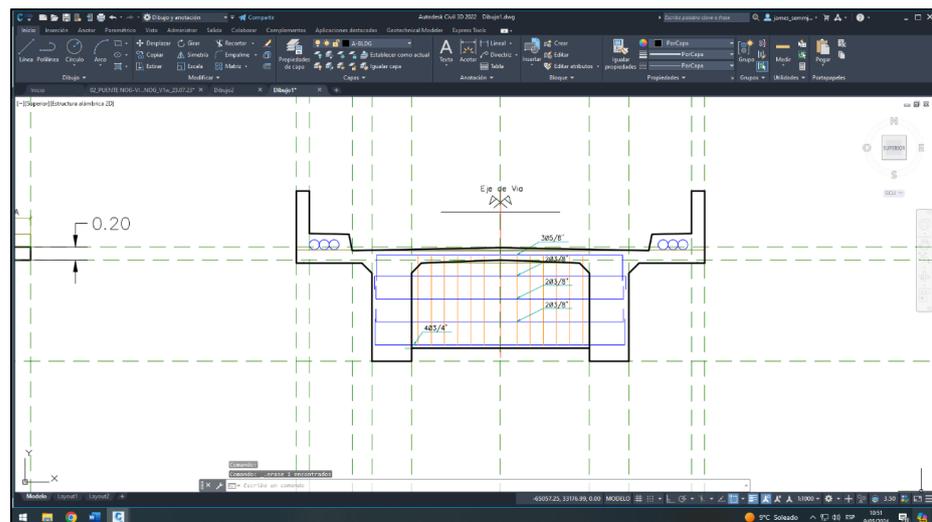
*Dibujo del acero de refuerzo de las vigas en el programa AutoCAD.*



Se continuó con la elaboración del dibujo de la losa del puente, que forma parte de la superestructura y el dibujo de los refuerzos de acero longitudinal, transversal y de temperatura de la losa. Todo esto se realizó en el programa AutoCAD, como se muestra en la Figura 114.

**Figura 114**

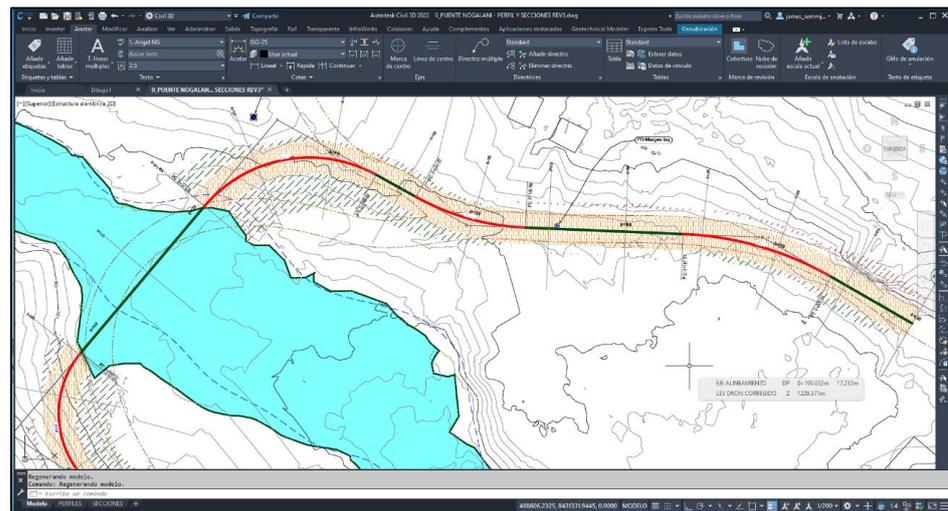
*Dibujo del acero de refuerzo de la losa del puente en AutoCAD.*



Los accesos fueron diseñados utilizando el programa Civil 3D, donde se realizaron revisiones y ajustes finales de acuerdo con las especificaciones del puente. Posteriormente, se exportaron al CAD con la información necesaria. El diseño de los accesos se optimizó durante el estudio de trazo y diseño vial, el cual fue meticulosamente verificado y validado para su integración final en los planos, como se detalla en la Figura 115.

### Figura 115

*Accesos del puente en civil realizado en Civil 3D.*



### 3.4.2.5 Desarrollo de entregables

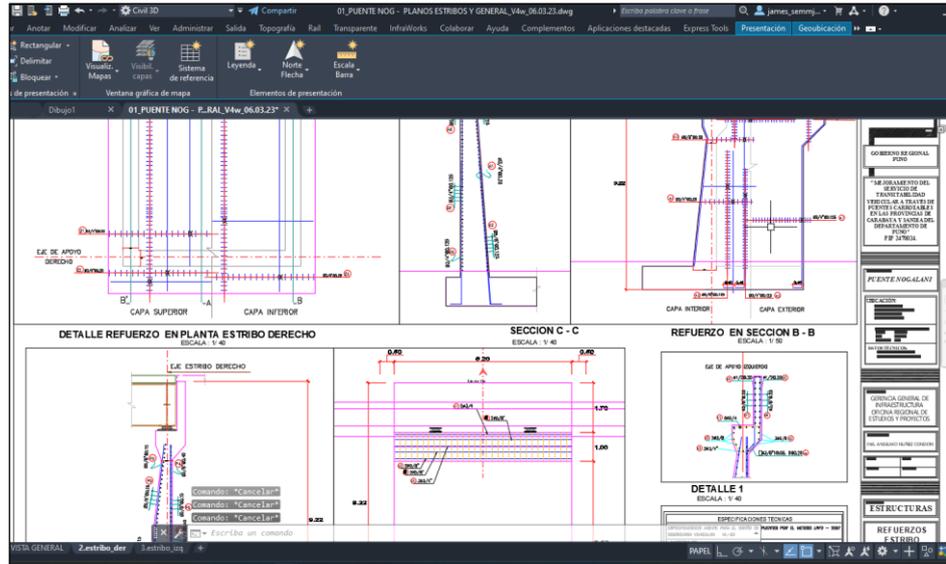
#### 3.4.2.5.1 Elaboración de planos finales

Una vez concluido el dibujo final de la estructura del puente se procedió a la creación de la documentación de planos de las diferentes especialidades en donde se encuentra las diferentes vistas de secciones, elevaciones y detalles necesarios para la ejecución del proyecto, los cuales fueron realizados en el programa AutoCAD.

Los planos de las diferentes especialidades incluyen las diferentes vistas en 2D, tablas, detalles y rotulo de las especialidades y etapas de la obra como se muestra en la Figura 116.

**Figura 116**

*Plano de la estructura del refuerzo.*



En la Tabla 17 se muestra la documentación de todos los planos realizados de la estructura del puente del proyecto.

**Tabla 17**

*Planos elaborados por la metodología convencional del puente.*

N°	Descripción	Código
01	Vista General Estructuras	E-GEN-01
02	Refuerzos estribo derecho	E-RED-01
03	Refuerzos estribo izquierdo	E-REI-01
04	Encofrado de superestructura	E-ESPE-01
05	Refuerzos en vigas	E-RV-01
06	Refuerzos en losas	E-RL-01
07	Losa de Aproximación y otros (Detalles)	E-DSPE-01

Después de la documentación de los planos de la estructura del puente, se procedió a la documentación de los planos de los accesos del puente mediante el programa Civil 3D, donde modelaron los accesos del puente y generaron el perfil longitudinal y las secciones transversales, donde se calcularon los volúmenes de explanación y las cantidades de afirmado como se muestra en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Planos elaborados por la metodología convencional de los accesos.*

N°	Descripción	Código
01	Plano Topográfico	PT-01
02	Plano de Ubicación	PU-01
03	Vista General	VG-01
04	Plano de Planta y Perfil Longitudinal	PP-01
05	Plano de secciones Transversales	ST-01

#### **3.4.2.5.2 Estimación de metrados**

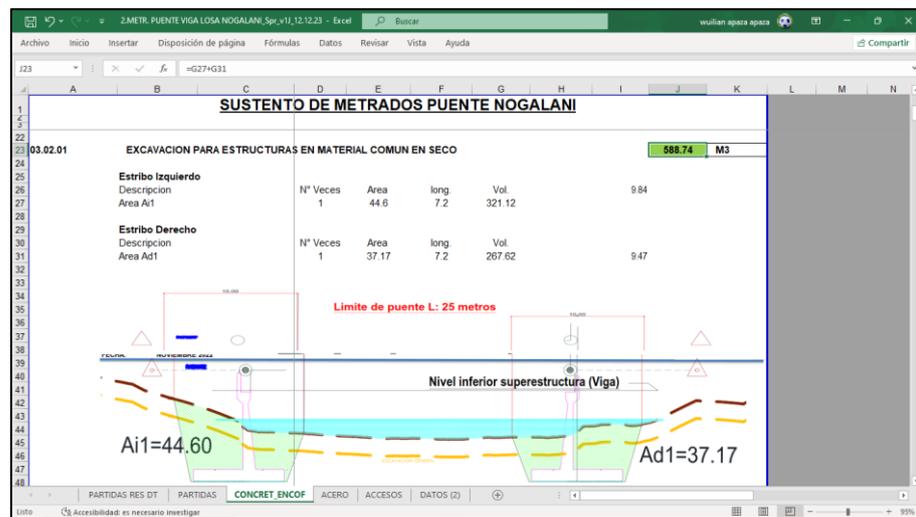
La estimación de los metrados del puente se realizó con la ayuda de los planos que fueron realizados en AutoCAD, donde se realizó la lectura de mediciones acotadas y cuantificaciones por partidas, insertando en las plantillas las longitudes, áreas y volúmenes de las estructuras que forman parte del puente para poder calcular la cantidad de materiales, mano de obra, maquinaria y/o equipos necesarios para la ejecución.

La cuantificación de los metrados se realizó con la ayuda de hojas Excel donde se anotaron las mediciones y realizaron los cálculos para obtener las cantidades de las partidas que pertenecen al presupuesto como se muestra en la Figura 117.

Para la estimación de los metrados de los accesos se realizó la cuantificación del volumen de corte, relleno y material de los accesos, el cual se realizó en el programa Civil 3D mediante el modelado de la obra lineal sobre la superficie del terreno donde se obtuvo el perfil longitudinal y secciones transversales como se describió.

**Figura 117**

*Hoja de planilla de metrados en el programa Excel.*



De manera similar a la metodología BrIM se logró obtener una tabla de metrados replicando la metodología convencional para cada una de las partidas consideradas para la presente investigación, la cual se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Resumen de metrados realizados por la metodología convencional.*

Ítem	Descripción	Und.	Metrado
<b>03</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>		
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450.00
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450.00
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	588.74
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	300.60
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	360.18
03.03	<b>SUB ESTRUCTURA</b>		
03.03.01	<b>SOLADO</b>		
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	13.14
03.03.02	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>		
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	8,103.96
03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.80
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.80
03.03.03	<b>PANTALLA</b>		
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	14,432.58
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	232.20
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	253.16
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	157.06
03.03.04	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>		
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	688.41
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	12.84
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	8.00
03.04	<b>SUPERESTRUCTURA</b>		
03.04.01	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>		
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	8,755.29
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	186.68



Ítem	Descripción	Und.	Metrado
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	47.62
03.04.02	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>		
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	851.67
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	62.48
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	8.70
03.04.03	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>		
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	5,234.76
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	227.96
03.04.03.03	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	51.71
04	<b>ACCESOS A PUENTES</b>		
04.01	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>		
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	487.41
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,646.50
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,056.00
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	186.96
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	487.41

### 3.4.2.5.3 Estimación del presupuesto

Luego de la cuantificación de metrados del proyecto, se realizó la estimación del presupuesto mediante el programa PowerCost, programa empleado en la elaboración del proyecto por el equipo de Gobierno Regional de Puno, además es uno de los programas vigentes y de gran aceptación a en el mercado nacional. En la Figura 118 se muestra la interface y de configuración inicial del proyecto.

**Figura 118**

*Datos iniciales del proyecto.*

Presupuestos

Datos del Proyecto

Codigo : 0002

Nombre del Proyecto : CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023

Cliente : GOBIERNO REGIONAL DE PUNO 0001

Ubicación : SAN JUAN DEL ORO - SANDIA - PUNO 1663

Localidad (opc.) : NOGALANI

Costo A : 27 / May. / 2024

Jornada Laboral : 8 Horas

Grupo para Analisis : INFRAESTRUCTURA VIAL 002

Ha escrito un marcador que ya existe en la base de datos. Se recomienda digitar otro marcador, puesto que podría ocasionar confusión al momento de seleccionar analisis de costos.

Moneda : SOLES [S/]

Presupuesto por Administración Directa (los precios de insumos Incluyen IGV.)

Membrete (opc.) : Izquierda Derecha

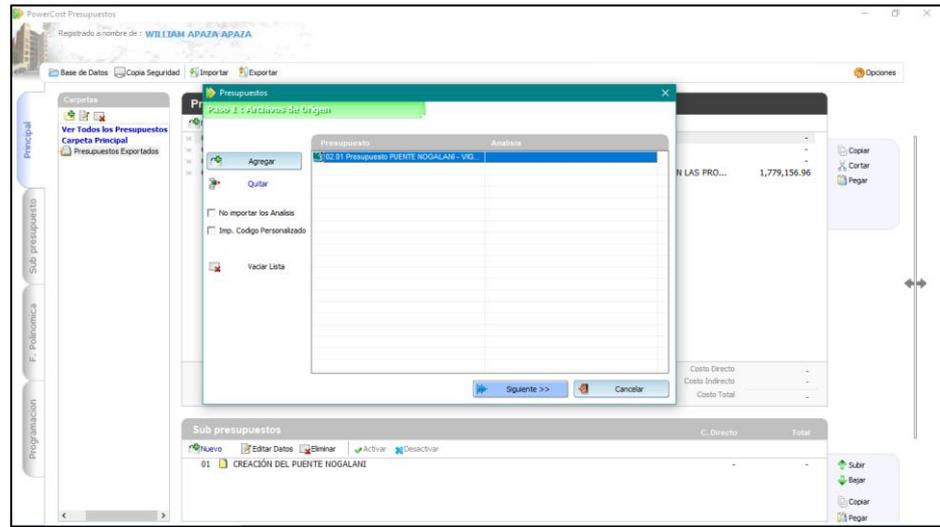
Los Items de partida serán correlativos en todos los Sub-presupuestos.

Restaurar Datos Aceptar Cancelar

Posterior a la creación se prosigue con la inserción de la estructura de las partidas del presupuesto, asimismo se procede a la inserción de los análisis de costos unitarios, respecto a este punto es necesario aclarar que PowerCost tiene una gran ventaja de incorporar los ACU's, de manera fácil y rápida desde un archivo Excel, previa configuración y disposición establecidas por el programa. En la Figura 119 podemos ver la interface del asistente de importación de datos desde archivos Excel.

**Figura 119**

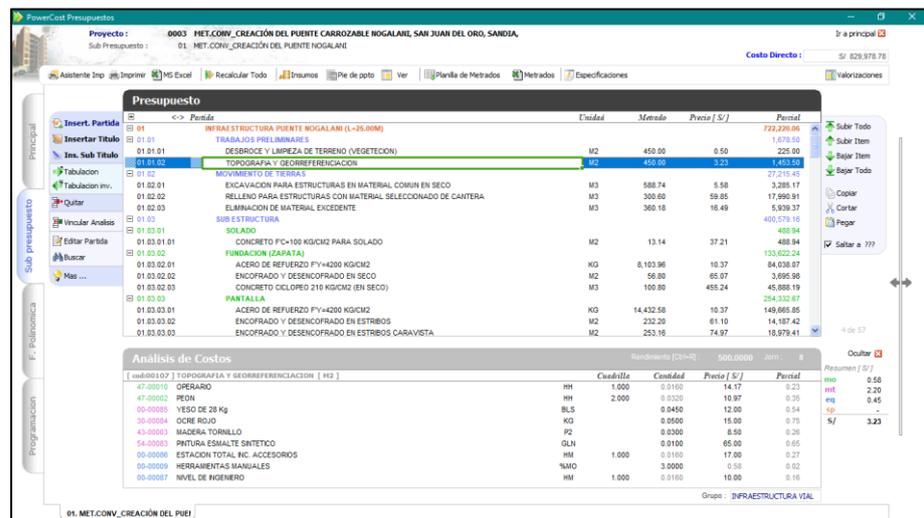
*Importación del archivo Excel.*



Luego de la importación ya se tiene la estructura de partidas y los análisis de costos unitarios en el programa tal como se puede observar en la Figura 120.

**Figura 120**

*Estructuración de las partidas del proyecto.*

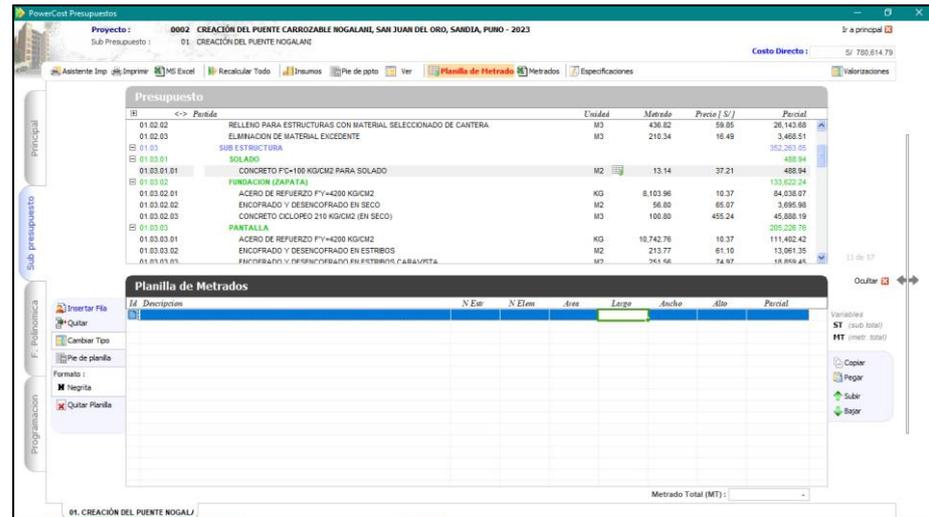


Luego se prosigue con la inserción de precios unitarios de los insumos y metrados estos también tienen la posibilidad de ser importados desde un archivo Excel, previa configuración y disposición de datos

establecidos por el programa. Para la inserción de metrados el programa cuenta con un apartado para incluir los metrados dentro de la base de datos del programa, cuya interface se muestra en la Figura 121.

**Figura 121**

*Introducción de los metrados.*



Finalmente, con todos los datos requeridos ya completados se procede a calcular el presupuesto del proyecto. Cabe aclarar que este programa al igual que los otros puede generar y procesar los archivos adjuntos al presupuesto como el análisis de costos unitarios, listado de insumos, fórmula polinómica y pie de presupuesto. Sin embargo, para la presente investigación solo se procedió a evaluar el costo directo de la construcción del puente Nogalani. El presupuesto obtenido con la metodología convencional se muestra en la siguiente Tabla 20.

**Tabla 20**

*Presupuesto realizado por la metodología convencional.*

Ítem	Descripción	Unidad	Metra do	Precio	Parcial	Subtotal
<b>03</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>					<b>669,535.93</b>
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>1,678.50</b>
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450.00	0.50	225.00	
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450.00	3.23	1,453.50	
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>27,215.45</b>
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	588.74	5.58	3,285.17	
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	300.60	59.85	17,990.91	
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	360.18	16.49	5,939.37	
03.03	<b>SUB ESTRUCTURA</b>					<b>400,579.16</b>
03.03.01	<b>SOLADO</b>					<b>488.94</b>
03.03.01.0	CONCRETO F'C=100 kg/ cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	13.14	37.21	488.94	
1						
03.03.02	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>					<b>133,622.24</b>
03.03.02.0	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	8,103.9	10.37	84,038.07	
1						
03.03.02.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.80	65.07	3,695.98	
2						
03.03.02.0	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.80	455.24	45,888.19	
3						
03.03.03	<b>PANTALLA</b>					<b>254,332.67</b>
03.03.03.0	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	14,432.	10.37	149,665.8	
1						
03.03.03.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	232.20	61.10	14,187.42	
2						
03.03.03.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	253.16	74.97	18,979.41	
3						
03.03.03.0	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	157.06	455.24	71,499.99	
4						
03.03.04	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>					<b>12,135.31</b>
03.03.04.0	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	688.41	10.48	7,214.54	
1						
03.03.04.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	12.84	74.97	962.61	
2						
03.03.04.0	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	8.00	494.77	3,958.16	
3						
03.04	<b>SUPERESTRUCTURA</b>					<b>240,062.82</b>



Ítem	Descripción	Unidad	Medido	Precio	Parcial	Subtotal
03.04.01	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>					<b>127,799.87</b>
03.04.01.0	ACERO DE REFUERZO	KG	8,755.2	10.37	90,792.36	
1	F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES		9			
03.04.01.0	ENCOFRADO Y	M2	186.68	72.03	13,446.56	
2	DEENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES					
03.04.01.0	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	47.62	494.77	23,560.95	
3						
03.04.02	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>					<b>17,636.75</b>
03.04.02.0	ACERO DE REFUERZO	KG	851.67	10.37	8,831.82	
1	F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA					
03.04.02.0	ENCOFRADO Y	M2	62.48	72.03	4,500.43	
2	DEENCOFRADO, DIAFRAGMA					
03.04.02.0	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	8.70	494.77	4,304.50	
3						
03.04.03	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>					<b>94,626.20</b>
03.04.03.0	ACERO DE REFUERZO	KG	5,234.7	10.37	54,284.46	
1	F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>		6			
03.04.03.0	ENCOFRADOS Y	M2	227.96	69.69	15,886.53	
2	DEENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO					
03.04.03.0	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	51.71	472.93	24,455.21	
3						
<b>04</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>					<b>108,701.20</b>
04.01	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>					<b>108,701.20</b>
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACION)	M2	1,100.0	0.50	550.00	
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.0	3.23	3,553.00	
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	487.41	8.80	4,289.21	
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,646.5	44.19	72,758.84	
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRAZANTE	M2	1,056.0	7.14	7,539.84	
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	186.96	64.04	11,972.92	
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	487.41	16.49	8,037.39	
	COSTO DIRECTO					<b>778,237.13</b>
<b>SON:</b>	<b>SETECIENTOS SETENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE CERO CON 13/100 SOLES</b>					

#### 3.4.2.5.4 Cronograma de obra

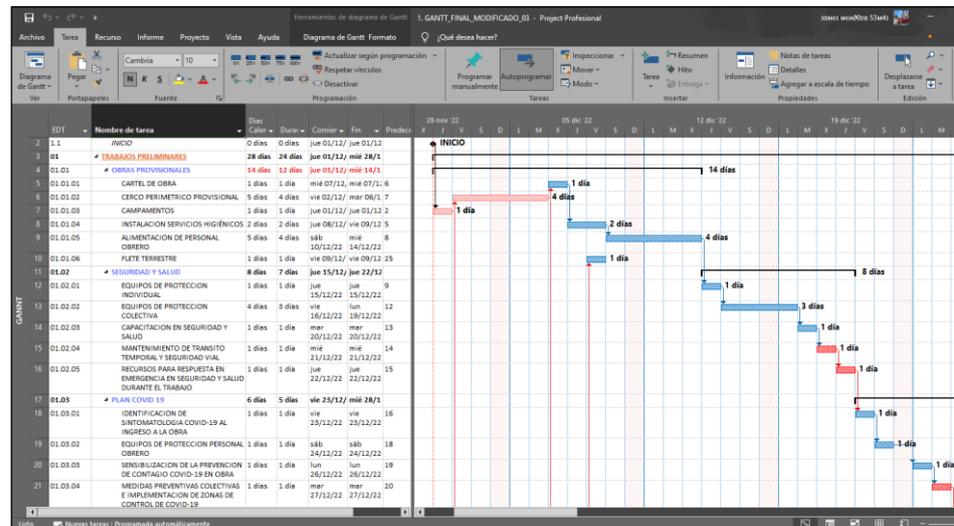
Para la programación del proyecto puente Nogalani, se utilizó el programa Microsoft Project que nos permitió planear, gestionar y controlar

el proyecto del puente en un plazo establecido. Esto nos permitirá reducir el tiempo para organizar las tareas y nos brindará beneficio en la productividad para así evitar los retrasos a la hora de la ejecución del proyecto.

