



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

CONTROL DE INUNDACIONES EN PROPUESTA DE

DISEÑO DE MURO DE GAVIONES APLICANDO METODOLOGÍA

BIM. ESTUDIO DE CASO.

TUTOR

MSC. MARIA ALEJANDRA BORBOR BAJAÑA

AUTORES

SHIRLEY LIZBETH BALTÁN LARROSA

JOSÉ FABIAN DÁVILA PINCAY

GUAYAQUIL

AÑO 2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Control de Inundaciones en Propuesta de Diseño de Muro de Gaviones aplicando Metodología BIM. Estudio de Caso.

AUTOR/ES:

Baltán Larrosa Shirley Lizbeth;
Dávila Pincay José Fabián

TUTOR:

MSC. Borbor Bajaña María Alejandra

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

116

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.

PALABRAS CLAVE: Inundación, Hidrología, Recursos Hídricos, Hábitat, Medio Ambiente natural.

RESUMEN:

Los desastres naturales muchos pueden ser mitigados o solucionados con obras de infraestructura hechas por el hombre, los desbordamientos de ríos son una de las causas de afectaciones más comunes en los sectores rurales. Las obras de infraestructuras que se aplican para prevenir los impactos de las crecientes de río son las defensas ribereñas.

En este proyecto de investigación, se realizará la propuesta de muro de gaviones para el río Dulcepamba, esta solución de ingeniería aporta mucho a las comunidades porque genera fuentes de trabajo, es amigable con el medio ambiente y entre otros beneficios más que serán abordados en este documento.

En paralelo al desarrollo de este proyecto identificamos que la digitalización de los procesos de diseño en la construcción es una pieza clave para proponer mejores soluciones a los usuarios finales, por esta razón el enfoque principal de este documento se centrara en la transformación digital mediante la implementación de la metodología BIM, de manera que el lector pueda observar como las herramientas tecnológicas, con un debido proceso de implementación pueden aportar de manera exponencial en los resultados de un proyecto de infraestructura con una visión holística en cada fase del ciclo de vida útil del proyecto y por tratarse de muros de gaviones sabemos que estas obras de infraestructura pasan más de 100 años de vida útil.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
Baltán Larrosa Shirley Lizbeth	+593 958803291	sbaltanl@ulvr.edu.ec
Dávila Pincay José Fabián	+593 982315099	jdavilap@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D. Marcial Calero Amores Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Eliana Contreras Jordán Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: econtrerasj@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Control de Inundaciones en Propuesta de Diseño de Muro de Gaviones Aplicando Metodología BIM. Estudio de Caso.

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

vbook.pub

Fuente de Internet

1%

3

catalogo.escuelaing.edu.co

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

Firma:

MSC. Borbor Bajaña María Alejandra


C.C. 0929442523

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **Shirley Lizbeth Baltán Larrosa y José Fabián Dávila Pincay**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, “**CONTROL DE INUNDACIONES EN PROPUESTA DE DISEÑO DE MURO DE GAVIONES APLICANDO METODOLOGÍA BIM. ESTUDIO DE CASO**”, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

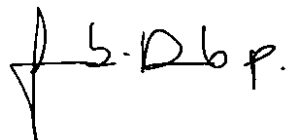
De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

Shirley Lizbeth Baltán Larrosa

C.I 0955225842

Firma: 

José Fabián Dávila Pincay

C.I 1720944121

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación “**CONTROL DE INUNDACIONES EN PROPUESTA DE DISEÑO DE MURO DE GAVIONES APLICANDO METODOLOGÍA BIM.ESTUDIO DE CASO**”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **Ingeniería, Industria y Construcción** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: “**CONTROL DE INUNDACIONES EN PROPUESTA DE DISEÑO DE MURO DE GAVIONES APLICANDO METODOLOGÍA BIM.ESTUDIO DE CASO**”, presentado por los estudiantes **Shirley Lizbeth Baltán Larrosa y José Fabián Dávila Pincay** como requisito previo, para optar al Título de **Ingenieros Civiles**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

MSC. Borbor Bajaña María Alejandra

C.C. 0929442523

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios y a la virgen del Cisne, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad, gracias por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad la culminación de mi carrera Universitaria.

A mi mamá Rosa Larrosa, por guiarme en el sendero correcto de la vida y en el transcurso de mi camino e iluminándome en todo lo que realizó. Gracias por cada sacrificio que hiciste por mi educación, mi éxito académico es un reflejo de tu amor y guía. Te agradezco profundamente y te amo, gracias por estar conmigo en cada momento y ser mi apoyo fundamental e incondicional, ya que es el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.

A mi papá Carlos Baltán, por apoyarme en el semestre de mi carrera, por su amor y consejos que han sido fundamentales, te admiro, te valoro y te respeto. Gracias por ser mi guía y apoyarme en cada paso de mi vida.

A mis abuelos María Tomalá y Galo Larrosa, gracias por ofrecernos siempre lo mejor de ustedes, por dedicarnos su vida, su historia, por creer en mí, por sentirse orgullosos de mis logros, por enseñarnos a ser las personas que somos, por ser nuestra razón, para todos los días salir adelante.

A mis hermanos Carlos y Mishell, A mis sobrinos Thiago y Jared, A mis mascotas Kyra y Camila, por su amor incondicional, su confianza y motivación.

Por último, agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y su gestión, sin lo cual no estaría las bases ni condiciones para obtener conocimiento. Gracias querida universidad por permitirme conocer excelentes docentes y amigos.

Shirley Lizbeth Baltán Larrosa

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Titulación:

A DIOS, A MIS PADRES, A MIS ABUELOS, A MIS HERMANOS, A MIS SOBRINOS, A MIS MASCOTAS; a pesar de que las situaciones pudieron ser adversas, siempre me demostraron desde el inicio de mi carrera su apoyo incondicional.

Shirley Lizbeth Baltán Larrosa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por tu amor y bondad, hoy me permites sonreír ante este logro que es el resultado de tu ayuda, después de haberlo intentado varias veces, aprendo que solo en tus manos podemos lograr nuestras metas. Por estar presente en cada etapa de mi vida, darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y profesional.

Gracias, mi Dios, por los retos de la vida, que no están ahí para bloquear el camino, sino para permitir descubrir quienes somos y de que material estamos hechos. Esto nos otorga la sabiduría y el poder de vencer los obstáculos convirtiéndolos en enseñanzas, hoy puedo testificar que eres fiel a tus promesas aun cuando las posibilidades no están a nuestro favor.

Gracias por ser los mejores padres del mundo José Dávila Galeas y Teresa Pincay Pineda. En profundo agradecimiento a mis queridos padres, quiénes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y el estudio. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras.

Agradezco por las lecciones de vida, que me han impartido y el cariño que siempre me han brindado. Me siento afortunado de tenerlos como padres, cada logro que alcanzo es gracias a su apoyo y orientación, mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar.

José Fabián Dávila Pincay

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Titulación:

A DIOS, A MIS PADRES; que durante todo este tiempo me han acompañado, iluminado y guiado a lo largo de este viaje académico.

José Fabián Dávila Pincay

RESUMEN

Los desastres naturales muchos pueden ser mitigados o solucionados con obras de infraestructura hechas por el hombre, los desbordamientos de ríos son una de las causas de afectaciones más comunes en los sectores rurales. Las obras de infraestructuras que se aplican para prevenir los impactos de las crecientes de río son las defensas ribereñas.

En este proyecto de investigación, se realizará la propuesta de muro de gaviones para el río Dulcepamba, esta solución de ingeniería aporta mucho a las comunidades porque genera fuentes de trabajo, es amigable con el medio ambiente y entre otros beneficios más que serán abordados en este documento.

En paralelo al desarrollo de este proyecto identificamos que la digitalización de los procesos de diseño en la construcción es una pieza clave para proponer mejores soluciones a los usuarios finales, por esta razón el enfoque principal de este documento se centrará en la transformación digital mediante la implementación de la metodología BIM, de manera que el lector pueda observar como las herramientas tecnológicas, con un debido proceso de implementación pueden aportar de manera exponencial en los resultados de un proyecto de infraestructura con una visión holística en cada fase del ciclo de vida útil del proyecto y por tratarse de muros de gaviones sabemos que estas obras de infraestructura pasan más de 100 años de vida útil.

Palabras Claves: Inundación, Hidrología, Recursos Hídricos, Hábitat.

ABSTRACT

Many natural disasters can be mitigated or solved with man-made infrastructure works; river overflows are one of the most common causes of damage in rural sectors. The infrastructure works that are applied to prevent the impacts of river flooding are riverside defenses.

In this research project, the proposal for a gabion wall for the Dulcepamba River will be carried out. This engineering solution contributes a lot to the communities because it generates jobs, is friendly to the environment and among other benefits that will be addressed in this document.

In parallel to the development of this project, we identified that the digitalization of design processes in construction is a key piece to propose better solutions to end users, for this reason the main focus of this document will focus on digital transformation through the implementation of the BIM methodology, so that the reader can observe how technological tools, with a due implementation process, can contribute exponentially to the results of an infrastructure project with a holistic vision in each phase of the useful life cycle of the project. And because they are gabion walls, we know that these infrastructure works have a useful life of more than 100 years.

Keywords: Flood, Hydrology, Water Resources, Habitat, natural environment

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1. Tema:.....	2
1.2. Planteamiento del Problema:	2
1.3. Formulación del Problema	6
1.4. Objetivo General	6
1.5. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Idea a defender	6
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO REFERENCIAL	8
Marco Teórico	8
2.1.1. Antecedentes históricos.....	8
2.1.2. Bases teóricas y técnicas	13
2.1.3. Teoría hidrológica.....	13
2.1.4. Teoría geotécnica.....	15
2.1.5. Teoría de diseño del muro de gaviones.....	16
2.1.6. Teoría de implementación Bim (Building Information Modeling). 17	
2.1.7. Teoría socio-económica	29
Marco Legal:	31
2.2.1. Marco legal de la gestión de riesgos en el Ecuador	31
2.2.2. Marco legal sobre las inundaciones en el Ecuador.....	33
2.2.3. La constitución y el control de las inundaciones en el Ecuador..	36

2.2.4. La ley orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua y el control de las inundaciones en el Ecuador	37
2.2.5. El Código orgánico del ambiente y el control de las inundaciones en el Ecuador.....	39
2.2.6. El COOTAD y el control de las inundaciones en el Ecuador	40
CAPÍTULO III.....	42
MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)	42
3.1.1. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)	42
3.2.1. Usos y Objetivos BIM.....	43
Incrementar considerablemente la comunicación. Técnica e instrumentos para obtener los datos	46
Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024).....	52
Población y muestra.....	53
3.4.1. Agentes Involucrados en el Proyecto.....	53
CAPÍTULO IV	56
INFORME DE IMPLEMENTACIÓN BIM	56
Presentación y análisis de resultados	56
Modelado del sitio: Establecimiento y Análisis del entorno del mundo real en 3D	57
Análisis de Sitio y Ruta.....	61
Diseño Preliminar y Definitivo del Proyecto.....	63
Revisión de diseño	65
Modelo 4D del Proyecto	65
Estimación de Costos del Proyecto.....	66
Gestión del activo para la fase de operación y mantenimiento	67
Interoperabilidad de los datos con los agentes involucrados	68

Uso del entorno de datos Común.....	69
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1 Empresas según tipología de proyectos que ejecutan	20
Figura 2 Empresas según tipo de proyecto y uso de BIM	20
Figura 3 - Diferencias de un elemento CAD y BIM	22
Figura 4 - Nivel de Definición para desarrollo de elementos BIM	23
Figura 5 - BIM Uses según la Universidad Estatal de Pennsylvania	26
Figura 6 - Usos BIM según BIM Forum Colombia	27
Figura 7 - Usos BIM relacionados con las fases del ciclo de Proyecto en Plan BIM Perú	28
Figura 8 - Flujo de Trabajo de Uso BIM de levantamiento de Condiciones Existentes.....	49
Figura 9 - Flujo de Trabajo para desarrollo de Uso BIM Estimación de Costos.	50
Figura 10 - Flujo de Trabajo de Autoría de Modelo 4D.....	51
Figura 11 - Flujo de Trabajo de Uso BIM Revisión de diseño.	52
Figura 12 - Levantamiento Topográfico en Área de Estudio, uso de GPS estacionario para georreferenciar el proyecto.	57
Figura 13 - Uso de Drones para levantamiento fotogramétrico y captura de la realidad.	58
Figura 14 - Nube de Puntos de Entorno Existente y Área de Estudio.	59
Figura 15 - Modelo Digital de Elevación (DEM) para análisis de pendientes y elevaciones del entorno existente.	59

Figura 16 - Fotografía Ortogonal, Resolución 1px/3cm, con curvas de nivel del Área de.....	60
Figura 17 - Modelado 3D de Superficie Topográfica	60
Figura 18 - Trazado de Ruta de Muros de Gaviones.....	62
Figura 19 - Trazado Isométrico de Ruta de Proyecto	62
Figura 20 - Sección de Cauce del Rio a partir de Modelado 3D.....	63
Figura 21 - Ejemplo de Plano de Proyecto	64
Figura 22 -Extracto de Tabla de Planificación de Herramienta de Modelado BIM Revit donde se obtiene un cómputo de excavaciones (Corte).	65
Figura 23 - Uso de Google Drive como herramienta de Gestión Documental del Proyecto.	69
Figura 24 - Revisión de Diseño en visualizador de modelos BIM en la Web.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plan De Ejecución Bim (Peb)	76
Anexo 2: Histórico de Revisiones	76
Anexo 3: El Proyecto	77
Anexo 4: Programa Master de Entrega de la Información	78
Anexo 5: Usos BIM.....	80
Anexo 6: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y COMPOSICIÓN DEL EQUIPO DE EJECUCION.....	81
Anexo 7: Recursos Materiales	84
Anexo 8: Entregables BIM	86
Anexo 9: Niveles de Desarrollo de Elementos BIM	87
Anexo 10: Tabla de contenidos mínimos.....	90
Anexo 11 Tabla de contenidos Vinculados Mínimos	91
Anexo 12: Tabla de Desarrollo del Modelo.....	92
Anexo 13: PROCESOS BIM	94
Anexo 14: Estándares Usados	98

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es un estudio de caso sobre el Control de Inundaciones es un desafío crucial en la gestión de recursos hídricos, especialmente en regiones propensas a eventos climáticos extremos. La construcción de estructuras de contención, como los muros de gaviones, ha surgido como una solución efectiva y versátil. Estas estructuras, compuestas por cestas de malla metálica rellenas de piedras u otros materiales, ofrecen una protección robusta contra la erosión y el flujo descontrolado de agua.

Sin embargo, el diseño, planificación, construcción y el mantenimiento adecuado de los muros de gaviones requieren una gestión de información precisa y una coordinación integral entre los diferentes actores involucrados en el proyecto. Por lo tanto, la metodología del modelado de información de construcción (BIM) emerge como una herramienta innovadora y poderosa que puede transformar fundamentalmente la forma en que se abordan estos desafíos.

El objetivo principal de esta tesis es realizar la implementación de la metodología BIM en el proyecto de los muros de gaviones, con el fin de facilitar la gestión de información para la toma de decisiones en todas las fases del proyecto: desde la planeación inicial hasta el diseño detallado. Esta implementación BIM se llevará a cabo mediante un enfoque de estudio de caso, que permitirá evaluar la efectividad de esta metodología específica y real.

Al centrarse en la integración BIM en el diseño de los muros de gaviones para el control de inundaciones, esta investigación busca no solo mejorar la eficiencia y la precisión del proceso de diseño y construcción, sino también proporcionar una plataforma para una gestión más efectiva y sostenible de las infraestructuras hidráulicas. A través del análisis detallado, se pretende identificar los beneficios, desafíos y lecciones aprendidas asociadas con la aplicación de BIM en proyectos futuros, con el objetivo final de contribuir al avance en este campo crucial de la ingeniería civil y ambiental.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema:

Control de Inundaciones en Propuesta de Diseño de Muro de Gaviones Aplicando Metodología BIM. Estudio de Caso.

1.2. Planteamiento del Problema:

En el Ecuador, los muros de contención de gaviones son una alternativa viable, ya que suelen ser menos costosos que los muros tradicionales hechos de concreto o mampostería. La estructura es más sencilla y ágil, utilizando principalmente dos materiales: malla hexagonal a doble torsión y roca. La construcción de estructuras de contención que se establece en un diseño adecuado y técnicas de construcción se basa en la necesidad de brindar una solución duradera a los inconvenientes de estabilidad que padecen ciertos lugares del país.

En estos lugares, se invierte mucho dinero en reconstruir estructuras que fallaron y en rehabilitar caminos que se bloquean debido a la falta de recurso estabilizador. Las personas con pocos recursos generalmente optan por vivir en áreas vulnerables como las orillas de los ríos.

Los diques que se construyen para proteger las costas son técnicas estructurales destinadas a reducir los daños potenciales causados por las inundaciones. (Márquez, 2021). Los revestimientos utilizan una variedad de materiales y características para proteger los diques mencionados de las consecuencias de la erosión del flujo del canal.

Según Vilchez (2018), los revestimientos de rocas, bloques y asfalto son comunes en las obras de ingeniería, por lo que el conocimiento del diseño y los estándares que se requieren para su correcta operación se ha extendido ampliamente. Sin embargo, afirma la importancia de otros tipos de revestimientos como los gaviones, las matrices de concreto y los geosintéticos, los cuales en ocasiones carecen de metodologías de diseño adecuadas debido a su popularidad actual.

De igual manera, es fundamental comprender la importancia de los revestimientos antierosión en las obras ribereñas, ya que la principal causa de falla de estas obras es la erosión o la socavación. Por ejemplo, alrededor del 60% de las estructuras como los puentes carecen de protección antierosión adecuada. (Alaya, 2021).

Por otro lado, este recurso ha sido depredado en el norte del país debido a la construcción masiva de estructuras de defensa contra inundaciones basadas en rellenos de piedra. Por lo tanto, en caso de ser necesaria una alternativa para cubrir las defensas, se propone el uso de Geoceldas con relleno de concreto.

En invierno, el río Dulcepamba se desborda constantemente, poniendo en peligro a las comunidades cercanas. En marzo de 2023, el río Dulcepamba desbordó nuevamente en las áreas en la comunidad de San Pablo de Amalí, dejando agua debajo de la hidroeléctrica de San José del Tambo. Esto causó la destrucción de varias fincas y la obstrucción de la vía, lo que dejó a la comunidad sin comunicación. Desde el año 2013, cuando Hidrotambo S.A construyó la hidroeléctrica, desvió el río Dulcepamba por 120 metros hacia la comunidad. Desde entonces, las obras se han llevado a cabo para que los excesos de crecidas se evacuen directamente del río a la comunidad. Sin embargo, desde entonces, han ocurrido inundaciones frecuentes que han dañado fincas, casas y la vía en San Pablo Amali, lo cual ocurre casi todos los años. En esa línea, se siguen monitoreando los efectos de la corporación hidroeléctrica debido al desvío del río y al diseño inadecuado de sus estructuras, lo que con las lluvias invernales pone en peligro a las comunidades cercanas.

El gobierno busca asegurar el saneamiento, pero no considera los peligros ni las preocupaciones de la problemática mencionada debido a las consecuencias del Fenómeno del Niño. Los siguientes proyectos de titulación muestran varios estudios sobre los muros de contención: De acuerdo con la investigación: "Diseño hidráulico y estructura de la defensa ribereña del río en la parte de Punta Moreno Pambas de Jaguey aplicando el programa de River. La obra es de la Universidad de Tacna y presenta la propuesta del diseño para proteger la ribera del Río Chicama en el segmento de Punto Moreno en las pampas Jaguey, utilizando metodologías existentes y el programa RIVER. Este estudio utilizó software para diseñar muros de concreto armado.

Sin embargo, según el análisis que se ha realizado, se comprueba que las geoceldas rellenas de concreto funcionan de manera excelente como protección contra la erosión en las orillas. En última instancia, aunque se ha llegado a la conclusión de que las geoceldas se consideran el recubrimiento más adecuado y se recomienda su uso.

Según esta perspectiva, los muros de contención son una solución geotécnica para optimizar el espacio disponible para la construcción de una obra en situaciones en las que el terreno no tiene la capacidad de mantenerse estable a diferentes elevaciones. Las clasificaciones de los muros de contención incluyen gravedad, semigravedad, voladizo y con contrafuertes. La elección del tipo de muro depende de una variedad de factores, incluido el método de construcción, la altura del terreno a cubrir, las características del suelo y el costo (Dextre, 2021).

Debido a que los ríos en Ecuador fluyen hacia el pacífico desde las alturas de los Andes es indispensable a la convergencia de los afluentes, la crecida histórica del Río Dulcepamba Changuil supera los promedios históricos necesarios al aumento de las lluvias en la zona alta de la provincia, lo que ha provocado los desastres que ya se han registrado, según la Hidrología Operativa del INAMHI.

La metodología BIM es una forma de trabajo colaborativo utilizado en la construcción que recopila datos de construcción organizados para facilitar la toma de decisiones en la gestión de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción, mejorando el resultado y la eficiencia de los procesos.

Es decir, todos los profesionales involucrados en un proyecto de construcción pueden trabajar en un solo proyecto de manera sincrónica con la misma información. Las siglas BIM provienen de la expresión en inglés "Modelado de información orientado a la construcción". Esto permite que la metodología BIM defina y ejecute proyectos de construcción basado en una óptica integrada en cada una de sus etapas, desde la planificación inicial hasta su puesta en marcha.

En base a estas premisas, para solucionar el problema mencionado, se sugiere diseñar un muro de gaviones implementando en su proceso la metodología BIM para asegurar la estabilidad de la ribera del río Dulcepamba Changuil.

En esa línea, el cambio climático y la intervención humana en los ecosistemas fluviales han exacerbado el problema de las inundaciones en numerosas regiones del mundo. Ecuador, con su diversidad geográfica y climática, no es ajeno a este problema. El Río Dulcepamba Changuil, situado en una región con antecedentes de eventos hidrológicos extremos, ha evidenciado en los últimos años episodios de desbordamientos que han causado pérdidas económicas, daños a la infraestructura y, lo más preocupante, amenazas a la integridad física y bienestar de las comunidades aledañas.

Las inundaciones en la cuenca del Río Dulcepamba Changuil han ido en aumento tanto en frecuencia como en magnitud. Las viviendas, infraestructuras agrícolas y viales cercanas al río han experimentado daños recurrentes. Este patrón sugiere que, de no tomarse medidas, las inundaciones podrían intensificarse, poniendo en mayor riesgo a la población y afectando aún más la economía local.