Luego de la programación se obtuvo un diagrama Gantt que nos permite visualizar las actividades de trabajo realizado durante un periodo de tiempo, en el cual cada tarea está representada en forma barras donde indica la fecha de inicio y fin de la actividad y días de duración como se muestra en la Figura 122.

**Figura 122**

*Cronograma Gantt del puente Nogalani.*



### 3.4.3 Control y determinación de tiempos del flujo BrIM

Para la determinación de duración de tiempos de ejecución de procesos y actividades BrIM se empleó el control de tiempos mediante relojes digitales incluidos en nuestros dispositivos como laptop, PC y celular entre los principales. También se hizo uso de plantillas Excel para el registro y posterior procesamiento de

los tiempos controlados, por ejemplo, en la siguiente Figura 123 se observa una parte del Anexo 7 denominado control de tiempos: Diseño general y modelado preliminar del puente, en donde se registran los datos respecto al diseño general y modelado preliminar del puente, que considera datos como proceso y/o actividad, día, hora inicio, hora final y duración de cada una de las actividades para poder completar el proceso. Así también se puede ver que existen 3 duraciones controladas para cada repetición del proceso, los cuales se emplearon para obtener la duración promedio del proceso y/o subproceso, para este caso en particular el tiempo promedio del subproceso diseño general y modelo preliminar de la superestructura del puente es de 3 horas con 09 minutos.

**Figura 123**

*Plantilla Excel de control de tiempos por la metodología BrIM.*

CONTROL DE TIEMPOS: Diseño general y modelado preliminar del puente												
PROCESOS / SUB-PROCESOS / ACTIVIDADES	dia	tiempo 01			dia	tiempo 02			dia	tiempo 03		
		inicio:	fin:	duracion		inicio:	fin:	duracion		inicio:	fin:	duracion
Concepción inicial del puente en Infracworks con	16/10	08:00	08:55	00:55	16/10	17:30	18:20	00:50	18/10	08:30	09:15	00:45
MODELADO BASE PRELIMINAR DE LA												
Pre-dimensionamiento del puente y dibujo CAD	16/10	16:30	17:03	00:33	16/10	18:30	19:00	00:30	18/10	09:30	09:57	00:27
Modelado 3D de la superestructura												
Creacion del archivo del modelo y configuracion	16/10	13:15	13:22	00:07	17/10	08:30	08:36	00:06	18/10	12:10	12:17	00:07
Generar las superficie de las curvas de nivel georeferenciada	16/10	13:30	13:40	00:10	17/10	09:15	09:24	00:09	18/10	12:30	12:38	00:08
Orientación del plano para mejorar la trabajabilidad del modelado, ejes principales y vinculación de los planos base planta y perfil para iniciar con el modelado preliminar	16/10	13:45	13:51	00:06	17/10	09:40	09:45	00:05	18/10	12:55	13:00	00:05
modelado de la losa del puente	16/10	14:05	14:16	00:11	17/10	10:15	10:24	00:09	18/10	13:25	13:34	00:09
modelado de las vigas principales	16/10	14:20	14:44	00:24	17/10	10:30	10:52	00:22	18/10	13:50	14:12	00:22
modelado de las vigas diafragma	16/10	15:10	15:31	00:21	17/10	11:15	11:33	00:18	18/10	14:35	14:51	00:16
modelado de veredas y muros del puente	16/10	16:00	16:20	00:20	17/10	12:05	12:22	00:17	18/10	15:20	15:37	00:17
TIEMPO PARCIAL SUPER ESTRUCTURA	Parcial N°01			03:29	Parcial N°02			03:06	Parcial N°03			02:54
TIEMPO PROMEDIO SUPER ESTRUCTURA				<b>Promedio final</b>				<b>03:09</b>				

Teniendo esta consideración fundamental se procedió a realizar todos los controles de tiempo necesarios para poder establecer la duración total de cada proceso y/o subproceso incluido en cada fase de la elaboración del proyecto del puente Nogalani, esto en concordancia con el flujo de trabajo establecido en el ítem 3.5.2. Gracias a los controles de tiempo de los procesos que se encuentran adjuntados desde el Anexo 7.



#### 3.4.4 Estimación del costo de elaboración del proyecto empleando BrIM

Para poder determinar el costo de elaboración del expediente técnico utilizando la metodología BrIM, se empleó un TDR (términos de referencia) con el nombre de CONTRATACIÓN DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO MEDIANTE EL USO DE LA METODOLOGÍA BIM DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA: “CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023” el cual se encuentra en el Anexo 8. A continuación, se describen los ítems más importantes:

- Objetivo del servicio:

El objetivo principal del presente documento, es definir el marco referencial necesario para efectuar la elaboración del Expediente Técnico mediante el uso de la metodología BIM del proyecto.

- Alcances y descripción del servicio:

Este servicio contempla la elaboración del Expediente Técnico mediante el uso de la metodología BIM del Proyecto de Inversión Pública denominado: “CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023”, principalmente el diseño conceptual, de ingeniería y desarrollo de los documentos del proyecto necesarios para la construcción de la obra, teniendo en consideración que los estudios básicos de ingeniería serán proporcionados por la entidad.

- Descripción técnica del servicio y su proceso:

El servicio de consultoría comprende las actividades de:

Interpretación y verificación de los estudios básicos de ingeniería ya realizados por la entidad, esto mediante el uso de la metodología BIM.

Diseño conceptual y de ingeniería, mediante el uso de la metodología BIM, de tal manera que se pueda realizar los siguientes usos BIM establecidos en la Guía Nacional BIM del 2023: Análisis del entorno físico, diseño de especialidades. elaboración de documentación, coordinación de la información, visualización 3d, estimación de cantidades y costos, análisis estructural, detección de interferencias e incompatibilidades, planificación de la fase de ejecución y presentación del expediente técnico:

También se utilizó la “plantilla referencial para el cálculo de monto de la oferta económica” el cual se encuentra en el Anexo 8, donde el valor obtenido de esta plantilla representa el costo referencial de la elaboración del expediente técnico como se detalla en la Tabla 21. Este monto incluye los impuestos de ley, beneficios sociales y el pago al personal del consultor.

**Tabla 21**

*Plantilla referencial para el cálculo del monto de cotización.*

Ítem	Descripción
<b>I</b>	<b>(1) PERSONAL PROFESIONAL (Carácter: OBLIGATORIO)</b> JEFE DE PROYECTO - INGENIERO CIVIL – COORDINADOR BIM
	<b>ESPECIALISTAS</b>
	INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN ESTRUCTURAS Y PUENTES – MODELADOR BIM
	INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y CIMENTACIONES – MODELADOR BIM
	INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN COSTOS Y PRESUPUESTOS BIM
	INGENIERO CIVIL/TOPÓGRAFO ESPECIALIDAD EN DISEÑO VIAL– MODELADOR BIM
	<b>(2) PERSONAL TÉCNICO (Carácter: OPCIONAL)</b>
<b>II</b>	MODELADOR BIM - BACHILLER O TÉCNICO EN CONSTRUCCIÓN CIVIL
	TÉCNICO EN METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTOS BIM - BACHILLER O TÉCNICO EN CONSTRUCCIÓN CIVIL



<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
<b>III (3) ESTUDIOS BÁSICOS</b>	IMPORTANTE: LOS ESTUDIOS BÁSICOS SERÁN PROPORCIONADOS AL CONSULTOR
<b>IV (4) IMPRESIONES Y OTROS</b>	IMPRESIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO INSUMOS DE ESCRITORIO PARA DESARROLLO Y PRESENTACIÓN COPIAS MOVILIDAD Y VIÁTICOS (01 Viaje de reconocimiento e inspección en campo)

### 3.4.5 Control y determinación de tiempos del flujo convencional

La determinación de duración de los tiempos de ejecución de procesos y actividades por la metodología convencional se realizó utilizando relojes digitales incluidos en dispositivos como laptops, PC y celulares. Para el registro y posterior procesamiento de los tiempos controlados, se emplearon plantillas Excel. por ejemplo, en la Figura 124 se observa una parte del Anexo 9 denominado control de tiempos: Diseño general, pre-dimensionamiento y dibujo preliminar del Puente, en donde se registran los siguientes datos como proceso y/o actividad, día, hora inicio, hora final y duración de cada una de las actividades para poder completar el proceso. Así también se puede ver que existen 3 duraciones controladas para cada repetición del proceso, los cuales se emplearon para obtener la duración promedio del proceso y/o subproceso, para este caso en particular el tiempo promedio del subproceso diseño general y modelo preliminar de la superestructura del puente es de 08 horas con 53 minutos.

Teniendo esta consideración fundamental se procedió a realizar todos los controles de tiempo necesarios para poder establecer la duración total de cada proceso y/o subproceso incluido en cada fase de la elaboración del proyecto del puente Nogalani, esto en concordancia con el flujo de trabajo establecido en el ítem 3.5.6. Gracias a los controles de tiempo de los procesos que se encuentran

adjuntados desde el Anexo 9, se logró obtener los siguientes datos en relación a las fases del proyecto: Estimación del costo de elaboración del proyecto empleando el flujo convencional

**Figura 124**

*Plantilla de control de tiempos de la metodología convencional.*

CONTROL DE TIEMPOS: Diseño general, Pre-dimensionamiento y dibujo preliminar del Puente.												
PROCESOS / SUB-PROCESOS / ACTIVIDADES	dia	tiempo 01			dia	tiempo 02			dia	tiempo 03		
		inicio:	fin:	duracion:		inicio:	fin:	duracion:		inicio:	fin:	duracion:
<b>DISEÑO GENERAL Y DIBUJO PRELIMINAR DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE</b>												
predimensionamiento de la viga principal con plantillas de excel	12/1	08:15	08:42	00:27	12/1	14:30	14:52	00:22	13/1	08:30	08:54	00:24
predimensionamiento de la viga diafragma con plantillas de excel	12/1	09:00	09:26	00:26	12/1	15:15	15:34	00:19	13/1	09:15	09:36	00:21
predimensionamiento de la losa maciza con plantillas de excel	12/1	09:35	09:58	00:23	12/1	15:50	16:09	00:19	13/1	09:45	10:04	00:19
dibujo preliminar de la viga principal	12/1	10:10	11:20	01:10	12/1	16:20	17:20	01:00	13/1	10:10	11:10	01:00
dibujo preliminar de la viga diafragma	12/1	11:30	12:20	00:50	12/1	17:25	18:10	00:45	13/1	11:15	11:57	00:42
dibujo preliminar de la losa maciza	12/1	12:25	13:45	01:20	12/1	18:20	19:30	01:10	13/1	12:05	13:10	01:05
<b>DISEÑO GENERAL Y DIBUJO PRELIMINAR DE LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE</b>												
predimensionamiento del estribo con ayuda de plantillas	15/1	10:35	11:10	00:35	15/1	17:20	17:51	00:31	16/1	14:10	14:39	00:29
predimensionamiento de la zapata con ayuda de plantillas	15/1	11:30	11:57	00:27	16/1	08:25	08:47	00:22	16/1	14:55	15:15	00:20
predimensionamiento de los aleros con ayuda de plantillas	15/1	12:15	12:38	00:23	16/1	09:00	09:20	00:20	16/1	15:30	15:45	00:15
dibujo preliminar del estribo izquierdo y derecho	15/1	13:50	15:30	01:40	16/1	09:40	11:00	01:20	16/1	15:50	17:00	01:10
dibujo preliminar de la zapata	15/1	15:40	16:40	01:00	16/1	11:05	11:57	00:52	16/1	17:05	17:55	00:50
dibujo preliminar de los aleros del estribo	15/1	16:50	18:10	01:20	16/1	12:00	13:15	01:15	16/1	17:55	19:05	01:10
TIEMPO PARCIALES CONTROLADOS	Parcial N°01			10:01	Parcial N°02			08:35	Parcial N°03			08:05
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO:	Promedio final							08:53				

### 3.4.6 Costo de elaboración del proyecto empleando el flujo convencional

Para poder determinar el costo de elaboración del expediente técnico utilizando la metodología convencional, se empleó un TDR (términos de referencia) con el nombre de CONTRATACIÓN DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA el cual se encuentra en el Anexo 10 y donde a continuación se describen los ítems más importantes:

- Objetivo del servicio:

El objetivo principal del presente documento, es establecer el marco teórico necesario para la elaboración del Expediente Técnico del proyecto.

- Alcances y descripción del servicio:



Este servicio contempla la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto de Inversión Pública denominado: “CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023”, principalmente el diseño conceptual, de ingeniería y desarrollo de los documentos del proyecto necesarios para la construcción de la obra, teniendo en consideración que los estudios básicos de ingeniería serán proporcionados por la entidad.

- Descripción técnica del servicio y su proceso:

El servicio de consultoría comprende las actividades de: Interpretación y verificación de los estudios básicos de ingeniería ya realizados por la entidad y Diseño conceptual y de ingeniería.

- Presentación del expediente técnico:

El contenido del expediente técnico en físico y en versión digital editable será concordante con el siguiente detalle: Resumen ejecutivo, memoria descriptiva, estudios básicos de ingeniería, memoria de cálculo calculo estructural, especificaciones técnicas, planilla de metrados, presupuesto de obra, cronogramas de ejecución física de la obra, planos y anexos

También se utilizó la “plantilla referencial para el cálculo de monto de la oferta económica” el cual donde se encuentra en el Anexo 10, donde el valor obtenido de esta plantilla representa el costo referencial de la elaboración del expediente técnico como se detalla en la Tabla 22. Este monto incluye los impuestos de ley, beneficios sociales y el pago al personal del consultor.



## Tabla 22

*Planilla referencial para el cálculo del monto de cotización.*

Ítem	Descripción
<b>I</b>	<b>(1) PERSONAL PROFESIONAL (Carácter: OBLIGATORIO)</b> JEFE DE PROYECTO - INGENIERO CIVIL <b>ESPECIALISTAS</b> INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN ESTRUCTURAS Y PUENTES INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y CIMENTACIONES INGENIERO CIVIL ESPECIALIDAD EN COSTOS Y PRESUPUESTOS INGENIERO CIVIL/TOPÓGRAFO ESPECIALIDAD EN DISEÑO VIAL.
<b>II</b>	<b>(2) PERSONAL TÉCNICO (Carácter: OPCIONAL)</b> TÉCNICO EN DIBUJOS CAD - BACHILLER O TÉCNICO EN CONSTRUCCIÓN CIVIL TÉCNICO EN METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTOS - BACHILLER O TÉCNICO EN CONSTRUCCIÓN CIVIL
<b>III</b>	<b>(3) ESTUDIOS BÁSICOS</b> IMPORTANTE: LOS ESTUDIOS BÁSICOS SERÁN PROPORCIONADOS AL CONSULTOR
<b>IV</b>	<b>(4) IMPRESIONES Y OTROS</b> IMPRESIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO INSUMOS DE ESCRITORIO PARA DESARROLLO Y PRESENTACIÓN COPIAS MOVILIDAD Y VIÁTICOS (01 Viaje de reconocimiento e inspección en campo)



## CAPÍTULO

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS

##### 4.1.1 Tiempo de elaboración

##### 4.1.1.1 Empleando la metodología BrIM

Como primer resultado del tiempo de elaboración del expediente técnico Nogalani se obtuvo un total de 75 horas con 45 minutos de trabajo neto el cual equivale a 9.47 días laborables, sin considerar tiempos de descansos, coordinaciones y/o retroalimentaciones. Este tiempo se obtiene como un acumulado total de todas las fases y procesos el cual se observa en la Tabla 23. también se podría decir que este tiempo de trabajo podría ser factible en realizarse por un solo profesional de manera secuencial lineal, con dominio de todos los procesos, las especialidades, los softwares y recursos complementarios requeridos.

**Tabla 23**

*Control de tiempos de fases y procesos empleando la metodología BrIM.*

Fase/ Proceso	Código	Duración hh:mm
<b>PROCESAMIENTO BrIM DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA</b>	<b>F1</b>	<b>9:30</b>
Información topográfica	F1-P1	0:52
Información hidrológica e hidráulica	F1-P2	2:58
Información geológica y geotécnica	F1-P3	3:08
Información de Trazo y diseño vial de accesos	F1-P4	1:45
Modelo integrado de estudios básicos	F1-P5	0:47
<b>DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>F2</b>	<b>7:07</b>
Diseño General y modelado preliminar del puente	F2-P1	6:11
Emplazamiento del modelo preliminar y compatibilización inicial de especialidades	F2-P2	0:56
<b>DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	<b>F3</b>	<b>10:15</b>

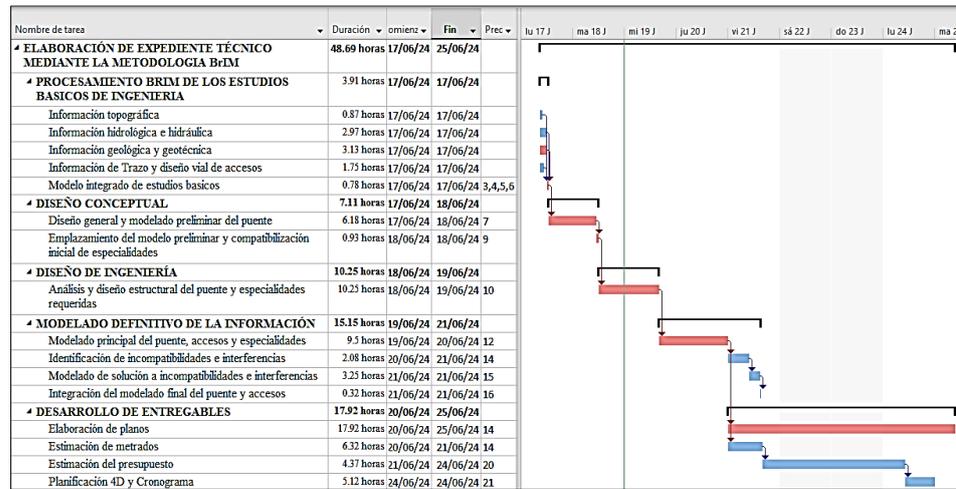
Fase/ Proceso	Código	Duración hh:mm
Análisis y diseño estructural del puente y especialidades requeridas	F3-P1	10:15
<b>MODELADO DEFINITIVO DE LA INFORMACIÓN</b>	F4	<b>15:09</b>
Modelado principal del puente, accesos y especialidades	F4-P1	9:30
Identificación de incompatibilidades e interferencias	F4-P2	2:05
Modelado de solución a incompatibilidades e interferencias	F4-P3	3:15
<b>DESARROLLO DE ENTREGABLES</b>	F5	<b>33:43</b>
Elaboración de planos	F5-P1	17:55
Estimación de metrados	F5-P2	6:19
Estimación del presupuesto	F5-P3	4:22
Planificación 4D y Cronograma	F5-P4	5:07
<b>Total (horas)</b>		<b>75:45</b>
<b>Total (días laborables)</b>		<b>9.47</b>

Por último, para calcular el tiempo total empleado para desarrollar el proyecto del puente Nogalani se elaboró un diagrama Gantt con los tiempos obtenidos, la secuencia adecuada para elaboración acorde al flujo de trabajo BrIM y la consideración de que existen procesos que se pueden realizar paralelamente con la disponibilidad de recursos adecuada, lográndose obtener un tiempo de trabajo neto de 48.69 es decir 48 horas con 41.4 minutos, lo cual asumiendo un horario laboral de 8 horas diarias se tendría 6.09 días laborales para lograr desarrollar el proyecto. En la Figura 125 se puede ver el diagrama Gantt obtenido incluyendo la tarea y/o procesos críticos, las duraciones y la duración total de la elaboración del expediente técnico mediante el uso de la metodología BrIM el cual se encuentra en el Anexo 11.

Es importante aclarar que no se considera los procesos iterativos que se requiere en ocasiones al momento de diseñar, las repeticiones y/o correcciones por trabajos errados, es decir implica una secuencia funcional de un flujo de trabajo BrIM.

**Figura 125**

*Programación Gantt de la metodología BrIM*



#### 4.1.1.2 Empleando la metodología convencional

Como primeros resultados del tiempo de elaboración del expediente técnico Nogalani, se obtuvo un total de 89 horas y 29 minutos de trabajo neto el cual equivale a 11.18 días laborables como se detallan en la Tabla 24, sin considerar tiempos de descanso, coordinaciones y/o retroalimentaciones.

**Tabla 24**

*Control de tiempos de fases y procesos por metodología Convencional.*

Fase/ Proceso	Código	Duración hh:mm
<b>INTERPRETACIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS</b>	<b>F1</b>	<b>8:36</b>
Estudio de Topografía	F1-P1	0:55
Estudio de Hidrología e hidráulica	F1-P2	2:53
Estudio de geología y geotecnia	F1-P3	3:03
Estudio de Trazo y diseño vial	F1-P4	1:45
<b>DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>F2</b>	<b>10:13</b>
Diseño general, Predimensionamiento y dibujo preliminar del Puente.	F2-P1	8:53
Emplazamiento en planta y perfil del puente en relación a los estudios básicos.	F2-P2	1:20

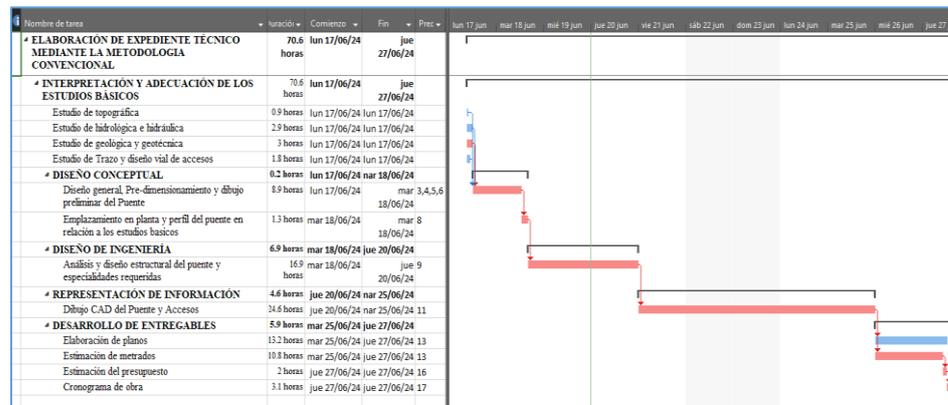


Fase/ Proceso	Código	Duración hh:mm
<b>DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	<b>F3</b>	<b>16:54</b>
Análisis y diseño estructural del puente y especialidades requeridas	F3-P2	16:54
<b>REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>F4</b>	<b>29:11</b>
Elaboración de planos finales	F5-P1	13:10
Estimación de metrados	F5-P2	10:47
Estimación del presupuesto	F5-P3	2:04
Cronograma de obra	F5-P4	3:10
<b>Total (horas)</b>		<b>89:29</b>
<b>Total (días laborables)</b>		<b>11.18</b>

Por último, para calcular el tiempo total empleado para desarrollar el proyecto del puente Nogalani se elaboró un diagrama Gantt con los tiempos obtenidos, la secuencia adecuada para elaboración acorde al flujo de trabajo Convencional y la consideración de que existen procesos que se pueden realizar paralelamente con la disponibilidad de recursos adecuada, lográndose obtener un tiempo de trabajo neto de 70.6 es decir 70 horas con 36 minutos, lo cual asumiendo un horario laboral de 8 horas diarias se tendría 8.83 días laborales para lograr desarrollar el proyecto. En la Figura 126 se puede ver el diagrama Gantt obtenido incluyendo la tarea y/o procesos críticos, las duraciones y la duración total de la elaboración del expediente técnico mediante el uso de la metodología convencional el cual se encuentra en el Anexo 12.

**Figura 126**

*Cronograma Gantt de ejecución del expediente técnico*



Es importante aclarar que no se considera los procesos iterativos que se requiere en ocasiones al momento de diseñar, las repeticiones y/o correcciones por trabajos errados, es decir implica una secuencia funcional de un flujo de trabajo Convencional.

#### 4.1.2 Costo de elaboración del proyecto

##### 4.1.2.1 Empleando la metodología BrIM

Se obtuvieron tres propuestas de cotizaciones como se detalla en la Tabla 25, los cuales se encuentran en el Anexo 13, el promedio de estas cotizaciones del costo de elaboración del expediente técnico del proyecto mediante la metodología BrIM es de S/ 67,382.92 soles.

**Tabla 25**

*Cotizaciones de elaboración empleando la metodología BrIM.*

N°	Descripción	Monto de Cotización
01	FERNANDO LOZANO OJEDA	S/75,593.75
02	CONSULTORES Y CONSTRUCTORES SOL & JVP	S/65,847.54
03	ZZ STONE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C	S/60,707.46
<b>Promedio:</b>		<b>S/67,382.92</b>

#### 4.1.2.2 Empleando la metodología convencional

Se obtuvieron tres propuestas de cotizaciones como se detalla en la Tabla 26 los cuales se encuentran en el Anexo 14, donde se calculó el promedio de estas cotizaciones, determinando que el costo de elaboración del expediente técnico del proyecto mediante la metodología convencional es de S/ 38,764.62 soles.

**Tabla 26**

*Cotizaciones de elaboración empleando la metodología convencional.*

Nº	Descripción	Monto de Cotización
01	D&G CONSTRUCTORES Y CONSULTORES E.I.R.L.	S/40,476.26
02	GRUPO KALARK S.A.C.	S/43,896.00
03	PALCONST S.A.C.	S/ 31,921.60
		<b>Promedio: S/38,764.62</b>

#### 4.1.3 Calidad de elaboración

La calidad del expediente técnico se obtendrá aplicando el indicador desarrollado por Paul A. Tilley et al. (1997) .teniendo en consideración que el indicador debería ser real, es decir considerar las RFI's durante la ejecución real de la obra, sin embargo, para esta investigación las RFI's a considerar surgen principalmente de la construcción virtual que permite la metodología BrIM, además que el proyecto de creación del puente Nogalani como proyecto de inversión pública aún no ha pasado a su etapa de construcción.

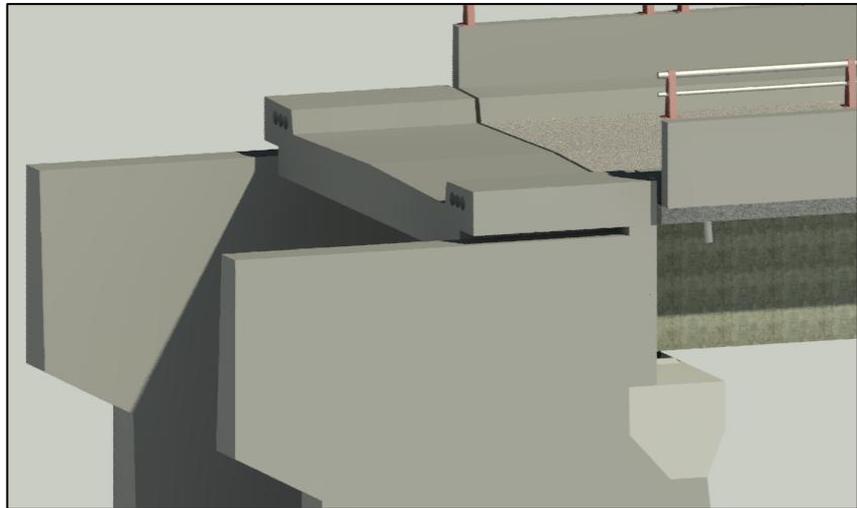
##### 4.1.3.1 Principales RFI'S encontradas con la metodología BrIM

- RFI N° 01: Solicito planos detallados planos de unión entre la losa de aproximación y las alas del muro de contención lateral.

Descripción de la consulta: En la Figura 127, se observa que una vez modelado los aleros del muro de contención y la losa de aproximación en la junta existe un espaciamiento de 5 cm, por lo cual se requiere conocer si ese espacio es correcto, el material de relleno o si de considerarse una equivocación como se debe construir las componentes en esa unión.

### **Figura 127**

*Corrección de la altura del estribo.*

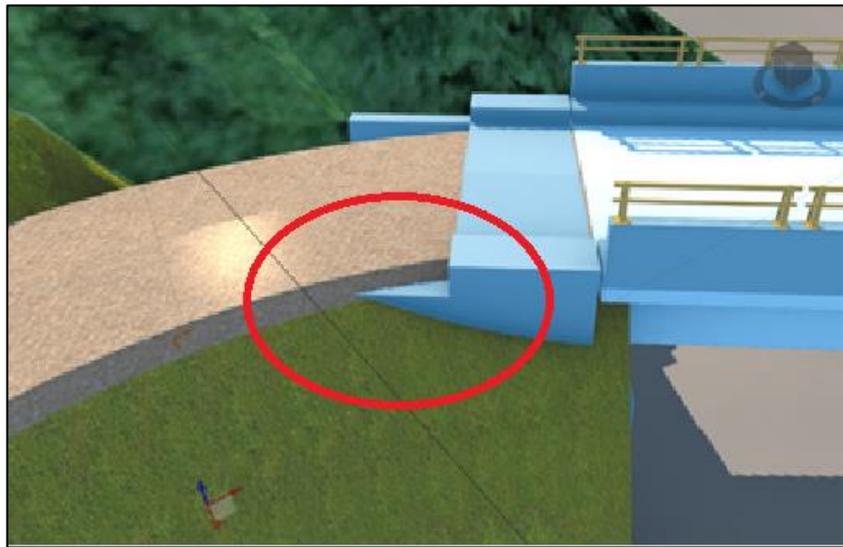


- RFI N° 002: Solución al diseño de los aleros del estribo el cual está en interferencia con los accesos del puente.

Descripción de la Consulta: Existe interferencia entre los aleros del estribo de tipo U y el afirmado de los accesos del puente el cual no está protegiendo el talud de los accesos y evita el tránsito libre de los vehículos como se muestra en la Figura 128.

**Figura 128**

*Interferencia entre alero del estribo y los accesos del puente.*

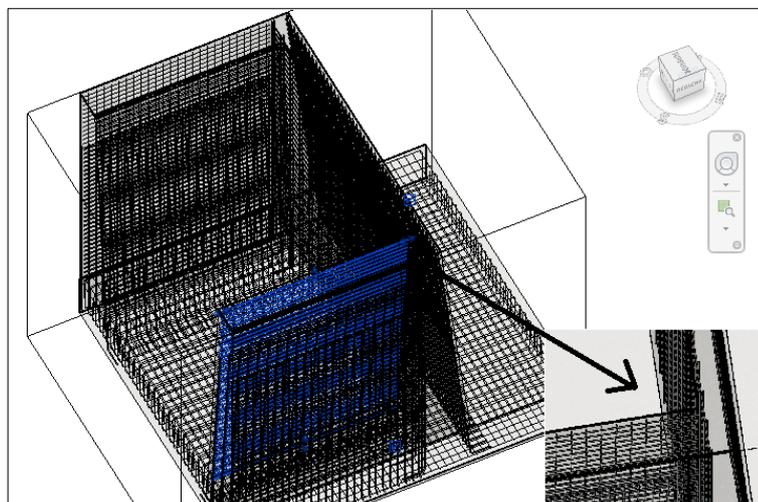


- RFI N° 003: Solicito detalle de unión y/o empalme entre el muro pantalla y muros laterales.

Descripción de la Consulta: En los planos de código E-RED-01 y E-REI-01 no se detalla la junta y/o el detalle de refuerzo de anclaje y amarres en la unión entre el muro pantalla y los muros aleros laterales.

**Figura 129**

*Detalle de anclaje y amarre de refuerzo.*



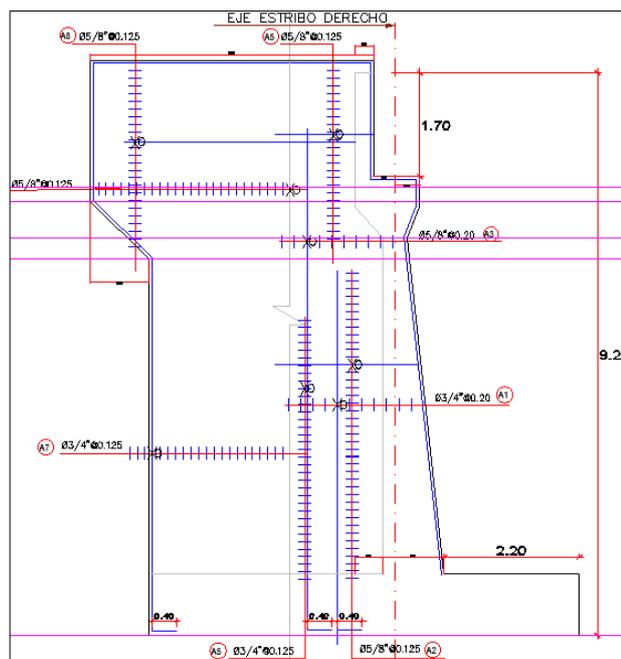
En la Figura 129 se muestra el modelado del refuerzo, el cual solo llega hasta el límite del alero, mas no se tiene el detalle de la disposición de aceros de anclaje o de ser el caso la junta proyectada entre el muro pantalla y los aleros.

- RFI N° 004: Solicito aclaración de proyección de muros de estribo sobre la cimentación y eje de apoyo superestructura.

Descripción de la Consulta: En los planos de código E-RED-01 y E-REI-01, en el detalle de la planta de cimentación muestra una proyección del muro de contención del estribo con inicio a 0.95m de la punta de la cimentación, sin embargo, en el detalle de la elevación lateral el muro pantalla inicia a 2.20m, lo cual también repercute en el eje de apoyo de la super estructura, esto se puede observar en la Figura 130 respectivamente.

### Figura 130

*Detalle de perfil del estribo.*

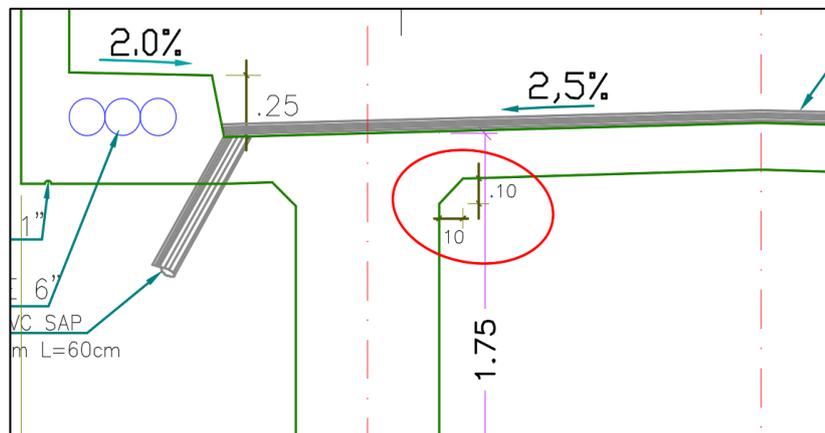


- RFI N° 005: Incompatibilidad entre los planos e-espe-01 y e-rv-01 donde las medidas de las pestañas de las vigas principal son de distinta medida.

Descripción de la Consulta: Se encontró la incompatibilidad entre los planos E-ESPE-01 Y E-RV-01 donde las medidas de las pestañas de las vigas principal varían de 0.10 a 0.16 como se muestra en la Figura 131.

### Figura 131

*Pestañas de las vigas principales del plano E-ESPE-01.*



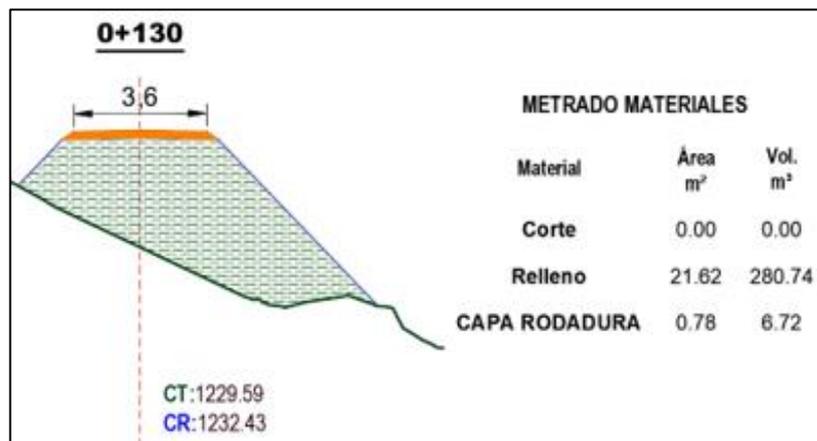
- RFI N° 006: Incompatibilidad entre el plano st-01 y los estudios de trazo y diseño vial.

Descripción de la Consulta: Se encontró la incompatibilidad entre el plano ST-01 donde indica 3.6 metros de ancho de la calzada como se muestra en la Figura 132 y el Estudio de Trazo y Diseño vial en la Tabla 15 de resumen de diseño Geométrico donde indica un ancho de 4.20 metros, además en la planilla de metrados figuran anchos de 4,60 y 5 metros de ancho Por lo que las siguientes a las siguientes partidas les correspondería otro metrado: 04.01.03 EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA

PARA ACCESO, 04.01.04 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES, 04.01.05 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE, 04.01.06 AFIRMADOS  $E=0.20M$  y 04.01.07 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE. Por lo cual se solicita compatibilizar el ancho de calzada del acceso.

**Figura 132**

*Sección Transversal del carril del plano ST-01*

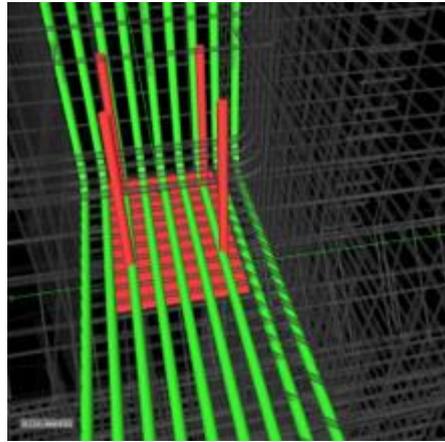


- RFI N° 007: Solicito detalle de placa de apoyo de neopreno empotrado en la viga principal.

Descripción de la Consulta: Para la colocación de placa empotrada de apoyo en la viga principal sobre el neopreno se encontró una aglomeración de aceros de la viga principal y la viga secundaria lo cual interfiere con la disposición de los anclajes de la placa según los detalles presentados como se muestra en la Figura 133, por lo cual se requiere modificar la disposición de aceros o la disposición y dimensiones de los anclajes y la placa, por lo cual se solicita realizar esta aclaración.

### Figura 133

*Interferencia de aceros de la viga principal y la placa del apoyo.*



#### 4.1.3.2 Índice de desempeño del diseño y documentación

Considerando la fórmula 32 desarrollada por Paul A. Tilley et al. (1997) que define el índice de desempeño del diseño y documentación del proyecto, descrita en el ítem 2.2.12.1, para el caso de nuestra investigación estos datos vendrían a ser los considerados en el expediente técnico elaborado por los profesionales responsables del Gobierno Regional de Puno, pues este tiene validez y formalidad para la entidad. Por lo tanto, se extrajeron los datos requeridos en la Tabla 27 y serán reemplazados en la siguiente fórmula:

$$PI_1 = \frac{N_c}{VC * D} \quad (32)$$

Donde:

$N_c$  = Numero de RFI de tipo aclaración de información.

$VC$  = Valor final estimado del contrato (\$100,000).

$D$  = Duración inicial del proyecto (meses).

**Tabla 27**

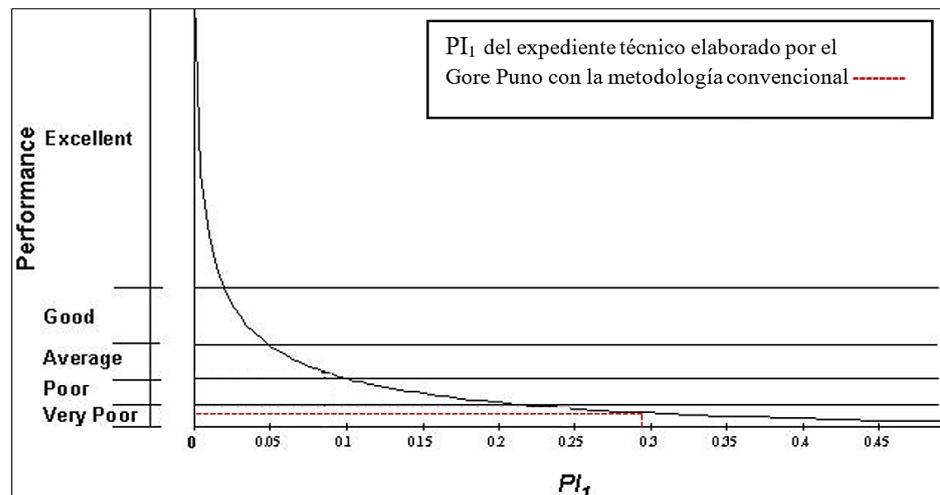
*Datos para el calcular el índice de desempeño.*

Variable	Valor	Unidad
$N_c$	7	RFI (tipo aclaración de información)
$VC$	1,477,295.18	soles
$VC$	5.90918072	(\$100,000) dólares australianos
$D$	4	meses
$PI_1$	0.296149345	

Para poder calcular el índice de desempeño se realizó la conversión de los valores acordes a los requerimientos de la formula, obteniéndose un valor de 0.296, este se llevó a la escala grafica desarrollada por Paul A. Tilley et al. (1997), donde de acuerdo a lo obtenido con la formula, el desempeño de la calidad se puede caracterizar como: excelente, bueno, promedio o normal, pobre y muy pobre. Entonces se estableció la calidad del proceso de diseño y documentación del proyecto elaborado por el equipo del Gobierno Regional Puno como muy pobre acorde a lo que se puede ver en la Figura 134.