El cambio en el uso del suelo, la deforestación, la expansión urbana sin una adecuada planificación y la falta de sistemas de control fluvial eficaces ha contribuido al incremento de la vulnerabilidad de la zona. A esto se suma la variabilidad climática, que ha intensificado las lluvias en ciertas épocas del año.

Aunque se han intentado implementar soluciones temporales y algunas infraestructuras para el control de inundaciones, estas no han demostrado ser totalmente eficaces ni sostenibles a lo largo del tiempo.

La ingeniería civil, en su constante evolución, ha propuesto soluciones como los muros de gaviones para controlar la erosión y el flujo de ríos. Sin embargo, el diseño y ejecución de estas infraestructuras requieren precisión y adaptabilidad a las condiciones locales. Aquí es donde la metodología BIM (Building Information Modeling) puede jugar un papel crucial, permitiendo una planificación, diseño, construcción y mantenimiento más integrados y eficientes.

Si no se aborda este problema con una solución adecuada y sostenible, las comunidades del Río Dulcepamba Changuil podrían enfrentar desplazamientos forzados, pérdidas económicas crecientes y amenazas a su seguridad y modo de vida.

La cuenca del Río Dulcepamba Changuil se encuentra en una situación crítica respecto a las inundaciones. Es imperativo buscar soluciones innovadoras y eficientes que no solo aborden el problema inmediato, sino que también ofrezcan sostenibilidad y resiliencia a largo plazo. La combinación de técnicas tradicionales de la ingeniería civil, como el muro de gaviones, con metodologías modernas, como BIM, puede ofrecer una respuesta adecuada a este desafío. Este trabajo de investigación busca explorar esta combinación, proponiendo una solución integral al problema de inundaciones en la región.

1.3. Formulación del Problema:

¿Cómo contribuye el diseño de muro de gaviones mediante la metodología BIM al control de inundaciones del río Dulcepamba Changuil?

1.4. Objetivo General

- Realizar la implementación BIM en el proyecto de los muros de gaviones que permita la gestión de información para la toma de decisiones en las fases de planeación, diseño, construcción y mantenimiento.

1.5. Objetivos Específicos

- Identificar los beneficios de la metodología BIM para los usuarios finales y entidad contratante en el diseño de muro de gaviones para el control de inundaciones.
- Crear un Modelo BIM en formato abierto de los muros de Gaviones, que pueda ser usado por los involucrados del proyecto para su revisión en la fase de planificación y diseño aplicando la herramienta de autoría de modelos BIM en Revit.
- Integrar los costos de proyecto en el modelo BIM del proyecto en formato abierto para que los elementos constructivos tengan información enlazada respecto al código de rubro, Descripción de Rubro y su costo de ejecución.

1.6. Idea a defender

El diseño de muro de Gaviones mediante la metodología BIM contribuye al diseño eficiente para el control de inundaciones en el río Dulcepamba Changuil.

1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Marco Teórico

Esta sección está relacionada con artículos científicos, proyectos y contenidos relacionados.

Tesis para comprobar o comprender las teorías que sustentan la eficacia y el progreso del programa. Los arquitectos y los ingenieros civiles a veces se convierten en científicos de seguimiento.

Adaptar el concepto de diseño a todas las posibilidades e ideas a las ciudades que se quiere implementar.

2.1.1. Antecedentes históricos

Entre los antecedentes se encuentran:

Báez Lozada, (2016) en el contexto de su proyecto de investigación "Diseño de estructuras de contención considerando la interacción suelo-estructura". (tesis de posgrado). La Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, ubicado en Colombia.

El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento del diseño estructural en diversas estructuras de contención que tienen en cuenta la interacción estructura-suelo. El estudio no experimental utilizó dos programas: Slide V6.0 y Plaxis. Los resultados que arrojaron los programas deben adaptarse a la realidad para un diseño de muro de contención. Se llegó a la conclusión de que el análisis sísmico es esencial para un diseño de estructura de contención, lo que permite implementar soluciones de diseño para condiciones más críticas.

De acuerdo a Acuña Correa, Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial, (2016), El objetivo de su investigación era utilizar BIM para llevar a cabo proyectos viales. Este estudio fue del tipo no experimental y se usó como herramienta tecnológica el software Revit.

El resultado fue que esta aplicación de la metodología centro el proceso de diseño todo en un modelo de información digital lo que ayudo a los stakeholders a prevenir futuros problemas en la fase de ejecución.

De acuerdo a lo que indican (Chacón Pérez & Cuervo Coronado, 2017). Presento su proyecto de investigación "Implementación de la metodología BIM para la elaboración de proyectos utilizando el software Revit". (Tesis de posgrado). La Universidad de Carabobo se encuentra en Venezuela.

El objeto de la investigación era crear diseños utilizando una metodología BIM con el software Revit. Fue un estudio no experimental que utilizó dos técnicas. Lo primero fue que los autores utilizaron un enfoque de observación para comprender el uso adecuado del software, utilizando videos, apuntes o páginas webs.

Se concluyó la herramienta digital de Autodesk Revit es funcional porque es importante porque permite el desarrollo o la autoría de un modelo BIM y permitiendo desarrollar proyectos desde la fase de diseño hasta su ejecución civil.

De acuerdo a (Soberon Espinoza, 2018), en su estudio denominado:

En el proyecto de investigación "Análisis geotécnico-geológico para determinar taludes inestables y permitir muros de contención en la carretera Hualgayoc-Apan Alto". (Tesis de posgrado). La Universidad de Cajamarca. En Cajamarca, Perú.

El objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento geotécnico y geológico para encontrar taludes inestables y diseñar muros de contención adecuados para la carretera Hualgayoc en Apan Alto.

Un estudio descriptivo, no experimental, se llevó a cabo y su población de estudio fue representada por el tramo de la progresiva de la carretera Hualgayoc - Apan alto, desde el Km-80+950 hasta el Km-89+470. Los instrumentos utilizados se dividieron en tres etapas: en la primera etapa se creó un gabinete para recopilar información bibliográfica de estudios anteriores, mientras que en la segunda etapa se realizaron observaciones y toma de decisiones, en la tercera etapa, realizó un análisis

geotécnico y un diseño del muro de contención ideal utilizando todos los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio.

Los hallazgos más destacados fueron que los factores de seguridad calculados indicaron que el sitio presenta taludes inestables, mientras que en las colinas rocosas de la Formación Farrat, arrojan valores altos de factores de seguridad sin probabilidad de caer.

Se llegó a la conclusión de que la carretera Hualgayoc - Apan alto tiene un comportamiento litológico, geomorfológico y estructural alterado debido a fallas, lo que resulta en taludes inestables que ponen en peligro a las personas que circulan por esa zona. De acuerdo a (Valentin Calixto, 2019). En su proyecto de investigación "Análisis técnico y económico de muros de contención para estabilizar taludes inferiores de plataformas de la carretera Canta–Huayllay, Km1+920 al Km2+000". (Tesis de posgrado). Instituto Universitario César Vallejo. Lima, en el Perú.

El propósito de la investigación fue establecer el análisis económico y técnico del muro de contención con el fin de aumentar la estabilidad del talud de la carretera de Canta a Huayllay, que comprenden los kilómetros 1+920 y 2 000. Un estudio aplicado y no experimental se llevó a cabo en la carretera Canta Huayllay, donde se tomaron muestras de suelo en un tramo de 140 metros desde el kilómetro 1+920 hasta el kilómetro 2+000.

Para determinar las características y propiedades de los materiales, se tomaron muestras de la zona más vulnerable a la inestabilidad, los instrumentos utilizados fueron fichas creadas en Microsoft Excel que contenían datos sobre el tipo de suelo, las medidas de los muros y las cargas.

Los resultados principales de la investigación de la tesis incluyen la determinación de un seguimiento de las áreas inestables para reforzar el talud. Se descubrió que los bordes de la plataforma de la pista estaban socavados y erosionados debido a las escorrentías de las lluvias en la zona, lo que causaba inestabilidad en el área de estudio. Las verificaciones realizadas en los muros de contención utilizando el software SLIDE V6.0 demostraron que los taludes en esa sección son estables siempre y cuando haya un muro de contención, ya que estos muros de contención se encargan de contener las cargas que se ejercen sobre ellos.

De acuerdo a Martínez Curi, (2018).

En su trabajo de investigación llamado "Estabilidad de Taludes con Muros de Contención en la Ampliación Virgen de Lourdes Zona 4, Villa María del Triunfo, Lima -2018". (Tesis de posgrado). Instituto Universitario César Vallejo. Lima, en el Perú. El objetivo de la investigación fue determinar las condiciones de estabilidad del talud utilizando un muro de contención en el A.H. Virgen de Lourdes, VMT, Lima, 2018.

Un estudio no experimental, aplicado y descriptivo se llevó a cabo en mi población para integrar los veinte muros de contención que se proponen en el A.H. Virgen de Lourdes. La muestra utilizada fue no probabilística y se utilizaron fichas creadas en Excel. Durante el análisis, se obtuvieron resultados para determinar la medida aceptable de estabilización de taludes según el tipo de muro de contención. Esto ayudó a verificar la capacidad de carga del suelo según cada estructura y las normas legales de construcción.

Se determinó que, aunque los muros de tipo voladizo tienen características que requieren una gran cantidad de acero, son muy resistentes a los esfuerzos o cargas del terreno, lo que los hace costosos.

Un antecedente regional de acuerdo a Miranda Torres, (2017), dentro de su proyecto de investigación "Diseño de muro rígido para la estabilización de taludes en tramos de deslizamiento constante de la carretera Shapaja – Chazuta, 2017". [tesis de posgrado]. Instituto Universitario César Vallejo. Tarapoto, ubicado en Perú.

El objetivo del diseño de un muro de contención rígido fue asegurar la estabilidad del talud en las zonas de deslizamiento constante en la carretera de Shapaja a Chazuta en 2017. El estudio fue preexperimental y tuvo un nivel de investigación explicativo. La población del proyecto fue la carretera de Shapaja a Chazuta, que tiene 23 km y se encuentra en una zona referencial de Chumía entre la carretera de Chazuta a Shapaja y la zona referencial de Chumía entre el km 12+500 al 12+507 y el km 12+549 al 12+568. La estación total y la certificación de análisis de datos se utilizaron.

A pesar de los diversos ensayos realizados, los principales hallazgos sugirieron la necesidad de construir una estructura como el muro de contención de concreto armado en ese momento para que pudiera resistir grandes cargas.

Se llegó a la conclusión de que el uso de un muro rígido sería una solución adecuada para ese problema, ya que el factor de seguridad lo apoya en varios tipos de clima e incluso en áreas de mayor riesgo.

En base a lo que señala Heredia Julca,(2017). En el marco de su investigación, llevó a cabo un análisis técnico comparativo entre el uso de muros de contención de tipo gaviones y paraguas en la estabilización de taludes del camino vecinal Potrerillo-Siete de Junio, Distrito de Jepelacio-Moyobamba-San Martín, en 2017. [Tesis de posgrado]. Instituto Universitario César Vallejo.

El propósito de proponer una estrategia de evaluación de las diferencias entre los muros existentes en las zonas viales en el sector Siete de Junio, Jepelacio, Perú, fue determinar qué muro es viable en términos de estabilidad del talud.

El estudio fue de tipo preexperimental y su población estaba compuesta por las áreas con mayor inestabilidad del talud en el camino vecinal perteneciente al sector Siete de junio; su muestra fue la zona de estudio Siete de junio porque tenía zonas inestables en su camino vecinal.

Los instrumentos incluían hojas de cálculo, un programa de presupuesto (S10), un cronograma (Proyecto), una libreta de campo topográfico y mecánica de suelos. El software de mecánica de suelos incluye varios tipos de ensayos, como límites líquidos, contenido de humedad, límites plásticos, densidad, granulometría y gravedad específica.

Según los estudios previos, los muros de tipo paragua tienen un tiempo de ejecución más corto que los muros de tipo gaviones. Se encontró que la construcción de un muro de contención de tipo gavión lleva más tiempo porque requiere piedra de río, mientras que la construcción de un muro de contención de tipo paragua es más rápida.

De acuerdo a (Vilca Cotrina & Diaz Linarez, 2019) En su proyecto de investigación "Gestión de proyectos utilizando herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial". (Tesis de posgrado). La Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, ubicado en Perú. El objetivo era administrar proyectos de diseño de estructuras viales mediante el uso de una modalidad metódica de herramientas BIM. El estudio que llevé a cabo fue exploratorio y no experimental.

La población estaba completamente conformada por vías integradas en el Sistema Nacional de Carreteras, también conocido como SINAC. El acceso que comienza en la dirección hacia el pueblo de Tripartito, que se encuentra en la Ruta Nacional PE-40 y llega hasta el límite boliviano, fue el ejemplo de su muestra.

El método utilizado fue la observación y la revisión de documentos. Se encontró que la gestión de proyectos está adoptando una nueva modalidad metódica como herramienta BIM en proyectos viales porque nos ayuda a organizar fácilmente los planos de un proyecto y también organiza la información adecuada, datos importantes y complejos.

Nos encontramos con las siguientes teorías sobre el desarrollo de las variables independientes y dependientes:

2.1.2. Bases teóricas y técnicas

El tema que presentas, "Control de inundaciones en la propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", aborda cuestiones de ingeniería civil, hidrología e implementación de tecnologías digitales en el diseño y ejecución de infraestructuras. A continuación, presento algunas teorías desde una perspectiva de ingeniería civil.

2.1.3. Teoría hidrológica

Desde tiempos ancestrales, el agua ha sido vista como una dualidad: fuente de vida y, a la vez, agente destructivo. En el caso del Río Dulcepamba Changuil, esta dualidad se manifiesta vívidamente. Los eventos hidrológicos extremos se han vuelto una cuestión central para los residentes y profesionales de ingeniería civil que buscan respuestas y soluciones a las inundaciones recurrentes.

En la investigación "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", se aborda la teoría hidrológica con el siguiente enfoque (Vilchez Cerna & Toledo Mejía, 2018):

Ciclo Hidrológico y el Río Dulcepamba: La cuenca del río, donde se recolecta, almacena y libera el agua, opera bajo la influencia del ciclo hidrológico. Estudiar este ciclo en relación con el comportamiento histórico y actual del río puede ofrecer pistas sobre las causas subyacentes de las inundaciones.

Eventos de Precipitación y Escurrimiento: No todas las lluvias llevan a inundaciones. Es el tipo, duración e intensidad de la precipitación, combinada con el comportamiento del suelo y la topografía, lo que puede dar lugar a un escurrimiento que supera la capacidad del río. Analizar patrones de lluvia y correlacionarlos con eventos de inundación podría proporcionar una comprensión más profunda.

Intervenciones Humanas y su Impacto: La deforestación, urbanización y otras alteraciones en la cuenca pueden acelerar el escurrimiento superficial, reduciendo la capacidad del suelo para absorber agua. El impacto acumulativo de estas intervenciones humanas podría estar exacerbando el riesgo de inundaciones.

Morfología del Río: Con el tiempo, los ríos cambian su curso, profundidad y anchura. Estudiar cómo ha evolucionado el Río Dulcepamba Changuil a lo largo de los años puede ofrecer conocimientos sobre áreas propensas a inundaciones y puntos donde el muro de gaviones podría ser más efectivo.

Soluciones Basadas en la Naturaleza: Aunque la tecnología y la infraestructura moderna, como los muros de gaviones, ofrecen soluciones tangibles, es esencial considerar soluciones basadas en la naturaleza, como la reforestación y la restauración de humedales, para abordar las causas raíz del problema.

Esta investigación propone no sólo un enfoque reactivo, sino también proactivo, para el control de inundaciones. A través de la combinación de métodos tradicionales de ingeniería civil con avanzadas metodologías como BIM, se espera diseñar soluciones más precisas y sostenibles para el desafío persistente que representa la naturaleza impredecible del agua.

2.1.4. Teoría geotécnica

Bajo la majestuosidad de los ríos y su constante flujo se esconde un mundo complejo de tierras, sedimentos y rocas que dictan, en gran parte, su comportamiento. En el corazón de la relación entre los ríos y la tierra subyacente yace la teoría geotécnica, un pilar fundamental en la ingeniería civil, especialmente cuando nos enfrentamos a los desafíos de las inundaciones.

En el trabajo "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", la teoría geotécnica se explora y se aplica de las siguientes maneras (Albino, 2021):

Estabilidad del Lecho y las Orillas del Río: El Río Dulcepamba Changuil, como todos los ríos, erosiona y deposita sedimentos continuamente. Identificar zonas donde la erosión es más pronunciada puede ayudar a determinar áreas vulnerables a las inundaciones y deslizamientos.

Características del Suelo: El tipo de suelo, su compresibilidad, permeabilidad y cohesión, juega un papel esencial en cómo el agua se infiltra, se acumula o fluye. Los estudios geotécnicos pueden determinar qué áreas son más propensas a inundarse debido a la saturación del suelo.

El Rol de los Gaviones: Los gaviones, al estar rellenos de piedra, pueden actuar como barreras robustas contra la erosión, especialmente en áreas donde el suelo es susceptible a ser arrastrado por las corrientes. Sin embargo, su diseño y colocación deben basarse en pruebas geotécnicas precisas para asegurar su eficacia y longevidad.

Innovando con BIM: La metodología BIM no solo representa una revolución en el diseño estructural, sino también en la geotecnia. Al utilizar BIM, los ingenieros pueden simular cómo diferentes soluciones, como los gaviones, interactuarán con la geología del lugar, permitiendo adaptaciones y mejoras antes de la implementación física.

Interacción Agua-Tierra: Las inundaciones no son simplemente un fenómeno superficial. A menudo, las aguas subterráneas se elevan, los suelos se saturan, y las

estructuras se ven amenazadas. Un entendimiento geotécnico permite prever y contrarrestar estos efectos subterráneos.

La lucha contra las inundaciones en el Río Dulcepamba Changuil es una danza entre el agua y la tierra. Mediante la aplicación rigurosa de la teoría geotécnica, junto con herramientas innovadoras como BIM, se busca una armonía en la que las comunidades puedan coexistir con el río de manera segura y sostenible, respetando y entendiendo las profundidades ocultas bajo sus aguas.

2.1.5. Teoría de diseño del muro de gaviones

Los muros de gaviones, estructuras de piedra contenidas en mallas metálicas, han emergido como soluciones efectivas en la lucha contra la erosión y las inundaciones. Desde una perspectiva geotécnica y estructural, su diseño es tanto un arte como una ciencia. En el trabajo "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", se hace un énfasis particular en entender y perfeccionar esta herramienta de ingeniería civil.

Desde la perspectiva de la teoría del diseño de gaviones, se pueden destacar los siguientes puntos Alaya, (2021):

Estabilidad y Resistencia: Los gaviones deben ser lo suficientemente robustos para resistir las fuerzas del agua, especialmente durante eventos extremos de inundación. Su diseño debe considerar tanto el peso del material de relleno como la resistencia de las mallas metálicas para asegurar su integridad a largo plazo (Márquez Espinoza, 2021).

Interacción con el Entorno: El diseño óptimo de un muro de gaviones considera el tipo de suelo, la topografía y la dinámica del flujo de agua. Estos factores determinan aspectos como la profundidad de fundación del gavión, la inclinación del muro y la necesidad de drenajes adicionales (Márquez, 2021).

Flexibilidad: Una de las principales ventajas de los gaviones es su flexibilidad. A diferencia de los muros de concreto rígido, los gaviones pueden acomodarse a asentamientos diferenciales del terreno sin perder su eficacia.

Sostenibilidad Ambiental: Los gaviones ofrecen beneficios ambientales. Promueven la infiltración de agua, ayudan en la reforestación de áreas circundantes y se integran estéticamente al paisaje. Su diseño puede orientarse para maximizar estos beneficios.

Integración con BIM: La metodología BIM (Building Information Modeling) amplía las capacidades de diseño de gaviones al permitir simulaciones precisas de su comportamiento frente a diferentes escenarios de inundación. Con BIM, los ingenieros pueden prever puntos de fallo, áreas de máxima erosión y optimizar el diseño antes de su implementación.

En el Río Dulcepamba Changuil, la amenaza de inundaciones y erosión demanda soluciones ingeniosas y sostenibles. A través de una comprensión profunda de la teoría detrás del diseño de gaviones y su integración con tecnologías avanzadas como BIM, este trabajo de investigación busca crear barreras efectivas que protejan a las comunidades y, al mismo tiempo, respeten y se integren armoniosamente con el entorno natural del río.

2.1.6. Teoría de implementación Bim (Building Information Modeling)

El Building Information Modeling (BIM) representa una evolución en el enfoque tradicional del diseño y la construcción. No es solo una herramienta para visualizar proyectos en 3D, sino que permite la gestión y análisis de información a lo largo de todo el ciclo de vida de una estructura.

En el contexto del control de inundaciones, y específicamente en la propuesta de diseño de muros de gaviones en el Río Dulcepamba Changuil, BIM juega un papel fundamental (Porrás Díaz et al., 2021).

Desde la perspectiva de la implementación de la teoría BIM en la ingeniería civil, se destacan los siguientes puntos (Chimeno, 2013):

Modelado Avanzado: BIM permite visualizar cómo se integrará el muro de gaviones con el entorno natural, prediciendo cómo interactuarán las estructuras con las dinámicas de inundación del río. Esto facilita ajustes en tiempo real, minimizando errores que podrían surgir en etapas posteriores.

Integración de Datos Geotécnicos e Hidrológicos: La fortaleza de BIM radica en su capacidad para integrar diferentes tipos de datos. Esto significa que las simulaciones no solo se basan en información estructural, sino también en datos geotécnicos del suelo y comportamientos hidrológicos del río, creando un modelo comprensivo y multidimensional.

Optimización de Recursos: BIM ayuda a determinar con precisión la cantidad de materiales requeridos, reduciendo el desperdicio y garantizando una implementación más eficiente del muro de gaviones.

Colaboración y Comunicación Mejorada: Una de las principales ventajas de BIM es la colaboración interdisciplinaria. Los ingenieros hidráulicos, geotécnicos y estructurales pueden trabajar conjuntamente en un único modelo, compartiendo información y ajustando el diseño de forma cohesiva.

Mantenimiento y Monitoreo Post-construcción: BIM no solo es útil durante la fase de diseño y construcción. Una vez construido el muro de gaviones, el modelo BIM puede ser utilizado para monitorear y programar mantenimientos, garantizando una mayor vida útil y desempeño óptimo de la estructura (Espinoza y Torres, 2019).