**Figura 134**

*Gráfico del Índice de desempeño del diseño y documentación.*



### 4.1.3.3 Entregables BrIM

#### 4.1.3.3.1 Planos

Una vez realizado el modelado final de la estructura del puente se elaboraron los planos en el programa Revit, obteniéndose los planos de la Tabla 28 Y 29 que se encuentran adjuntados en el Anexo 15 y 16.

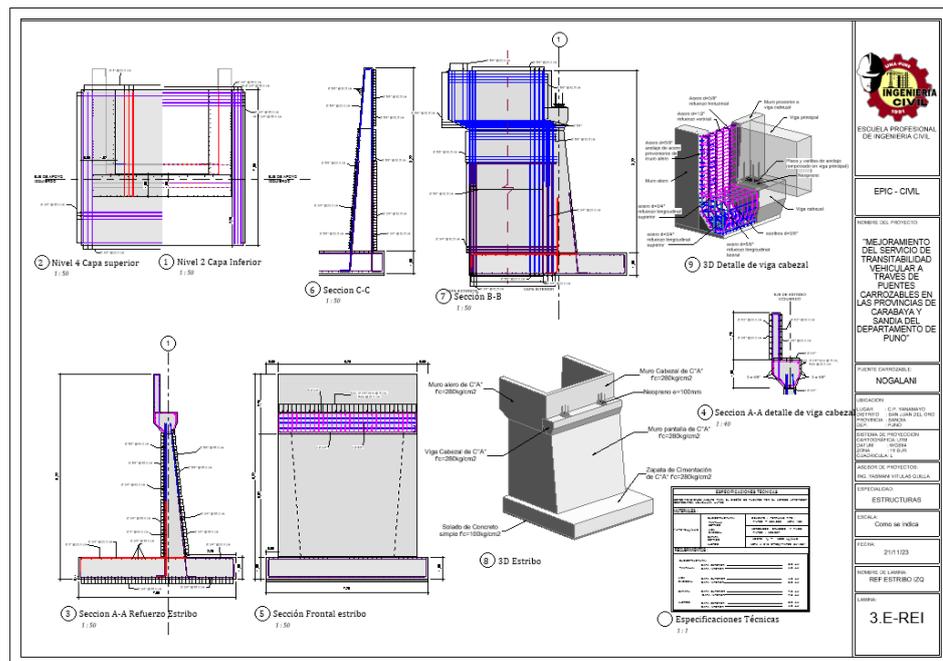
**Tabla 28**

*Planos del puente del expediente técnico por la metodología BrIM.*

N°	Descripción	Código
01	Vista General Estructuras	E-GEN-01
02	Refuerzos estribo derecho	E-RED-01
03	Refuerzos estribo izquierdo	E-REI-01
04	Encofrado de superestructura	E-ESPE-01
05	Refuerzos en vigas	E-RV-01
06	Refuerzos en losas	E-RL-01
07	Losa de Aproximación y otros (Detalles)	E-DSPE-01

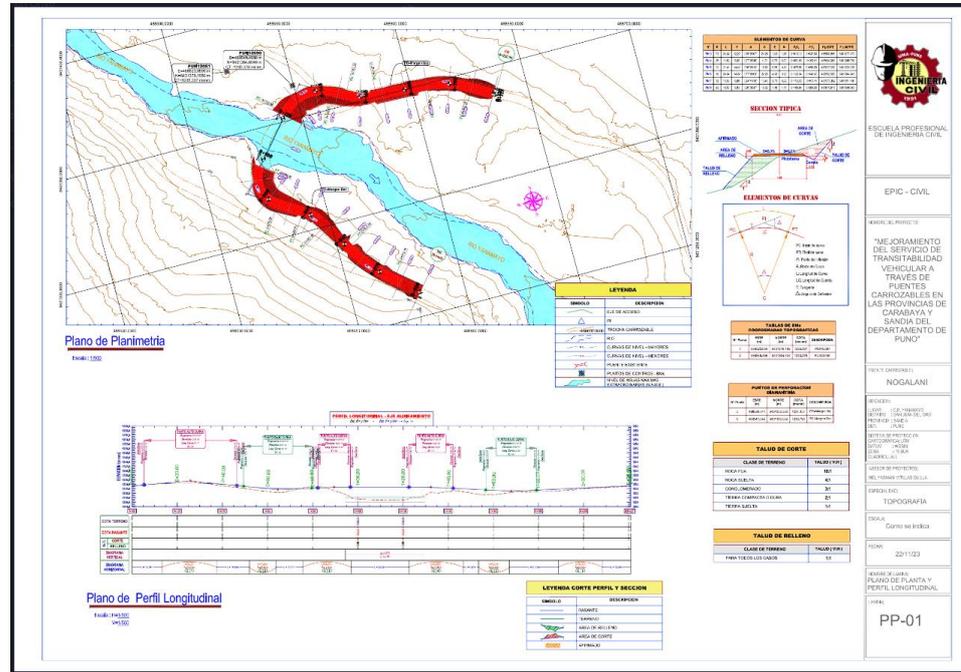
**Figura 135**

*Plano de la estructura del puente.*



**Figura 136**

*Plano de los accesos del puente.*



Los planos elaborados se pueden visualizar de manera similar a la Figura 135 y 136 en los programas Revit y Civil 3D respectivamente

En la Tabla 29 se muestra la documentación de los planos de los accesos elaborados del proyecto.

**Tabla 29**

*Planos de los accesos expediente técnico por la metodología BrIM.*

N°	Descripción	Código
01	Plano Topográfico	PT-01
02	Plano de Ubicación	PU-01
03	Vista General	VG-01
04	Plano de Planta y Perfil Longitudinal	PP-01
05	Plano de secciones Transversales	ST-01

#### 4.1.3.3.2 Metrados

De acuerdo a las partidas seleccionadas teniendo en cuenta su directa relación con la construcción del puente y accesos e incidencia en el presupuesto del proyecto, estas partidas se seleccionaron del presupuesto desarrollado por el equipo del GORE Puno, adjuntado en el Anexo 5, mas no se consideró las partidas y/o trabajos de carácter complementario, es así que con fines investigativos se considerará la siguiente Tabla 30 de partidas y su correspondiente metrado obtenido empleando la metodología BrIM.

**Tabla 30**

*Metrados de partidas elaborados por la metodología BrIM.*

Ítem	Descripción	Und	Metrado
<b>3</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>		
<b>3.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450
<b>3.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	588.74
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	300.6
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	360.18
<b>3.03</b>	<b>SUB ESTRUCTURA</b>		
<b>03.03.01</b>	<b>SOLADO</b>		
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	11.6
<b>03.03.02</b>	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>		
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	7,853.48
03.03.02.02	ENCOFRADO DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.8
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.8
<b>03.03.03</b>	<b>PANTALLA</b>		
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup> - ESTRIBOS	KG	13,940.00
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	235.52
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	253.52



Ítem	Descripción	Und	Metrado
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	156.26
<b>03.03.04</b>	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>		
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	683.12
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	9.4
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	7.55
<b>3.04</b>	<b>SUPERESTRUCTURA</b>		
<b>03.04.01</b>	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>		
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	8,556.86
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	173
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	49.23
<b>03.04.02</b>	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>		
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	771.84
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	70
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	9.28
<b>03.04.03</b>	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>		
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup> - LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS	KG	5,369.74
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	234
03.04.03.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	46.49
<b>4</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>		
<b>4.01</b>	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>		
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	487.41
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,646.50
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,056.00
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	186.96
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	487.41

#### 4.1.3.3.3 Respecto a los presupuestos

Teniendo presente que el presupuesto a evaluar es respecto el costo directo obtenido en base a los metrados de la Tabla 30 (anterior),

correspondiente a la metodología BrIM, se obtuvo el cómputo del presupuesto BrIM mostrado en la siguiente Tabla 31.

**Tabla 31**

*Presupuesto realizado por la metodología BrIM.*

Ítem	Descripción	Und	Metrado	P.U.	Parcial
<b>3</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>				<b>658,214.12</b>
<b>3.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,678.50</b>
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450	0.5	225
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450	3.23	1,453.50
<b>3.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>27,222.65</b>
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	588.74	5.58	3,285.17
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	300.6	59.85	17,990.91
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	360.18	16.51	5,946.57
<b>3.03</b>	<b>SUB ESTRUCTURA</b>				<b>392,143.42</b>
<b>03.03.01</b>	<b>SOLADO</b>				<b>431.64</b>
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	11.6	37.21	431.64
<b>03.03.02</b>	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>				<b>131,023.75</b>
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	7,853.48	10.37	81,440.59
03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.8	65.07	3,695.98
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.8	455.23	45,887.18
<b>03.03.03</b>	<b>PANTALLA</b>				<b>249,088.70</b>
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup> - ESTRIBOS	KG	13,940.00	10.37	144,557.80
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	235.52	61.1	14,390.27
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	253.52	74.97	19,006.39
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	156.26	455.23	71,134.24
<b>03.03.04</b>	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>				<b>11,599.33</b>
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/ cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	683.12	10.48	7,159.10
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	9.4	74.97	704.72
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	7.55	494.77	3,735.51
<b>3.04</b>	<b>SUPERESTRUCTURA</b>				<b>237,169.55</b>
<b>03.04.01</b>	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>				<b>125,553.36</b>
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	8,556.86	10.37	88,734.64
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	173	72.03	12,461.19



Ítem	Descripción	Und	Metrado	P.U.	Parcial
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	49.23	494.77	24,357.53
<b>03.04.02</b>	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>				<b>17,637.55</b>
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	771.84	10.37	8,003.98
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	70	72.03	5,042.10
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	9.28	494.77	4,591.47
<b>03.04.03</b>	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>				<b>93,978.64</b>
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup> - LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS	KG	5,369.74	10.37	55,684.20
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	234	69.69	16,307.46
03.04.03.03	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	46.49	472.94	21,986.98
<b>4</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>				<b>108,732.07</b>
<b>4.01</b>	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>				<b>108,732.07</b>
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00	0.5	550
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00	3.23	3,553.00
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	487.41	8.8	4,289.21
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,646.50	44.19	72,758.84
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,056.00	7.16	7,560.96
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	186.96	64.04	11,972.92
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	487.41	16.51	8,047.14
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>					<b>766,946.19</b>
Son: SETECIENTOS SESENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y SEIS con DIECINUEVE CÉNTIMOS					

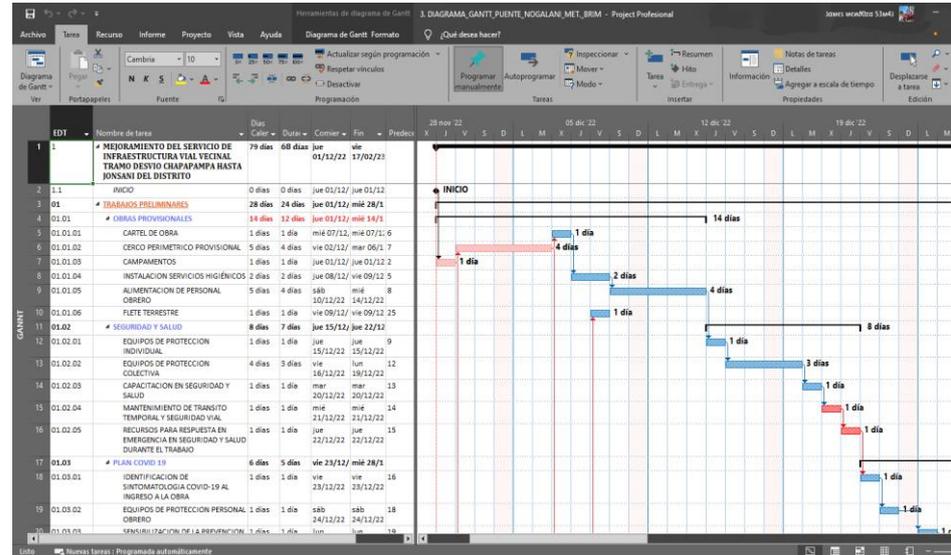
#### 4.1.3.3.4 Planificación y programación de obra

Después de llevar a cabo la planificación 4D en Navisworks, basada en el proceso constructivo del puente, logramos una comprensión más detallada de su construcción. Como resultado, se desarrolló un nuevo cronograma Gantt, más preciso y confiable, que refleja adecuadamente el proceso constructivo. Este cronograma establece un total de 68 días laborables, equivalentes a 79 días calendario de ejecución del proyecto, con una fecha de inicio de obra el 1 de diciembre de 2022 y una fecha de

finalización el 17 de febrero de 2023, como se muestra en la Figura 137 del cronograma Gantt que se adjuntó en el Anexo 17.

**Figura 137**

*Programación Gantt de ejecución por la metodología BrIM.*



#### 4.1.3.4 Entregables de la metodología convencional

Los entregables a considerar de la metodología convencional serán los encontrados en el expediente técnico original elaborado por los profesionales del Gobierno Regional de Puno responsables del proyecto, ya que estos fueron obtenidos empleando la metodología convencional descrita.

##### 4.1.3.4.1 Planos

De manera similar a los entregables de la metodología Convencional y con fines comparativos se tienen los planos de la Tabla 32 y 33 desarrollados de manera convencional que se encuentran adjuntados en el Anexo 18 y 19.

**Tabla 32**

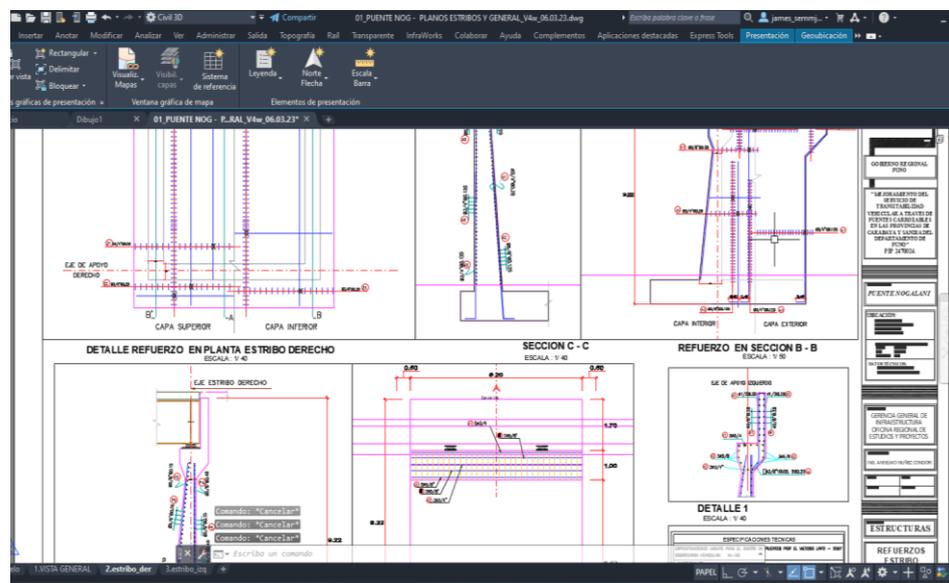
*Planos del expediente técnico por la metodología Convencional.*

N°	Descripción	Código
01	Vista General Estructuras	E-GEN-01
02	Refuerzos estribo derecho	E-RED-01
03	Refuerzos estribo izquierdo	E-REI-01
04	Encofrado de superestructura	E-ESPE-01
05	Refuerzos en vigas	E-RV-01
06	Refuerzos en losas	E-RL-01
07	Losa de Aproximación y otros (Detalles)	E-DSPE-01

Los planos elaborados en los programas AutoCAD y Civil 3D, se pueden visualizar en la Figura 138 y 139.

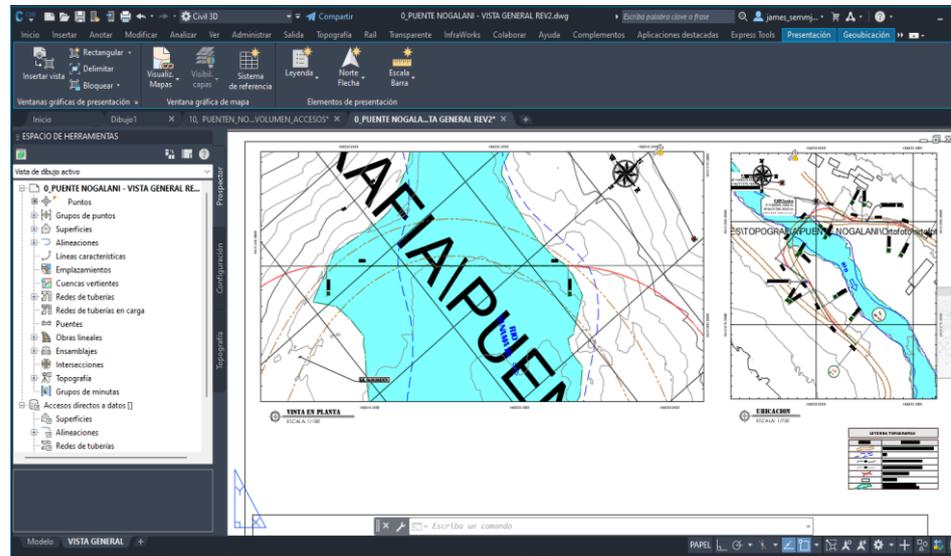
**Figura 138**

*Plano de la estructura del refuerzo.*



**Figura 139**

*Plano de los accesos del puente.*



En la Tabla 33 se muestra la lista de planos de los accesos que presentes en el expediente técnico elaborado por el GORE Puno, los cuales están adjuntados en el Anexo 19.

**Tabla 33**

*Planos del expediente de los accesos por la metodología Convencional.*

Nº	Descripción	Código
01	Plano Topográfico	PT-01
02	Plano de Ubicación	PU-01
03	Vista General	VG-01
04	Plano de Planta y Perfil Longitudinal	PP-01
05	Plano de secciones Transversales	ST-01

#### 4.1.3.4.2 Metrados

De acuerdo a las partidas seleccionadas teniendo en cuenta su directa relación con la construcción del puente y accesos e incidencia en el presupuesto del proyecto, estas partidas se seleccionaron del presupuesto desarrollado por el equipo del GORE Puno, adjuntado en el

Anexo 5, mas no se consideró las partidas y/o trabajos de carácter complementario, es así que con fines investigativos se tiene la siguiente Tabla 34 de partidas y su correspondiente metrado obtenido de manera convencional.

**Tabla 34**

*Metrados de partidas obtenidas con la metodología convencional GORE.*

Ítem	Descripción	Und	Metrado
<b>03</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>		
	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450.00
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450.00
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	605.10
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	436.82
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	210.34
03.03	<b>SUB ESTRUCTURA</b>		
03.03.01	<b>SOLADO</b>		
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	13.14
03.03.02	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>		
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	8,103.96
03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.80
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.80
03.03.03	<b>PANTALLA</b>		
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	10,742.76
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	213.77
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	251.56
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	135.98
03.03.04	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>		
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	755.82
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	10.52
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	8.52
03.04	<b>SUPERESTRUCTURA</b>		
03.04.01	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>		
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	9,089.64
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	169.72
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	47.10



Ítem	Descripción	Und	Metrado
03.04.02	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>		
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	846.63
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	62.96
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	8.79
03.04.03	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>		
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	5,154.57
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	227.56
03.04.03.03	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	46.59
<b>04</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>		
04.01	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>		
04.01.01	DESBROCE LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	428.31
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,517.64
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,012.00
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	202.40
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	429.31

#### 4.1.3.4.3 Presupuesto

El presupuesto obtenido por los profesionales del GORE Puno se encuentra adjunta en el Anexo 5, y con fines comparativos se seleccionó las partidas directamente relacionadas con la construcción y a nivel de costo directo, las cuales figuran en la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Presupuesto con la metodología convencional GORE Puno.*

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio	Parcial
<b>01</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>				
01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
01.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450.00	0.50	225.00
01.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450.00	3.23	1,453.50
01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	605.10	5.58	3,376.46
01.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	436.82	59.85	26,143.68



Ítem	Descripción	Un d	Metrado	Precio	Parcial
01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	210.34	16.49	3,468.51
01.03	<b>SUB ESTRUCTURA</b>				
01.03.01	<b>SOLADO</b>				
01.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	13.14	37.21	488.94
01.03.02	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>				
01.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	8,103.96	10.37	84,038.07
01.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.80	65.07	3,695.98
01.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.80	455.24	45,888.19
01.03.03	<b>PANTALLA</b>				
01.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	10,742.76	10.37	111,402.42
01.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	213.77	61.10	13,061.35
01.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	251.56	74.97	18,859.45
01.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	135.98	455.24	61,903.54
01.03.04	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>				
01.03.04.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	755.82	10.48	7,920.99
01.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	10.52	74.97	788.68
01.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	8.52	494.77	4,215.44
01.04	<b>SUPERESTRUCTURA</b>				
01.04.01	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>				
01.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	9,089.64	10.37	94,259.57
01.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	169.72	72.03	12,224.93
01.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	47.10	494.77	23,303.67
01.04.02	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>				
01.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	846.63	10.37	8,779.55
01.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	62.96	72.03	4,535.01
01.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	8.79	494.77	4,349.03
01.04.03	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>				
01.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	5,154.57	10.37	53,452.89
01.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARA VISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	227.56	69.69	15,858.66
01.04.03.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	46.59	472.93	22,033.81
<b>02</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>				
02.01	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>				
02.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00	0.50	550.00
02.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00	3.23	3,553.00

Ítem	Descripción	Un d	Metrado	Precio	Parcial
02.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	428.31	8.80	3,769.13
02.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,517.64	44.19	67,064.51
02.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,012.00	7.14	7,225.68
02.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	202.40	64.04	12,961.70
02.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	429.31	16.49	7,079.32
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>					<b>727,930.66</b>

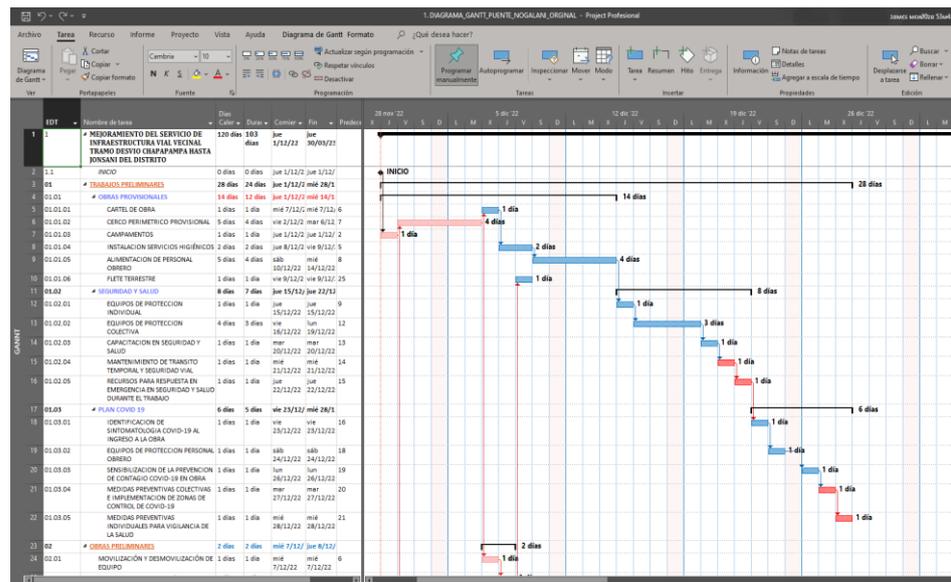
Son: SETECIENTOS VEINTISIETE MIL NOVECIENTOS TREINTA con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS

#### 4.1.3.4.4 Programación de obra

Este cronograma se obtuvo del expediente técnico elaborado por el equipo del GORE Puno. Este cronograma establece un total de 120 días calendario de ejecución del proyecto, con una fecha de inicio de obra el 01 de diciembre del 2022 y una fecha de finalización el 30 de marzo de 2023, como se muestra en la Figura 140 del cronograma Gantt que se adjuntó en el Anexo 20.

**Figura 140**

*Programación Gantt de la ejecución del proyecto por convencional.*



## 4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.2.1 Tiempo de elaboración

Por último, con los resultados obtenidos realizamos la Tabla 36, donde se compara los tiempos obtenidos, teniéndose una reducción de 13.73 horas en los tiempos secuenciados de manera lineal, es decir que cada proceso inicia cuando culmina el proceso anterior, llegando a representar el 15% del tiempo empleado por la metodología convencional

Para el caso del tiempo total programado en el diagrama Gantt se logró una reducción de 21.91 horas lo que representa una reducción del 31% del tiempo empleado en la elaboración mediante la metodología convencional.

**Tabla 36**

*Comparación de tiempos de elaboración de expediente técnico.*

Tiempos de elaboración del expediente técnico	Convencional (horas)	BrIM (horas)	Diferencia (horas)	Variación porcentual (%)
Tiempo total acumulado secuenciado de manera lineal	89.48	75.75	13.73	15%
Tiempo total programado en el diagrama Gantt	70.6	48.69	21.91	31%

Así también realizamos la comparativa por fases, a pesar que cada fase equivalente no contempla los mismos procesos tienen finalidades similares, esto con fines de poder identificar las posibles causas de las diferencias entre los tiempos totales obtenidos para la elaboración del expediente técnico mediante ambas metodologías, esto se puede ver en la Tabla 37.

**Tabla 37**

*Comparación de tiempos de fases y procesos por las dos metodologías.*

<b>Fase y Procesos Metodología BrIM</b>	<b>Duración (hh:mm)</b>	<b>Fase y Procesos Metodología Convencional</b>	<b>Duración (hh:mm)</b>
<b>F1: PROCESAMIENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS</b>	9:30	<b>F1: INTERPRETACIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS</b>	8:36
Información topográfica	0:52	Estudio de Topografía	0:55
Información hidrológica e hidráulica	2:58	Estudio de Hidrología e hidráulica	2:53
Información geológica y geotécnica	3:08	Estudio de geología y geotecnia	3:03
Información de trazo y diseño vial de accesos	1:45	Estudio de Trazo y diseño vial	1:45
Modelo integrado de estudios básicos	0:47		
<b>F2: DISEÑO CONCEPTUAL</b>	7:07	<b>F2: DISEÑO CONCEPTUAL</b>	10:13
Diseño general y modelado preliminar del puente	6:11	Diseño general, Pre-dimensionamiento y dibujo preliminar del Puente.	8:53
Emplazamiento del modelo preliminar y compatibilización inicial de especialidades	0:56	Emplazamiento en planta y perfil del puente en relación a los estudios básicos.	1:20
<b>F3: DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	10:15	<b>F3: DISEÑO DE INGENIERÍA</b>	16:54
Análisis y diseño estructural del puente y especialidades requeridas	10:15	Análisis y diseño estructural del puente y especialidades requeridas	16:54
<b>F4: MODELADO DEFINITIVO DE LA INFORMACIÓN</b>	15:09	<b>F4: REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	24:35
Modelado principal del puente, accesos y especialidades	9:30	Dibujo CAD del Puente y Accesos	24:35
Identificación de incompatibilidades e interferencias	2:05		
Modelado de solución a incompatibilidades e interferencias	3:15		
Integración del modelado final del puente y accesos	0:19		
<b>F5: DESARROLLO DE ENTREGABLES</b>	33:43	<b>F5: DESARROLLO DE ENTREGABLES</b>	29:11
Elaboración de planos	17:55	Elaboración de planos finales	13:10
Estimación de metrados	6:19	Estimación de metrados	10:47
Estimación del presupuesto	4:22	Estimación del presupuesto	2:04
Planificación 4D y Cronograma	5:07	Cronograma de obra	3:10
<b>TIEMPO TOTAL EN SECUENCIA LINEAL</b>	<b>75:45</b>	<b>TIEMPO TOTAL EN SECUENCIA LINEAL</b>	<b>89:29</b>

Como se puede ver en la Tabla 37 se observa la diferencia entre la cantidad de procesos establecidos para las metodologías, teniendo esencialmente 4

procesos claramente diferentes los cuales son: el modelo integrado de estudios básicos, Identificación de incompatibilidades e interferencias, Modelado de solución a incompatibilidades e interferencias y la integración del modelado final del puente y accesos. Además, se entiende que estos procesos son exclusivos de la metodología BrIM y no tienen un equivalente en la metodología convencional.

Ahora para poder ver las variaciones de duraciones de trabajo entre las fases realizamos una comparativas entre los tiempos parciales de cada fase en la Tabla 38.

**Tabla 38**

*Variación del tiempo de duración de las fases en horas y porcentaje.*

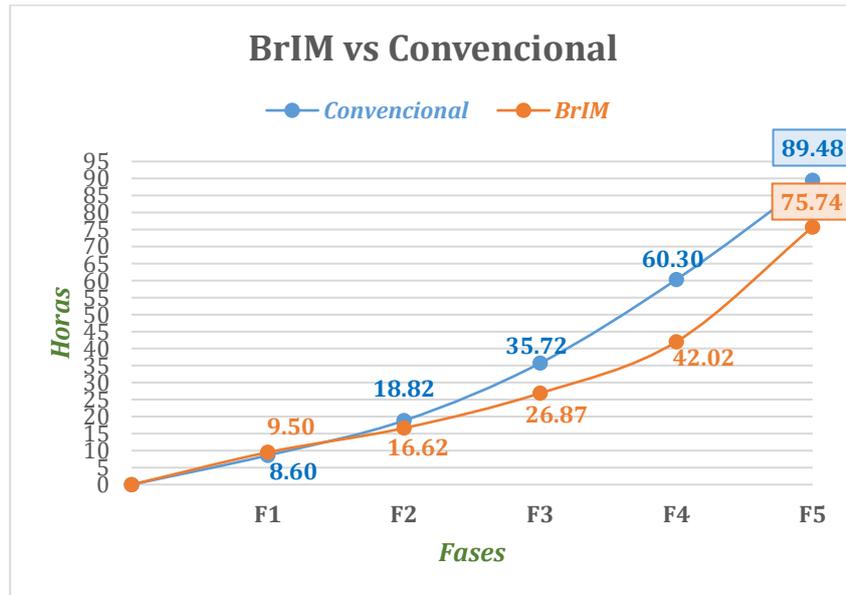
<b>Fase o Procesos Metodología Brim y Convencionales Equivalentes</b>	<b>Duración BrIM (hh:mm)</b>	<b>Duración Convencional (hh:mm)</b>	<b>Variación (horas)</b>	<b>Variación porcentual (%)</b>
F1: PROCESAMIENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS	9.50	8.60	0.90	10%
F2: DISEÑO CONCEPTUAL	7.12	10.22	-3.10	-30%
F3: DISEÑO DE INGENIERÍA	10.25	16.90	-6.65	-39%
F4: MODELADO DEFINITIVO DE LA INFORMACIÓN	15.15	24.58	-9.43	-38%
F5: DESARROLLO DE ENTREGABLES	33.72	29.18	4.53	16%
<b>TIEMPO TOTAL EN SECUENCIA LINEAL</b>	<b>75.75</b>	<b>89.48</b>	<b>-13.75</b>	<b>-15%</b>

De acuerdo a la Tabla 38 se interpreta que las variaciones positivas implican que hay un excedente de tiempo de la metodología BrIM respecto a la metodología convencional, en su contraste las variaciones negativas reflejan una reducción de tiempos de trabajo de la metodología BrIM respecto a la metodología convencional. En consecuencia, se puede decir que en la fase 1 y 5 la metodología BrIM requiere de más tiempo que la metodología convencional descrita, sin embargo, en la fase 2,3 y 4 hay una reducción considerable de tiempo lo cual se

refleja en el tiempo total acumulado en una secuencia lineal de 15% de ahorro de tiempo de elaboración de expediente técnico.

### Figura 141

*Diagrama de comparación del tiempo acumulado de duración de fases.*



De acuerdo con el diagrama en la Figura 141, se evidencia que la metodología BrIM es más eficiente respecto al tiempo en comparación con la metodología convencional, mostrando un ahorro de 13.73 horas.

Las variaciones se deben principalmente a las herramientas que implican las metodologías y procesos que emplean cada metodología, siendo la metodología BrIM la que ofrece ventajas importantes, las principales se describe a continuación:

- El entorno común de datos; CDE de acuerdo a sus siglas en inglés es una herramienta que mejora la eficacia de la metodología BrIM debido a que aporta transparencia y practicidad al desarrollo del proyecto, pues bajo buenos acuerdos y normas de desarrollo entre los involucrados del



proyecto se puede lograr el acceso a la información desarrollada o en desarrollo de manera oportuna y confiable.

- La sincronización y el trabajo colaborativo en línea; es otro aspecto muy importante, pues al involucrar varios profesionales en un mismo proyecto es necesario tener el medio por el cual todos los involucrados cooperen, coordinen, compatibilicen, complementen y combinen el trabajo independiente desarrollado por cada uno.
- La claridad en los procesos del flujo de la metodología BrIM; es significativamente superior a la metodología convencional debido a que los softwares permiten esclarecer los procesos principalmente como efecto de la visualización 3D.
- La visualización; los programas del flujo BrIM tienen una visualización 3D dinámica, ágil y práctica lo cual facilita una solución más conveniente y eficiente, sin embargo, en los programas 2D existe esa limitante de poder proyectar y/o idear de manera práctica las soluciones al proyecto.
- Características particulares de los programas; cada programa tiene las características que los hacen diferentes a otros, es así que esencialmente en los programas BrIM se puede proyectar mediante líneas, áreas y volúmenes y/o sólidos, sin embargo, en los programas CAD convencionales solo mediante líneas y áreas. Además, que debido a estas características las funciones se diferencian significativamente. Esto sin considerar las opciones adicionales de desarrollo de plugins de optimización y/o programación que tienen ambas metodologías.
- La bidireccionalidad del flujo de información producida; es decir que los cambios generados en un modelo se actualizan y están presentes en los



otros espacios virtuales, incluido las de otras especialidades facilitando a una corrección coordinada y sincronizada de manera más eficiente.

En su contraste en la metodología convencional existen particularidades respecto a funciones de programas que son muy prácticas, tal es el caso en la elaboración de presupuestos con Powercost que gracias a su interoperabilidad con Excel reduce considerablemente el tiempo de este proceso como se puede ver en la Tabla 35, sin embargo, esto solo ocurre con este programa.

#### **4.2.2 Costo de elaboración del proyecto**

Se realizó una evaluación comparativa del costo promedio de la elaboración del expediente técnico utilizando las dos metodologías: la convencional y la metodología BrIM, como se detalla en Tabla 39 y se muestra en la Figura 142. Los resultados muestran que el costo de elaboración con la metodología BrIM es S/28,618.30 mayor que si fuera realizado con la metodología convencional, siendo el costo de elaboración mediante el uso de la metodología BrIM 1.74 veces el costo de la elaboración del expediente técnico mediante la metodología convencional.

Según la revisión y análisis de las cotizaciones BrIM del Anexo 13, de acuerdo a los términos de referencia establecidos en el Anexo 8, el costo excedente obedece principalmente a la capacitación adicional de los profesionales en softwares y metodología BIM, así también el uso legal de los recursos informáticos, siendo uno de los principales el software del Entorno Común de Datos CDE.

**Tabla 39**

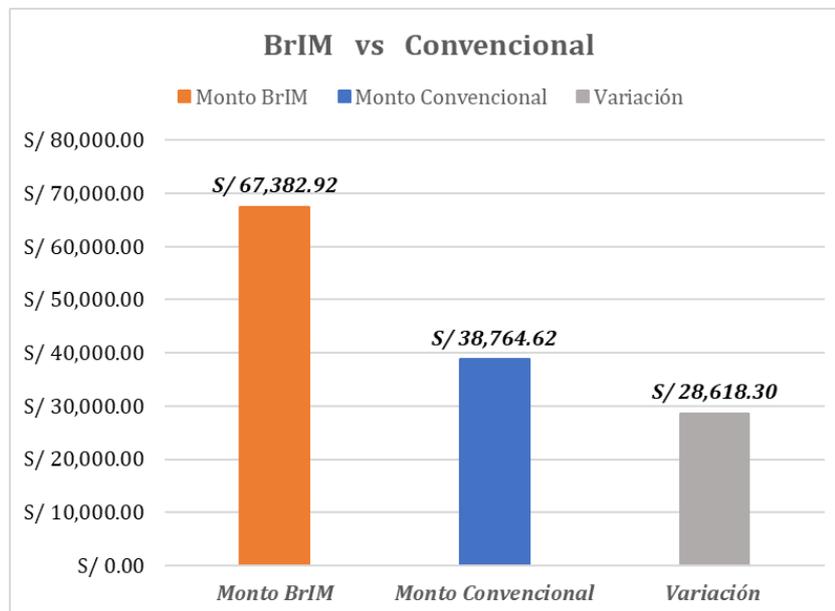
*Variación del costo de elaboración del Expediente Técnico.*

N°	Monto BrIM	Monto Convencional	Variación del monto
Promedio.	S/67,382.92	S/38,764.62	S/28,618.30

En la Figura 142 se muestra un diagrama de barras del costo de elaboración del expediente técnico empleando la metodología BrIM y convencional, y también evidenciando la diferencia en costo entre ambas metodologías.

**Figura 142**

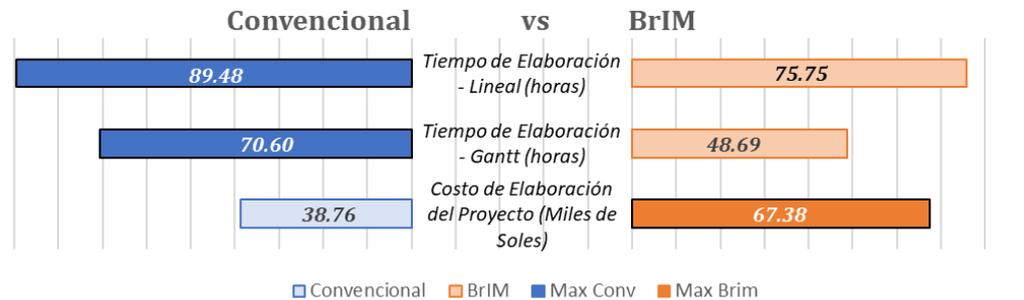
*Diagrama del costo de elaboración del expediente técnico.*



Para sintetizar y consolidar las comparaciones respecto al tiempo de elaboración empleando los flujos convencional y BrIM se elaboró un diagrama tornado como se muestra en la Figura 143, En los diagramas se muestra que el tiempo de elaboración al utilizar la metodología BrIM es menor tanto secuenciado de manera lineal y programado en Gantt, aunque el costo de elaboración del proyecto es mayor con esta metodología.

**Figura 143**

*Diagrama tornado del tiempo y costo de elaboración.*



### 4.2.3 Calidad de elaboración

Considerando que la calidad de los expedientes técnicos para obras públicas según nuestras normas vigentes están directamente relacionadas al cumplimiento del conjunto de documentos de carácter técnico y/o económico que permiten la adecuada construcción de la obra, además de que se asume que los responsables de la revisión verifican adecuadamente su cumplimiento, coherencia y veracidad de la información presentada en cada documento, esto no siempre es así, ya que en concordancia a los indicadores del MEF y otros estudios resaltan que una de las principales causas de las obras paralizadas y/o en situación de solicitud de prestaciones adicionales es la deficiente elaboración de los expedientes técnicos.

Por lo cual en la presente tesis la calidad de los expedientes técnicos estará directamente relacionado a lo enunciado por Paul A. Tilley et al. (1997) como:

“La capacidad de proporcionar al contratista toda la información necesaria para permitir que la construcción se lleve a cabo según sea necesario, de manera eficiente y sin obstáculos.”



Lo cual también tiene concordancia con la siguiente frase que Paul A. Tilley et al. (1997) manifestaba: “En un mundo ideal, el diseño y la documentación proporcionados para los proyectos de construcción serían completos, precisos e inequívocos. Desafortunadamente, esta rara vez es el caso y muy a menudo los contratistas reciben documentación del proyecto incompleta, contradictoria o errónea, lo que requiere revisiones y aclaraciones por parte de los diseñadores. Cuando este sea el caso, es esencial que la información se proporcione al contratista de manera eficiente y sin demora.”

Por lo tanto, para la presente investigación, el precepto de calidad no se enfocó en la existencia o no de los documentos requeridos por las entidades del estado, sino por un enfoque investigativo en la calidad de diseño y documentación directamente relacionada a la adecuada construcción, dejando un poco de lado documentos complementarios y de gestión que también son necesarios para la ejecución satisfactoria del proyecto.

Además, es necesario aclarar que el indicador desarrollado por Paul A. Tilley et al. (1997) que se tendrá en consideración debería ser real, es decir considerar las RFI's durante la ejecución real del proyecto, sin embargo, para esta investigación las RFI's a considerar surgen principalmente de la construcción virtual que permite la metodología BrIM, además que el proyecto de creación del puente Nogalani como proyecto de inversión pública aún no ha pasado a su etapa de construcción.

#### **4.2.3.1 Aspectos relacionados a la calidad a nivel de metodología**

En concordancia con el concepto de calidad del expediente técnico relacionado directamente a la capacidad de los documentos de



proporcionar la información necesaria para permitir que la construcción se lleve a cabo según sea necesario de manera eficiente y sin obstáculos. A continuación, describiremos aspectos relacionados a la calidad a nivel de procesos y entregables que difieren al momento de emplear las metodologías BrIM que hacen referencia a la mejora de la calidad, pues solucionan las deficiencias presentes en la metodología convencional, entre los principales se tiene:

- El uso del Plan de Ejecución BIM – BEP, documento base del desarrollo de un proyecto con metodología BIM, mejora de manera importante la organización y desarrollo del proyecto gracias a que detalla la metodología de trabajo, los procedimientos, las especificaciones técnicas, los roles BIM, las responsabilidades y los entregables necesarios según los requisitos de información establecidos por la entidad designante.
- Un aspecto considerado como una mejora de la calidad de la metodología BrIM a nivel de procesos está relacionada a la gestión de información del proyecto, debido a que gracias al entorno común de datos CDE la información tiende a ser más cooperativa y con accesibilidad oportuna. Aspecto que en la metodología convencional no era posible debido a las herramientas de coordinación que no involucraban tecnología de cooperación más efectivas.
- Debido al CDE, otro aspecto de mejora es la fluidez de coordinaciones para el proyecto, pues al tener la información disponible, oportuna y verificable en un entorno compartido mejora las coordinaciones para el equipo de trabajo y las revisiones para los evaluadores son eficaces.



- La sincronización en línea; que promueve y favorece el trabajo colaborativo evitando las practicas convencionales de trabajos independientes por diseño e inclusive sin conocimiento ni coordinación con otras especialidades, provocando errores y trabajos rehechos.