El Río Dulcepamba Changuil, con sus desafíos específicos en términos de inundaciones, demanda soluciones modernas y bien fundamentadas. El trabajo "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM" abraza esta necesidad, utilizando tecnologías de punta para abordar un problema ancestral. En este contexto, BIM emerge no solo como una herramienta, sino como una filosofía de trabajo que busca la excelencia, la eficiencia y la sostenibilidad en la ingeniería civil.

2.1.6.1. Implementación BIM en Latinoamérica y Ecuador

Uso de la metodología BIM en países latinoamericanos

La transformación digital es una realidad en la que todas las diferentes industrias se enfrentan, el sector de la construcción no está excluido y se está enfrentando a un cambio en los procesos a través de las nuevas metodologías basada en datos y usos de nuevas herramientas.

A nivel global la metodología BIM es clave en el proceso de la digitalización del sector y es evidente sus efectos en los aumentos de productividad, mejoras en los plazos e incrementos en la calidad de ejecución de proyectos de construcción y finalmente tener la posibilidad de mantener una trazabilidad de los procesos e información.

En muchos países de América Latina se han encarado muchas iniciativas para promover la adopción de BIM. En el marco de estas iniciativas se han realizado diversas encuestas nacionales para medir los avances registrados en la materia. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

Muchas empresas en los últimos años han incursionado en la implementación de BIM dentro de sus rutinas de trabajo, según la encuesta en Países de América Latina y el Caribe, un 57% de las empresas consultadas han desarrollado una estrategia propia, vinculada al ensayo y error.

Existe una gran perspectiva de que el aumento de requerimientos de proyectos en BIM ira en aumento, al menos ocho de cada 10 no usuarios tienen una visión positiva de BIM, casi la mitad asegura querer entender los beneficios que la metodología puede brindarle a su compañía, mientras que el 40% está evaluando activamente implementarla.

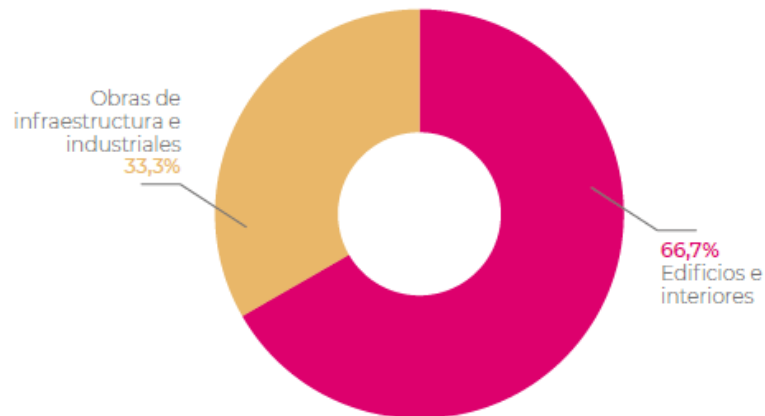
Es importante destacar de que se trata la metodología BIM, tomando el concepto de la ISO 19650, es la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la construcción. (BSI Group, 2023), para el proyecto del control de inundaciones a través de la propuesta de diseño de muro de gaviones, se pretende que este modelo de información sea escalable a lo largo de la vida útil del activo.

Como se pudo evidenciar, en Latinoamérica la implementación de la metodología BIM va en aumento y cada vez más existe el apoyo de los gobiernos locales.

De acuerdo al informe del (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020), y de acuerdo a una encuesta realizada a empresas de 18 países de la región con empresas usuarias y no usuarias de BIM, se determinaron los siguientes gráficos.

Figura 1

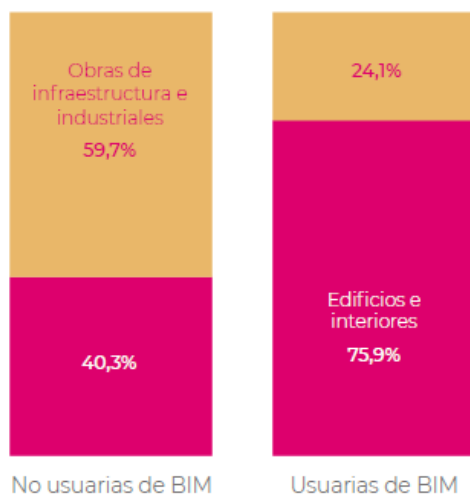
Empresas según tipología de proyectos que ejecutan



Fuente: (Porrás Díaz et al., 2021)

Figura 2

Empresas según tipo de proyecto y uso de BIM



Fuente: (Porrás Díaz et al., 2021)

Uso de la metodología BIM en proyectos en Ecuador

El uso de esta metodología en nuestro país está regido por las empresas privadas, a nivel de sector público hasta el momento no existe nada en concreto en la adopción de estas metodologías.

El caso más emblemático de BIM en Ecuador y en proyectos de infraestructuras, fue en el metro de Quito, actualmente ya en fase de operaciones.

Según (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020), el trabajo con la metodología BIM en el Metro de Quito fue central para alcanzar estos hitos, aun cuando su incorporación se dio desde el inicio de la fase de construcción, pues no estaba previsto en los diseños del proyecto.

En este caso puntual los modelos 3D ayudaron a mejorar la comunicación entre todo el equipo de proyecto, así como también su incorporación en la fase de construcción ayudo para un mejor control de los desperdicios.

2.1.6.2. BIM como Vector del cambio

Para garantizar la mejor productividad del sector la digitalización, y la implantación de la metodología BIM es una de las estrategias adoptadas por las organizaciones públicas y privadas para lograr estos objetivos.

La sociedad quienes representan siempre el usuario final, últimamente percibe al sector de la construcción como un sector ineficiente, con sobrecostes, con retrasos en los plazos de entrega, poco industrializado y muy artesano.

La irrupción de BIM, se ha dado en esta época debido a que tenemos ciertos factores tecnológicos que han aparecido en los últimos tiempos tales como:

- La mejora en los anchos de banda.
- La mejora de las comunicaciones.
- Aparición de la nube.
- Incremento de la potencia de los ordenadores.

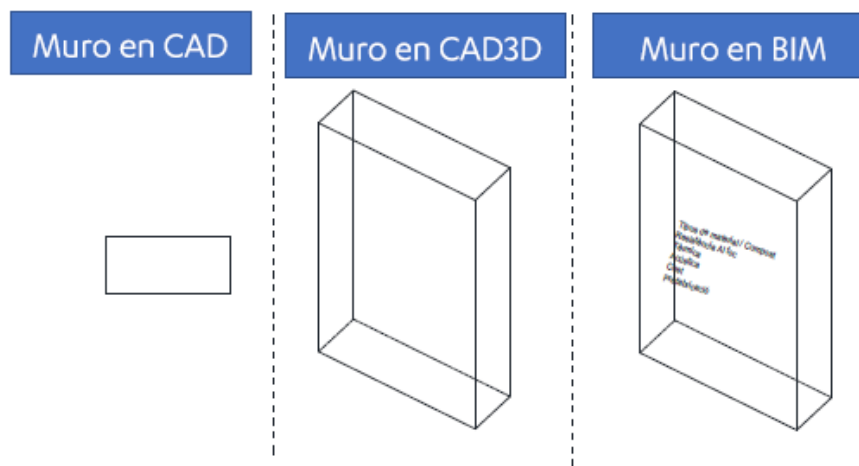
También debemos tener en cuenta otros factores como el socio-económico:

- La sociedad está cada vez más preocupada en la sostenibilidad y eficiencia en la utilización de recursos limitados.
- Por requerimientos legales en mandatos públicos en países donde se ha adoptado BIM.
- Objetivos de desarrollo sostenibles (ODS).

2.1.6.3. BIM como Base de datos

Figura 3

Diferencias de un elemento CAD y BIM



Fuente: (Porrás Díaz et al., 2021)

Cuando tenemos un ejemplo como en la ilustración, el muro representado en CAD en 2D y 3D, solo poseemos un conjunto de líneas que interpretamos que es un elemento de muro, que emula al proceso de dibujo a mano.

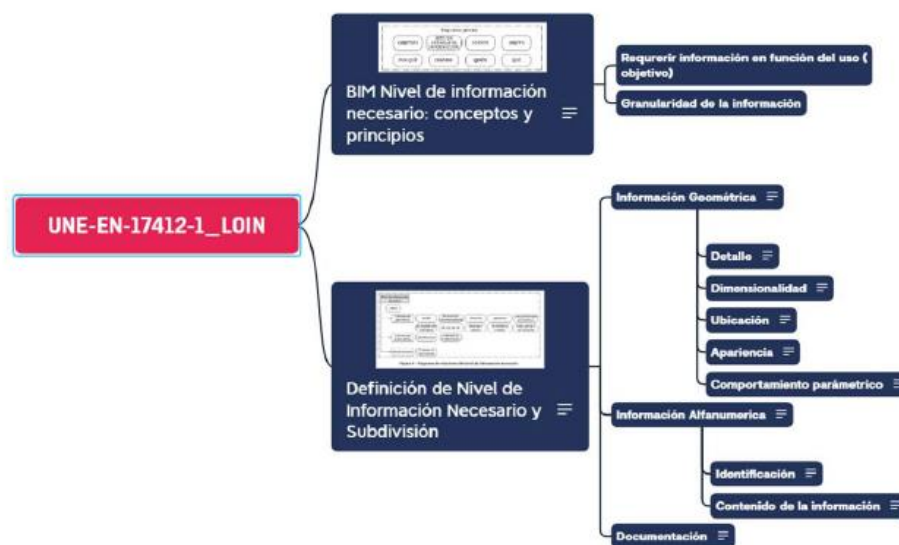
Cuando tenemos en Muro en BIM, asociado al elemento muro tenemos información asociadas a sus características e información que nos aporte valor, como materiales, potencia térmica, fecha prevista de ejecución, url, costes, etc.

2.1.6.4. Nivel de Definición en Elementos BIM

El nivel de definición o level of definition (LOD), se trata del nivel de detalle geométrico modelado (LOD) + el nivel de información asociada al elemento (LOI).

Figura 4

Nivel de Definición para desarrollo de elementos BIM



Fuente: (Porras Díaz et al., 2021)

En cada requerimiento de ejecución de un proyecto BIM, es indispensable definir los niveles Geométricos y de información, tal como se explica en la ilustración 4, es indispensable definir los usos BIM del proyecto, del cual se hablará más adelante, ser específico la información que se requerirá dependiendo de fase del ciclo de vida del proyecto, así como también la información geométrica, alfanumérica y la documentación necesaria que deberá ser extraída del modelo.

Esta información del nivel de desarrollo de los elementos BIM son recogidas en un EIR (Requerimientos de Intercambio de Información) generalmente este documento es redactado por la contratante, sin embargo, en una época de transición como la que vivimos, muchas veces la propuesta de implementación BIM viene de la

Contratista, por esa razón estos niveles de desarrollo del modelo y otros puntos más son recogidos en un Plan de Ejecución BIM.

2.1.6.5. Plan de Ejecución BIM (PEB)

El plan de ejecución BIM (PEB), es el documento que define la forma global de trabajar en un proyecto BIM a lo largo de todo su recorrido, este documento se va a encontrar respuestas de:

- ¿Quiénes son los agentes y sus responsabilidades?
- ¿Qué se va a hacer? Como se va hacer? ¿Con que herramientas?
- ¿Que se entrega y cuándo?
- ¿Que contienen los archivos? Nivel de Definición (Geométrica + Alfanumérica). Nivel de Organización de los modelos.
- ¿Dónde se generan los intercambios de información y como se nombran?
- ¿Como se va a evaluar la calidad de los entregables?

El BEP tiene sus orígenes desde el 2009, a raíz de una tesis doctoral y luego de eso fue acogida por UK en el 2011, y hasta la fecha por muchos países donde se ha adoptado la metodología BIM que tienen dentro de sus protocolos formatos y plantillas para que los usuarios lo tengan como receta para que los usuarios puedan trabajar de la forma más eficiente posible.

Dentro de los puntos que se suelen tocar en estos planes de ejecución BIM se detallan los más comunes, tales como:

1. El Plan de Ejecución
 - Objetivos
 - Alcances
 - Histórico de revisiones.
2. El Proyecto
 - Datos de Proyecto
 - Hitos del Proyecto
 - Objetivos BIM
3. Usos BIM del Proyecto

- Usos Previstos
- Usos Excluidos
- 4. Entregables BIM
 - Listado de Entregables
 - Nivel de detalle Grafico
 - Nivel de detalle de Información
- 5. Organización del Modelo
 - Estructura de Datos
 - Origen de Coordenadas
- 6. Gestión de Calidad.
- 7. Gestión de Información.
- 8. Análisis de Riesgos.
- 9. Procesos BIM
- 10. Estándares
- 11. Anexos

2.1.6.6. Usos BIM

Estos usos BIM preestablecidos que responden a la pregunta de en qué será usada esta metodología, están definidos por la Universidad Estatal de Pensilvania (Pennstate), esta universidad ha establecido un total de 23 usos BIM que están separados en las cuatro macroetapas típicas de todo proyecto, como lo son la fase de Planificación, fase de diseño, construcción, operaciones y o mantenimiento.

Figura 5

BIM Uses según la Universidad Estatal de Pennsylvania



Fuente: (Porrás Díaz et al., 2021)

Su traducción la podremos encontrar en muchas normativas internacionales de Países y Organizaciones gubernamentales o privadas adaptadas a su realidad. A continuación, se muestran ejemplos en los gráficos ilustrativos.

Figura 6

Usos BIM según BIM Forum Colombia



Elaborado por BIM Forum Colombia basado en "BIM Project Execution Planning Guide, Ver. 2.2"

Fuente: (Porras Díaz et al., 2021)

Figura 7

Usos BIM relacionados con las fases del ciclo de Proyecto en Plan BIM Perú



Fuente: (Porrás Díaz et al., 2021)

2.1.7. Teoría socio-económica

La ingeniería civil, a pesar de ser una disciplina técnica, no opera en un vacío; está intrínsecamente ligada a las comunidades que sirve y a las economías en las que se inserta. En el control de inundaciones en el Río Dulcepamba Changuil, la intersección de la ingeniería con la teoría socio-económica es evidente y esencial.

Dentro del marco del proyecto "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM", se pueden destacar los siguientes puntos desde una perspectiva socio-económica (Brichetti et al., 2021):

Impacto en las Comunidades Locales: Las inundaciones no solo causan daño físico, sino también desplazamientos, interrupciones en la educación y en la economía local. Un muro de gaviones eficaz puede prevenir estas disrupciones, asegurando la continuidad socio-económica de la región.

Inversión y Retorno: Aunque la construcción de estructuras de control puede requerir una inversión significativa, los beneficios a largo plazo, en términos de propiedades protegidas, agricultura salvaguardada y vidas no interrumpidas, pueden superar con creces el costo inicial.

Participación Comunitaria: Integrar a la comunidad al proceso de diseño e implementación no solo fomenta la aceptación del proyecto, sino que puede brindar insights valiosos sobre las necesidades y prioridades locales. Además, empodera a las personas, haciéndolas parte activa de la solución.

Economía Sostenible: Las soluciones de control de inundaciones, como los muros de gaviones, pueden abrir oportunidades para el desarrollo de economías sostenibles, desde el turismo ecológico hasta la pesca y agricultura mejoradas por un ecosistema fluvial más controlado.

Implementación con BIM: La metodología BIM, más allá de su función técnica, tiene potencial en la planificación socio-económica. Al visualizar el proyecto y sus impactos, los stakeholders pueden tener una mejor comprensión de las implicaciones y beneficios a corto y largo plazo.

Educación y Conciencia: Parte de cualquier proyecto civil exitoso es la educación. Informar a la comunidad sobre los riesgos de inundaciones y cómo las nuevas estructuras ayudarán puede fomentar una mentalidad proactiva y preparada para futuras eventualidades.

En el Río Dulcepamba Changuil, las inundaciones son más que un problema técnico; son un desafío socio-económico. Integrar estas consideraciones en el diseño y la implementación no solo hace que el proyecto sea más efectivo, sino también más holístico y en sintonía con las necesidades y aspiraciones de la comunidad.

2.1.8. Teoría ambiental

La interacción entre la ingeniería civil y el medio ambiente es inextricable. Cada proyecto de infraestructura altera de alguna manera el ecosistema circundante, y la ingeniería moderna se esfuerza por hacerlo de una manera que sea sostenible y benéfica para el entorno.

El proyecto "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil" no es una excepción y se alinea con esta visión, priorizando un enfoque ambientalmente responsable.

Desde una perspectiva ambiental, el proyecto destaca en varios aspectos Vidal Cobo et al., (2021):

Restauración y Protección Ecológica: Las inundaciones no solo tienen un impacto en las infraestructuras y las comunidades, sino también en los ecosistemas. Un muro de gaviones adecuadamente diseñado puede reducir la erosión, proteger hábitats y permitir que áreas previamente afectadas por inundaciones se recuperen.

Permeabilidad y Ciclo del Agua: A diferencia de otras soluciones más rígidas, los muros de gaviones permiten cierto grado de permeabilidad. Esto puede ayudar en la recarga de acuíferos, mantener el flujo natural de aguas subterráneas y reducir la velocidad del escurrimiento superficial.

Materiales Sostenibles: La construcción de muros de gaviones utiliza piedras y rocas, generalmente obtenidas localmente, lo que reduce la huella de carbono

asociada con el transporte de materiales. Además, son soluciones que no requieren cemento, un material con alta emisión de carbono.

Integración con BIM: Al utilizar la metodología BIM, es posible evaluar y predecir el impacto ambiental del muro. Esta herramienta permite a los ingenieros visualizar cómo se integrará el muro en el paisaje y cómo afectará los ecosistemas circundantes.

Biodiversidad y Hábitat: Aunque los muros de gaviones son estructuras humanas, pueden ser diseñados para favorecer y albergar ciertas formas de vida. Pueden proporcionar hábitats para especies acuáticas, insectos y plantas.

Educación Ambiental: La implementación de proyectos de control de inundaciones brinda una oportunidad para educar a las comunidades locales sobre la importancia de la conservación fluvial, la biodiversidad y los beneficios de soluciones sostenibles.

El Río Dulcepamba Changuil, con su rica biodiversidad y sus comunidades dependientes, merece soluciones que no solo aborden los desafíos de las inundaciones, sino que también sean respetuosas y beneficiosas para el entorno natural. A través de la integración de principios de diseño sostenible y herramientas avanzadas como BIM, el proyecto busca una armonía entre el desarrollo humano y la conservación ambiental.

Marco Legal:

2.2.1. Marco legal de la gestión de riesgos en el Ecuador

La República del Ecuador, ubicada en una región geográficamente diversa y propensa a múltiples riesgos naturales, ha reconocido la necesidad de un marco legal robusto para la gestión de riesgos. Las inundaciones, siendo uno de los desastres más recurrentes y perjudiciales para las comunidades y la infraestructura, han sido objeto de atención en este marco legal (Villacres, 2019).

Desde el prisma de un trabajo de investigación centrado en el "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", es imperativo considerar y adherirse a las

regulaciones nacionales. A continuación, se destaca la relación entre este trabajo y el marco legal ecuatoriano:

Ley Orgánica de Gestión de Riesgos: Esta ley es la piedra angular de la gestión de riesgos en el Ecuador. Establece la responsabilidad del Estado y otros actores en la gestión de riesgos, promoviendo una cultura de prevención y garantizando derechos a las poblaciones afectadas. Cualquier proyecto de control de inundaciones debe adherirse a los principios y directrices de esta ley (Serpa & Montalván, 2021).

Regulaciones Ambientales: Dada la interacción entre las soluciones de ingeniería civil y el medio ambiente, es esencial que el diseño de muro de gaviones cumpla con las normativas ambientales ecuatorianas, incluyendo estudios de impacto ambiental y licencias correspondientes.

Participación Ciudadana: El marco legal ecuatoriano enfatiza la importancia de la inclusión y participación ciudadana en la gestión de riesgos. Así, el proyecto debe contemplar mecanismos para involucrar a la comunidad local, tanto en la fase de diseño como en la implementación.

Normativas Técnicas: Desde una perspectiva puramente de ingeniería, es vital que el diseño y construcción de muros de gaviones se ajuste a las normativas técnicas nacionales e internacionales pertinentes. Esto garantiza la eficacia y seguridad de la infraestructura.

Incorporación de Tecnología y BIM: Si bien el marco legal puede no especificar directamente el uso de metodologías como BIM, la adhesión a estándares de calidad y eficiencia pueden verse potenciados por su implementación. BIM permite un diseño más preciso, una mejor planificación y un enfoque de construcción más sostenible, alineándose así con los objetivos nacionales de desarrollo sostenible y gestión de riesgos.

Responsabilidades y Obligaciones Post-construcción: La gestión de riesgos no termina con la finalización del proyecto. El marco legal podría estipular obligaciones de monitoreo, mantenimiento y reporte para asegurar que las estructuras continúen cumpliendo su función y no representen un riesgo en sí mismas (Guerrero Aguiar et al., 2020).

El marco legal de la gestión de riesgos en el Ecuador proporciona una estructura y directrices esenciales que cualquier proyecto de control de inundaciones debe seguir. Asegurar la adhesión a este marco no solo es una obligación legal sino una garantía de que las soluciones propuestas serán sostenibles, inclusivas y efectivas en proteger a las comunidades y el entorno natural del Río Dulcepamba Changuil.

2.2.2. Marco legal sobre las inundaciones en el Ecuador

La gestión y control de inundaciones en el Ecuador ha sido, durante años, una preocupación primordial del Estado dada su recurrente presencia y los consecuentes daños a comunidades y estructuras. Esta atención se refleja en las normativas y legislaciones que buscan prevenir, mitigar y responder a dichos eventos. Para el trabajo de investigación "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil", el marco legal es fundamental para garantizar un diseño apropiado y efectivo.

Ley Orgánica de Gestión de Riesgos: Es el principal instrumento que rige la preparación, respuesta y recuperación de desastres en el país. Esta ley estipula que cualquier infraestructura destinada a prevenir o controlar desastres, como inundaciones, debe ser concebida con estudios técnicos rigurosos, lo que destaca la necesidad de una metodología como BIM (Peña, 2018).

Ordenanzas Municipales y Provinciales: Dependiendo de la ubicación específica del Río Dulcepamba Changuil, existen ordenanzas o regulaciones locales que afecten la planificación, diseño y construcción de obras de control de inundaciones.

Códigos de Construcción: Estos establecen las normas técnicas que todo proyecto de ingeniería civil debe seguir en el país. La construcción del muro de gaviones debe cumplir con los estándares estipulados en términos de materiales, técnicas y seguridad.