#### **4.2.3.2 Aspectos relacionados a la calidad de los entregables**

##### **4.2.3.2.1 Respetto a los planos**

Considerando que empleando ambas metodologías se puede obtener planos de características generales similares, es decir respecto a los tamaños, escalas, colores, grosores de línea y similares, sin embargo, de acuerdo a las RFI's encontradas con la construcción virtual acorde a la metodología BrIM y las funcionalidades descritas en los procesos relacionados a la elaboración de planos, se encuentra que la calidad de los planos difiere principalmente en los siguientes aspectos:

- La confiabilidad de la información representada, es decir los planos desarrollados con la metodología BrIM implican diseños compatibilizados y coherentes y en consecuencia son confiables para la construcción.
- Mayor fidelidad con el diseño global, es decir al existir un modelo que tiene capacidad de cambio bidireccional, la información existente y/o modificada en un espacio es la misma en los otros espacios de visualización y representación del modelo, incluyendo los planos finales.
- Representación de información más detallada e ilustrativa, debido a la visualización 3D, esta permite desarrollar planos

más detallados e ilustrativos, permitiendo al constructor asimilar de manera efectiva y eficiente la idea constructiva diseñada por el proyectista.

Por lo tanto considerando que ambas metodologías tienen como entregables planos, se puede decir que a un nivel general no se encuentran las diferencias entre sus productos, esto desde un punto de vista de características propias de los planos como tamaños, escalas, colores y grosores de trazos en los planos, sin embargo, gracias a la visualización 3D de los diseños, el nivel de detalle e ilustración tiene la tendencia a ser mejor, pues esta visualización 3D evidencia las necesidades constructivas y de detalle para la construcción, lo cual es complicado identificar en un diseño 2D.

#### 4.2.3.2.2 Respecto a los metrados

Considerando que se obtuvo los metrados por la metodología BrIM y los metrados realizados por el GORE Puno por la metodología convencional, en la Tabla 40 se realiza la comparación entre los metrados obtenidos mediante la metodología BrIM y su variación respecto a los metrados presentes en el expediente técnico entregado por el equipo del GORE Puno.

**Tabla 40**

*Variación de metrados del expediente del GORE y la metodología BrIM*

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado Expediente Tec.	Metrado Met. BrIM	Variación Metrado	% Variación
03	INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)					
03.01	TRABAJOS PRELIMINARES					



Ítem	Descripción	Unidad	Metrado Expediente Tec.	Metrado Met. BrIM	Variación Metrado	% Variación
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	450.00	450.00	-	0.00%
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	450.00	450.00	-	0.00%
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	605.10	588.74	-16.36	-2.70%
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	436.82	300.60	-	-
					136.22	31.18%
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	210.34	360.18	149.84	71.24%
03.03	<b>SUB ESTRUCTURA</b>					
03.03.01	<b>SOLADO</b>					
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	13.14	11.60	-1.54	-
						11.72%
03.03.02	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>					
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	8,103.96	7,853.48	-	-3.09%
					250.48	
03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	56.80	56.80	-	0.00%
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	100.80	100.80	-	0.00%
03.03.03	<b>PANTALLA</b>					
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	10,742.76	13,940.00	3,197.24	29.76%
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	213.77	235.52	21.75	10.17%
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	251.56	253.52	1.96	0.78%
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	135.98	156.26	20.28	14.91%
03.03.04	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>					
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	755.82	683.12	-72.70	-9.62%
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	10.52	9.40	-1.12	10.65%
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	8.52	7.55	-0.97	-
						11.38%
03.04	<b>SUPERESTRUCTURA</b>					
03.04.01	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>					
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	9,089.64	8,556.86	532.78	-5.86%
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	169.72	173.00	3.28	1.93%
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	47.10	49.23	2.13	4.52%
03.04.02	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>					
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	846.63	771.84	74.79	-8.83%
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	62.96	70.00	7.04	11.18%
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	8.79	9.28	0.49	5.57%
03.04.03	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>					
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	5,154.57	5,369.74	215.17	4.17%
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARAVISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	227.56	234.00	6.44	2.83%
03.04.03.03	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	46.59	46.49	-0.10	-0.21%
04	<b>ACCESOS A PUENTES</b>					
04.01	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>					
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	1,100.00	1,100.00	-	0.00%



Ítem	Descripción	Unidad	Metrado Expediente Tec.	Metrado Met. BrIM	Variación Metrado	% Variación
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,100.00	1,100.00	-	0.00%
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	428.31	487.41	59.10	13.80%
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	1,517.64	1,646.50	128.86	8.49%
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	1,012.00	1,056.00	44.00	4.35%
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	202.40	186.96	-15.44	-7.63%
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	429.31	487.41	58.10	13.53%

- De acuerdo con la Tabla 40 se tiene variaciones importantes de los metrados BrIM obtenidos en relación a los metrados realizados por el equipo del GORE Puno, las cuales se describen a continuación:
- En la partida 03.03.03.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm<sup>2</sup> existe un déficit de 3197.24 kilogramos, que representa 29.76% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales no fueron correctamente metrados.
- En la partida 03.03.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS existe un déficit de 21.75 metros cuadrados, que representa 10.17% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales faltarían para poder cumplir con los trabajos requeridos.
- En la partida 03.03.03.04 CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> (EN SECO) existe un déficit de 20.28 metros cúbicos, que representa 14.91% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales no fueron correctamente metrados.
- En la partida 03.04.01.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm<sup>2</sup>, VIGAS PRINCIPALES existe un



excedente de 532.78 kilogramos, que representa 5.86% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales corresponderían a un deductivo en un contexto de ejecución de obra.

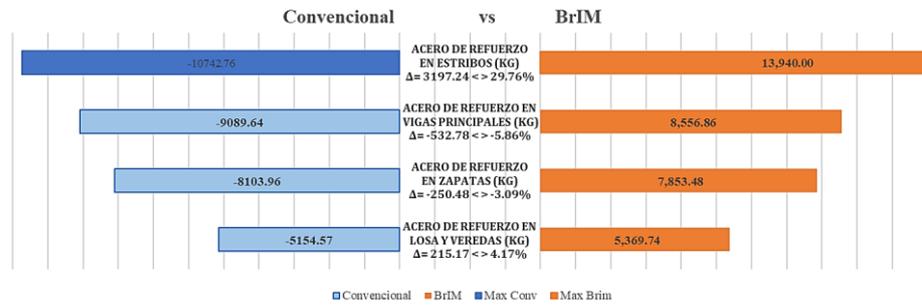
- En la partida 03.04.03.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm<sup>2</sup> para la losa del puente existe un déficit de 215.17 kilogramos, que representa 4.17% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales faltarían en la etapa de construcción del puente.
- En la partida 04.01.03 EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO existe un déficit de 59.10 metros cúbicos, que representa 13.80% del metrado del expediente técnico de GORE Puno.
- En la partida 04.01.04 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES existe un déficit de 128.86 metros cúbicos, que representa 8.49% del metrado del expediente técnico de GORE Puno, los cuales faltarían en la etapa de construcción del puente.
- En la partida 04.01.07 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE existe un déficit de 58.10 metros cúbicos, que representa 13.53% del metrado del expediente técnico de GORE Puno.

Para sintetizar lo descrito se elaboró el siguiente diagrama tornado de los metrados en partidas de acero de refuerzo de los componentes, pues

son las partidas con mayor variación e incidencia en el presupuesto, el cual se muestra en la Figura 144.

**Figura 144**

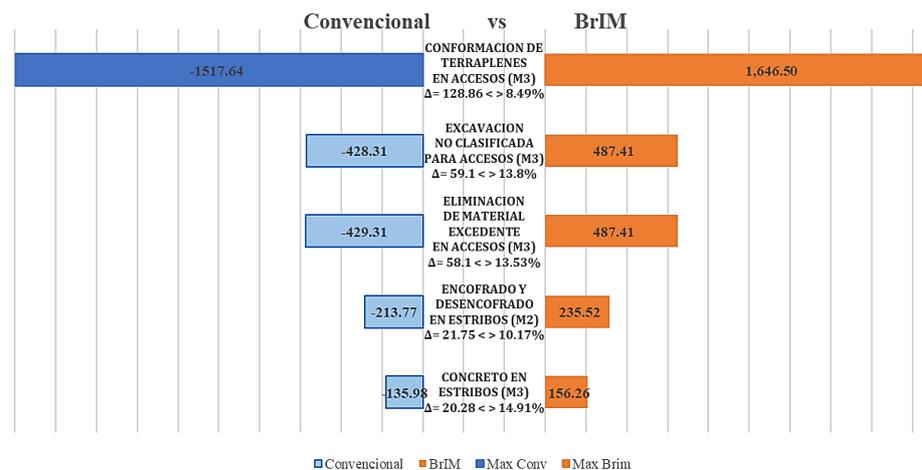
*Diagrama tornado de metrados en partidas de acero de refuerzo*



También se elaboró el diagrama tornado de los metrados en partidas de movimiento de tierras, volumen de concreto y encofrado con mayor variación e incidencia en el presupuesto, el cual se muestra en la Figura 145.

**Figura 145**

*Diagrama tornado de metrados en partidas de movimiento de tierras.*



#### 4.2.3.2.3 Respecto a los presupuestos

Como se evidenció en el anterior ítem los metrados realizados con la metodología BrIM tienen variaciones respecto a los metrados del expediente técnico elaborado por el equipo del GORE Puno, por lo tanto, la siguiente Tabla 41 presentamos una comparación y variación porcentual del presupuesto BrIM a nivel de costo directo respecto al presupuesto existente en expediente técnico del GORE Puno.

**Tabla 41**

*Variación a nivel de costo directo BrIM vs Convencional GORE.*

Ítem	Descripción	Un d	Presupuest o expediente técnico	Presupue sto met. BrIM	Variación del presupue sto exp tec vs BrIM	% Variació n presupue sto
<b>03</b>	<b>INFRAESTRUCTURA PUENTE NOGALANI (L=25.00M)</b>					
<b>03.01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
03.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	225.00	225.00	-	0.00%
03.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	1,453.50	1,453.50	-	0.00%
<b>03.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
03.02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN MATERIAL COMÚN EN SECO	M3	3,376.46	3,285.17	-91.29	-2.70%
03.02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	M3	26,143.68	17,990.91	-8,152.77	-31.18%
03.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	3,468.51	5,946.57	2,478.06	71.44%
<b>03.03</b>	<b>SUB ESTRUCTURA</b>					
<b>03.03.01</b>	<b>SOLADO</b>					
03.03.01.01	CONCRETO F'C=100 kg/ cm <sup>2</sup> PARA SOLADO	M2	488.94	431.64	-57.30	-11.72%
<b>03.03.02</b>	<b>FUNDACIÓN (ZAPATA)</b>					
03.03.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	84,038.07	81,440.59	-2,597.48	-3.09%
03.03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	M2	3,695.98	3,695.98	-	0.00%
03.03.02.03	CONCRETO CICLÓPEO 210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	45,888.19	45,887.18	-1.01	0.00%



Ítem	Descripción	Unid	Presupuesto expediente técnico	Presupuesto met. BrIM	Variación del presupuesto exp tec vs BrIM	% Variación presupuesto
<b>03.03.03</b>	<b>PANTALLA</b>					
03.03.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	111,402.42	144,557.80	33,155.38	29.76%
03.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	M2	13,061.35	14,390.27	1,328.92	10.17%
03.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS CARAVISTA	M2	18,859.45	19,006.39	146.94	0.78%
03.03.03.04	CONCRETO EN ESTRIBOS F'C=210 kg/cm <sup>2</sup> (EN SECO)	M3	61,903.54	71,134.24	9,230.70	14.91%
<b>03.03.04</b>	<b>LOSA DE APROXIMACIÓN</b>					
03.03.04.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	7,920.99	7,159.10	-761.89	-9.62%
03.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	M2	788.68	704.72	-83.96	-10.65%
03.03.04.03	CONCRETO EN LOSA DE APROXIMACIÓN f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> (en seco)	M3	4,215.44	3,735.51	-479.93	-11.39%
<b>03.04</b>	<b>SUPERESTRUCTURA</b>					
<b>03.04.01</b>	<b>VIGAS PRINCIPALES</b>					
03.04.01.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	KG	94,259.57	88,734.64	-5,524.93	-5.86%
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VIGAS PRINCIPALES	M2	12,224.93	12,461.19	236.26	1.93%
03.04.01.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , VIGAS PRINCIPALES	M3	23,303.67	24,357.53	1,053.86	4.52%
<b>03.04.02</b>	<b>VIGAS DIAFRAGMA</b>					
03.04.02.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	KG	8,779.55	8,003.98	-775.57	-8.83%
03.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, DIAFRAGMA	M2	4,535.01	5,042.10	507.09	11.18%
03.04.02.03	CONCRETO F'C=280 kg/cm <sup>2</sup> , DIAFRAGMA	M3	4,349.03	4,591.47	242.44	5.57%
<b>03.04.03</b>	<b>LOSAS VEREDAS Y PARAPETOS</b>					
03.04.03.01	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	53,452.89	55,684.20	2,231.31	4.17%
03.04.03.02	ENCOFRADOS Y DESENCOFRADO CARAVISTA DE LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M2	15,858.66	16,307.46	448.80	2.83%
03.04.03.03	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS, VEREDAS Y PARAPETO	M3	22,033.81	21,986.98	-46.83	-0.21%
<b>04</b>	<b>ACCESOS A PUENTES</b>					
<b>04.01</b>	<b>ACCESO A NIVEL DE AFIRMADO</b>					
04.01.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (VEGETACIÓN)	M2	550.00	550.00	-	0.00%
04.01.02	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN	M2	3,553.00	3,553.00	-	0.00%



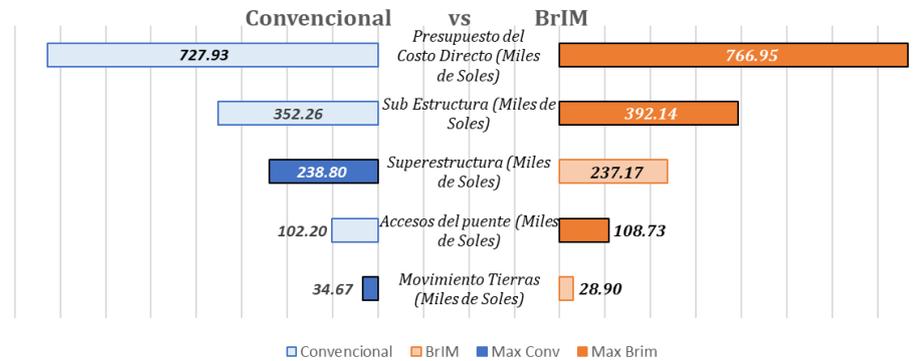
Ítem	Descripción	Unid	Presupuesto expediente técnico	Presupuesto met. BrIM	Variación del presupuesto exp tec vs BrIM	% Variación presupuesto
04.01.03	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ACCESO	M3	3,769.13	4,289.21	520.08	13.80%
04.01.04	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	67,064.51	72,758.84	5,694.33	8.49%
04.01.05	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	M2	7,225.68	7,560.96	335.28	4.64%
04.01.06	AFIRMADOS E=0.20M	M3	12,961.70	11,972.92	-988.78	-7.63%
04.01.07	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	7,079.32	8,047.14	967.82	13.67%
<b>TOTAL, PRESUPUESTO COSTO DIRECTO</b>			<b>727,930.66</b>	<b>766,946.19</b>	<b>39,015.53</b>	<b>5.36%</b>

Como se puede observar los efectos de los metrados BrIM multiplicados por los precios unitarios reflejan resultados similares a los encontrados en los metrados, resaltando significativamente la partida 03.03.03.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm<sup>2</sup> con un déficit presupuestal de 33,155.38 soles equivalente al 29.76% de lo presupuestado en el expediente técnico para esta partida. Por otro lado, en la partida 03.04.01.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4,200 kg/cm<sup>2</sup>, VIGAS PRINCIPALES se tiene un excedente presupuestado de 5,524.93 soles que representa el 5.86% de lo presupuestado según el expediente técnico del GORE Puno para esta partida.

Por último, en el acumulado de déficit y/o excedentes de todas las partidas presupuestadas consideradas se tiene un total de 39,015.53 soles en déficit, que representa el 5.36% del presupuesto costo directo de la construcción del puente Nogalani, lo cual en la etapa de construcción de obra implicaría solicitar un adicional de obra.

**Figura 146**

*Diagrama tornado del presupuesto de obra por las dos metodologías.*



En la Figura 146 se muestra el diagrama tornado donde se comparan los presupuestos del costo directo, Subestructura, Superestructura, Accesos del Puente y Movimiento de Tierras entre las dos metodologías: Convencional y BrIM.

Como se pudo ver en los resultados de las estimaciones realizadas en cuanto a metrados y presupuesto del proyecto mediante ambas metodologías, la calidad de estas estimaciones no está relacionada a que las cantidades sean mayores o menores en relación a los entregables obtenido por el equipo del Gobierno Regional de Puno, sino más bien al grado de precisión y fidelidad con lo diseñado, es decir cuál de las estimaciones está en concordancia con el proyecto diseñado y define mejor el alcance del proyecto.

#### **4.2.3.2.4 Respecto a la planificación y programación de obra**

Estos resultados fueron obtenidos a través de la programación realizada por el equipo técnico del GORE y al aplicarlo tanto la

metodología convencional como la metodología BrIM donde los resultados se muestran en Tabla 42.

**Tabla 42**

*Resultados de programación de obra.*

<b>Descripción</b>	<b>Días laborables</b>	<b>Días calendario</b>	<b>Inicio de obra</b>	<b>Fin de obra</b>
Expediente técnico GORE.	103 días	120 días	01/12/22	30/03/23
Expediente técnico por Metodología BrIM.	68 días	79 días	01/12/22	17/02/23

Sobre la programación de la obra realizada mediante la metodología convencional, esta se basó en conocimientos básicos del proceso de construcción y una visualización limitada del proyecto. Como resultado, se obtuvieron 103 días calendario, en comparación con los 120 días calendario establecidos en el expediente del GORE. Esto se debió a consideraciones equivocadas, tal es el caso de la losa de aproximación considerada en la ruta crítica, lo cual no era necesario. Además, la partida de neopreno no se incluyó en la ruta crítica, aunque debería haber estado presente. En el ítem de la viga principal, viga diafragma y losa del puente, se planteó comenzar con el acero, cuando, de acuerdo al proceso constructivo, debería haber iniciado con la partida del encofrado. Debido a estos errores, se logró una reducción en los días de ejecución del proyecto.

De acuerdo con la programación Gantt elaborada mediante la metodología BrIM y utilizando la simulación 4D de la construcción del proyecto, permitió una buena visualización y un buen reconocimiento de



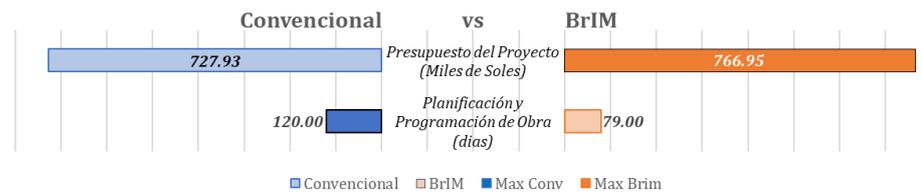
los procesos constructivos, por lo que el proyecto se planificó para 79 días calendario para la finalización del mismo. Esta duración se comparó con el expediente técnico del GORE, que había programado el proyecto para 120 días calendario. La reducción en el tiempo se debió a varias observaciones: la losa de aproximación fue considerada innecesariamente en la ruta crítica; los ítems de la viga principal, viga diafragma y losa del puente deberían comenzar con la partida del encofrado de acuerdo al proceso constructivo, en lugar de iniciar con la partida del acero como se había planteado originalmente; el vaciado de concreto de la viga principal y la viga diafragma deberían realizarse simultáneamente según el proceso constructivo; y la partida de neopreno no estaba incluida en la ruta crítica, cuando sí debería estarlo. Todas estas observaciones se identificaron al comparar la planificación tradicional con la planificación 4D, la cual nos ayudó a realizar un análisis completo y seguir de forma lineal el proceso constructivo identificando y desglosando mejor las actividades pertenecientes a la ruta crítica para que nos resulte los días de ejecución real del proyecto.

Para resumir las comparaciones respecto al efecto de emplear los flujos convencional y BrIM en la calidad de los entregables; En este caso en el presupuesto y programación de obra se elaboró un diagrama tornado como se muestra en la Figura 147, En el diagrama se destaca que el tiempo de ejecución estimado, es decir la programación de la obra es menor con la metodología BrIM, y en el caso del presupuesto es mayor, debido a una mejor delimitación del alcance, es decir un metrado adecuado de lo proyectado. Siendo necesario aclarar que la calidad no está relacionada a

obtener mayores o menores cantidades respecto a estos datos importantes para la ejecución de obra, sino en la adecuada delimitación del alcance, la precisión y fidelidad con el proyecto elaborado.

**Figura 147**

*Diagrama tornado de los entregables al emplear los flujos de trabajo.*



#### 4.2.4 Comparación de los principales aspectos

A continuación, se describen los principales aspectos que se compararán por la metodología BrIM y Conventional, los cuales se muestran en la Tabla 43

**Tabla 43**

*Principales aspectos comparativos.*

Principales aspectos	BrIM	Conventional
Gestión de información	Debido al uso del Entorno Común de dato CDE y el Plan BIM de Ejecución BEP la gestión de la información es eficiente, pues está disponible para los involucrados de acuerdo a sus credenciales y restricciones, lo cual reduce el tiempo y costo de producción de información coordinada.	No cuenta con ningún centro de acopio, organización y gestión de información. Cada involucrado maneja la información de manera personal en sus carpetas.
Recursos informáticos	los softwar's son más especializados, potentes y vigentes. Debido a las características de los softwares de ingeniería, el hardware requerido tiene que ser de gama alta para poder satisfacer las exigencias de los programas.	Los softwar's son más genéricos, y con características convencionales y potencia intermedia. El hardware de gama media de ingeniería logra satisfacer las exigencias de los programas sin mayores complicaciones.
Programas	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Infraworks.</li> <li>*Revit.</li> <li>*Civil 3D.</li> <li>*CSI Bridge.</li> <li>*Presto.</li> <li>*Naviswork.</li> <li>*Ms Project</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*AutoCAD.</li> <li>*Civil 3D.</li> <li>*MS Excel.</li> <li>*Powercost.</li> <li>*Ms Project.</li> </ul>

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Recursos humanos	*AutoCAD. *MS Excel. El perfil profesional además de estar preparado para el cargo o especialidad de ingeniería que asume, debe estar capacitado en el uso de softwares y metodología BIM.	El perfil profesional debe estar preparado para el cargo o especialidad de ingeniería que asume y el uso de softwares convencionales.
Accesibilidad	el CDE gracias al internet hace accesible y posible la sincronización a tiempo real de la información a pesar de las distintas ubicaciones espaciales de los involucrados	Es muy limitada, a pesar que es posible compartir información a través de internet mediante el uso de algunas aplicaciones, no se cuenta con un sistema adecuado y formal para el acceso a información importante.
Formalidad	Debido a la disposición de uso del Plan de Ejecución BIM BEP, la organización y gestión de todos los aspectos como los objetivos, los responsables, las estrategias y demás aspectos relacionados a la elaboración de un proyecto son más claros y formales.	Existen documentos de uso parcial como los planes de trabajo que buscan organizar y gestionar la elaboración de un proyecto, sin embargo, son muy genéricos.
Trabajo colaborativo	El uso del CDE y las funciones de los software's BIM facilitan el trabajo colaborativo entre los profesionales de la parte designada, pudiéndose realizar diseños sectorizados y compatibilizaciones entre distintas especialidades.	Es muy limitado por lo cual se requiere un esfuerzo mucho mayor para poder realizar un trabajo colaborativo, pues no existe una herramienta que facilite el trabajo colaborativo.
Trabajo cooperativo	El uso del CDE y la asignación correcta de credenciales, permisos y derechos de accesos de acuerdo a las partes que designan o designadas favorece el trabajo cooperativo para realizar las revisiones, coordinaciones de cambios y controles requeridos, además de aportar transparencia y eficiencia durante el desarrollo del proyecto.	Es casi nulo, limitándose solo al control al final de la elaboración, lo cual muchas veces implica realizar cambios y retrabajos.

#### 4.2.4.1 Comparación de los aspectos principales de la Fase I

En la Tabla 44 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase I: Interpretación y/o procesamiento de información de los estudios básicos de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 44**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase I.*

<b>Principales aspectos</b>	<b>BrIM</b>	<b>Convencional</b>
Interpretación y/o procesamiento de estudios básicos	Se realiza el modelado de cada estudio básico, los cuales se integran en un único modelo integrado que es revisado por todas las especialidades involucradas.	Se realiza la interpretación de los estudios básicos los cuales son dibujados en planos los cuales al final son emplazados en una vista 2D de planta y perfil.
Manejo de información	La integración de los estudios básicos en un modelo BrIM facilita el acceso a la información precisa y sin pérdida de tiempo.	La información se encuentra dispersa en diferentes documentos y planos, lo que puede dificultar el acceso a datos precisos y requerir más tiempo para su utilización.
Trabajo colaborativo	Todas las especialidades trabajan de manera colaborativa en un modelo colaborativo, en el cual se modelan todos los estudios básicos, lo que facilita la coordinación y reduce los conflictos.	No se puede trabajar de manera colaborativa, lo que requiere reuniones frecuentes para resolver conflictos y coordinar entre disciplinas.
Visualización	Se visualiza el modelo integrado de todos los estudios básicos en una vista 3D.	Se visualiza las especialidades en planta y perfil solo en una vista 2D.
Programas	Revit Civil 3D Infraworks	AutoCAD Civil 3D

#### **4.2.4.2 Comparación de los aspectos principales de la Fase II**

En la Tabla 45 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase II: Diseño conceptual de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 45**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase II.*

<b>Principales aspectos</b>	<b>BrIM</b>	<b>Convencional</b>
Características principales de procesamiento	Diseño conceptual con visualización 3D de entorno y emplazamiento virtual de modelos predefinidos.	Diseño conceptual en planta y perfil 2D, con representación 2D de los estudios básicos.

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Programas	Infraworks Revit MS Excel	AutoCAD Civil 3D MS Excel
Pre-dimensionamiento y representación	Debido a las funciones del software Infraworks se puede visualizar modelos pre-definidos y ajustarlo con el modelado preliminar en Revit que obedece al predimensionamiento en MS Excel.	El predimensionamiento en MS Excel y su posterior dibujo en 2D en planta y perfil en AutoCAD es limitado y toma más tiempo.
Compatibilización	Detección de incompatibilidades entre espacialidades en una etapa temprana, desde un emplazamiento de un modelo integrado 3D.	Poca y/o limitada compatibilización debido al emplazamiento en planta y perfil de las especialidades en 2D.
Trabajo colaborativo	La visualización 3D y el CDE facilitan una mejor comprensión y coordinación de los trabajos de las especialidades unas con otras.	La limitada visualización e integración de trabajos 2D aislados entorpece el trabajo colaborativo.

#### 4.2.4.3 Comparación de los aspectos principales de la Fase III

En la Tabla 46 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase III: Diseño de ingeniería de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 46**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase III.*

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Características principales de procesamiento	Diseño de ingeniería con programa especializado para puentes, lo cual incluye funcionalidades eficientes y una alimentación de datos eficaz.	Diseño de ingeniería con una plantilla desarrollada en MS Excel, la cual requiere alimentación de datos y verificación constante en diversas partes de la plantilla.
Programas	CSI Bridge MS Excel AutoCAD	MS Excel AutoCAD
Método de análisis	Método de Elementos finitos	Métodos clásicos (programados en plantillas MS Excel)

Principales aspectos	BrIM	Convencional
visualización de diseño	Se puede visualizar las dimensiones y características de los elementos, así también las cargas y las resultantes durante y al final del proceso de diseño.	Requiere un apoyo de AutoCAD para visualizar las dimensiones a diseñar, sin embargo, las cargas y resultantes no se pueden visualizar a menos que se represente con apoyo de un dibujo CAD o referencial.

#### 4.2.4.4 Comparación de los aspectos principales de la Fase IV

En la Tabla 47 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase IV: Representación de información de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 47**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase IV.*

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Características principales de procesamiento	La representación de la información se realiza mediante el modelado de los accesos y del puente del proyecto.	La representación de la información se realiza mediante el dibujo CAD de los accesos y del puente del proyecto.
Colaboración entre especialidades del proyecto	Todas las especialidades involucradas en el proyecto trabajan de manera colaborativa.	No se puede trabajar colaborativamente.
Visualización e integración del proyecto	Visualización e integración 3D de todas las especialidades del proyecto en un modelo integrado.	Visualización 2D de las especialidades en planta y perfil del proyecto.
Compatibilización final del proyecto	Detección final de conflictos e interferencias entre especialidades a partir de un modelo 3D integrado.	Es difícil detectar interferencias e incompatibilidades debido a la falta de información y automatización.
Calidad de la elaboración del proyecto	La detección de RFI's (Requerimientos de Información) en la etapa de proyecto es esencial para aclarar información del proyecto y tomar decisiones.	No se puede detectar los RFI's a la limitada representación de información.
Asociación bidireccional (Correcciones)	Todas las vistas y planos se modifican automáticamente.	Los cambios se realizan manualmente en cada dibujo.
Programas	Infraworks Revit Civil 3D	AutoCAD Civil 3D

#### 4.2.4.5 Comparación de los aspectos principales de la Fase V

En la Tabla 48 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase V: Elaboración de entregables - Planos de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 48**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V.*

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Características principales de procesamiento	El proceso de elaboración de planos mediante la metodología BrIM utiliza modelos 3D integrados que contienen datos detallados sobre todos los aspectos del proyecto.	La realización de planos mediante la metodología convencional se basa en el dibujo de planos 2D a través de procesos secuenciales y manuales.
Visualización	Estos planos contienen visualizaciones en 3D, donde se pueden ver los detalles de cada elemento modelado.	Estos planos contienen únicamente detalles representados mediante secciones, elevaciones y vistas en 2D.
Trabajo colaborativo	Todas las especialidades trabajan de manera colaborativa en un modelo central, lo que facilita la coordinación y reduce los conflictos.	No se puede trabajar de manera colaborativa, lo que requiere reuniones frecuentes para resolver conflictos y coordinar entre disciplinas.
Comprensión y/o interpretación	Los modelos 3D detallados permiten una mejor comprensión, por ser intuitiva basada en la visualización del proyecto.	Para comprender los planos se requiere una interpretación detallada que permita entender la relación entre los diferentes elementos del proyecto.
Manejo de información	La integración de datos en el modelo BrIM facilita el acceso a la información de los diferentes planos y detalles de manera más precisa y sin pérdida de tiempo.	La información se encuentra dispersa en diferentes planos y detalles, lo que puede dificultar el acceso a datos precisos y requerir más tiempo para su utilización.
Asociación bidireccional	Todas las vistas y planos se actualizan automáticamente según las modificaciones en los elementos del modelo, lo que reduce errores y omisiones.	Existe un mayor riesgo de errores y omisiones debido a la falta de integración automática de cambios entre planos, ya que las modificaciones se realizan manualmente.
Programas	Revit Civil 3D	AutoCAD Civil 3D

En la Tabla 49 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase V: Elaboración de entregables - Metrados y presupuestos de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 49**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V.*

<b>Principales aspectos</b>	<b>BrIM</b>	<b>Convencional</b>
Características principales de procesamiento	Los metrados se obtienen directamente del modelo 3D final a través de tablas de cuantificación y se vinculan al programa de presupuestos Presto con el plugin de nombre Cost it.	Los metrados se realizan a través de cálculos en plantillas de MS Excel de manera aislada, los cuales se copian al programa de presupuestos en este caso Powercost.
Precisión en la Cuantificación	Se obtienen desde un modelo 3D con dimensiones y formas proyectadas, tiene mayor precisión y fidelidad a lo proyectado.	Se extraen datos de los dibujos 2D para proseguir con los cálculos en las plantillas de MS Excel, por lo que tiende a cometerse errores en la extracción de datos, las fórmulas y consideraciones de cálculo por redondeo y aproximaciones.
Vinculación y/o trazabilidad entre la medición y el elemento medrado	Es posible gracias a la función del programa Presto y su plugin "Cost it" que permite vincular de manera directa el objeto paramétrico modelado con la hoja de metrados del presupuesto.	No es posible vincular el elemento dibujado directamente con los metrados y menos extraer los datos.
Respuesta a modificaciones de diseño, representación y/o modelado.	Al Tener tablas y datos de metrados vinculados directamente al modelo, los cambios en la cuantificación se actualizan de manera eficiente y práctica.	Cada cambio en el dibujo 2D implica actualizar uno a uno los datos relacionados y/o modificados en la plantilla de metrados correspondiente.
Precisión y fidelidades del presupuesto	En consecuencia, de obtener metrados con mayor fidelidad a lo proyectado, el presupuesto tiene mayor precisión, es decir hay mayor correspondencia del costo con lo que se proyecta construir.	En consecuencia, de la mayor probabilidad de cometer errores en el medrado con plantillas MS Excel el presupuesto es menos consecuente con lo que se proyecta construir.

Principales aspectos	BrIM	Convencional
confiabilidad para construir	En consecuencia, de cantidades de metrados y presupuestos con mayor precisión y fidelidad a lo proyectado, existe mayor confianza en los datos en el momento de construir.	En consecuencia, de cantidades de metrados y presupuestos con poca precisión y/o equívocos a lo proyectado, existe menor confianza en los datos en el momento de construir. teniendo que realizarse re-cálculos.
Programas	Revit Civil 3D MS Excel Presto	AutoCAD Civil 3D MS Excel Powercost

En la Tabla 50 se comparan los principales aspectos de los procesos que conforman la Fase V: Elaboración de entregables - Planificación y programación de cada metodología, describiendo las características de cada una de ellas.

**Tabla 50**

*Comparación de metodologías en los aspectos principales de la Fase V.*

Principales aspectos	BrIM	Convencional
Características principales de procesamiento	La metodología BrIM permite la planificación y programación de la obra mediante la integración de un modelo 3D dinámico que abarca todos los aspectos detallados del proyecto, facilitando una visión más precisa y coordinada.	La planificación y programación de la obra mediante la metodología convencional se realiza con la ayuda de documentos y planos en 2D.
Visualización de información	El modelo integrado BrIM permite una representación visual en 3D y detalles del proyecto el cual incluye todos los aspectos de la construcción.	El dibujo CAD del proyecto solo permite una visualización en 2D.
Simulación	La planificación 4D permite la simulación de la ejecución del proyecto donde se visualizará según el proceso constructivo. Esto nos ayuda a planificar y programar actividades de manera más realista.	El dibujo CAD no proporciona la información necesaria para una programación y planificación realista de la obra.



Principales aspectos	BrIM	Convencional
Identificación de Conflictos en la planificación	La planificación 4D permite identificar y resolver conflictos de la programación en la etapa de elaboración del proyecto, como la superposición de tareas o la secuencia incorrecta de actividades.	No es posible identificar conflictos en la etapa de elaboración del proyecto porque solo se cuenta con un dibujo CAD.
Optimización de Recursos	La planificación 4D en la etapa de elaboración del proyecto nos ayuda a asignar recursos de manera eficiente y a coordinar las actividades de construcción, minimizando el tiempo de inactividad y los retrasos del proyecto.	No es posible realizar la optimización de recursos en la etapa de elaboración del proyecto porque solo se cuenta con un dibujo CAD.
Programas	Revit Infraworks Navisworks Civil 3D MS Project	AutoCAD Civil 3D MS Excel MS Project

### 4.3 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para formular las conclusiones, es necesario verificar el nivel de cumplimiento de los objetivos, validar los datos y realizar las correspondientes pruebas de hipótesis que las respalden.

#### 4.3.1 Cumplimiento de objetivos

Se llevará a cabo la verificación del cumplimiento de los objetivos, evaluando el nivel de logro alcanzado en cada uno. Para ello se analizarán los datos obtenidos y los resultados.

##### 4.3.1.1 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son metas claras y detalladas que deben lograrse para cumplir con el objetivo general del estudio.

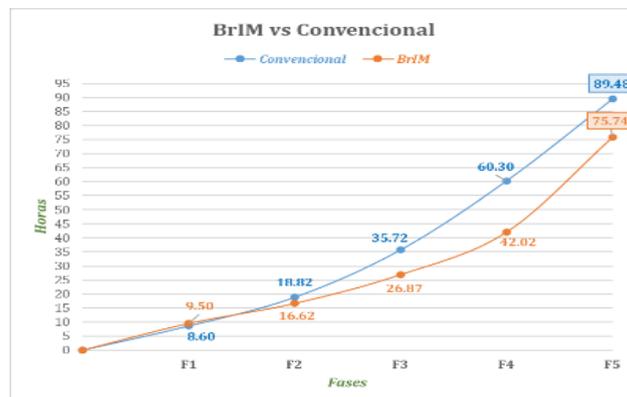
O<sub>E-1</sub>: Controlar y comparar los tiempos de elaboración del expediente técnico del proyecto puente Carrozable Nogalani, mediante la metodología BrIM y la metodología convencional.

Se verificó el cumplimiento del objetivo específico O<sub>E-1</sub> de acuerdo a la Tabla 51.

**Tabla 51**

*Consideraciones para cumplir el objetivo OE-1.*

N°	Etapas	Descripción y detalle
1	Control de tiempos empleando metodología BrIM	Se realizó el control de tiempos de elaboración de expediente técnico del proyecto Puento Nogalani empleando el flujo de trabajo BrIM según el Anexo 7, cuyo resumen se encuentra en la tabla 23.
2	Control de tiempos empleando metodología convencional	Se realizó el control de tiempos de elaboración de expediente técnico del proyecto Puento Nogalani empleando el flujo de trabajo convencional según el Anexo 9, cuyo resumen se encuentra en la tabla 24.
3	Comparación de tiempos empleando metodología BrIM vs convencional	Se comparó los tiempos de elaboración de expediente técnico del proyecto Puento Nogalani empleando el flujo de trabajo BrIM vs convencional en la tabla 36, a la vez se detalló por fases, lo cual se muestra en la tabla 37 y 38. Y se representa el acumulado en la figura 141 (Ver ítem 4.2.1.)



O<sub>E-2</sub>: Cotizar y comparar los costos de elaboración del expediente técnico del proyecto puente Carrozable

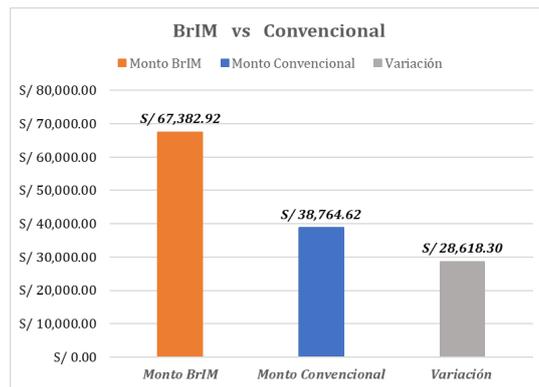
Nogalani, mediante la metodología BrIM y la metodología convencional.

Se verificó el cumplimiento del objetivo específico OE-2 de acuerdo a la Tabla 52.

**Tabla 52**

*Consideraciones para cumplir el objetivo OE-2.*

N°	Etapas	Descripción y detalle
1	Cotización de elaboración empleando metodología BrIM	Se realizó la cotización de la elaboración de expediente técnico del proyecto Puente Nogalani empleando la metodología de trabajo BrIM en base a los términos de referencia del Anexo 8, las cotizaciones obtenidas se encuentran en el Anexo 13 y los montos cotizados se resumen en la tabla 25.
2	Cotización de elaboración empleando metodología convencional	Se realizó la cotización de la elaboración de expediente técnico del proyecto Puente Nogalani realizado de manera convencional en base a los términos de referencia del Anexo 10, las cotizaciones obtenidas se encuentran en el Anexo 14 y los montos cotizados se resumen en la tabla 26.
3	Comparación de costos de elaboración empleando metodología BrIM vs convencional	Se comparó los costos de elaboración de expediente técnico del proyecto Puente Nogalani empleando el flujo de trabajo BrIM vs convencional los cuales se resumen en la tabla 39 y representan en la figura 142. (Ver ítem 4.2.2.)



---

O<sub>E-3</sub>: Evaluar la calidad de los entregables del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, elaborado con la metodología BrIM, en comparación con la metodología convencional.

---

Se verificó el cumplimiento del objetivo específico O<sub>E-3</sub> de acuerdo a la Tabla 53.

### Tabla 53

*Consideraciones para cumplir el objetivo OE-3.*

N°	Entregable	Descripción y detalle
1	Obtención del Índice de desempeño del diseño y documentación	Se obtuvo el Índice de desempeño del diseño y documentación desarrollado por Paul A. Tilley et al (1997) del expediente técnico elaborado por el GORE Puno (Ver ítem 4.1.3.2.)
2	Elaboración de los entregables empleando la metodología BrIM	Se elaboró los entregables: planos, metrados, presupuesto y programación de obra empleando la metodología BrIM. (Ver ítem 4.1.3.3.)
3	Obtención de los entregables empleando la metodología BrIM	Se obtuvo los entregables: planos, metrados, presupuesto y programación de obra empleando la metodología convencional. (Ver ítem 4.1.3.4.)
4	Comparación cualitativa de la calidad de los planos	Se comparó describiendo cualitativamente los planos elaborados con la metodología BrIM respecto a los planos obtenidos con la metodología convencional. (Ver ítem 4.2.3.2.1)
5	Comparación de los metrados BrIM vs convencional	Se comparó los metrados realizados con la metodología BrIM respecto a los obtenidos de manera convencional en la tabla 40 obteniendo las variaciones e identificando los errores. (Ver ítem 4.2.3.2.2)
6	Comparación del presupuesto	Se comparó el presupuesto obtenido con la metodología BrIM respecto al obtenido de manera convencional en la

N°	Entregable	Descripción y detalle
7	BrIM vs convencional Comparación de la programación de BrIM vs convencional	tabla 41 identificando las variaciones y evidenciando su incidencia. (Ver ítem 4.2.3.2.3) Se comparó la programación de obra realizado con la metodología BrIM vs convencional de acuerdo a la tabla 42, encontrándose y describiéndose los errores encontrados. (Ver ítem 4.2.3.2.4)

#### 4.3.1.2 Objetivo general

O<sub>G</sub>: Evaluar la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) como un nuevo flujo de trabajo para la elaboración del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandia, Puno – 2023, en comparación con la metodología convencional.

Se verificó el cumplimiento del objetivo general O<sub>G</sub> de acuerdo a la Tabla 54.

#### Tabla 54

*Consideraciones para cumplir el objetivo OG*

N°	Aspecto	Diagrama ilustrativo
Evaluar la metodología BrIM en comparación con la metodología convencional	Tiempo de elaboración Costo de elaboración	Se logró evaluar comparativamente el tiempo de elaboración del expediente técnico empleando la metodología BrIM respecto a la metodología convencional, congruente con el cumplimiento del OE-1 acorde a la tabla 51. Se logró evaluar comparativamente el costo de elaboración del expediente técnico empleando la metodología BrIM respecto a la metodología convencional, congruente con el cumplimiento del OE-2 acorde a la tabla 52.



N°	Aspecto	Diagrama ilustrativo
	Calidad de entregables del expediente técnico	Se logró evaluar comparativamente la calidad de los entregables del expediente técnico elaborado con la metodología BrIM respecto a la metodología convencional, congruente con el cumplimiento del OE-3 acorde a la tabla 53.
	Calidad de metodología, flujo y procesos	Se logró describir cualitativamente varios aspectos de la metodología, flujo y procesos en comparación con la metodología convencional mediante tablas comparativas descriptivas detalladas en las tablas 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50.