Normativa Ambiental: Cualquier proyecto de esta magnitud debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y obtener los permisos correspondientes para

garantizar que no habrá un impacto negativo en el ecosistema circundante y se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible del país.

Directrices sobre Participación Ciudadana: El marco legal ecuatoriano enfatiza la inclusión y consulta a las comunidades afectadas en proyectos que alterarán su entorno o modo de vida. Es imperativo que exista un proceso transparente y consultivo con las comunidades ribereñas del Río Dulcepamba Changuil.

Regulaciones sobre Tecnologías y Herramientas: Aunque la legislación ecuatoriana podría no referirse específicamente a la metodología BIM, esta herramienta, por sus ventajas en eficiencia y precisión, puede facilitar el cumplimiento de muchos requisitos técnicos y ambientales exigidos por la ley.

La Constitución del Ecuador, en su rol de norma suprema, establece principios fundamentales relacionados con el derecho de sus ciudadanos a un ambiente sano y al desarrollo sostenible. Estos preceptos se entrelazan intrínsecamente con la problemática de las inundaciones, las cuales tienen un impacto ambiental, social y económico. A continuación, se desglosa la relación entre la Constitución y el proyecto de investigación "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil" (Ullauri Donoso y Riera, 2017).

Derecho a un Ambiente Sano: La Constitución ecuatoriana reconoce el derecho de toda persona a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Esto implica que el Estado debe garantizar medidas preventivas, como el control de inundaciones, para mantener dicho equilibrio y proteger la salud y bienestar de sus ciudadanos.

Desarrollo Sostenible: El desarrollo sostenible es un principio constitucional que busca equilibrar las necesidades económicas, sociales y ambientales. Bajo este enfoque, el diseño propuesto para el muro de gaviones no sólo debe ser eficiente desde el punto de vista técnico, sino también sostenible, minimizando el impacto ambiental y beneficiando a la comunidad a largo plazo.

Participación Ciudadana: La Constitución enfatiza la participación ciudadana en la toma de decisiones. En el contexto del proyecto del Río Dulcepamba Changuil,

esto se traduce en una consulta y colaboración activa con las comunidades afectadas, permitiendo que expresen sus preocupaciones y aporten su conocimiento local.

Uso de Tecnologías Avanzadas: Aunque la Constitución no se refiere explícitamente a la metodología BIM, sí promueve la adopción de técnicas y tecnologías innovadoras para el desarrollo del país. BIM, con su capacidad para optimizar el diseño, gestión y mantenimiento de infraestructuras, se alinea con esta visión de progreso y modernización.

Responsabilidad del Estado: La Constitución establece la responsabilidad del Estado en la prevención y mitigación de desastres naturales. En este contexto, el control de inundaciones y el diseño de muros de gaviones para el Río Dulcepamba Changuil no son simplemente proyectos de ingeniería, sino también manifestaciones de la obligación estatal de proteger a sus ciudadanos.

Protección de Ecosistemas Frágiles: El Ecuador, debido a su diversidad geográfica, posee áreas y ecosistemas particularmente sensibles. La intervención en zonas como la del Río Dulcepamba Changuil debe ser realizada con una consideración meticulosa del entorno natural, alineándose con el mandato constitucional de proteger estos ecosistemas.

La relación entre la Constitución del Ecuador y el proyecto de "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones" no es simplemente normativa. Representa una interacción entre los derechos, obligaciones y aspiraciones nacionales con soluciones técnicas y sostenibles desde la perspectiva de la ingeniería civil. Es un reflejo de cómo la ingeniería y la ley pueden trabajar juntas en pro del bienestar colectivo.

Protocolos Post-construcción: Es probable que existan regulaciones que estipulen la supervisión, monitoreo y mantenimiento de estructuras post-construcción para garantizar su operatividad y seguridad en el tiempo (Peña, 2018)..

2.2.3. La constitución y el control de las inundaciones en el Ecuador

La Constitución del Ecuador, en su rol de norma suprema, establece principios fundamentales relacionados con el derecho de sus ciudadanos a un ambiente sano y al desarrollo sostenible. Estos preceptos se entrelazan intrínsecamente con la problemática de las inundaciones, las cuales tienen un impacto ambiental, social y económico. A continuación, se desglosa la relación entre la Constitución y el proyecto de investigación "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones mediante metodología BIM en el Río Dulcepamba Changuil" (Ullauri Donoso y Riera, 2017).

Derecho a un Ambiente Sano: La Constitución ecuatoriana reconoce el derecho de toda persona a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Esto implica que el Estado debe garantizar medidas preventivas, como el control de inundaciones, para mantener dicho equilibrio y proteger la salud y bienestar de sus ciudadanos.

Desarrollo Sostenible: El desarrollo sostenible es un principio constitucional que busca equilibrar las necesidades económicas, sociales y ambientales. Bajo este enfoque, el diseño propuesto para el muro de gaviones no sólo debe ser eficiente desde el punto de vista técnico, sino también sostenible, minimizando el impacto ambiental y beneficiando a la comunidad a largo plazo.

Participación Ciudadana: La Constitución enfatiza la participación ciudadana en la toma de decisiones. En el contexto del proyecto del Río Dulcepamba Changuil, esto se traduce en una consulta y colaboración activa con las comunidades afectadas, permitiendo que expresen sus preocupaciones y aporten su conocimiento local.

Uso de Tecnologías Avanzadas: Aunque la Constitución no se refiere explícitamente a la metodología BIM, sí promueve la adopción de técnicas y tecnologías innovadoras para el desarrollo del país. BIM, con su capacidad para optimizar el diseño, gestión y mantenimiento de infraestructuras, se alinea con esta visión de progreso y modernización.

Responsabilidad del Estado: La Constitución establece la responsabilidad del Estado en la prevención y mitigación de desastres naturales. En este contexto, el

control de inundaciones y el diseño de muros de gaviones para el Río Dulcepamba Changuil no son simplemente proyectos de ingeniería, sino también manifestaciones de la obligación estatal de proteger a sus ciudadanos.

Protección de Ecosistemas Frágiles: El Ecuador, debido a su diversidad geográfica, posee áreas y ecosistemas particularmente sensibles. La intervención en zonas como la del Río Dulcepamba Changuil debe ser realizada con una consideración meticulosa del entorno natural, alineándose con el mandato constitucional de proteger estos ecosistemas.

La relación entre la Constitución del Ecuador y el proyecto de "Control de inundaciones y propuesta de diseño de muro de gaviones" no es simplemente normativa. Representa una interacción entre los derechos, obligaciones y aspiraciones nacionales con soluciones técnicas y sostenibles desde la perspectiva de la ingeniería civil. Es un reflejo de cómo la ingeniería y la ley pueden trabajar juntas en pro del bienestar colectivo.

2.2.4. La ley orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua y el control de las inundaciones en el Ecuador

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUA) del Ecuador establece un marco legal para la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos del país. Esta normativa, al considerar la importancia vital del agua y su impacto en la sociedad, el ambiente y la economía, tiene una conexión directa con proyectos de ingeniería civil orientados al control de inundaciones, como el del Río Dulcepamba Changuil. A continuación, se analizan las implicaciones de esta ley para dicho proyecto (Asamblea nacional, 2014):

Gestión Integral del Agua: La LORHUA promueve la gestión integral de cuencas hidrográficas. En este contexto, el proyecto de control de inundaciones no debe limitarse solo a la construcción del muro de gaviones, sino también a la evaluación y gestión de toda la cuenca del Río Dulcepamba Changuil, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Participación Ciudadana: Siguiendo la línea de la Constitución, la LORHUA refuerza la importancia de la participación ciudadana en la gestión del agua. Esto

implica que las comunidades afectadas por el proyecto deben ser consultadas, informadas y consideradas en todas las fases del proceso.

Protección del Ambiente: La ley enfatiza la necesidad de proteger los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad. El diseño del muro de gaviones mediante metodología BIM debe considerar, por ende, el impacto ambiental, buscando minimizar las alteraciones al ecosistema del río y sus alrededores.

Uso Eficiente de los Recursos: La LORHUA promueve el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos. Aunque el principal objetivo del proyecto es el control de inundaciones, se debe garantizar que cualquier intervención no perjudique otros usos del agua, como el abastecimiento, la agricultura o actividades recreativas.

Prevención y Mitigación de Riesgos: Una de las directrices de la ley es la prevención y mitigación de riesgos relacionados con eventos hidrológicos extremos. Bajo esta premisa, el proyecto del Río Dulcepamba Changuil no solo cumple una función técnica, sino también legal, al responder a este mandato de proteger a las comunidades y sus bienes frente a inundaciones.

Regulación Técnica: La ley establece que cualquier obra relacionada con recursos hídricos debe cumplir con regulaciones técnicas específicas. En este sentido, la implementación de la metodología BIM puede facilitar el cumplimiento de estas normativas, al ofrecer un diseño detallado, eficiente y adaptado a las necesidades específicas del lugar.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua en Ecuador proporciona un marco legal que guía y complementa proyectos de ingeniería civil como el del Río Dulcepamba Changuil. Esta interacción entre normativas legales y propuestas técnicas busca garantizar la seguridad, sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los recursos hídricos y la prevención de desastres relacionados con inundaciones.

2.2.5. El Código orgánico del ambiente y el control de las inundaciones en el Ecuador

El Código Orgánico del Ambiente (COA) de Ecuador representa un conjunto de normativas dirigidas a la conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales y del ambiente. Este marco legal establece parámetros y obligaciones para garantizar un desarrollo sostenible y un ambiente sano para las presentes y futuras generaciones. En el contexto del control de inundaciones, y particularmente para el proyecto del Río Dulcepamba Changuil, el COA tiene diversas implicaciones que se detallan a continuación (Ministerio Ambiente Ecuador, 2018):

Evaluación Ambiental: El COA estipula la necesidad de realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos que puedan generar un impacto significativo en el ambiente. Por ende, el diseño y construcción del muro de gaviones en el Río Dulcepamba Changuil requerirá una EIA detallada, donde se analicen los posibles efectos ecológicos, paisajísticos y socioculturales.

Zonificación Ecológica: Este código promueve la zonificación ecológica para determinar las áreas más aptas para diferentes actividades, considerando sus características y vulnerabilidades ambientales. El proyecto deberá, por lo tanto, asegurarse de que las intervenciones propuestas estén en concordancia con la zonificación de la cuenca del río.

Gestión de Riesgos: El COA establece que la gestión de riesgos debe ser considerada en cualquier proyecto que interfiera con el ambiente. El control de inundaciones en el Río Dulcepamba Changuil no es solo una respuesta a un problema existente, sino una estrategia preventiva para reducir futuros riesgos asociados con eventos climáticos extremos.

Uso de Tecnologías Sostenibles: El COA promueve la utilización de tecnologías y metodologías que minimicen el impacto ambiental. En este sentido, la adopción de la metodología BIM para el diseño del muro de gaviones no solo optimiza el proceso constructivo, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad del proyecto.

Participación y Transparencia: El código enfatiza la importancia de la participación ciudadana y la transparencia en la toma de decisiones relacionadas con el ambiente. Esto implica que el proceso de diseño, construcción y supervisión del muro debe ser transparente y permitir la inclusión de opiniones y preocupaciones de la comunidad.

Restauración Ambiental: En caso de que alguna fase del proyecto genere impactos negativos, el COA obliga a implementar medidas de restauración para retornar el ambiente a un estado similar o mejor a la inicial.

El Código Orgánico del Ambiente actúa como una guía y salvaguarda para garantizar que proyectos de ingeniería civil, como el control de inundaciones en el Río Dulcepamba Changuil, se lleven a cabo con un enfoque sostenible, equitativo y responsable. La integración de este marco legal con técnicas avanzadas, como la metodología BIM, demuestra la evolución y compromiso del Ecuador hacia un desarrollo que respeta y protege su riqueza ambiental.

2.2.6. El COOTAD y el control de las inundaciones en el Ecuador

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) del Ecuador constituye el marco jurídico que regula la organización y funcionamiento de los gobiernos autónomos descentralizados en el país. Dicho código, al otorgar competencias y responsabilidades a estas entidades territoriales en la gestión de riesgos y el manejo de recursos naturales, tiene una relación directa con proyectos de control de inundaciones. Veamos cómo se conecta con el proyecto del Río Dulcepamba Changuil (Panchana y Cochea, 2018):

Competencias de Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD): Los GAD, bajo el COOTAD, tienen competencias claras en la gestión de riesgos y la protección del ambiente. Así, la iniciativa del muro de gaviones en el Río Dulcepamba Changuil requerirá la participación y aprobación de los GAD locales, garantizando su alineación con las políticas y necesidades territoriales.

Planificación Territorial: El COOTAD enfatiza la necesidad de realizar una adecuada planificación territorial. En este contexto, el proyecto de control de inundaciones debe encajar dentro de los planes de desarrollo y ordenamiento

territorial del área de influencia del río, considerando aspectos ambientales, socioeconómicos y culturales.

Participación Ciudadana: Una de las esencias del COOTAD es promover la participación activa de la ciudadanía en la gestión pública. Esto implica que el proyecto debe asegurarse de involucrar a las comunidades locales en todas las fases, desde el diseño hasta la implementación y monitoreo del muro de gaviones.

Gestión de Riesgos: Los GAD tienen la responsabilidad de crear y mantener sistemas de prevención y atención de emergencias. Por lo tanto, el control de inundaciones en el Río Dulcepamba Changuil contribuye directamente a fortalecer la capacidad de respuesta de la localidad ante eventos adversos relacionados con el agua.

Recursos Económicos: El COOTAD establece mecanismos de financiamiento para los GAD, los cuales pueden ser destinados para proyectos de infraestructura y gestión de riesgos. Esto puede abrir oportunidades para financiar o cofinanciar la construcción del muro de gaviones mediante alianzas entre el sector público y privado.

Uso de Tecnologías Avanzadas: Si bien el COOTAD no se refiere específicamente a tecnologías como BIM, la inclusión de esta metodología en el proyecto se alinea con la visión de promover prácticas innovadoras y eficientes en la gestión pública.

El COOTAD, al estructurar la organización y competencias de los gobiernos autónomos descentralizados, proporciona un marco que guía y facilita la implementación de proyectos de control de inundaciones como el del Río Dulcepamba Changuil. El trabajo coordinado entre entidades territoriales, la ciudadanía y expertos en ingeniería civil garantiza una respuesta efectiva y sostenible ante los desafíos hídricos del Ecuador.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

Esta investigación está enfocada en el uso de la metodología BIM en proyectos de infraestructuras, en el caso del trabajo de titulación el proyecto es el Control de Inundaciones a través de la propuesta de diseño de muro de gaviones.

El enfoque de la investigación será mixto, debido a que se requiere una evaluación cuantitativa y cualitativa de los costos y beneficios relacionados con la implementación del diseño de muro de gaviones.

El enfoque cuantitativo permitirá recopilar datos numéricos precisos sobre los efectos de las inundaciones y los costos asociados con la construcción del muro de gaviones, ofreciendo una base sólida para el análisis económico y presupuestario.

Por otro lado, el enfoque cualitativo permitirá explorar las posibles percepciones y experiencias de la entidad contratante y el usuario final, en como la eficacia de la metodología BIM aporta en el diseño propuesto desde una perspectiva social y ambiental.

Al combinar métodos cuantitativos y cualitativos, se podrá obtener una imagen completa y holística del problema, lo que permite formular recomendaciones sólidas y prácticas para el control de inundaciones en el río Dulcepamba Changuil, considerando tanto los aspectos técnicos como las preocupaciones y necesidades de las comunidades locales. Este enfoque mixto asegura la integralidad y validez de los resultados, proporcionando una base firme para la toma de decisiones en el diseño y ejecución del proyecto.

3.1.1. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)

Con el objetivo de proyecto del “control de inundaciones en propuesta de diseño de muro de gaviones aplicando metodología BIM”, con el propósito de iniciar a la descripción de este proceso de implementación es necesario definir Para Que, y

Por qué hacemos BIM, de esta forma alcanza definir los alcances del proyecto a través de sus Usos y Objetivos.

Mucho más allá de que el BIM pueda ser una moda en la actualidad en la comunidad de profesionales del sector AECO, la importancia de su implementación es porque representa una mejora sustancial en la forma de cómo se va a abordar los proyectos a través de sus beneficios.

Ahora la implementación de esta metodología implica un replanteo en la forma de trabajo, la cual será descrita en esta investigación. Este cambio es solo justificado si definimos desde un principio unos usos y objetivos BIM para el proyecto.

3.2.1. Usos y Objetivos BIM

Se comienza mencionando sobre los Usos BIM, estos responden a la pregunta: ¿En qué vamos a utilizar BIM en el Proyecto?, a nivel internacional se han establecido una serie de usos BIM de propósito general para todos los proyectos, debido a que son proyectos constructivos, todos comparten una serie de características similares.

Ahora bien, tener en cuenta estos usos BIM no responde en particular porque implementar BIM, y para eso se encuentran los objetivos BIM del proyecto.

Los objetivos BIM responden a la pregunta: ¿Cómo nos beneficiamos de implementar los usos BIM?, en otras palabras, los usos BIM definen el “Qué” y los objetivos BIM “Para Qué”.

En este proyecto puntual se implementará BIM porque se desea beneficiar la ejecución del proyecto con estos usos BIM, teniendo claro estos conceptos dentro del alcance se definirá que usos BIM serán implementados debido a que eso implicará el los recursos a implementar y en qué fase se desarrollará.

Internacionalmente el lugar óptimo donde se ve plasmado los usos y objetivos BIM del proyecto es en un plan de ejecución BIM, el cual se encontrará adjunto en los anexos de esta investigación.

Retornando a los objetivos y usos BIM, para el proyecto del “control de inundaciones en propuesta de diseño de muro de gaviones aplicando metodología

BIM” hemos definido los siguientes Usos y Objetivos BIM, descritos en el siguiente punto.

3.2.1.1 Objetivos BIM del Proyecto

Para los objetivos BIM del proyecto basados en las necesidades y requerimientos se plantea lo siguiente:

- Usar la tecnología de captura de información 3D y software de autoría de modelos para un relevamiento de las condiciones existentes en relación a la topografía y estructuras del sector.
- Generar el cálculo de estimaciones de costos durante el ciclo de vida de la fase de construcción del proyecto y se encuentren integrados al modelo de información, que permita el equipo de proyecto ver los efectos de costos en sus cambios.
- Generar un modelo 4D para la utilización de un plan efectivo de secuencia constructiva.
- Generar un Modelo de Revisión de Diseño que permitan a los usuarios no BIM, interactuar y extraer la información necesaria para sus actividades, permitir obtener comentarios.

3.2.1.2. Usos BIM del Proyecto

Para el cumplimiento de los objetivos BIM del proyecto, se han escogido los siguientes usos BIM los cuales se irán definiendo de forma más detallada en el siguiente subcapítulo.

Uso BIM 1: Captura de Condiciones Existentes

Fase de Uso: Planificación, Diseño, Construcción y Mantenimiento

Valor Potencial:

- Mejora la precisión de la documentación del entorno.
- Ayuda en la autoría del modelo y la coordinación.
- Proporciona una representación de la realidad en una maqueta digital
- Verificación de cantidades en tiempo real.

- Planificación preventiva para desastres.
- Registro posterior al desastre.
- Uso con fines de visualización.

Uso BIM 2: Generación de Estimación de Costos

Fase de Uso: Planificación, Diseño, Construcción y Mantenimiento

Valor Potencial:

- Cuantificar los materiales asociados al modelo
- Mejora la toma de decisiones basado en cantidades más cernas a la realidad.
- Generar presupuestos más rápidos.
- Mejor representación visual del proyecto y de los elementos constructivos que deben estimarse.
- Permite a los profesionales en centrarse en actividades de mayor valor.

Uso BIM 3: Autoría de Modelo 4D

Fase de Uso: Planificación, Diseño y Construcción

Valor Potencial:

- Mayor comprensión del cronograma de parte de los interesados del proyecto.
- Posibilidad de integrar la planificación de recursos con el modelo BIM para programar y estimar mejor los costos del proyecto.
- Conflictos espaciales y colisiones identificados antes de la ejecución del proyecto.
- Reconocimiento de problemas de cronograma, secuenciación o fases.

Uso BIM 4: Revisiones de Diseño

Fase de Uso: Planificación y Diseño.

Valor Potencial:

- Eliminar las costosas y oportunas maquetas de construcción tradicionales.
- Se pueden modelar y cambiar fácilmente diferentes opciones y alternativas de diseño en tiempo real durante la revisión del diseño.

Incrementar considerablemente la comunicación. Técnica e instrumentos para obtener los datos

Durante el desarrollo de la producción del modelo se ir describiendo la técnica y metodología de trabajo a través de diagramas de flujo, donde se detalla los agentes que intervendrán en cada uno de los procesos, los inputs y output referenciados a los usos BIM previamente descritos.

Basados en estos usos se realizará la descripción de los recursos necesarios para su ejecución. Estos conceptos podrán ser también encontrados con detalle en el anexo del Plan de Ejecución BIM (PEB).

Para cada Uso BIM descritos en los ítems anteriores se ha destinado un requerimiento de competencias a nivel de recursos humanos y un nivel de requerimiento tecnológico para el cumplimiento del proyecto.

Estos requerimientos escogidos se verán a continuación:

Uso BIM 1: Captura de Condiciones Existentes

Competencias que se usaron a nivel de recursos humanos:

- Conocimientos de herramientas de escaneo láser 3D.
- Conocimiento de herramientas y equipos topográficos.
- Capacidad de examinar grandes cantidades de datos generados por un escaneo láser 3D.
- Capacidad para determinar qué nivel de detalles se requerirá para agregar “valor” al proyecto.
- Capacidad para generar un modelo de información de construcción a partir de un escaneo laser 3D y/o datos topográficos convencionales.

Recursos Tecnológicos selectos:

Hardware:

- Estación Total
- GPS Estacionario
- Dron
- PC de escritorio

Software:

- Software de Procesamiento de Escaneo Laser, en nuestro proyecto fue usado PIX4D
- Software para conversión a nubes de Puntos, en nuestro proyecto fue usado Recap 2023
- Software de Procesamiento de Datos Topográficos, en nuestro proyecto fue usado Civil 3D
- Software para modelado de información y 3D de superficies, condiciones existentes e instalaciones, en nuestro proyecto fue usado Revit 2023

Flujo de trabajo implementado para el desarrollo del Uso BIM de Captura de Condiciones Existentes

El flujo de trabajo implementado en el proyecto fue el que se muestra a continuación en la siguiente **Ilustración 6**. Asimismo, este podrá ser observado en el Plan de Ejecución BIM del proyecto.

Uso BIM 2: Generación de Estimación de Costos

Competencias que se usaron a nivel de recursos humanos:

- Capacidad para definir procesos de modelado específicos para la configuración del modelo para extracción de cantidades.

Recursos Tecnológicos usados

Hardware:

- PC de Escritorio.

Software:

- Software de Creación de Modelado, en nuestro proyecto fue usado Revit 2023.
- Software de Revisión de Modelo para Formatos Abiertos como él .IFC, en nuestro caso fue usado el software BIM Collab Zoom y BIM Vision.
- Software de Revisión de Diseño de nivel de información y Planificación de Costos, en nuestro caso fue usado el software Navisworks Manage.

Flujo de trabajo implementado para el desarrollo del Uso BIM de Generación de Estimación de Costos

El flujo de trabajo implementado en el proyecto fue el que se muestra a continuación en la siguiente **Ilustración 7**. Asimismo, este podrá ser observado en el Plan de Ejecución BIM del proyecto.

Uso BIM 3: Autoría de Modelo 4D

Competencias que se usaron a nivel de recursos humanos:

- Conocimiento de la programación de obras y del proceso constructivo general.
- Conocimientos de software 4D.

Hardware:

- PC de Escritorio.

Recursos Tecnológicos usados:

- Software de Revisión de Modelo para Formatos Abiertos como él .IFC, en nuestro caso fue usado el software BIM Collab Zoom y BIM Vision.
- Software de Simulación Constructiva, en nuestro caso fue usado el software Navisworks Manage.

Flujo de trabajo implementado para el desarrollo del Uso BIM de Autoría de Modelo 4D

El flujo de trabajo implementado en el proyecto fue el que se muestra a continuación en la siguiente **Ilustración 8**. Asimismo, este podrá ser observado en el Plan de Ejecución BIM del proyecto.

Uso BIM 4: Revisiones de Diseño

Competencias que se usaron a nivel de recursos humanos:

- Capacidad para manipular, navegar y revisar un modelo 3D.
- Experiencia en coordinación de proyectos.

Hardware:

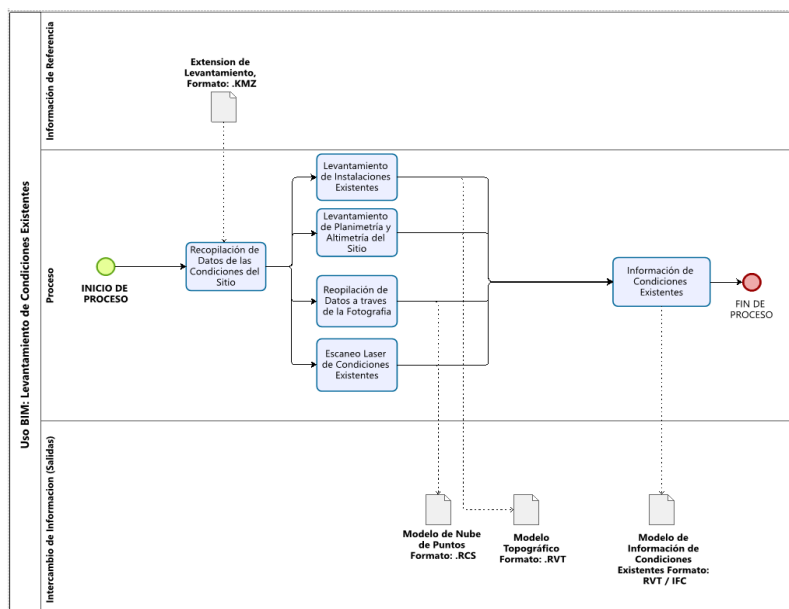
- PC de Escritorio.

Recursos Tecnológicos usados:

- Software de Revisión de Modelo para Formatos Abiertos como el IFC, en nuestro caso fue usado el software BIM Collab Zoom y BIM Vision.
- Plataforma de CDE para revisión de Modelos de Información

Figura 8

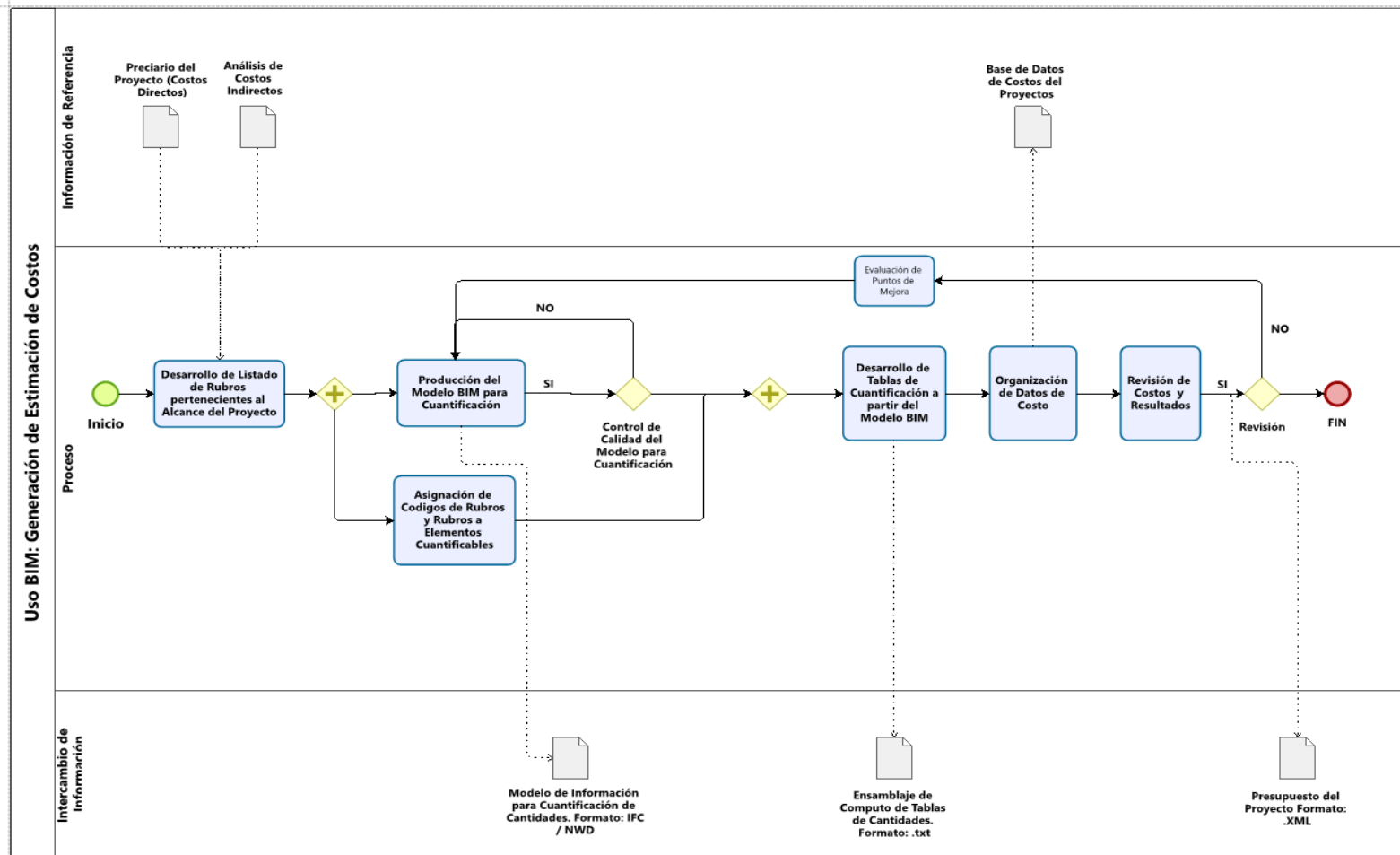
Flujo de Trabajo de Uso BIM de levantamiento de Condiciones Existentes



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 9

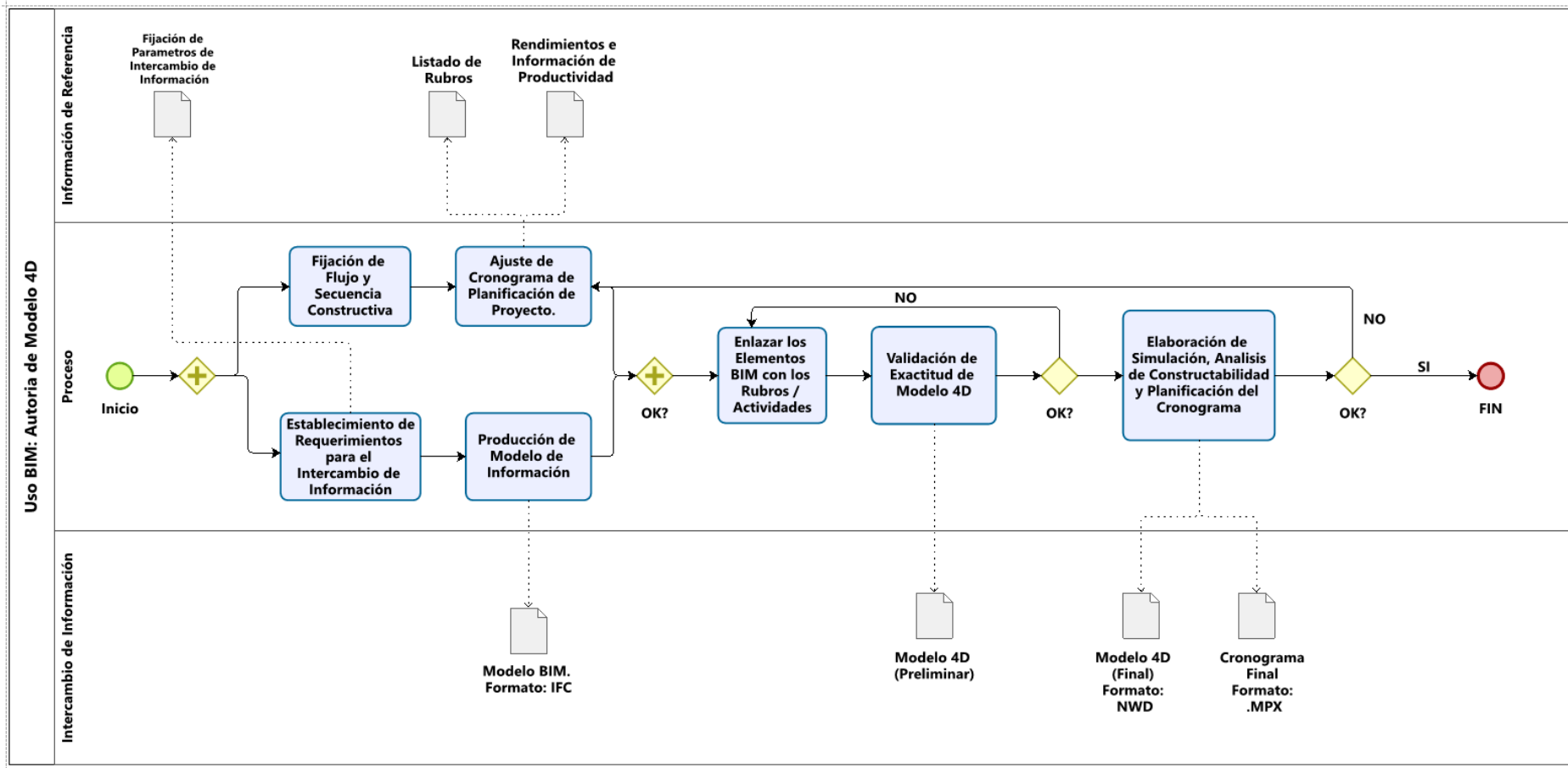
Flujo de Trabajo para desarrollo de Uso BIM Estimación de Costos.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 10

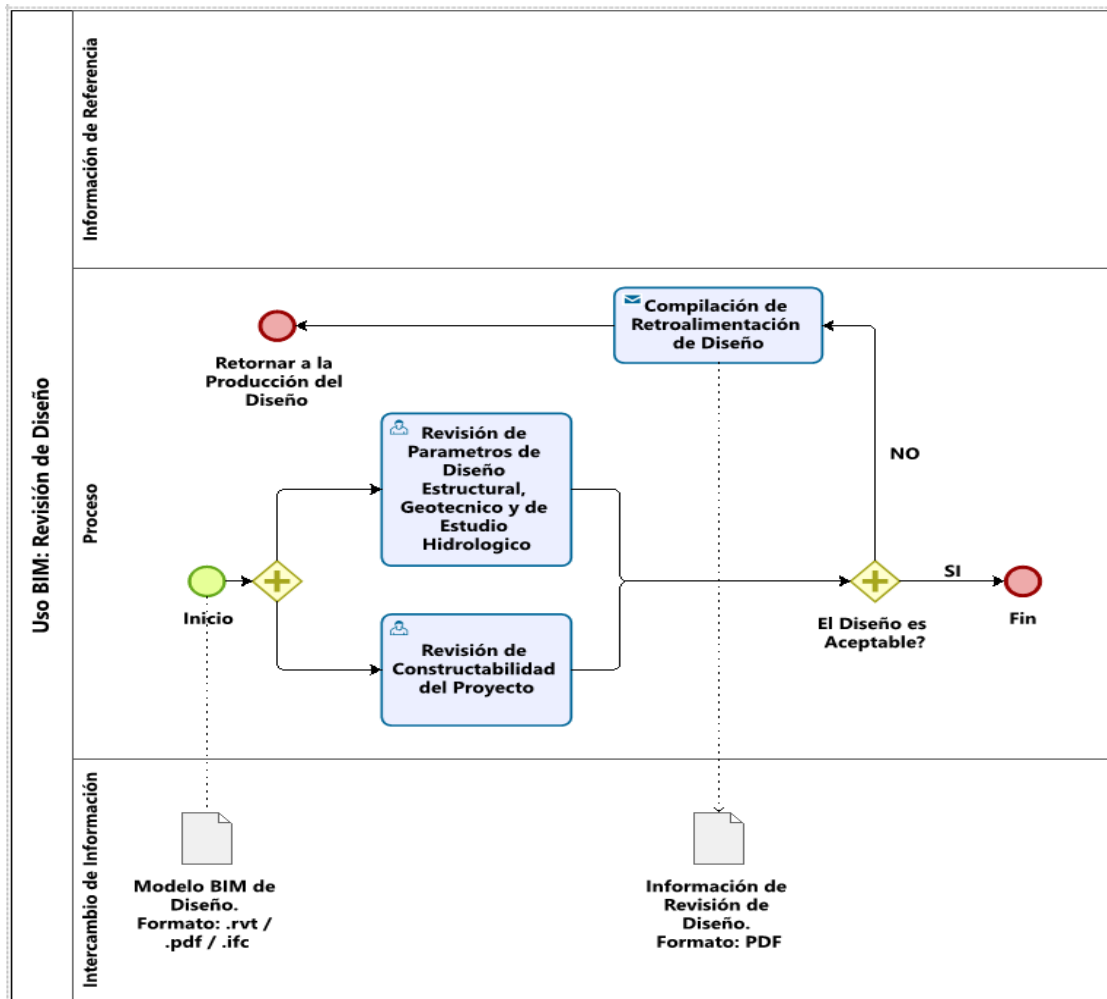
Flujo de Trabajo de Autoría de Modelo 4D



Elaborado por: Baltán & Dávila (2023)

Figura 11

Flujo de Trabajo de Uso BIM Revisión de diseño.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Población y muestra

Para nuestro proyecto se realizó un estudio descriptivo, no experimental, se llevó a cabo y su población de estudio tuvo una cobertura en el Barrio Norte, Barrio Paraíso, Barrio Central y en Barrio San José, zonas identificadas como vulnerables por antecedentes históricos.

Los instrumentos utilizados se dividieron en tres etapas:

1. **Etapa Uno:** Levantamiento de la Información.
 - a. **Uso BIM:** Levantamiento de las condiciones existentes.
 - b. **Agentes Involucrados:** Topógrafo, BIM Manager (Experto en Metodologías BIM) y Modelador BIM.
2. **Etapa Dos:** Producción de la Información.
 - a. **Uso BIM:** Revisiones de Diseño, Generación de Estimación de Costos, Autoría de Modelo 4D.
 - b. **Agentes Involucrados:** BIM Manager y Modelador BIM.
3. **Etapa Tres:** Publicación de la Información.
 - a. **Uso BIM:** Revisiones de Diseño
 - b. **Agentes Involucrados:** BIM Manager.

Para la ejecución de este proyecto, inicialmente se definió roles y competencias específicas de parte de cada uno de los agentes involucrados.

3.4.1. Agentes Involucrados en el Proyecto

Para este proyecto de infraestructura se definieron 3 roles específicos alineados con las Competencias de los Usos BIM definidos al inicio del proyecto.

Cada una de las tareas fueron implementadas a través de una matriz de responsabilidades que estará descrita en el Plan de Ejecución BIM, dichos roles y competencias se describen a continuación:

Topógrafo

Competencias Ejecutadas:

- Levantó las condiciones del entorno del proyecto tales como: Topografía del sitio, Vegetación existente, Cauce del Rio, Infraestructura existente, Vivienda y edificaciones del sector.
- Transmitió la información del levantamiento al BIM Manager de acuerdo a lo requerido, en nuestro proyecto se requirió lo siguiente:
 - Ortofoto Georeferenciada procesada con resolución de 1px/3cm en formato **.tiff**.
 - Archivo de Topografía con curvas de nivel de proyecto en formato: **.cad**.
 - Archivo para procesamiento de nube de puntos en formato: **.laz**.
 - Registro Fotográfico del Dron y con cámara fotográfica.

BIM Manager

Competencias Ejecutadas:

- Interpretó las necesidades del proyecto para definir los usos y objetivos BIM.
- Desarrolló el Plan de Ejecución BIM del proyecto.
- Desarrolló las plantillas de proyecto necesarias para un proceso de producción de modelos de información eficientes y ordenado.
- Recopiló los parámetros de información necesarios que se transmitió en el modelo.
- Desarrolló los flujos de trabajos necesarios para la ejecución de los Usos BIM definidos.
- Determinó el punto de Georreferencia XYZ del proyecto.
- Aseguró la correcta realización de archivos de intercambio para el uso de la información por otros agentes.

Modelador BIM

Competencias Ejecutadas:

- Realizó el modelo de infraestructura.
- Producción de modelado 3D de representaciones constructivas, parametrizada en geometría e información definidas previamente por el BIM Manager en su Plan de Ejecución BIM.
- Incorporación de información proveniente del diseño de muro de gaviones, cálculo de costos y planificación del proyecto al modelo de información.
- Transmitió la información requerida como Planos, Tablas de Planificación y Archivos digitales en formatos abiertos que puedan ser leídos por usuarios no BIM.

CAPÍTULO IV

INFORME DE IMPLEMENTACIÓN BIM

Durante este proceso de implementación de BIM para el proyecto se ha identificado los siguientes beneficios:

- Trazabilidad de los datos e información desde la fase 0 hasta la fase de operaciones del proyecto.
- Un Mayor entendimiento del proyecto de parte de cada uno de los agentes No técnicos.
- Transparencia en el manejo de información sensible como los costos del proyecto.
- Posibilidad de tener una base de datos grafica que permita registrar información durante toda la fase de operaciones.
- Posibilidad de una mayor capacidad de revisión en cada uno de los agentes involucrados.
- Mayor eficiencia y menor riesgo financiero para los inversores del proyecto.

Presentación y análisis de resultados

Muchos estudios han evidenciado que el uso ineficiente e inadecuado de las herramientas BIM han aumentado la resistencia al cambio por mantener los procesos en CAD en la industria de la infraestructura, por esa razón en el presente estudio se ha realizado un mapeo de las herramientas y tecnologías BIM, muchos de ellos se observaron en los flujos de trabajo por cada uso BIM propuesto en el proyecto.

Dentro del Plan de ejecución del proyecto BIM, se definió el nivel de detalle geométrico y de información que tendrá cada elemento modelado, el nivel de desarrollo del proyecto fue un LOD 350 clasificación según la AIA. Este nivel de desarrollo busca que el modelo sea pensado no solo para una fase de diseño, sino que la información contenida pueda sea desarrollada en la fase de construcción y mantenimiento.

Sin embargo, para evitar es uso sobre excesivo de modelización excesiva, se definió que ciertos elementos como los de entorno posean un nivel de detalle mucho menor, con la finalidad de evitar desperdicio de recurso del proyecto.

Así como también se definieron elementos que serían excluidos del proceso de modelado ya que no aportan valor al proyecto.

Modelado del sitio: Establecimiento y Análisis del entorno del mundo real en 3D

Durante la fase de levantamiento de información se realizó un levantamiento topográfico para capturar las conficiones existentes y poseer una mejor comprensión del entorno y del área de estudio.

Para poder hacer el medio ambiente mucho más realista agregando la vegetación, arboles, casas, caminos existentes, puentes, servicios, etc. Se usó aplicaciones basadas en BIM que admiten grandes cantidades de datos existentes e incluyen herramientas que nos permiten manipular e importar datos ráster, datos del sistema de información geográfica (en nuestro estudio no fue aplicado) y datos de captura de la realidad del área de estudio.

Dentro de los métodos de recopilación de datos con tecnología de captura de la realidad para el estudio se implementó el uso de dispositivos fotogramétricos aéreos (UAV) no tripulados, cuyo objetivo fue incorporar datos suficientes para el análisis del entorno y desarrollo del proyecto conceptual.

Figura 12

Levantamiento Topográfico en Área de Estudio, uso de GPS estacionario para georreferenciar el proyecto.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 13

Uso de Drones para levantamiento fotogramétrico y captura de la realidad.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

En cuanto fue establecido el entorno, se realizó el análisis topográfico de las elevaciones del terreno, así como del cauce del río e infraestructura existente vulnerables.

Estos datos de entrada más la ayuda del juicio de los expertos, permitieron establecer en el modelo de información la ruta óptima de la implantación de las soluciones de muro de gaviones.

Los entregables elaborados durante esta etapa de levantamiento de información fueron los siguientes:

- Levantamiento fotográfico del sector.
- Ortofoto Digital del Área de Estudio.
- Nube de Puntos del Área de Estudio.
- Levantamiento Topográfico en CAD.
- Modelado de superficie topográfica del Área de Estudio.

Las herramientas usadas durante esta fase fueron PIX4D, Civil3D, Recap, AutoCAD y Autodesk Revit, tal como se lo describió en el capítulo de los Usos BIM, herramientas tecnológicas.

Figura 14

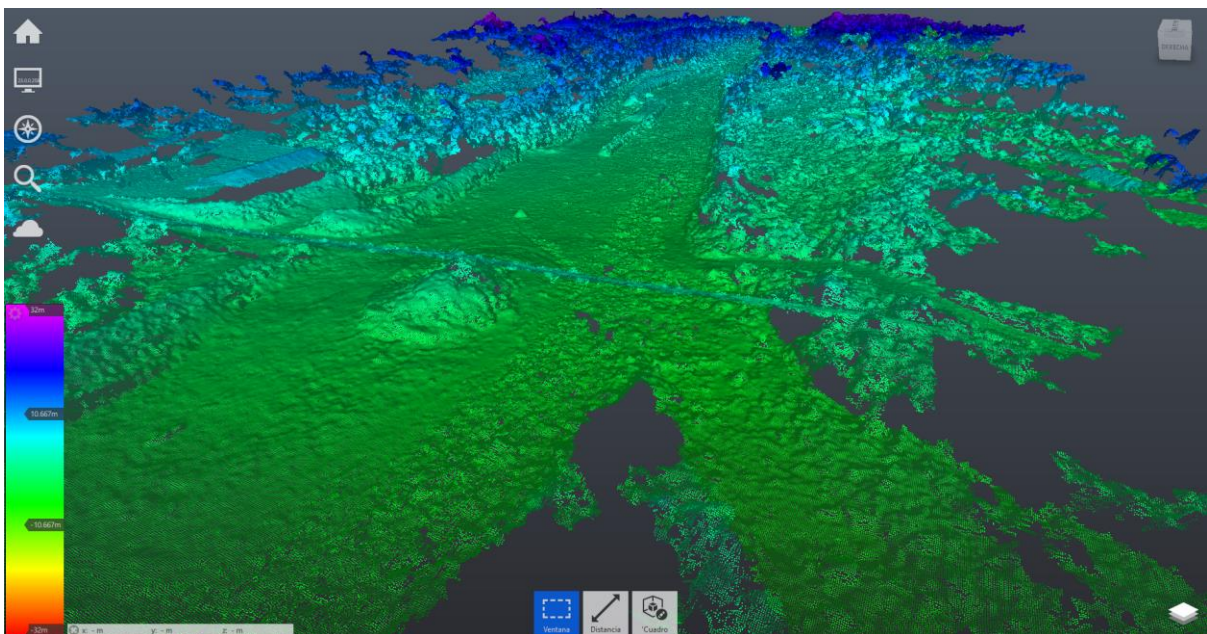
Nube de Puntos de Entorno Existente y Área de Estudio.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 15

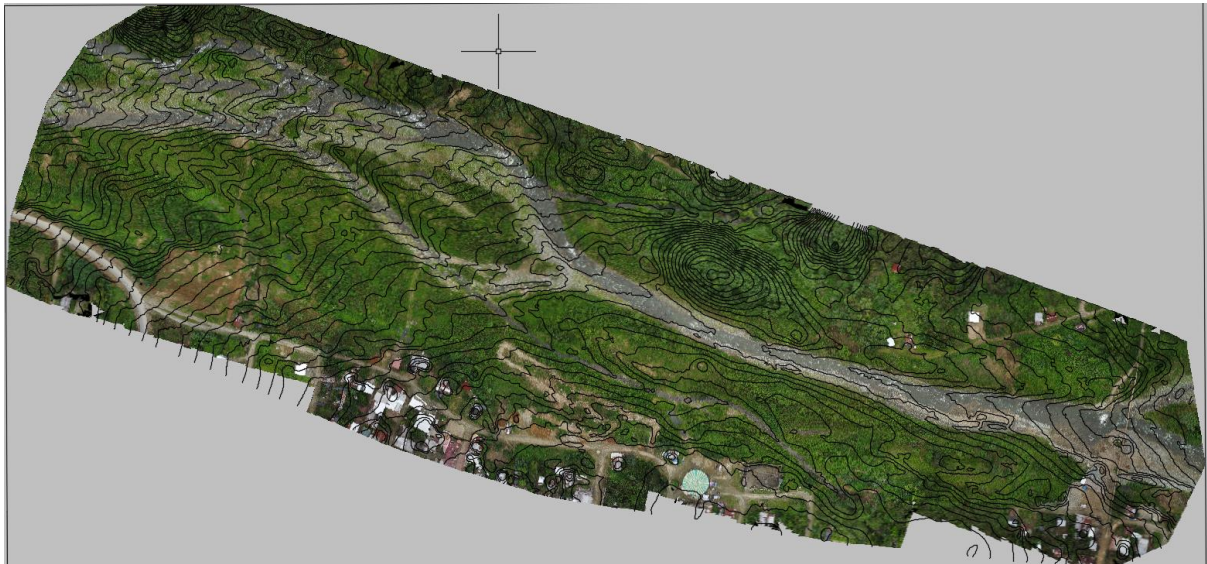
Modelo Digital de Elevación (DEM) para análisis de pendientes y elevaciones del entorno existente.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 16

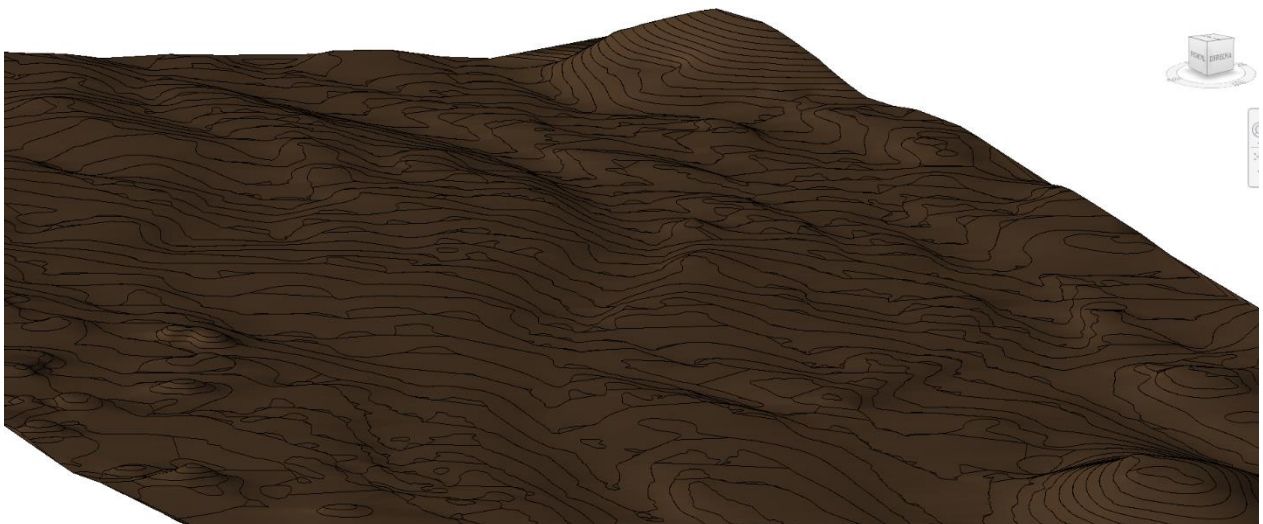
Fotografía Ortogonal, Resolución 1px/3cm, con curvas de nivel del Área de Estudio



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 17

Modelado 3D de Superficie Topográfica



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Análisis de Sitio y Ruta

Las herramientas BIM se usaron para valorar las propiedades del área específica y se determinó la ubicación más óptima del proyecto de protección de los muros de gaviones.

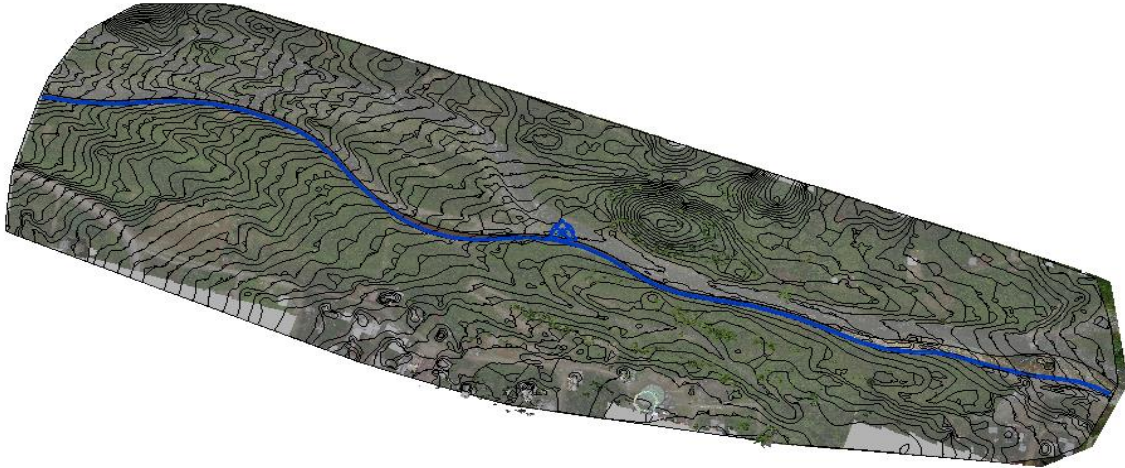
Para la selección del trazado del muro se usó el modelo 3D del sitio mostrando las ventajas y desventajas de una ubicación u otra basándose en los siguientes criterios técnicos:

- Impactos Ambientales de la implementación (Caudal Hidrológico, Estructuras circundantes, Afectación en la Vegetación, Estructuras colindantes, Circulación, etc.)
- Logística y Accesos.
- Costos de Implementación.
- Aspectos y Socialización con la Comunidad.
- Antecedentes Históricos de Daños
- Estudio Hidrológico
- Estudio Geotécnico.

Todas estas variables permitieron realizar el trazado del proyecto y determinar el área de cobertura de los muros de gaviones.

Figura 18

Trazado de Ruta de Muros de Gaviones.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 19

Trazado Isométrico de Ruta de Proyecto



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

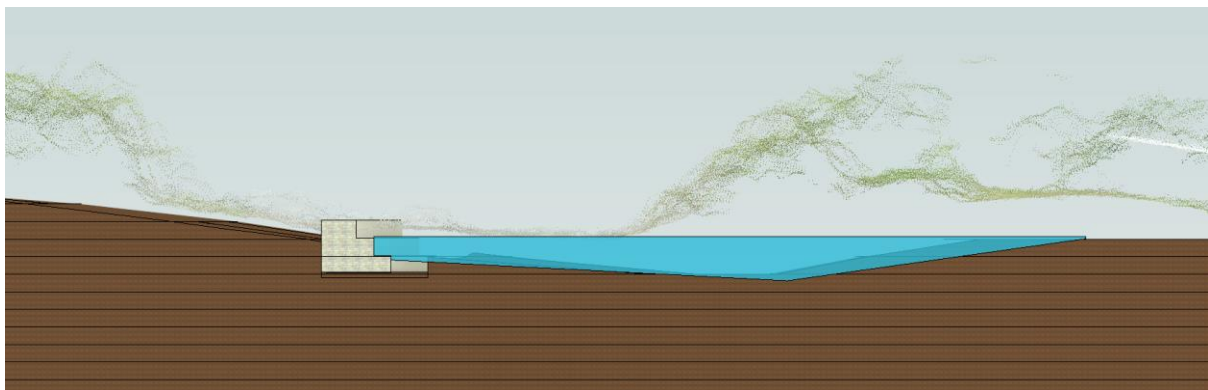
Diseño Preliminar y Definitivo del Proyecto

A través de estos modelos se permitió la visualización mejorada en cada fase de proyecto y ayudo a comprender y comunicar mejor el concepto y los detalles del diseño a cada uno de los involucrados.

Esto nos condujo de pasar de un diseño preliminar a un diseño final y más preciso, durante este proceso se hicieron modificaciones al trazado inicial, y tener acceso a la información geométrica en puntos claves del área de estudio.

Figura 20

Sección de Cauce del Rio a partir de Modelado 3D.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

El beneficio que se evidencio durante esta etapa fue la posibilidad de realizar visualizaciones dinámicas ya que las vistas generadas de Plantas, Secciones, Isometrías y proyecciones se hacían base en el modelo vivo.

El desarrollo del modelo se desarrolló en paralelo con el diseño, caso contrario la posterior producción del modelo calcando los dibujos 2D representa un importante desperdicio de recursos.

Por tratarse de un diseño civil, el trazado lineal de los muros gaviones que sigue el cauce del rio y la topografía del entorno, esta premisa hace que sus secciones transversales no sean uniformes, sino que varían gradualmente a lo largo de su ruta propuesta.

Figura 22

Extracto de Tabla de Planificación de Herramienta de Modelado BIM Revit donde se obtiene un cómputo de excavaciones (Corte).

<00. Tabla de Planificación de Excavaciones y Relleno de Sitio>			
A	B	C	D
Nombre	Corte	Corte/relleno neto	Relleno
Superficie Existente	51.76 m ²	53.11 m ²	104.87 m ²
Tramo 1-1	10793.57 m ²	-10793.57 m ²	0.00 m ²
Tramo 1-2	3276.29 m ²	-3276.29 m ²	0.00 m ²
Tramo 1-3	3631.09 m ²	-3622.62 m ²	8.47 m ²
Tramo 1-4	1089.08 m ²	-1061.05 m ²	28.03 m ²
Tramo 1-5	708.52 m ²	-707.29 m ²	1.23 m ²
Total general: 6	19550.31 m ²		

Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Revisión de diseño

Durante la fase de producción del modelo, se utilizó el modelo BIM para evaluar la constructibilidad en un entorno interactivo, lo que permite que se eliminen posibles problemas de construcción en las primeras etapas.

Un logro obtenido durante esta etapa del diseño fue que se pudo optimizar el diseño de la ruta de los muros de gaviones al poder constatar que muchas zonas eran de un riesgo bajo y priorizar aquellas zonas que eran de riesgo alto.

Se puede observar en el flujo propuesto el desarrollo de la revisión de diseño.

Modelo 4D del Proyecto

Cuando tenemos la capacidad de poder integrar la planificación de ejecución del proyecto en una línea de tiempo dentro del modelo y podemos simular su fase de construcción, estamos en la presencia de un modelo 4D.

Esto fue posible porque desde la etapa de modelado del proyecto de los muros de Gaviones se definieron unos niveles de desarrollo geométrico y de información específicos para poder ejecutar dichas simulaciones.

Durante este proceso no solo nos basamos en un simple cronograma Gantt que muestra solo la secuencia de cada una de las actividades, donde es difícil valorar y evaluar que tan construible es el proyecto.

Esta simulación 4D (modelo 3D con la dimensión añadido del tiempo) fue una poderosa herramienta para la comunicación y un mejor entendimiento de los hitos del proyecto.

En nuestro proyecto se simulo la secuencia constructiva de la colocación de los muros de gaviones por tramos, y con una debida planificación de riesgos se identificaron las zonas de prioridad a ser atendidas de manera más urgente para que se ejecuten con prioridad sin afectar la integralidad de todo el proyecto y la ruta.

Fue importante asociar al modelo 3D, la creación de parámetros de información que, sumado con la integración de herramientas de uso universal como Excel y Project, permitió una interoperabilidad con usuarios no BIM para que puedan visualizar y participar en la planificación del proyecto.

Una vez que estos parámetros fueron rellenos y formaban parte del modelo, se pudo configurar usando la herramienta de Naviswork Manage para manejar el modelo como una base de datos potente y así poder realizar las simular constructivamente todo el proyecto.

Esto permitió a todos los interesados visualizar como seria el proceso de construcción del proyecto e identificar posibles conflictos espaciales o temporales en el cronograma.

Podemos observar este proceso con detenimiento en el desarrollo del flujo de trabajo de Uso BIM, autoría de modelo 4D.

Estimación de Costos del Proyecto

Todo presupuesto de obra no solo este compuesto por un cálculo de Precios Unitarios... El cálculo de cantidades es crucial y un componente que lleva su tiempo considerable cuando se calcula de forma manual, con la debida estrategia de modelado y respetando protocolos, se produjo el modelo con el objeto de poder extraer cantidades de obras que estén asociadas a los rubros de construcción.

Es importante tener en cuenta que muchos rubros no fueron modelados debido a que iba a resultar un desperdicio de recursos o no aportaba valor al proyecto, por ejemplo, el rubro de Bombeo, que es una actividad de carácter temporal.

A medida que el diseño fue pasando de un conceptual a un diseño más detallado, se tuvo una mejor afinación en las estimaciones de cantidades y materiales.

En caso de que este modelo pueda ser usado para la gestión de la fase de construcción, se puede manejar un mejor transparencia, trazabilidad y centralización de los datos de cómputo del proyecto a través del modelo.

Es importante y por esa razón fue implementado que los modelos se transmitan no solo con el formato nativo de la herramienta BIM, sino también en un formato abierto, similar como conocemos en el mundo al PDF, el IFC es un formato abierto que nos permite a través de diferentes visualizadores en la web o en software gratuitos, poder revisar, referenciar y comunicar toda la información contenida el proyecto sin la necesidad de la adquisición de una licencia o estar atados a una casa de software, lo cual es beneficioso en proyectos públicos.

Gestión del activo para la fase de operación y mantenimiento

Durante el desarrollo del proyecto se realizó la georreferenciación del modelo, lo que nos permite tener un contexto geoespacial en forma de mapa, permitiendo llevar un registro permanente de los puntos de refuerzo por posibles y extraordinarios aumentos del nivel batimétrico del río.

Aunque no forma parte de este estudio, como recomendación esto puede llevar a que se puede aprovechar este modelo de información como un gemelo digital del activo donde el modelo BIM pasa de ser una fuente de base de datos estática a una que se actualiza constantemente.

Dentro de este estudio se dejó planteados parámetros de información en los elementos del modelo que podrían ser usados para la fase de operación y mantenimiento, de tal forma que el administrador o usuario final pueda hacer un seguimiento de los cambios y poder realizar mejores análisis para mejorar o fortalecer la infraestructura de la ruta de los muros de gaviones.

También dentro de la recomendación está en aprovechar la potencia de la captura de realidad del entorno para la actualización del activo físico en el sitio, de tal forma se posee una maqueta virtual que enriquecerá los datos del modelo asbuilt del proyecto.

En la fase de operaciones, este tipo de estudios nos permiten planificar, ejecutar, monitorear y tomar acciones preventivas y correctivas a lo largo del ciclo de vida de los muros de gaviones.

Interoperabilidad de los datos con los agentes involucrados

Como se observa en los flujos de trabajos no solo se utilizó una herramienta BIM donde contenía todas las utilidades para el desarrollo de este diseño, lo que conlleva el uso de varias aplicaciones en etapas o fases distintas.

La exportación e importación de la información se realizó sin inconvenientes lo que logro un mejor rendimiento.

El intercambio de información del proyecto de los muros de gaviones se la llevo a cabo de dos formas, las cuales se las describen en los siguientes puntos:

- Por medio de formato de intercambio propietario: Se usaron herramientas BIM de la misma casa de software, por ejemplo: Civil 3D, Recap, Revit y finalmente Navisworks Manage.
- Por medio de formato de intercambio de datos por formatos abiertos y públicos, en los siguientes ítems se describe los formatos usados:
 - **.tiff** fue usado para la vinculación de la fotografía ortogonal u ortofoto del proyecto.
 - **.laz** para nubes de puntos en el software Recap
 - **.txt** para la transmisión de parámetros compartidos en Revit, para la transmisión de parámetros IFC en el proceso de exportación.
 - **.mpx** para la importación de un cronograma Gantt a Navisworks Manage y realzar la simulación 4D del proyecto.
 - **.XML / .csv** para la exportación de datos de cuantificación y planificación de cantidades de desde Revit, y también para la

exportación de datos extraídos desde la base de datos del software Navisworks.

- **.NWD** Formato que se usó como entregable, el cual puede ser observado desde un software gratuito de la casa de Autodesk.
- **.IFC** Formato de interoperabilidad entre distintos softwares BIM, fue usado para la exportación de modelos de información desde Revit.







Como se mencionó anteriormente, se usaron las Industry Foundation Classes (IFC) las cuales fueron creadas por la BuildingSMART en 1996, y nos sirvieron para un mejor intercambio de información entre Revit y Navisworks, que, aunque eran de la misma casa de software, los formatos IFC nos permitió exportar solo la información justa y necesaria contenida en el modelo, de tal forma que permitiera que los modelos puedan ser mucho más entendibles y digeribles para agentes no BIM.

Uso del entorno de datos Común

Se estableció un entorno de datos común en este proyecto para tener un manejo más eficaz de todos los outputs de cada herramienta BIM usada en el proceso de diseño, dentro del ecosistema de entornos de datos común, solo se usó Google drive que ayudo como un gestor documental y para las visualizaciones con usuarios no BIM se tuvo la ayuda del Autodesk Viewer, por su gran accesibilidad y por ser una herramienta gratuita e intuitiva.

Figura 23

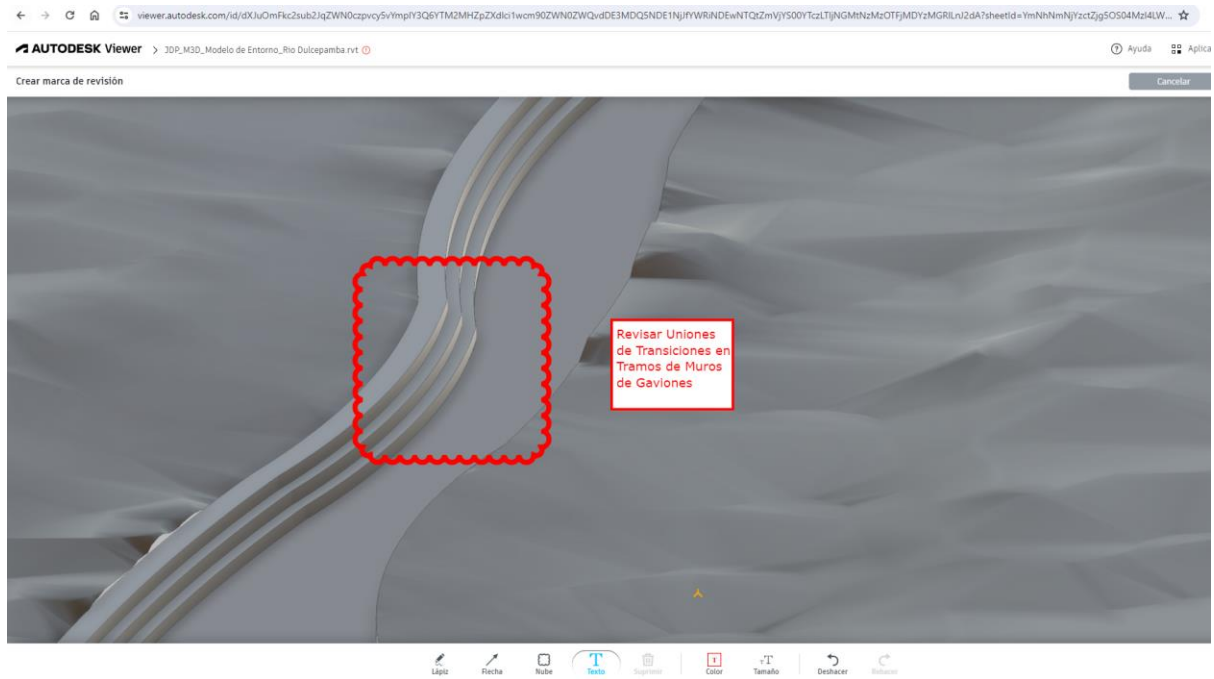
Uso de Google Drive como herramienta de Gestión Documental del Proyecto.

 00. Inicio	02/01/2024 05:16 p. m.	Carpeta de archivos
 01. Levantamiento	10/01/2024 11:33 p. m.	Carpeta de archivos
 02. PIM	10/01/2024 09:52 p. m.	Carpeta de archivos
 03. BEP	11/01/2024 05:34 p. m.	Carpeta de archivos
 04. Titulacion	12/01/2024 09:57 a. m.	Carpeta de archivos
 desktop	12/01/2024 09:30 a. m.	Opciones de confi...

Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

Figura 24

Revisión de Diseño en visualizador de modelos BIM en la Web.



Elaborado por: (Baltán & Dávila,2024)

CONCLUSIONES

- Gracias a las herramientas basadas en modelos BIM, un cambio significativo de diseño pudo gestionarse mucho más fácilmente debido a que las relaciones entre los objetos están mantenidas en el modelo en lugar de encerrarse en hojas individuales.
- La Metodología BIM, permitió al proyecto poder identificar conflictos temporales a resolver a través de la planificación 4D, aumento la capacidad de mitigar posibles riesgos en la construcción de proyecto un mayor control en la triple restricción del alcance, costo y tiempo.
- La implementación BIM se realizó con una debida elección de los Usos que aporten valor al proyecto, de esta forma se canalizó las herramientas correctas y se definió aguas abajo todos los procesos necesarios para obtener los requerimientos de información solicitados.
- BIM, aporó un ahorro en tiempos a este proyecto frente a la metodología tradicional debido a que disminuyó considerablemente el tiempo en trabajos repetitivos y fomentó a la automatización de procesos.
- IFC y los formatos abiertos, no solo permitieron comunicar los modelos BIM entre diferentes aplicaciones, sino que asegura el futuro del modelo del muro de gaviones durante todo el ciclo de vida para que pueda ser revisado en fase de operaciones independientemente si existe más adelante el software nativo o conflicto por temas de versiones, de tal forma que para el cliente significa ahorre de costos en licencias y mayor libertad de acceso a la información adquirida.

RECOMENDACIONES

- EL impulso desde la academia y la parte pública a una mayor formación en relación con la metodología BIM, existe una curva de aprendizaje y una resistencia al cambio ya que implica un replanteo de las formas de trabajos actuales con CAD.
- La inversión en equipos para tecnología topográfica, lo que permite una actualización y monitorización de los modelos usándolos como gemelos digitales.
- Observar las buenas prácticas en países vecinos como Colombia, Perú, Argentina, Brasil y Chile, así como en países de primer mundo como Estados Unidos, Reino Unido, Países Nórdicos, Australia, Singapur, entre otros.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Alaya Barzola, E. E. (2021). SISTEMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE EROSIÓN EN LA RIBERA DEL RÍO SAN FERNANDO TRAMO CHAYHUAMAYO – SHUCUSMA, HUANCAYO - JUNÍN. In *Universidad Peruana Los Andes*.
- Acuña Correa, F. X. (2016). *Repositorio.PUCE*. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25988>
- Albino Dextre, J. J. de D. (2021). Propuesta de un sistema de estabilización en el km 1+670 al 1+720 de la carretera Huaraz-Paria. In *Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo-UNASAM*.
- Asamblea nacional. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua*. <https://doi.org/http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Báez Lozada, L. C. (2016). *Diseño de estructuras de contención considerando interacción suelo-estructura*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/21408>
- Brichetti, J. P., Mastronardi, L., Rivas, M. E., Serebrisky, T., & Solís, B. (2021). La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: estimación de las necesidades de inversión hasta 2030 para progresar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. In *La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: estimación de las necesidades de inversión hasta 2030 para progresar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://doi.org/10.18235/0003759>
- Chacón Pérez, D. E., & Cuervo Coronado, G. (2017). *Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software REVIT*. Carabobo: Universidad de Carabobo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/123456789/6952>
- Chimeno, M. R. C., & Rodríguez, R. Q. (2013). Bases metodológicas para el uso de tecnología BIM como herramienta de simulación energéticas en rehabilitación. In *Actas del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes [Archivo ordenador]: Sevilla 20, 21 y 22 de mayo 2013*.
- Ministerio Ambiente Ecuador, Registro Oficial Suplemento 983 ____ (2018).

- Espinoza, V. P. R., & Torres, D. A. S. (2019). *La enseñanza de una metodología integral de colaboración para la gestión de proyectos en construcción civil: la metodología BIM en la educación superior*. <https://doi.org/10.5151/desprosigradi2015-sp110179>
- Heredia Julca, J. W. (2017). *Análisis Técnico comparativo entre el uso de muros de contención tipo gaviones y el muro de contención tipo paragua, en la estabilización de taludes del camino vecinal Potrerillo-Siete de Junio, Distrito de Jepelacio-Moyobamba-San Martín*. Moyobamba, Jepelacio, San Martín: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/19184>
- Guerrero Aguiar, M., Medina León, A., & Nogueira Rivera, D. (2020). Procedimiento de gestión de riesgos como apoyo a la toma de decisiones. *Ingeniería Industrial, 41*(1).
- Márquez Espinoza, J. M. (2021). Eficiencia estructural de muros de contención de suelos mecánicamente estabilizados con geosintéticos y gaviones, en las laderas de la quebrada Huaycoloro - Lurigancho - Chosica - Lima Metropolitana. In *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
- Martinez Curi, A. A. (2018). *Estabilidad de Taludes con Muros de Contención en la Ampliación Virgen de Lourdes Zona 4, Villa María del Triunfo, Lima*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/24415>
- Miranda Torres, R. A. (2017). *Diseño del muro rígido para la estabilización de taludes en tramos de constante deslizamiento de la carretera Shapaja – Chazuta*. Tarapoto, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23709>
- Panchana Panchana, M., & Cochea Tomalá, H. (2018). Los Ingresos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salinas (GADMS) y el Gasto en la Inversión Pública, Período 2007 – 2012. *Journal of Business and Entrepreneurial Studie, 2*(1). <https://doi.org/10.31876/jbes.v2i1.8>
- Peña Santiago. (2018). Análisis del Marco Legal de Compras Públicas en Ecuador. *Santiago Peña Ayala, Ic*.
- Porrás Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2021). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances Investigación En Ingeniería, 11*(1). <https://doi.org/10.18041/1794->

- Serpa, I., & Montalván, M. (2021). Planificación Tributaria y Elusión Fiscal en el Ecuador: Análisis de sus efectos. In *Universidad de Cuenca-Ecuador*.
- Ullauri Donoso, N., & Riera, J. (2017). Democracia y Género. *Universidad-Verdad*, 72. <https://doi.org/10.33324/uv.v1i72.20>
- Vidal Cobo, J. M., Vidal Mojena, M. A., & Villanueva Salinas, M. L. (2021). Repercusión del cambio climático en la salud psicológica. *Humanidades Médicas*, 21(1).
- Vilchez Cerna, J. H., & Toledo Mejía, W. L. (2018). Alternativas de solución para prevenir la socavación en el río Rímac, entre los puentes Libertadores y Talavera, distrito de El Agustino. In *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
- Villacres Cevallos, E. P., Baño Ayala, D., & Garcia Zapata, T. (2019). Modelo de implementación del Sistema de Gestión de la Prevención de Riesgos laborales en una industria láctea de Riobamba- Ecuador. *Industrial Data*, 19(2). <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12817>
- Soberon Espinoza, R. (2018). *Análisis geológico - geotécnico para determinar taludes inestables y posibilitar muros de contención en la carretera Hualgayoc - Apan Alto*. Hualgayoc - Apan Alto, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2294>
- Valentin Calixto, J. E. (2019). *Análisis técnico y económico de muros de contención para estabilizar taludes inferiores de plataformas de la carretera Canta-Huayllay, Km1+920 al Km2+000*. Canta Huayllay, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46264>
- Vilca Cotrina, M. A., & Diaz Linarez, J. A. (2019). *Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial*. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/3785>

ANEXOS

Anexo 1: Plan De Ejecución Bim (Peb)

Implementación de la Metodología BIM en la propuesta de diseño de Muro de Gaviones

EL PLAN DE EJECUCIÓN

Introducción

Este plan de Ejecución BIM (PEB), refleja estrategias, procesos, recursos, herramientas y entregables que serán aplicados para asegurar el cumplimiento de los entregables.

Los responsables de su redacción están a cargo: **Shirley Lizbeth Baltán Larrosa y José Fabian Dávila Pincay.**

Alcances del PEB

El objetivo que se plantea con este PEB, es facilitar la gestión de la entrega de la información de un proyecto, mostrando los procedimientos, estándares, herramientas tecnológicas y capacidades con las que se proponen responder a las necesidades del proyecto.

Respecto al contexto del Ciclo de Vida del Activo, este Plan de Ejecución BIM, tiene como Alcance Cubrir las Fases de Conceptualización y Diseño con una proyección y lineamientos hacia la fase de construcción, operación y mantenimiento.

Anexo 2: Histórico de Revisiones

Versión	Fecha	Responsable	Motivo de la modificación
0.0	15/01/2024	José Dávila	Presentación de Plan de Ejecución BIM
0.0	15/01/2024	Shirley Baltán	Presentación de Plan de Ejecución BIM

Anexo 3: El Proyecto

Información del Proyecto

Plan de Ejecución BIM, Información del Proyecto

Nombre del Proyecto	Control de Inundaciones en la Propuesta de Diseño de Muro de Gaviones
Dirección	Río Dulcepamba
Fecha de comienzo	30 de noviembre del 2023
Fecha final	30 de enero del 2024
Descripción del Proyecto	<p>Se ejecutará el diseño de los muros de gaviones con el objeto de cubrir zonas vulnerables integradas por los barrios del Norte, Paraíso, Central y Barrio San José.</p> <p>Se requiere la aplicación de la metodología BIM con el objeto de crear un gemelo digital del proyecto que cubra las fases de diseño, construcción y mantenimiento.</p>

Plazo e Hitos del Proyecto

El **plazo planificado** del proyecto es **12 semanas** hasta la entrega provisional final, luego de revisiones y aprobaciones el proyecto llegara a su finalización.

Los entregables del proyecto están compuestos en 5 Hitos los cuales son:

1. **Hito 1** – Levantamiento de Información
2. **Hito 2** – Análisis de Sitio y Establecimiento de Ruta
3. **Hito 3** – Diseño Definitivo del Proyecto
4. **Hito 4** – Planificación del Proyecto
5. **Hito 5** – Entrega Final

Anexo 4: Programa Master de Entrega de la Información

Programa Master de Entrega de la Información o Master Information Delivery Plan				
ACTIVIDAD	ENTREGABLE	PLAZO DE ENTREGA	FECHA COMIENZO	FECHA FIN
Hito 1.- Levantamiento de Información		20 días calendarios	01-Dic-23	20-Dic-23
Levantamiento Topográfico y Captura de Realidad del Entorno Existente.	01. Ortofoto Digital del Área de Estudio. 02. Nube de Puntos del Área de Estudio. 03. Levantamiento Topográfico. 04. Modelado de Superficie Topográfica el Área de Estudio.	20 días calendario	01-Dic-23	20-Dic-23
Hito 2.- Análisis de Sitio y Establecimiento de Ruta		41 días calendarios	21-Dic-23	10-Ene-23
Elaborar la propuesta de Ruta de Muro de Gaviones LOD 200	01. Planos de Ruta de Muro implantado en la superficie topográfica. 02. Modelo BIM LOD 200	20 días calendario	21-Dic-23	10-Ene-24
Hito 3.- Diseño definitivo del Proyecto		30 días Calendarios	10-Ene-24	30-Ene-24
Propuesta de Muro de Gaviones Definitivo LOD 350	01. Planos de Proyecto 02. Modelo BIM LOD 350	15 días calendarios	10-Ene-24	25-Ene-24
Elaboración de Presupuesto	01. WBS y Cronograma 02. Presupuesto de Obra	5 días calendario	26-Ene-24	30-Ene-24
Hito 4.- Planificación del Proyecto		5 días calendario	30-Ene-24	05-Feb-24
Elaboración de Modelo 4D del Proyecto	01. Planificación 4D. 02. Modelo BIM en Formato Abierto LOD400.	5 días calendario	30-Ene-24	05-Feb-24
Hito 5.- Entrega Final		15 días calendario	05-Feb-24	20-Feb-24
Entrega Final	01. Planos Constructivos del Proyecto. 02. WBS y Cronograma 03. Presupuesto de Obra 04. Planificación 4D 05. Modelo BIM en Formato Abierto.	15 días calendario	05-Feb-24	20-Feb-24

Objetivos BIM del Cliente

Objetivo General

Realizar la implementación BIM en el proyecto de los muros de gaviones que permita la gestión de información para la toma de decisiones en las fases de planeación, diseño, construcción y mantenimiento.

Objetivos Específicos de la Gestión de la Información BIM

Para los objetivos BIM del proyecto basados en las necesidades y requerimientos se plantea lo siguiente:

1. Usar la tecnología de captura de información 3D y software de autoría de modelos para un relevamiento de las condiciones existentes en relación a la topografía y estructuras del sector.
2. Generar el cálculo de cantidades y estimaciones de costos durante el ciclo de vida de la fase de ejecución del proyecto y se encuentren integrados al modelo de información, que permita el equipo de proyecto ver los efectos de costos en sus cambios, lo que puede ayudar a frenar los sobrecostos excesivos del presupuesto debido a modificaciones del proyecto.
3. Generar un modelo 4D para la utilización de un plan efectivo de secuencia constructiva.
4. Generar un Modelo de Revisión de Diseño que permitan a los usuarios no BIM, interactuar y extraer la información necesaria para sus actividades, permitir obtener comentarios, validar el diseño, la construcción y los aspectos operativos del proyecto.

Anexo 5: Usos BIM

Usos BIM solicitados

La formulación de estos Usos BIM están fundamentados en su Propósito y Característica de Uso, hasta el final del proyecto pueden irse añadiendo Usos de acuerdo al consenso entre el Cliente y Contratista

Usos BIM del Proyecto

Uso	Objetivo	Descripción	Ejemplos de aplicación	Etapa asociada			
				Planificación	Diseño	Construcción	Operación
Levantamiento de condiciones existentes	Recopilar	<i>Capturar datos del entorno, Pueden ser datos obtenidos de un registro manual, fotográfico, escaneo laser, etc.</i>	<i>Nube de puntos y Fotogrametría</i>	SI	SI	SI	NO
Elaboración de Documentación	Producir, Comunicar y Documentar	<i>Elaborar los Planos Constructivos del Proyecto.</i>	<i>Modelos BIM</i>	SI	SI	SI	NO
Planificación 4D	Comunicar	<i>Comunicar con Simulaciones Constructivas la planificación de la construcción del proyecto.</i>	<i>Modelos 4D</i>	SI	SI	SI	NO
Estimación de cantidades y costos	Producir	<i>Producir el Presupuesto de la Obra, a través de la estimación de costos posibles por herramientas 5D.</i>	<i>Modelos 5D</i>	SI	SI	SI	NO

Anexo 6: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y COMPOSICIÓN DEL EQUIPO DE EJECUCION

Recursos Humanos

Equipo de Gestión y Ejecución

A continuación, se describe el equipo de trabajo con sus respectivos roles que estará a cargo de la ejecución del proyecto a nivel operativo y que seguirán sus tareas y operaciones de acuerdo con los procesos y procedimientos establecidos en este PEB.

Roles del Proyecto

ROLES	NOMBRE Y APELLIDOS	CORREO	CONTACTO
Topógrafo	Washington Pacheco	stbanp89@gmail.com	0983386161
BIM Manager	José Fabian Dávila	jfabandavila88@gmail.com	0982315099
BIM Manager	Shirley Baltán Larrosa	lizbethbaltan@gmail.com	0958803291
Coordinador y Modelador BIM	Edmundo Murillo V.	edmundomurilloviteri@gmail.com	0984618364

Roles y Responsabilidades Contractuales

Capacidades BIM contractuales de los Roles

En la siguiente tabla se indicarán las responsabilidades específicas de cada rol de acuerdo a contrato de servicios BIM pactados.

Capacidades por Rol

Rol	Capacidades BIM Contractuales
<p>BIM Manager</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jose Fabian Davila • Shirley Baltán Iarrosa 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir los objetivos y usos BIM del Cliente. - Evaluar las aptitudes y capacidades de los equipos de trabajo. - Designación de Roles y Responsabilidades. - Desarrollar el acta de constitución del proyecto. - Elaboración de Flujos de Procesos. - Desarrollo del Plan de Ejecución BIM. - Establecer los niveles de representación geométrica y de información -LOD. - Establecer el/los Programa(s) de Desarrollo de Información de una Tarea (MIDP). - Archivar el Modelo de Información del Proyecto (PIM). - Recoger las lecciones aprendidas para futuros proyectos.
<p>Coordinador y Modelador BIM</p> <p>Edmundo Murillo V.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de Plantillas de Especialidades en Software Nativo. - Elaboración de diseño de carpetas en CDE. - Responsable de la producción del modelo de Información de acuerdo al diseño y según los niveles de información requeridos de acuerdo a cada hito del proyecto.

- Desarrollo de Gestión de Alcance, Costos y Tiempo de Obra.
- Desarrollo de 4D, Entregable: Simulación Constructiva y Cronograma de trabajo.
- Desarrollo de Entregables tales como Planos Constructivos, Tablas de Cuantificación, Presupuestos.

Anexo 7: Recursos Materiales

Hardware

Herramientas de Hardware usados

Hardware		
Ítem	Equipo	Cantidad
1	Equipos de Cómputo de Escritorio: Procesador I7-12GB, Tarjeta de Video 307TI, 32 GB de RAM.	1
2	Equipos de Cómputo de Portátil: Procesador I7-6GB, Tarjeta de Video, 16 GB de RAM.	1

Software

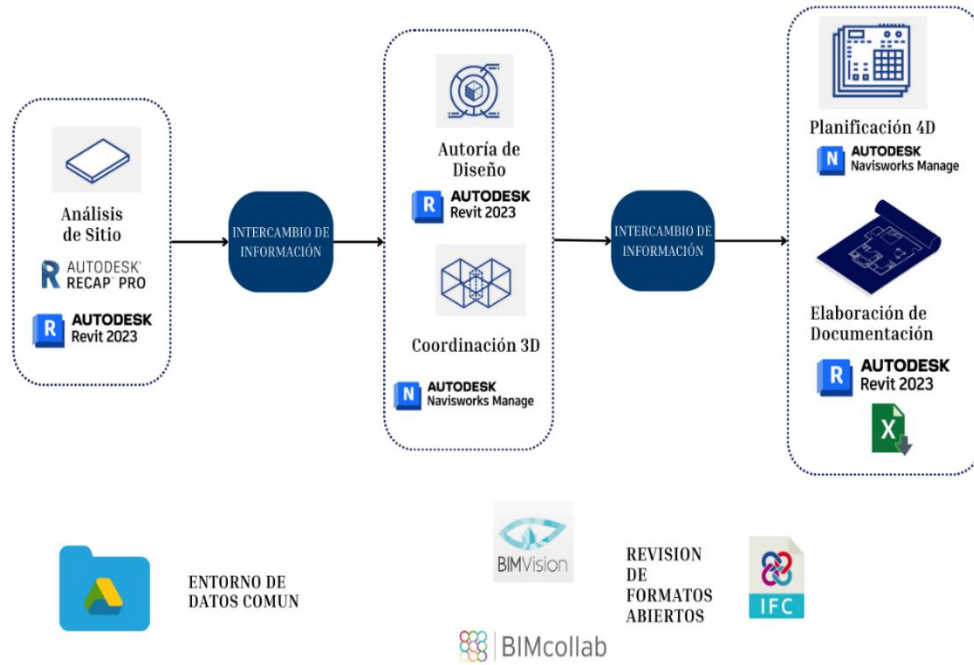
Herramientas de Software por Uso BIM

Ítem	Usos BIM	Software	Versión	Formato Nativo
1	Análisis del entorno físico	Recap	2023	.rcs / .rcp
2	Autoría y Producción del Modelo de Información	Revit	2023	.rvt
3	Elaboración de documentación			
4	Análisis de constructibilidad			
7	Planificación de la fase de ejecución	Naviswork Manage /	2023	.nwd / .xml
8	Estimación de cantidades y costos	Excel		

Mapa de Software

Plan de Ejecución BIM

Herramientas Tecnológicas



Anexo 8: ENTREGABLES BIM

Listado Entregables BIM y Responsables

Listado de Entregables

ENTREGABLES BIM	ELABORADO POR	FORMATO DE ENTREGA	LOD
Plan de Ejecución BIM	<i>BIM Manager</i>	PDF	
Informes de Seguimiento de Proyecto	<i>BIM Manager</i>	PDF	
Informes de entrega final de proyecto y Master Delivery Plan	<i>BIM Manager</i>	PDF	
Modelo federado	<i>Coordinador BIM</i>	REVIT / IFC	LOD 350
Planificación 4D – Federado	<i>Coordinador BIM</i>	EXCEL / PDF / .	
Modelo BIM disciplina Infraestructura	<i>Modelador BIM</i>	. RVT / .IFC	LOD 400
Planos Ejecutivos – Infraestructura	<i>Modelador BIM</i>	CAD / PDF	
Costos y presupuesto de Infraestructura	<i>Modelador BIM</i>	.XML	

Niveles de Desarrollo del Proyecto

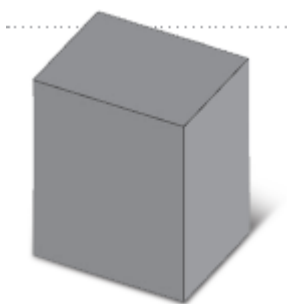
El **Nivel de Desarrollo (LOD)** representa la información que se puede extraer de cada elemento o entidad BIM en cualquiera de las fases del proyecto.


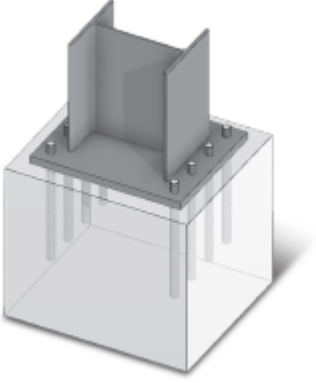
Los niveles de desarrollo de los elementos o entidades BIM, estarán descritos en este documento en el cuadro de Matriz de elementos BIM.

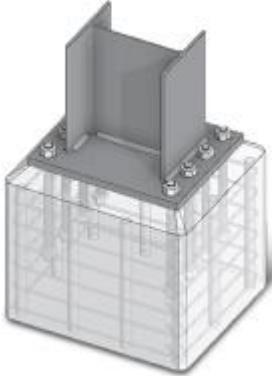
Los niveles de desarrollo evolucionaran de acuerdo a las fases de ciclo de vida del proyecto y considerando siempre los usos BIM contractuales en el presente documento.

Level of Development (LOD) tiene especificado un rango que va de LOD 100 a LOD 500, a continuación, se presenta sus definiciones:

Anexo 9: Niveles de Desarrollo de Elementos BIM

Nivel de desarrollo	Usos	Adaptación de Concepto al BEP y aplicaciones generales
LOD 100 	Diseño Conceptual / Plan Masa	En el Proyecto, se Modelará los elementos del Entorno y Edificaciones existentes en LOD 100.
LOD 200	Diseño Esquemático, anteproyecto	En el proyecto se realizará la definición de la Ruta de los muros Gaviones en LOD 200

		
<p>LOD 300</p> 	<p>Desarrollo de Diseño y coordinación</p>	<p>En el proyecto se desarrollará los elementos de todas las disciplinas como nivel fijado de entrega.</p>
<p>LOD 350</p> 	<p>Desarrollo de Diseño / Documentos de Construcción, fase de proyecto.</p>	<p>En el proyecto se desarrollará los elementos para cuantificar lo necesario para el ensamblaje en obra.</p>

<p>LOD 400</p> 	<p>Documentos de Construcción, fabricación o instalación, ejecución del proyecto.</p>	<p>Este nivel de desarrollo es necesario para el planteamiento de la metodología BIM en Obra.</p>
<p>LOD 500</p>	<p>As built, Operación y Mantenimiento</p>	<p>Este nivel de desarrollo es necesario para el planteamiento de la metodología BIM en la Puesta en Marcha, a nivel de detalle geométrico no se podrá garantizar debido a que en la fase de construcción pueden cambiar muchas cosas, pero si se dejará los parámetros de información necesarios para el proyecto.</p>

Nivel de Información NO gráfica (LOI)

Todos los modelos BIM tendrán que extraer la información definida en las siguientes tablas de este subcapítulo. Hay campos que se obtendrán de manera automática desde el programa de modelado y otros se completarán, mediante la información recogida en las especificaciones técnicas de los equipos.

El nivel de información (LOI) define el nivel de información asociada a cada uno de los elementos de un modelo. En función de la cantidad de información contenida, se llegará a un nivel de información diferente requerido para cada fase del ciclo de vida del activo.

Estos niveles y estructura organizativa de atributos entorno a set de propiedades de la empresa serán plenamente visibles y operables en formatos OpenBIM (IFC).

Los niveles de información (LOI), a diferencia de los LOD, no tienen escala de desarrollo. Los LOI son agrupaciones de propiedades estandarizadas de los elementos que han de cumplirse para que los modelos preparados sean válidos.

Anexo 10: Tabla de contenidos mínimos

Tabla de Contenidos Mínimos				Nivel de Información			
Nombre del Campo	Grupo de Parametros	Tipo de dato	Descripción	D1	D2	D3	D4
<i>Fabricante</i>	Datos de Identidad	texto	Contacto del Fabricante				
<i>Nombre</i>	Datos de Identidad	texto	Nombre del Componente				
<i>Marca de tipo</i>	Datos de Identidad	texto	Clasificación de Componente				
<i>NominalWidth</i>	Cotas	Longitud	Anchura del componente				
<i>NominalHeight</i>	Cotas	Longitud	Altura del componente				
<i>Lenght</i>	Cotas	Longitud	Longitud del Componente				
<i>Area</i>	Cotas	Area	Area de componente				
<i>Unit</i>	Construccion	Texto	Unidades de medida del componente				
<i>Material</i>	Materiales y Acabados	Material	Materiales del componente				
<i>Costo</i>	Datos de Identidad	Divisa	Precio Unitario Referencial				

Nivel de Información NO gráfica Vinculada

La información vinculada hace referencia a archivos de cualquier tipología (cad, Excel, jpeg, pdf, Word, etc.) que se puedan vincular a los modelos para su control y centralización basada en los modelos.

Anexo 11 Tabla de contenidos Vinculados Mínimos

Tabla de Contenidos Vinculados Mínimos				Nivel de Información			
Nombre del Campo	Grupo de Parametros	Tipo de dato	Descripción	V1	V2	V3	V4
url	Datos de Identidad	texto	Contacto del Fabricante o Especificacion Tecnica				
imagen de tipo	Datos de Identidad	imagen	Imagen Referencial de Producto				

Anexo 12: Tabla de Desarrollo del Modelo

Marca de Tipo	Código de Montaje	Elementos del Modelo	Fase 1: Diseño			
			Equipo de Trabajo	Nivel de Información		
				Grafico	Datos	Vinc.
	02	Obras Preliminares				
TO	02.7	Topografía	ARQ	LOD200	D1	N/A
MAS	03.13	Masa	ARQ	LOD100	D3	N/A
	05	Estructuras				
VAR	05.22 / 05.23	Armadura Estructural	EST	LOD350	D3	N/A
ZAP	05.17	Cimentación Estructural	EST	LOD350	D3	N/A
PI	05.25	Pilares Estructurales	EST	LOD350	D3	N/A
V / R	05.25	Armazón estructural	EST	LOD350	D3	N/A
CON.EST	n/a	Conexiones Estructurales	EST	LOD350	D3	N/A
S	05.13	Suelo Estructural	EST	LOD400	D2	N/A
ME	05.1	Muro Estructural	EST	LOD400	D2	N/A
ESC	05.25	Escaleras	ARQ	LOD350	D2	N/A

	12	Instalaciones Hidrosanitarias				
TB	12.27 – 12.30 / 12.38 – 12.41	Tuberías	MEP	LOD300	D2	N/A
ACCTB	12.3- 12.4	Accesorios de Tuberías	MEP	LOD300	D2	N/A

Simbología

ARQ: Equipo Arquitectura

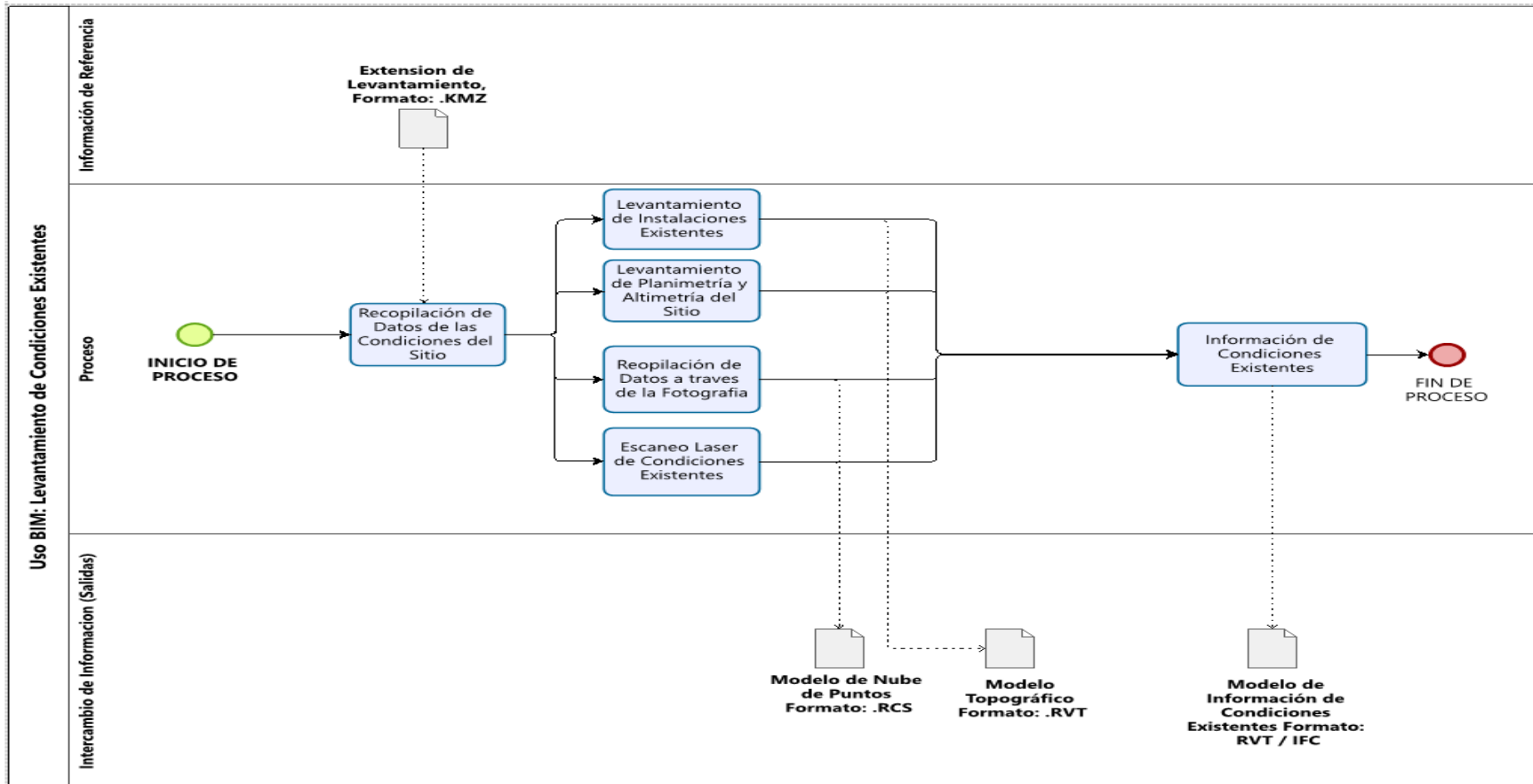
EST: Equipo de Estructuras

MEP: Equipo de Instalaciones

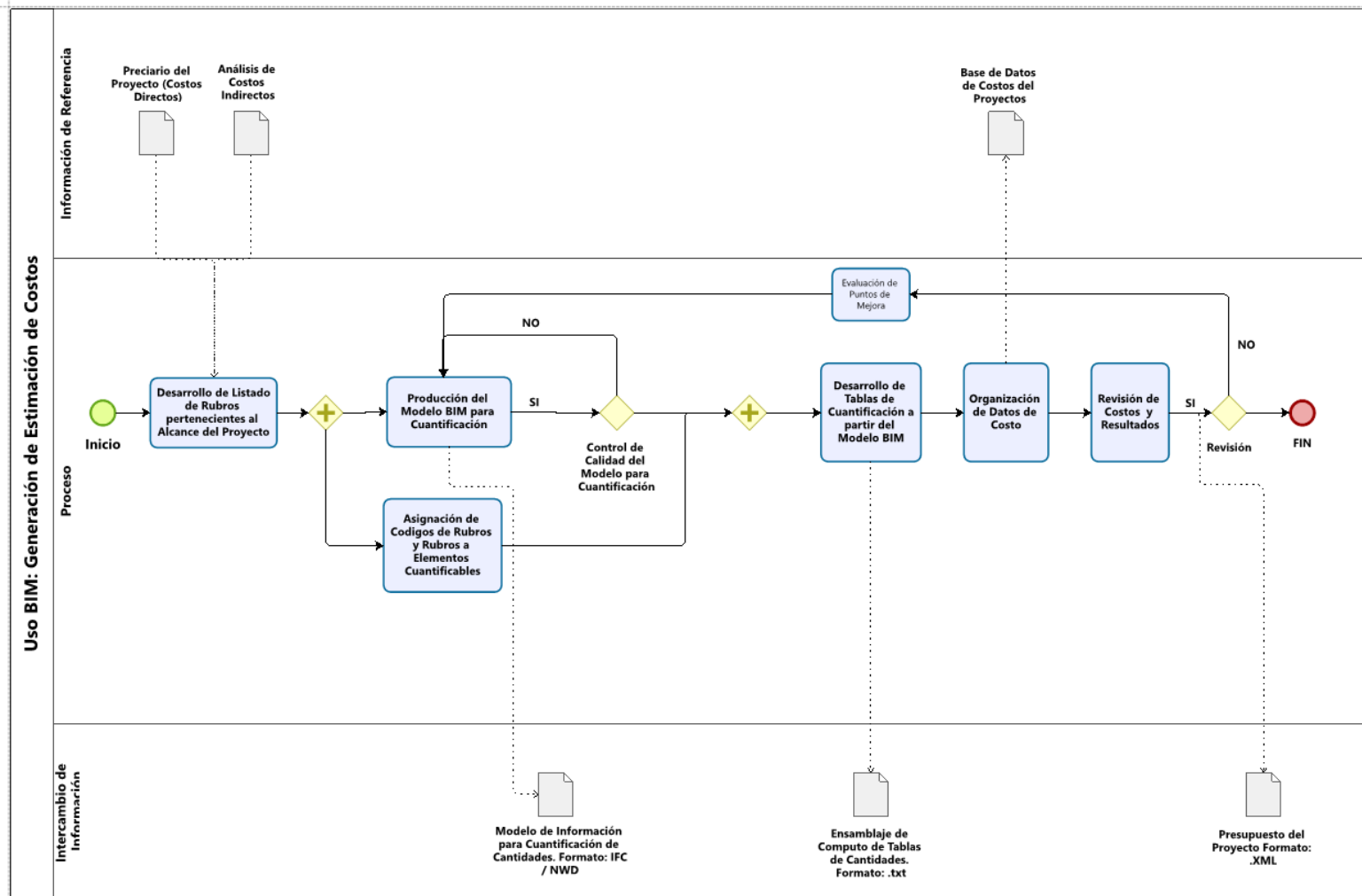
n/a: No Aplica, Elemento no Modelado en el proyecto.

Anexo 13: PROCESOS BIM

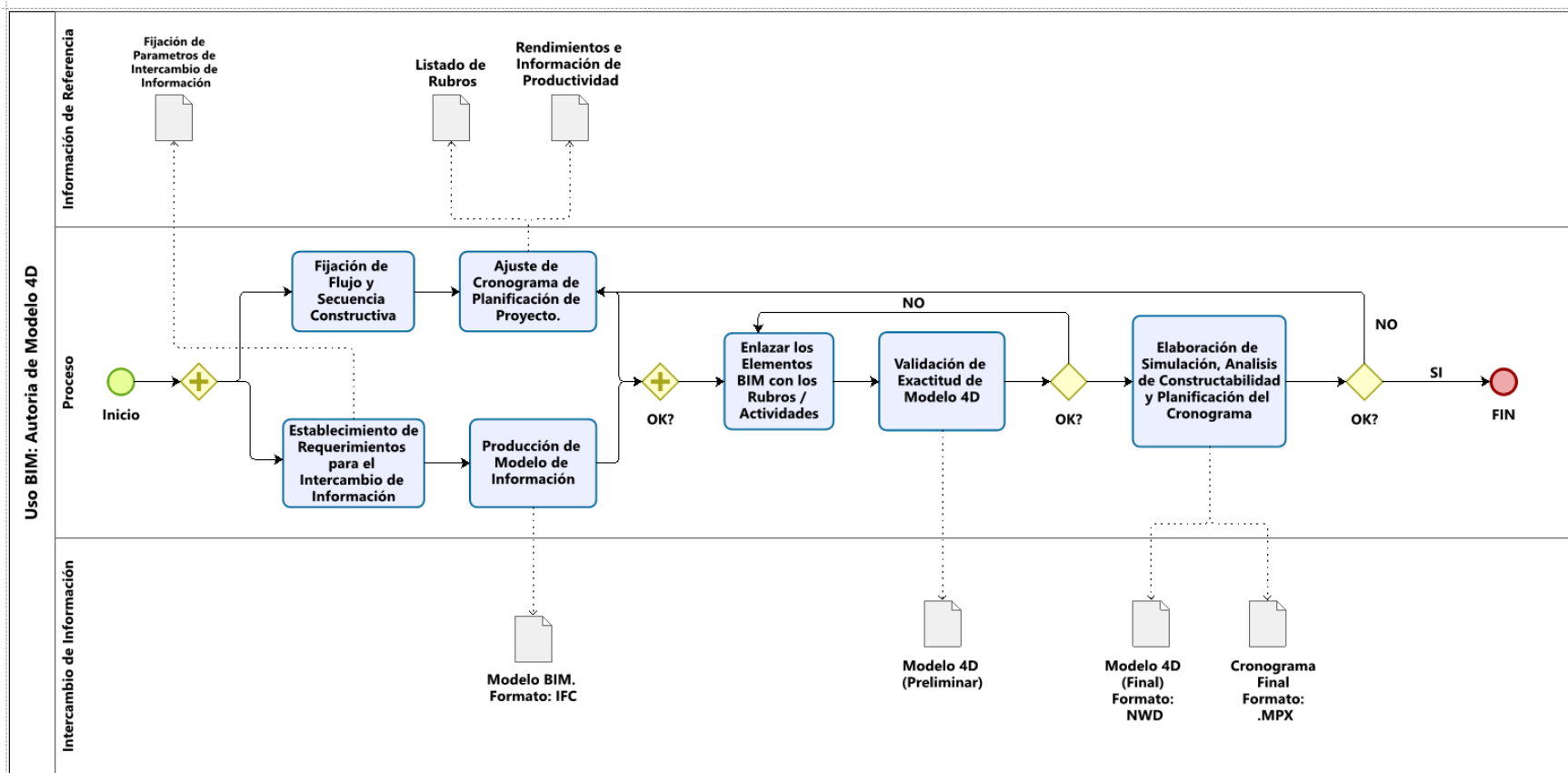
Flujo de Trabajo para Levantamiento de Condiciones Existentes



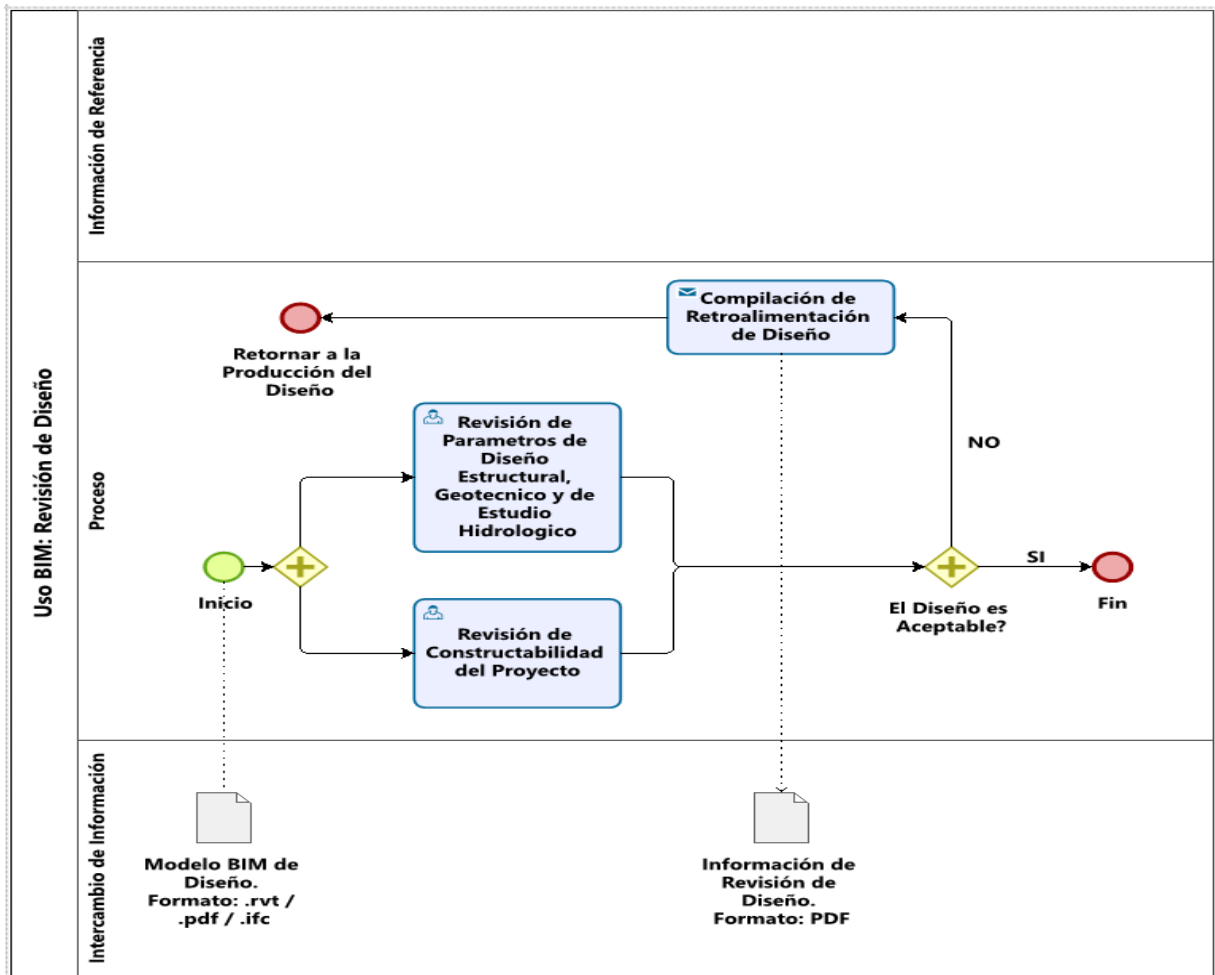
Flujo de Estimación de Costos



Flujo de Trabajo Autoría de Modelo 4D



Flujo de Trabajo de Revisión de Diseño



ESTANDARES

Estándares de la Industria

Anexo 14: Estándares Usados

NOMBRE	FORMATO	DESCRIPCIÓN
Guía Nacional BIM - Perú	.pdf	Guía BIM del Gobierno del Perú
ISO-19650	.pdf	
The New Zealand BIM Handbook	.pdf	
BIM Forum Colombia	.pdf	
ESBIM	.pdf	Breve descripción del objeto del documento