### 4.3.2 Prueba de hipótesis

#### 4.3.2.1 Hipótesis específicas

También conocidas como hipótesis operacionales, para la prueba de cada una de las hipótesis específicas se ha elaborado una tabla para su comprobación de la siguiente manera:

H<sub>E-1</sub> La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 54, se demuestra que la implementación de la metodología BrIM reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

**Tabla 55**

*Comprobación de hipótesis HE-1 (tiempo de elaboración).*

H <sub>0</sub>	La implementación de la metodología BrIM no reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.	
H <sub>1</sub>	La implementación de la metodología BrIM reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.	
	Tiempo de elaboración	Programado en Gantt
	Secuenciado de manera lineal	
Empleando la metodología BrIM	75.75 horas	48.69 horas
Empleando la metodología convencional	89.48 horas	70.60 horas
Reducción de horas de trabajo	13.73 horas 15%	21.91 horas 31%
	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
Decisión	*El tiempo de elaboración empleando la metodología BrIM si reduce el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani, tanto si es secuenciado de manera lineal y programado en Gantt. Esto en comparación con la metodología convencional.	

Acorde a la tabla 55, el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani, empleando el flujo de trabajo con metodología BrIM, considerando un tiempo total secuenciado de manera lineal es de 75.75 horas de trabajo y considerando un tiempo total programado en el diagrama Gantt es de 48.69 horas de trabajo siendo unos 9.47 y 6.09 días laborales respectivamente.

Además, en la tabla 55 se muestra que el tiempo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani, empleando el flujo de trabajo con metodología convencional, considerando un tiempo total secuenciado de manera lineal es de 89.48 horas de trabajo y considerando un tiempo total programado en el diagrama Gantt es de 70.60 horas de trabajo siendo unos 11.18 y 8.83 días laborales respectivamente.

H<sub>E-2</sub> La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

Según los resultados mostrados en la tabla 56, nos muestra que la implementación de la metodología BrIM no reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional. El aumento en costo es efecto principal de la capacitación adicional de los profesionales en softwares y metodología BIM, así también el uso legal de los recursos informáticos, siendo uno de los principales el software del CDE.

**Tabla 56**

*Comprobación de hipótesis HE-2 (costo de elaboración).*

H <sub>0</sub>	La implementación de la metodología BrIM no reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.
H <sub>1</sub>	La implementación de la metodología BrIM reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.
Costo de elaboración	Costo promedio
Empleando la metodología BrIM	67,382.92 soles
Empleando la metodología convencional	38,764.62 soles
Aumento de costo de elaboración (No reduce)	28,618.30 soles 1.74 veces
Decisión	H <sub>0</sub> La implementación de la metodología BrIM no reduce el costo de elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.
H <sub>E-3</sub>	La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) mejora significativamente la calidad de los entregables del expediente

técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

En concordancia con los resultados mostrados en la tabla 57, se demuestra que la implementación de la metodología BrIM mejora significativamente la calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

**Tabla 57**

*Comprobación de hipótesis HE-3 (calidad de entregables).*

H <sub>0</sub>	La implementación de la metodología BrIM no mejora significativamente la calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.
H <sub>1</sub>	La implementación de la metodología BrIM mejora significativamente la calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

Indicador/ Entregables	BrIM	Convencional	Validación parcial de hipótesis
Índice de desempeño del diseño y documentación (Ver ítem 4.1.3.2)	PI1 tiende a 0.000 (se absolvió las RFI's)	PI1=0.261	H <sub>1</sub>
Calificativo según escala gráfico Paul A. Tilley et al (1997) (Ver figura 134)	Bueno	Muy pobre	H <sub>1</sub>
<b>Entregables</b>	<b>Principal descripción cualitativa</b>		
Planos (Ver ítem 4.2.3.2.1. y el Anexo 15 y 18)	Confiabilidad de los planos debido a diseños compatibilizados y coherentes	Se encontró 7 RFI importantes difíciles de identificar empleando la metodología convencional	H <sub>1</sub>
<b>Entregables</b>	<b>Principal descripción cualitativa</b>		<b>Entregables</b>

Planos (Ver ítem 4.2.3.2.1. y el Anexo 15 y 18)	Fidelidad con el diseño global debido a la capacidad de cambio bidireccional.	Se encontró incongruencias entre los planos CAD.	H <sub>1</sub>
	Representación de información detallada e ilustrativa 3D.	Los planos no tienen detalles ilustrativos 3D.	H <sub>1</sub>
Metrado s	El metrado es congruente al modelado BrIM, es decir define mejor el alcance del proyecto.	Se encontró errores en metrados los cuales se evidenciaron (Ver ítem 4.2.3.2.2.)	H <sub>1</sub>
Presupuestos	Ajustado y directamente correlacionado al metrado BrIM, implica un presupuesto acorde a lo proyectado.	Como efecto de errores en el metrado se tiene un presupuesto no ajustado al alcance real del proyecto (Ver ítem 4.2.3.2.3.)	H <sub>1</sub>
Programación de obra	Con mayor congruencia a la realidad debido a la planificación 4D y construcción virtual con adecuada consideración temporal y espacial.	Se identificó errores en consideraciones constructivas. (Ver ítem 4.2.3.2.4.)	H <sub>1</sub>
Decisión	Debido a los valores del índice de desempeño del diseño y documentación de Paul A. Tilley et al (1997) y la descripción cualitativa de los entregables, la implementación de la metodología BrIM mejora significativamente la calidad de los entregables del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.		

#### 4.3.2.2 Hipótesis general

H<sub>G</sub> La implementación de la metodología Bridge Information Modeling (BrIM) optimiza la elaboración del expediente técnico del proyecto puente carrozable Nogalani, San Juan del Oro, Sandia, Puno – 2023, en comparación con la metodología convencional.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en las hipótesis específicas consolidados en la tabla 58, además de la comparación de la calidad de metodología, flujo y procesos. se demuestra que la

implementación de la metodología BrIM optimiza la elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional. a pesar que el costo de elaboración no se reduce, el excedente representa una inversión justificable, pues al obtener un expediente técnico de mayor calidad se reduce los percances durante la ejecución de obra, evitándose retrasos y sobrecostos, siendo mucho más perjudiciales en la etapa de ejecución que en la de diseño.

**Tabla 58**

*Comprobación de hipótesis HG.*

H <sub>0</sub>	La implementación de la metodología BrIM no optimiza la elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.
H <sub>1</sub>	La implementación de la metodología BrIM optimiza la elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.

Aspectos principales	Detalle	Diagrama ilustrativo / pruebas	validación parcial
Tiempo de elaboración	La metodología BrIM reduce el tiempo de elaboración en comparación con la metodología convencional, esto es congruente con la prueba de hipótesis HE-1.		H <sub>1</sub>
Costo de elaboración	La metodología BrIM no reduce el costo de elaboración en comparación con la metodología convencional, esto es congruente con la prueba de hipótesis HE-2.		H <sub>0</sub>

Aspectos principales	Detalle	Diagrama ilustrativo / pruebas	validación parcial
Calidad de entregables del expediente técnico	<p>La metodología BrIM mejora significativamente la calidad de los entregables en comparación con la metodología convencional, esto es congruente con la prueba de hipótesis HE-3. De acuerdo a las tablas comparativas de principales aspectos de la Calidad de metodología, flujo y procesos, la metodología BrIM es mejor en varios aspectos.</p>		H <sub>1</sub>
Calidad de metodología, flujo y procesos.	<p>Ver tablas comparativas descriptivas detalladas en las tablas 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50.</p>		H <sub>1</sub>
Decisión	<p>*Respecto al tiempo de elaboración y a la calidad de los entregables del expediente técnico del proyecto puente Nogalani se demuestra que la metodología BrIM mejora considerablemente en comparación con la metodología convencional.</p> <p>*Sin embargo a pesar que el costo de elaboración no se reduce, el excedente representa una inversión justificable, pues con un expediente técnico de mejor calidad reduce los percances durante la ejecución de obra, evitándose retrasos y sobrecostos, siendo mucho más perjudiciales en la etapa de ejecución que en la de diseño.</p> <p>*Por lo tanto se concluye que la implementación de la metodología BrIM optimiza la elaboración del expediente técnico del puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.</p>		



## V. CONCLUSIONES

- Se elaboró e implementó un flujo de trabajo con la metodología BrIM cumpliendo las consideraciones de secuencialidad cronológica funcional, disponibilidad de softwares BIM, interoperabilidad y complementariedad entre sus funciones que permite un trabajo sincronizado y cooperativo.
- Se estableció y describió un flujo de trabajo convencional empleado por los profesionales del área de estudios definitivos de Infraestructura del Gobierno Regional de Puno.
- Se determinó que la metodología BrIM reduce en 13.73 horas de trabajo neto, siendo un 15% del tiempo total acumulado de la metodología convencional secuenciado de manera lineal. De manera similar la metodología BrIM redujo en 21.91 horas de trabajo, representando un 31% del tiempo total de la metodología convencional programado en el diagrama Gantt.
- Se concluyó que el costo de elaboración del expediente técnico utilizando la metodología BrIM es 1.74 veces al costo de la metodología convencional. Obedeciendo el costo excedente principalmente a la capacitación adicional de los profesionales en softwares y metodología BIM, así también el uso legal de los recursos informáticos, siendo uno de los principales el software del Entorno Común de Datos CDE.
- Se determinó que la calidad del proceso de diseño y documentación del expediente técnico del puente Nogalani elaborado mediante la metodología convencional por los profesionales del Gobierno Regional de Puno es muy pobre, debido a que el índice de desempeño del diseño y documentación calculado es de 0.296 y



emplazándolo en la Figura 134, desarrollado por Paul A. Tilley et al (1997), se obtuvo ese resultado.

- Se identificó que los principales aspectos de mejora de la calidad a nivel de metodologías y procesos es la implementación del entorno común de datos CDE acompañado del plan de ejecución BIM – BEP, pues estos mejoran significativamente la gestión de información del proyecto provocando que la elaboración de expediente técnico sea más cooperativa, transparente y eficiente, debido a que se tiene acceso a la información del proyecto de manera oportuna, precisa, confiable y verificable.
- Se logró mejorar la calidad de los planos con la metodología BrIM en el sentido de que los datos e información que representan son más confiables como efecto de un diseño compatibilizado, coherente y con mayor fidelidad con diseño global, en consecuencia, son planos más confiables para la construcción. Además, se tiene una representación más detallada e ilustrativa debido a la visualización 3D permitiendo al constructor asimilar de manera efectiva y eficiente la idea constructiva diseñada por el proyectista.
- Se logró mejoras en la calidad de los entregables empleando el flujo de trabajo de la metodología BrIM, respecto a los metrados se definió mejor el alcance del proyecto, pues se detectó variaciones significativas siendo las principales; en la partida 03.03.03.01 ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 kg/cm<sup>2</sup> existe un déficit de 3197.24 kilogramos, que representa 29.76% del metrado del expediente técnico de GORE. En la partida 03.03.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS existe un déficit de 21.75 metros cuadrados, que representa 10.17% del metrado del expediente técnico de GORE Puno y en la partida 03.03.03.04



CONCRETO EN ESTRIBOS  $F'C=210 \text{ kg/cm}^2$  (EN SECO) existe un déficit de 20.28 metros cúbicos, que representa 14.91% del metrado del expediente técnico de GORE Puno.

- Se encontró que la principal diferencia en el proceso de metrados entre la metodología BrIM y convencional es la precisión, las consideraciones de redondeo administrada a las plantillas Excel y la posibilidad de cometer errores dependientes de los programas que se utilice.
- Se mejoró la calidad del presupuesto a nivel de costo directo, obteniéndose un presupuesto más ajustado al alcance real del proyecto con los metrados de la metodología BrIM, encontrando un déficit de 39,015.53 soles, que representa el 5.36% de lo presupuestado en el expediente técnico del GORE Puno. Lo cual implicaría prestaciones adicionales en un escenario de ejecución de obra.
- Con respecto al plazo de ejecución del proyecto, se logró una reducción de 41 días calendario, debido a la implementación de la metodología BrIM, lo que representa un 34% menos en relación a la programación inicial realizada por los profesionales del GORE Puno.
- Se resolvió las interferencias e incompatibilidades a través del modelado BrIM , esto permitió identificar de manera anticipada y resolver conflictos en la fase de elaboración de expediente técnico evitando de esta forma retrasos en la fase de ejecución de obra y los sobrecostos por errores de diseño.
- Por último, se concluye que la implementación metodología BrIM logró optimizar la elaboración del expediente técnico del proyecto puente Nogalani en comparación con la metodología convencional.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar sobre la calidad de los expedientes técnico de los proyectos de construcción y verificar los indicadores desarrollados por Paul A. Tilley et al (1997) y poder actualizarlos para nuestra región y/o país, ya que actualmente no se cuenta con una base de comparación de la calidad de los expedientes técnicos.
- Se recomienda a las entidades del estado considerar los indicadores relacionados a las RFI's similares a los desarrollados por Paul A. Tilley et al (1997) de manera adjunta a los cuadernos de obra para tener una mejor aproximación a los efectos que tiene la calidad de los expedientes técnicos en la ejecución de sus obras correspondientes. Además de implementar un sistema de puntuación a los proyectistas relacionados a estos indicadores, de tal manera que posteriormente se use este sistema de puntuación en el momento de seleccionar a los proyectistas, incluyendo así un criterio de meritocracia más fiable en el momento de contratar con las entidades del estado.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Valdivieso Trujillo, F. E., & Valdivieso Trujillo, R. A. (2023). *Metodología BIM para la elaboración del expediente técnico del proyecto “puente Huanchuy y accesos, 2023 [Pregrado, Universidad Nacional de San Marcos]*. Repositorio universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19610>
- A., T. P., Adam, W., & Sherif, M. (1997). Indicators of design and documentation deficiency [Indicadores de deficiencia de diseño y documentación]. *ResearchGate*, 1-15. Obtenido de [www.researchgate.net/publication/267852762](http://www.researchgate.net/publication/267852762)
- Alcántara, P. (2013). Metodología para minimizar deficiencias de diseño. Universidad Nacional de Ingeniería.
- American Institute of Steel Construction*. (2020). Obtenido de <https://www.aisc.org/education/continuingeducation/education-archives/bridge-information-modeling--towards-an-industry-exchange-standard-b17/>
- Autodesk. (2018). *Bridge Information Modeling: Improving Infrastructure Design*. Autodesk.
- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry* (Vol. 11). Leadership and Management in Engineering. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Baltazar Melgarejo, M. (2022). *Metodología BrIM para optimizar procesos en la etapa de diseño del puente evitamiento ubicado en el km 14+760 carretera Mazamari Pangoa, provincia de Satipo, departamento Junín, 2022 [Pregrado, Universidad de San Martín de Porres]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/12091>
- Contraloría General de la República. (2022). *Contraloría: Deficiencias en expedientes técnicos siguen perjudicando a obras públicas a nivel nacional*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/650294-contraloria-deficiencias-en-expedientes-tecnicos-siguen-perjudicando-a-obras-publicas-a-nivel-nacional>



- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.
- Eastman, C., Teicholz, P., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons.
- Espinoza Menacho, F. J. (2017). *Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos, 2017 [Pregrado, Universidad de San Martín de Porres ]*. Repositorio universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/3636>
- Flores Pacho, L. M., & Medina Bustamante, P. L. (2018). *Evaluación de la filosofía lean design y la tecnología BIM como herramienta en la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, 2018 [Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano ]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9721>
- Gaitán Cardona, J. S. (2013). *Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia, 2013 [Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11120>
- Hanna, A., Tadt, E., & Whited, G. (2012). *Request for Information: Benchmarks and Metrics for Major Highway Projects. Journal of Construction Engineering and Management*. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/>
- Hernan, G., Trotta, B., & Peterson, J. (2012). *Bridge information modeling*.
- Hernandez , R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la investigacion*. sexta edición.
- Huamán Cruz, J. M., & Ochante Chate, D. C. (2022). *Determinación del tipo de superestructura de un puente mediante un análisis comparativo en la reducción del tiempo del proceso constructivo y el costo integral mediante el uso de la metodología BrIM, 2022 [Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplic ]*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/659715>



- Hughes, N., Wells, M., Nutter, C., & Zack, J. (2013). *Impact & control of RFIs on construction projects*. *Navigant Construction Forum*. Obtenido de <http://goo.gl/unXqaU>
- Instituto Nacional de Calidad. (2021). *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM)*. Lima: INACAL.
- Julca Huingo, E. S. (2024). *Implementación de la metodología BIM en el diseño del puente carrozable sobre el río cancha corral en el ámbito de la comunidad campesina de la ENCAÑADA, Distrito la ENCAÑADA, 2024 [Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6400>
- López Olivares, A., & Gómez Cabrera, V. (2022). *Implementacion de metodologia BIM hasta 5D en un puente vehicular ubicado en la ciudad de Bucaramanga, 2022 [Pregrado, Univesidad Catolica de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/30396>
- Magazine, C. +. (2021). *Bridge Information Modeling (BrIM)*. Obtenido de [csengineermag.com/article/bridge-information-modeling-brim/](https://csengineermag.com/article/bridge-information-modeling-brim/)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM (Versión 2023)*.
- Morales, L., Rodríguez, D., & Ariza, E. (2020). *BIM Forum Colombia*. Obtenido de [https://camacol.co/sites/default/files/descargables/PRO-BFC-BIMKIT-VOL3-1-%20Infraestructura\\_Vial\\_V2.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/PRO-BFC-BIMKIT-VOL3-1-%20Infraestructura_Vial_V2.pdf)
- Quenta Quiñonez, J. M. (2021). *Optimización de información en la ejecución de una edificación mediante modelamiento BIM y planificación Last Planner System, 2021 [Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14879>
- Rodríguez Serquén, A. (2017). *Puentes con AASHTO LRFD - 2017*. peru.
- Tekla. (2021). *What is Bridge Information Modeling (BrIM)*. Obtenido de [www.tekla.com/resources/what-is-bridge-information-modeling-brim](http://www.tekla.com/resources/what-is-bridge-information-modeling-brim)



- UK BIM Framework. (2020). *Information management according*. Obtenido de [https://ukbimframework.org/wp-content/uploads/2020/09/Guidance-Part-C\\_Facilitating-the-common-data-environment-workflow-and-technical-solutions\\_Edition-1.pdf](https://ukbimframework.org/wp-content/uploads/2020/09/Guidance-Part-C_Facilitating-the-common-data-environment-workflow-and-technical-solutions_Edition-1.pdf)
- US Department of Transportation Federal. (2019). Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/hif16011/>
- Villanes Corrales, J. I., & Maesaka Quipuzcoa, L. H. (2019). *Propuesta de una guía de implementación de la metodología BRIM en las etapas de expediente técnico y ejecución para la optimización de costos, tiempo y calidad en puentes de concreto armado sobre ríos en el Perú. Puente Yunculmas, 2019 [Pregrado,UPC ]*. Repositorio academico. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/628201>



## ANEXOS

**ANEXO 1:** Formato N° 05: Registro del plan de ejecución BIM (BEP).

**ANEXO 2:** Organigrama del Gobierno Regional Puno.

**ANEXO 3:** Flujo de metodología BrIM.

**ANEXO 4:** Flujo de metodología convencional.

**ANEXO 5:** Presupuesto del expediente técnico del GORE.

**ANEXO 6:** Criterios y desarrollo del diseño estructural del puente de forma manual.

**ANEXO 7:** Control de tiempos de la elaboración del expediente técnico por la metodología BrIM.

**ANEXO 8:** Términos de referencia de la cotización por la metodología BrIM.

**ANEXO 9:** Control de tiempos de la elaboración del expediente técnico por la metodología convencional.

**ANEXO 10:** Términos de referencia de la cotización por la metodología convencional.

**ANEXO 11:** Programación Gantt del flujo por la metodología BrIM.

**ANEXO 12:** Programación Gantt del flujo por la metodología convencional.

**ANEXO 13:** Cotizaciones por la metodología BrIM.

**ANEXO 14:** Cotizaciones por la metodología convencional.

**ANEXO 15:** Planos del puente del expediente técnico por la metodología BrIM.

**ANEXO 16:** Planos de los accesos expediente técnico por la metodología BrIM.



**ANEXO 17:** Programación Gantt de la ejecución del proyecto por la metodología BrIM.

**ANEXO 18:** Planos del puente del expediente técnico por la metodología convencional.

**ANEXO 19:** Planos de los accesos expediente técnico por la metodología convencional.

**ANEXO 20:** Programación Gantt de la ejecución del proyecto por la metodología convencional.

**Link de enlace de los Anexos:**

[https://drive.google.com/drive/folders/1x-z0rhllcxmbqjZL3y3zZwbgEb2\\_9YBZ](https://drive.google.com/drive/folders/1x-z0rhllcxmbqjZL3y3zZwbgEb2_9YBZ)



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo WILLIAM APAZA APAZA  
identificado con DNI 71782777 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIDGE INFORMATION MODELING  
COMO UN NUEVO FLUTO DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL PRO-  
YECTO PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO-2023"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de agosto del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo WILLIAM APAZA APAZA,  
identificado con DNI 71782777 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIDGE INFORMATION MODELING COMO  
UN NUEVO FLUJO DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO  
PUENTE CARROZABLE NOGALANI, SAN JUAN DEL ORO, SANDIA, PUNO - 2023."

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

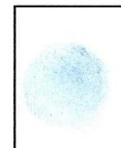
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de agosto del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo James Cristian Mendoza Calzaya,  
identificado con DNI 73384384 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Escuela profesional de Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Evaluación de la metodología Brigde Information Modeling  
como un nuevo flujo de trabajo para la elaboración del Proyecto  
Puente carrozable Negaloni, San Juan del oro, Sandiá, Puno -2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de agosto del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo James Cristian Mendoza Calizaya  
identificado con DNI 73384384 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Escuela profesional de Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación de la metodología Bigde Injormation Modeling como un nuevo flujo de trabajo para la elaboración del proyecto Puente carrozable Nagabani, San Juan del Oro, Sandia, Puno - 2023"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de agosto del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella