

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
(UCI)

PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTO PARA EL DESARROLLO DE LA FACTIBILIDAD  
DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO

JORGE BONILLA MORALES

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Noviembre, 2023

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

Enrique Barreda Lizano

NOMBRE DEL TUTOR O TUTORA

Alvaro Mata Leitón

NOMBRE DEL PROFESOR(A) LECTOR(A) No.1

Andrés Valdés Bonilla

NOMBRE DEL LECTOR No.2

Jorge Bonilla Morales

NOMBRE DE LA PERSONA SUSTENTANTE

**DEDICATORIA**

A Rocío por ser parte de este esfuerzo de superación.

A Dani, Isma y Gabri por ser pacientes.

A mi madre porque aún me sigue impulsando a cumplir metas.

**AGRADECIMIENTOS**

A la institución en la que trabajo, por permitirme desarrollar este trabajo.

A mis compañeros de trabajo por sus aportes técnicos.

## ABSTRACT

Se presenta en este documento un Plan de Gestión para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, la cual corresponde con la última fase de la planificación o preinversión dentro de los procesos de desarrollo de proyectos del Instituto Costarricense de Electricidad. El proyecto forma parte del plan de expansión de la generación eléctrica de Costa Rica para los próximos 18 años. El proyecto ubicado en la cuenca baja del río Reventazón tendrá una capacidad de 60.6 MW de potencia instalada.

Este PFG tiene como producto desarrollar un plan de gestión para la realización de la fase de factibilidad del proyecto hidroeléctrico, teniendo el proyecto un enfoque predictivo se generaron como entregables los procesos de inicio, procesos de planificación, procedimientos y herramientas para la ejecución, procesos y técnicas para el monitoreo y control, además del cierre del proyecto. Para lograr los objetivos propuestos se utilizó una metodología analítica-sintética aplicada a la documentación primaria y secundaria recopilada.

Con este plan se ha determinado que la División de Ingeniería del ICE tiene un grado de madurez medio. Se establecieron los alcances del proyecto mediante una EDT y el detallado de los involucrados. Se determinó además un cronograma con un plazo de desarrollo de 26 meses y un costo de ₡1 858 440 917. Se realizó también un análisis cualitativo de riesgos y su debida gestión. Finalmente se describieron en detalle los procedimientos de aplicación en la ejecución, el seguimiento y cierre del proyecto.

Palabras clave: plan de gestión, factibilidad, proyecto hidroeléctrico, energía limpia, enfoque predictivo, obra civil.

## ABSTRACT

This document presents a Management Plan for the development of the feasibility stage of the Fourth Cliff hydroelectric project, which corresponds to the last phase of planning or pre-investment within the project development processes of the Costa Rican Electricity Institute. The project is part of the expansion plan for Costa Rica's electricity generation for the next 18 years. The project located in the lower basin of the Reventazón River will have a capacity of 60.6 MW of installed power.

The product of this PFG is to develop a management plan for the realization of the feasibility phase of the hydroelectric project, with the project having a predictive approach, the initiation processes, planning processes, procedures and tools for execution, processes and techniques for monitoring and control, in addition to project closure. To achieve the proposed objectives, an analytical-synthetic methodology was used applied to the primary and secondary documentation collected.

With this plan it has been determined that the ICE Engineering Division has a medium degree of maturity. The scope of the project was established through a WBS and details of those involved. A schedule was also determined with a development period of 26 months and a cost of ₡1,858,440,917. A qualitative analysis of risks and their due management was also carried out. Finally, the procedures to be applied in the execution, monitoring and closure of the project were described in detail.

Keywords: Management Plan, feasibility, hydroelectric Project, clean energy, predictive approach, civil Works.

**CONTENIDO**

LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE TABLAS .....	14
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES.....	15
RESUMEN EJECUTIVO .....	16
1 INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 Antecedentes .....	18
1.2 Problemática .....	19
1.3 Justificación del proyecto .....	21
1.4 Objetivo general .....	23
1.5 Objetivos específicos .....	24
2 MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 MARCO INSTITUCIONAL.....	25
2.1.1 Antecedentes de la institución.....	25
2.1.2 Misión y visión.....	27
2.1.3 Estructura organizativa.....	28
2.1.4 Productos y servicios que ofrece.....	31
2.2 Otra teoría propia del tema de interés .....	32
2.2.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio.....	32
2.2.2 Investigaciones que se ha hecho sobre el tema en estudio.....	35

2.2.2.1	Metodologías que se han usado.....	38
2.2.2.2	Conclusiones y recomendaciones obtenidas.....	39
2.2.3	Otra teoría relacionada con el tema de estudio.....	41
2.2.3.1	Proyectos hidroeléctricos de bombeo.....	41
2.2.3.2	Proyectos de energía marina para la generación eléctrica.....	43
2.2.3.3	Proyectos geotérmicos de generación eléctrica.....	45
3	MARCO METODOLÓGICO.....	48
3.1	Teoría de Administración de Proyectos.....	48
3.1.1	Principios de la dirección de proyectos.....	48
3.1.2	Dominios de desempeño del proyecto.....	54
3.1.3	Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos.....	65
3.1.4	Administración, dirección o gerencia de proyectos.....	77
3.1.5	Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos.....	79
3.1.6	Ciclos de vida de los proyectos.....	83
3.1.7	Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos.....	88
3.2	Fuentes de información.....	91
3.2.1	Fuentes primarias.....	92
3.2.2	Fuentes secundarias.....	93
3.3	Métodos de Investigación.....	96
3.3.1	Método analítico-sintético.....	96
3.3.2	Método inductivo.....	97
3.3.3	Método deductivo.....	97

3.4	Herramientas.....	101
3.5	Supuestos y restricciones.....	105
3.6	Entregables.....	108
4	DESARROLLO.....	110
4.1	Análisis del nivel de conocimiento en AP de la División de Ingeniería´.....	110
4.1.1	Evaluación y análisis de madurez.....	110
4.2	Descripción del proyecto hidroeléctrico.....	115
4.2.1	Fases y etapas del estudio del PHFC.....	115
4.2.2	Ubicación geográfica del proyecto.....	118
4.2.3	Descripción de las obras.....	118
4.3	Elaboración de procesos de inicio.....	118
4.3.1	Acta de constitución del proyecto.....	118
4.3.2	Identificación de los Interesados.....	128
4.4	Procesos de planificación del proyecto.....	128
4.4.1	Planificar la gestión del alcance.....	133
4.4.2	Recopilación de Requisitos.....	134
4.4.3	Definición del Alcance y Estructura de Desglose del Trabajo, EDT.....	135
4.4.4	El Cronograma del proyecto.....	144
4.4.5	Determinación de costos y presupuesto.....	150
4.4.6	Procesos de planificación de la Gestión de calidad.....	152



4.4.7	Estimación de recursos de las actividades .....	153
4.4.8	Procesos de planificación de la Gestión de Comunicaciones .....	156
4.4.9	Procesos de planificación de la gestión, identificación, análisis cualitativo y respuesta de los riesgos .....	159
4.4.10	Procesos de planificación de la gestión de las adquisiciones .....	169
4.4.11	Procesos de planificación de la participación de los interesados.....	169
4.5	Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto .....	171
4.5.1	Dirección y gestión del trabajo .....	171
4.5.2	Gestión del conocimiento y dirección equipo.....	172
4.5.3	Gestionar la calidad.....	173
4.5.4	Adquisición de recursos .....	174
4.5.5	Desarrollo del equipo .....	175
4.5.6	Administración de las comunicaciones .....	175
4.5.7	Implementación de la respuesta a los riesgos .....	176
4.5.8	Ejecución de las adquisiciones.....	177
4.5.9	Gestión involucramiento interesados.....	178
4.6	Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto .....	179
4.6.1	Supervisión y control del trabajo .....	179
4.6.2	Realización del control de cambios .....	180
4.6.3	Validación y control del alcance .....	181
4.6.4	Control del cronograma.....	181
4.6.5	Control de los costos.....	182
4.6.6	Control de la calidad.....	183

4.6.7	Control de los recursos .....	185
4.6.8	Supervisión de las comunicaciones.....	185
4.6.9	Supervisión de riesgos .....	186
4.6.10	Supervisión de la participación de las partes interesadas.....	187
4.7	Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto .....	187
4.7.1	Registro de lecciones aprendidas.....	187
4.7.2	Transición final del producto.....	188
4.7.3	Informe final .....	188
5	CONCLUSIONES.....	189
6	RECOMENDACIONES .....	193
7	VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE .....	195
7.1	Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible .....	200
7.1.1	Fin de la pobreza .....	200
7.1.2	Hambre cero .....	200
7.1.3	Salud y bienestar .....	200
7.1.4	Educación de calidad .....	201
7.1.5	Igualdad de género .....	201
7.1.6	Agua limpia y saneamiento .....	201
7.1.7	Energía asequible y no contaminante .....	202
7.1.8	Trabajo decente y crecimiento económico .....	202

7.1.9	Industria, innovación e infraestructura .....	202
7.1.10	Reducción de las desigualdades .....	203
7.1.11	Ciudades y comunidades sostenibles .....	203
7.1.12	Producción y consumo responsable .....	203
7.1.13	Acción por el clima .....	204
7.1.14	Vida submarina .....	204
7.1.15	Vida de ecosistemas terrestres .....	204
7.1.16	Paz, justicia e instituciones sólidas.....	205
7.1.17	Alianzas para lograr los objetivos .....	205
7.2	Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5 .....	205
7.3	Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo .....	216
7.3.1	Dimensión ambiental.....	217
7.3.2	Dimensión social .....	218
7.3.3	Dimensión económica .....	218
7.3.4	Dimensión espiritual.....	219
7.3.5	Dimensión cultural.....	220
7.3.6	Dimensión política.....	221
	LISTA DE REFERENCIAS.....	222
	ANEXOS.....	229
	Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG .....	229
	Anexo 2: EDT del PFG.....	241
	Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG.....	242

Anexo 4: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PRELIMINAR .....	244
---	-----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de las plantas de generación eléctricas del Grupo ICE.....	26
Figura 2 Estructura Organizativa del Grupo ICE .....	29
Figura 3 Estructura Organizativa de la Gerencia Electricidad.....	30
Figura 4 Gráfico del crecimiento histórico de la demanda .....	33
Figura 5 Mapa con la ubicación en planta de las obras del PHFC.....	34
Figura 6 Central hidroeléctrica de bombeo .....	42
Figura 7 Esquema de un sistema de generación de electricidad a partir de la energía marina.....	44
Figura 8 Diagrama de cómo funciona una planta geotérmica.....	46
Figura 9 Curva del costo del cambio.....	61
Figura 10 Enfoques de desarrollo.....	67
Figura 11 Consideraciones para seleccionar un enfoque de desarrollo .....	68
Figura 12 Gráficos de fase de proyecto por tipo de enfoque de desarrollo.....	70
Figura 13 Grado de planeamiento a lo largo del ciclo de vida de un proyecto predictivo. ....	71
Figura 14 Flujograma de un proyecto predictivo.....	73
Figura 15 Flujograma de un proyecto adaptativo .....	74
Figura 16 Flujograma de un proyecto con enfoque híbrido.....	76
Figura 17 Tabla con la Correspondencia entre Grupos de Proceso y áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos .....	82
Figura 18 Áreas del conocimiento de la dirección de proyectos .....	83
Figura 19 Características de los cuatro ciclos de vida.....	84
Figura 20 Continuo de los ciclos de vida de los proyectos .....	85

Figura 21 Partes y funcionamiento de una fase .....	86
Figura 22 <i>Ciclos de vida del proyecto de Ingeniería, Arquitectura y Construcción</i> .....	86
Figura 23 Ciclos de vida de los proyectos y sus fases .....	87
Figura 24 Portafolio, programas, proyectos y operaciones.....	89
Figura 25 Presentación comparativa de Portafolios, programas y proyectos .....	90
Figura 26 Esquema de tipos de fuentes de información.....	92
Figura 27 Herramientas y técnicas usadas en el PFG.....	102
Figura 28 Matriz de análisis de madurez en el dominio de proyectos de la Dirección de Ingeniería.....	111
Figura 29 Matriz de grados de Madurez para los procesos analizados en la División de Ingeniería.....	196
Figura 30 Grados de Madurez obtenidos de la valoración de procesos de mejores prácticas.	196
Figura 31 Fases y etapas del desarrollo de los proyectos de generación eléctrica en el ICE ..	196
Figura 32 Matriz de caracterización de las etapas de la fase de preinversión.....	196
Figura 33 Mapas de ubicación del proyecto y obras específicas del PHFC.....	196
Figura 34 Registro de interesados .....	196
Figura 35 Análisis de interesados .....	196
Figura 36 Gráfico de análisis de niveles de Poder vs Interés de los involucrados .....	196
Figura 37 Estructura de Desglose del Trabajo de la Factibilidad del PHFC.....	196
Figura 38 Diagrama de la estructura de Desglose del Trabajo EDT.....	142
Figura 39 Cronograma de la Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff.....	196
Figura 40 Presupuesto de la factibilidad del PHFC .....	19651
Figura 41 Diagrama RACI de responsabilidades.....	19654
Figura 42 Matriz de estimación de recursos para la ejecución de la factibilidad.....	155
Figura 43 Matriz de comunicaciones de la Factibilidad del PHFC.....	158

Figura 44 Estructura de Desglose de Riesgos de la Factibilidad del PHFC.....	160
Figura 45 Registro de Riesgos del Proyecto de Factibilidad del PHF.....	161
Figura 46 Escalas de valoración de la Probabilidad (P) y el impacto (I).....	163
Figura 47 Matriz de Probabilidad X Impacto.....	163
Figura 48 Escala de calificación del Riego General del Proyecto.....	164
Figura 49 Matriz de registro, Análisis Cualitativo y Respuesta a los Riesgos del Proyecto.....	166
Figura 50 Matriz de evaluación del involucramiento de los interesados.....	170
Figura 51 Modelos de desarrollo sostenible .....	196
Figura 52 Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	197
Figura 53 Límites Planetarios en el año 2015 .....	199
Figura 54 Ontología P5.....	206
Figura 55 Análisis de impacto P5.....	208

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Fuentes de información utilizadas .....	94
Tabla 2 Métodos de investigación utilizados .....	98
Tabla 3 Entregables utilizados .....	104
Tabla 4 Supuestos y restricciones.....	106
Tabla 5 Entregables.....	108

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

AP Administración de Proyectos

API Interfaz de Programación de Aplicaciones

CNFL Compañía Nacional de Fuerza y Luz

CPI Índice de desempeño DEL COSTO

CV Variación del costo

EAC Estimaciones a la conclusión

EDT Estructura Detallada del Trabajo

ENEL Ente Nazionale per Lenergia Eléctrica

ETC Estimaciones hasta la conclusión

ICE Instituto Costarricense de Electricidad

NPV Valor actual neto

PFG Proyecto Final de Graduación

PHFC Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff

PMI "Project Management Institute"

RACSA Radiográfica Costarricense

ROI Retorno de la inversión

SNE Servicio Nacional de Electricidad

SUTEL Superintendencia de Telecomunicaciones

SPI Índice de desempeño del cronograma

SV Variación del Cronograma

TCPI Índice de desempeño del trabajo por completar

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU Organización de Naciones Unidas

VAC Variación a la conclusión

## RESUMEN EJECUTIVO

El Instituto Costarricense de electricidad, ICE, es el ente estatal que tiene la responsabilidad de asegurar el suministro eléctrico nacional el cual debe ser producido bajo la premisa de energías limpias y sostenibles. Como parte de esa responsabilidad es que se desarrollan los estudios de factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff (PHFC), ubicado en la Cuenca baja del río Reventazón. El PHFC pretende aportar una energía de 291GWh/año, con una potencia instalada de 60.6 MW.

La complejidad ingenieril que caracteriza el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos exige la conformación de un equipo de trabajo que realice una adecuada planificación de los diversos procesos que se requieren para finalizar con éxito el proyecto. El PHFC se encuentra en su etapa de factibilidad técnica económica, por lo que se requiere planificar de manera eficiente esta tarea y dejar de manera estandarizada la elaboración de todos los procesos. Aunque el ICE tiene una amplia experiencia en la gestión de proyectos, en la División de Ingeniería existe la necesidad de superación en cuanto a la aplicación de las mejores prácticas de gestión de proyectos. Lo anterior está relacionado con una falta de madurez en los procesos de estandarización, control y mejora continua. Es necesario con una mayor intervención de la PMO de la división que asegure y oriente a los gerentes de proyecto en las mejores prácticas de la AP.

El presente Proyecto Final de Graduación correspondió con la generación de un plan de gestión dirigido a establecer los lineamientos de trabajo, herramientas y procedimientos que se deben ejecutar para desarrollar la factibilidad técnica de diseño y construcción de un proyecto hidroeléctrico, en este caso, el PHFC. Se partió del hecho que la fase de factibilidad busca justificar de la mejor manera la ejecución del proyecto hidroeléctrico, por lo que el desarrollo de un plan de gestión fue un refuerzo para obtener los mejores resultados y éxito de la fase.

El objetivo general del PFG fue generar un plan de gestión para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff que permita establecer, estructurar y organizar el trabajo que se requiere llevar a cabo. Los objetivos específicos fueron evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo, describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo, elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados, desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto, proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto, diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar el si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido y recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.

La ejecución del plan de gestión fue planteada para ser desarrollada mediante la obtención de información de fuentes primarias que estarán asociadas a la factibilidad y secundarias como la información desarrollada en la prefactibilidad. La recopilación y procesamiento de la información fue enfocada mediante el método analítico-sintético, en donde ambos métodos funcionan de manera unificada, el análisis se produce mediante la síntesis de las propiedades y características de cada parte del todo mientras que la síntesis se realiza sobre la base de los resultados del análisis. De esta forma se recopiló la información asociada con gestión, obras, involucrados,



normativas y procesos. Tal información se analizó y finalmente se sintetizó en el documento de PFG.

Al finalizar el plan de gestión se ha determinado un nivel de madurez empresarial de la División de Ingeniería intermedio. Se definió la lista de involucrados, sus roles y niveles de poder e interés. Se definió de manera detallada los alcances del proyecto por medio de una EDT con 17 paquetes de trabajo, la cual fue base para la creación de un cronograma debidamente secuenciado que estableció una duración de la factibilidad en 26 meses y un costo general de ¢1 858 440 917.

Para la factibilidad se estableció que la gestión de comunicaciones estará basada en sistemas tecnológicos y virtuales. El tema de riesgos del proyecto fue abordado mediante un análisis cualitativo, determinando un riesgo general de nivel moderado, que a través de la gestión se redujo a un nivel bajo, además de un plan de contingencias.

Se definió como dirigir y gestionar el trabajo validando y controlando el alcance, el cronograma los costos, la calidad, las comunicaciones y los riesgos.

Para la ejecución del proyecto de factibilidad solo se estableció el uso de recursos de tipo humano, los cuales son parte de las áreas funcionales de la organización.

Se definió que los cambios del proyecto se realizarán mediante procedimientos de controles de cambio, los cuales responderán a las normativas institucionales.

Para el control de calidad y la evaluación de desempeño se estableció la revisión de los productos por parte de técnicos especializados de cada área funcional.

La supervisión de los riesgos será realizada a lo largo del ciclo de vida del proyecto mediante reuniones mensuales, revisión de desempeño y cumplimiento del plan de respuesta a los riesgos.

Se concretó que el director del proyecto monitoreará la participación de los interesados con la finalidad de aumentar la eficiencia y eficacia de las actividades durante el ciclo de vida del proyecto.

Se estableció que para el cierre del proyecto se debe verificar la base de información del proyecto de acuerdo con la EDT, se registrarán las lecciones aprendidas, detalles sobre la gestión de riesgos, incidentes e involucramiento de los interesados. La entrega final estará acompañada del llenado de una fórmula de aceptación por parte del cliente. Además, se estableció que el director al finalizar el proyecto deberá generar un informe de resumen con todos los detalles relevantes.

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El constante crecimiento de la demanda energética en el país es el impulsor del desarrollo de proyectos de generación eléctrica. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es el ente estatal que tiene la responsabilidad de asegurar el suministro eléctrico nacional, el cual debe ser bajo la premisa de energías limpias y sostenibles.

El Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff, fue conceptualizado por el equipo de Planificación del ICE en el año 2015, no es sino hasta el presente año 2023 en el que se plantea el requerimiento de evaluar su factibilidad técnica económica. En el ICE la fase de preinversión está constituida por tres etapas; identificación, prefactibilidad y factibilidad. Para el caso del PHFC, se ha cumplido con las dos primeras etapas de la fase y se requiere desarrollar su factibilidad. Con el cumplimiento de la factibilidad de un proyecto, y un resultado positivo de viabilidad, éste podrá entrar a formar parte del Plan de Expansión de la Generación.

El Plan de Expansión de la Generación (Grupo ICE, 2023) establece las inversiones en proyectos que “satisfagan la demanda nacional prevista sin depender de importaciones críticas o exportaciones de los países vecinos”.

El Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff, el cual pretende aportar 291GWh/año, con una potencia instalada de 60.6 MW, se ubica en la cuenca baja del río Reventazón, en el cantón de Siquirres, provincia de Limón. Pretende aprovechar la restitución del agua turbinada de la casa de máquinas de la planta Reventazón, para ser luego conducida a un túnel mediante una cámara de carga. El túnel cruza bajo el cauce del río a una elevación de 82 msnm y continúa por la margen izquierda hasta llegar a una casa de máquinas ubicada a 3.3 km aguas abajo del sitio de toma a una elevación de 72 msnm, en donde se producirá la energía y se restituirá el agua al cauce natural. Esta conceptualización del proyecto fue desarrollada en su correspondiente etapa de prefactibilidad.

El PHFC presenta la característica especial de no considerar la construcción de un sistema de reservorio de agua que regule el caudal de trabajo. El sistema responde al principio de un proyecto en cascada, en donde utiliza el mismo reservorio o embalse de la planta hidroeléctrica Reventazón. Esta planta fue construida por el ICE y entró en operación en el año 2016.

El desarrollo de la etapa de factibilidad de proyectos hidroeléctricos en el ICE responde a lineamientos y estándares técnicos de aplicación internacional y que han sido establecidos en el documento *Manual de Procedimiento. Estudio de proyectos de Generación. Fase de Preinversión (Grupo ICE, 2009)*. Es importante mencionar que la ejecución de este tipo de proyectos, por su alta complejidad, requiere de equipos interdisciplinarios bastante numerosos, compuestos por profesionales experimentados en los diferentes campos de las ingenierías, las ciencias básicas y sociales y la administración y gestión de proyectos.

El ICE posee una estructura capaz de realizar la investigación, el diseño, la construcción y operación de sus propios proyectos, por lo que el desarrollo del PHFC no es la excepción. En la etapa de factibilidad los equipos de trabajo tienen la tarea de generar y/o analizar la información que respalde los diseños del proyecto y su construcción. Dichas investigaciones se enmarcan en especialidades de topografía, hidrología y meteorología, geología, geotecnia e ingeniería hidráulica, estructural, electromecánica, procesos constructivos y evaluaciones financieras y económicas. Otras áreas relevantes para la realización del proyecto se relacionan con los temas de manejo ambiental, social y administrativo.

Por medio de un plan de gestión será posible encaminar de manera eficaz y eficiente las actividades de los involucrados y conducirlos hacia resultados de éxito.

## **1.2 Problemática**

La complejidad ingenieril que caracteriza el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos exige la conformación de un equipo de trabajo que realice una adecuada planificación de los

diversos procesos que se requieren para finalizar con éxito el proyecto. Esto incluye un adecuado seguimiento del ciclo de vida del proyecto. De acuerdo con Barreda y otros (2018), el desarrollo de la factibilidad de un proyecto es parte de la fase de Planeación.

El proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff se encuentra en su etapa de factibilidad técnica económica y por ello se requiere planificar de manera eficiente esta tarea. Dentro del ICE los desarrollos de factibilidad de proyectos hidroeléctricos son dirigidos y efectuados por la división de Ingeniería con el apoyo de la división de construcción. Un director de proyecto es encargado de coordinar esta tarea, la cual debe ser enfocada inicialmente en el desarrollo de un plan de gestión. Una práctica normalizada en el ICE, es la realización de procesos detallados de planificación en las fases de construcción. Para el caso de los procesos de investigación y diseño, aunque se realizan procesos de definición de requisitos y alcances, elaboración de cronograma y cálculo de presupuestos, aún hace falta dejar de manera estandarizada la elaboración de todos los procesos de planificación. Sobre este tema, existen directrices claras a nivel de gerencia, que establecen la normativa de implementación de interfaces de programación de aplicaciones (API), en donde se aportan las herramientas para análisis de involucrados, establecimientos de requisitos, cronogramas, análisis de riesgos y el resto de los procesos de planificación.

La problemática de no aplicar las mejores prácticas de gestión de proyectos, conocidas también como administración o dirección de proyectos, puede estar relacionada a la falta de madurez en la empresa. Una mayor intervención de una PMO en los procesos de gestión y capacitación de conocimientos de AP ayudará al mejoramiento y eficiencia del proyecto.

La propuesta de realización del PFG aplicado a la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, podrá aportar en una mejor gestión de la factibilidad, además de cumplir con los requisitos de titulación de la universidad.

Se procura subsanar o reducir los faltantes en la aplicación y desarrollo de procesos de planificación en proyectos de investigación y diseño. Se plantea entonces, mediante el PFG, establecer un plan de gestión que especifique una estructura clara de los procesos que se deben aplicar en la planificación de la factibilidad de un proyecto hidroeléctrico. Este documento puede servir de base de consulta para los gerentes de proyecto encargados de liderar estas tareas.

Para el caso del PFG, se ha planteado como problemática específica establecer y desarrollar los componentes del plan de gestión de la factibilidad del proyecto hidroeléctrico, lo cual aportará en la organización y estructura, así como en el aseguramiento de los alcances.

Desde este punto de vista se han planteado siete objetivos específicos, los cuales se asocian directamente con los entregables del PFG.

Considerando que el PHFC es un proyecto con un enfoque predictivo, se estará desarrollando un plan de gestión realizando las actividades relacionadas con cada uno de los 5 grupos de procesos para la dirección de proyectos: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre. Cada uno de los procesos se desarrollará utilizando las herramientas y procedimientos de las 13 Áreas de Gestión del Conocimiento.

### **1.3 Justificación del proyecto**

El presente Proyecto Final de Graduación corresponde con la generación de un plan de gestión dirigido a establecer los lineamientos de trabajo, herramientas y procedimientos que se deben ejecutar para desarrollar la factibilidad técnica del diseño y construcción de un proyecto hidroeléctrico, específicamente el Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff, desarrollado por el ICE, el cual ha sido descrito brevemente en los antecedentes de esta introducción.

Este proyecto, desarrollado dentro de las actividades de diseño y construcción civil, por su complejidad, abarca muchas otras temáticas y campos de acción, como pueden ser los

estudios meteorológicos, los estudios ambientales de tipo físico, biótico y social, sin olvidar las áreas financieras.

La complejidad del proyecto se ve aumentada al existir un componente importante de incertidumbre técnica, y esta tiene que ver con el desarrollo de las obras subterráneas que componen el proyecto. Y aunque no se requiere de una estructura de presa para generar un reservorio, si tiene incluido obras como una cámara de carga en subterráneo, que recibe las aguas del proyecto para conducir las a un túnel que se encuentra inicialmente 60m por debajo de la superficie. Este túnel con una longitud de casi 3 kilómetros conducirá el agua hasta una casa de máquinas.

Todas las obras requieren de investigaciones geológico-geotécnicas que producirán información de manera puntual o restringida, con el fin de reducir las incertidumbres y evitar inconvenientes en la etapa constructiva.

Sin duda alguna, una forma de reducir el impacto y los efectos de las complejidades e incertidumbres del proyecto es a través de una buena planificación. Mediante el desarrollo de un plan de gestión es posible visualizar de manera anticipada cómo se deben ejecutar las tareas o actividades de la fase de factibilidad, las cuales, con base en la normativa ICE (Grupo ICE. 2009); se ha definido en qué momento realizarlas, cuánto tiempo se tiene para efectuarlas, quienes deben involucrarse, cuál es su costo, cuáles son los supuestos y riesgos de alto nivel, entre otras restricciones importantes para el proyecto. Lo anterior para las etapas de investigación, diseño y construcción.

Ya que la hipótesis de este PFG afirma que es posible generar un plan de gestión de proyecto para gestionar la ejecución de la factibilidad de un proyecto hidroeléctrico, se ha planteado que las actividades a desarrollar se encuentren alineadas con los objetivos del plan. Bajo este esquema se espera alcanzar con éxito el desarrollo del plan de gestión, el cual también considera como supuestos tener el apoyo y acceso a la información por parte del

desarrollador del proyecto, en este caso el ICE. Dicho apoyo considera el poder interactuar con los especialistas que conforman el equipo de trabajo que ejecuta la factibilidad. También es importante considerar las restricciones existentes para el desarrollo del PFG, como contar con un tiempo limitado de solo 3 meses para su ejecución, y algunas limitaciones por confidencialidad de información técnica.

Otro de los grandes beneficios que se obtienen con la generación del plan de gestión tiene que ver con la identificación y análisis de los riesgos del proyecto, lo cual permite una eficiente gestión de las amenazas y un mejor aprovechamiento de las ventajas que podrían identificarse. Este procedimiento puede tener un peso significativo dentro de la determinación de la factibilidad del proyecto.

Si se parte del hecho que la fase de factibilidad busca justificar de la mejor manera la ejecución del proyecto hidroeléctrico, el desarrollo de un plan de gestión será un refuerzo para obtener los mejores resultados y el éxito de esta fase.

La elaboración del plan de gestión como tema de proyecto final de graduación está planteada para ser desarrollada mediante la obtención de información de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias están relacionadas con el acceso a documentación generada por el desarrollador, además con la transferencia de información a través de reuniones y entrevistas con los miembros del equipo de expertos del ICE. La información secundaria se asocia con documentación de tipo técnico relacionada con los temas de generación hidroeléctrica, gestión de proyectos, factibilidades, sostenibilidad, procesos constructivos y por supuesto la información base aportada de la prefactibilidad.

#### **1.4 Objetivo general**

Para el desarrollo del PFG se ha planteado un objetivo claro y conciso, el cual se anota a continuación:

Generar un plan de gestión para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff que permita establecer, estructurar, organizar y dar seguimiento y control al trabajo que se requiere llevar a cabo.

### **1.5 Objetivos específicos**

Para el desarrollo del PFG se han planteado 7 objetivos específicos, los cuales reflejan de manera directa los entregables y que se enumeran a continuación:

1. Evaluar el nivel de madurez del Nivel 1 de ingeniería para asociarlo al grado de conocimientos en AP con el fin de recomendar nuevos procedimientos de trabajo.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo
3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados.
4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto.
5. Desplegar los procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre una mejor gestión del trabajo, el conocimiento, la calidad, las comunicaciones, los riesgos y la participación de los involucrados.
6. Indicar los procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto que sirvan de base para determinar desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido.
7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.



## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco institucional**

#### **2.1.1 Antecedentes de la institución**

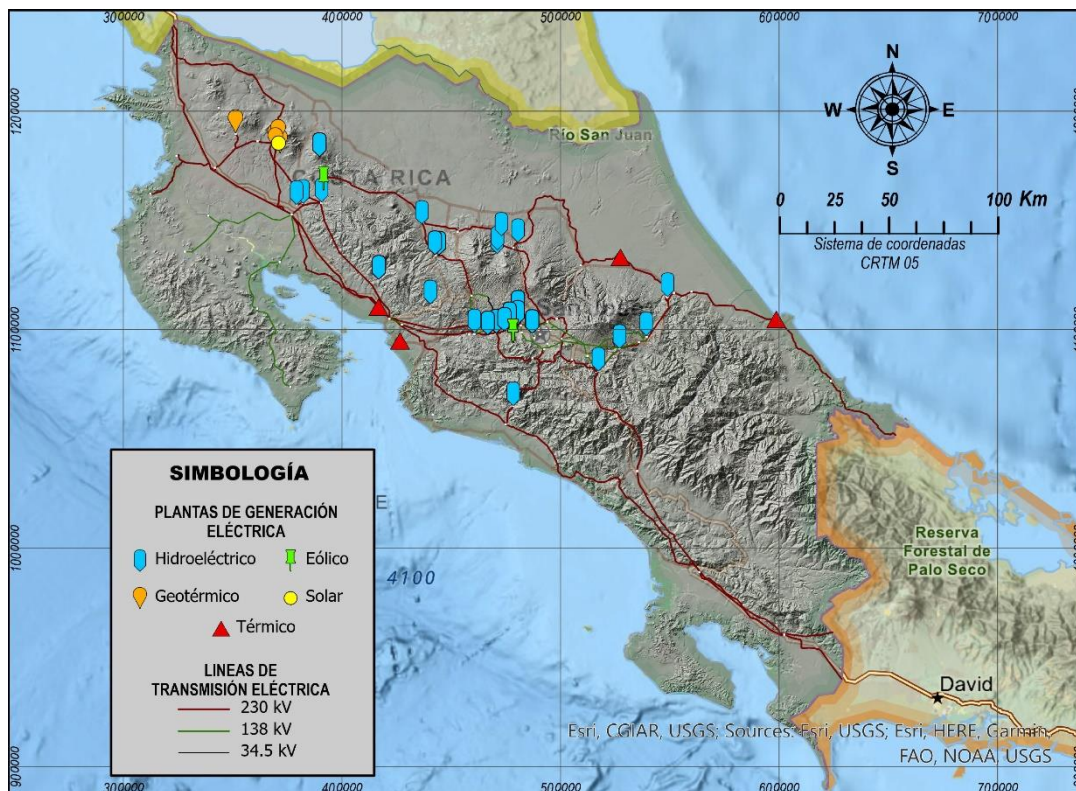
El Grupo ICE o Instituto Costarricense de Electricidad es una empresa pública autónoma, encargada por ley, de dar soluciones y servicios de electricidad y telecomunicaciones a todo el país. Fue creado bajo el mandato de aprovechar el recurso hídrico para la electrificación del país, logrando hoy en día una cobertura del 99.4%.

De acuerdo con la página web del Grupo ICE (2021) se tiene el siguiente entorno histórico: a finales del siglo XIX se fundó la Compañía Eléctrica de Costa Rica, la cual construyó la primera planta hidroeléctrica, capaz de generar 50 kilovatios. Su inauguración fue el 9 de agosto de 1884 y su función fue la de alumbrar algunas calles públicas en San José. Otros inversionistas de la época propiciaron la construcción de las plantas hidroeléctricas Tournón, Los Anonos, Brasil, Belén y Electriona, todas ellas construidas entre 1900 y 1923. No fue hasta 1928 que por medio de una Ley se creó el Servicio Nacional de Electricidad (SNE), que a fin de cuentas no logró los objetivos esperados. Todas estas empresas fueron las precursoras de lo que hoy en día es el Instituto Costarricense de Electricidad, ICE. El 8 de abril de 1949, por medio del Decreto – Ley N° 449, se crea el ICE, bajo una realidad de país en donde sólo un 14% de la población tenía acceso a la energía eléctrica. Desde su creación, el ICE buscó la forma de generar energía sostenible, en ese momento mediante energía hidroeléctrica. Hoy en día el ICE cuenta con 40 plantas de diferentes tipos de generación, entre ellas hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar, además un sistema firme de transmisión y distribución que cubren de manera eficiente todo el territorio nacional.

En la Figura 1 se muestra un mapa de Costa Rica con la ubicación de las plantas de generación eléctrica del Grupo ICE.

Figura 1

Mapa de ubicación de las plantas de generación eléctrica del Grupo ICE



*Nota.* Los datos de ubicación de las plantas fueron tomados de la base de datos del sistema de información geográfica de la Dirección de Servicios no Regulados de ICE. Elaboración propia.

Como resultado exitoso en la electrificación del país, en 1963, se le confirió al ICE la responsabilidad de desarrollar las telecomunicaciones, obteniendo la masificación de la telefonía fija y pública, y en la actualidad la telefonía móvil y el internet.

Desde los años 60, el ICE evolucionó como un grupo empresarial del estado, constituido por el ICE, Radiográfica Costarricense (RACSA) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), esta estructura se mantiene hasta hoy en día con la adición de una cuarta empresa, Gestión de Cobro.

Es importante mencionar que el ICE se ha convertido en un referente mundial en cuanto su matriz energética, logrando alcanzar durante los últimos años una producción eléctrica de casi el 100% mediante metodologías limpias.

El Proyecto Final de Graduación desarrollado en este documento corresponde y está alineado con una de las actividades y responsabilidades del ICE, la producción de energía eléctrica. Se trata del proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff, el cual se encuentra en su etapa de evaluación de factibilidad técnica. Se busca dentro de los objetivos aportar al proyecto un plan que permita gestionar de forma eficiente la realización de la factibilidad.

### **2.1.2 Misión y visión**

Tal como lo expresa Fred David en su libro Conceptos de Administración Estratégica (2013, p 45): el planteamiento de la visión de una empresa debe responder a la pregunta -¿En qué queremos convertirnos?, y de la misma forma la misión debe responder a la pregunta - ¿Cuál es nuestro negocio? Una respuesta atinada a ambas preguntas da a las empresas distinción y direccionamiento del negocio”,

El Grupo ICE en su página web (29 mayo 2023) describe su misión y visión de empresa, la cual constituye la base de su estrategia corporativa.

**Misión:** Mejorar la calidad de vida de la sociedad costarricense, contribuyendo al desarrollo sostenible del país con soluciones de energía, infocomunicaciones e ingeniería, de manera eficiente, inclusiva y solidaria.

**Visión:** El Grupo ICE, ágil, transparente, motor de desarrollo de la sociedad costarricense con presencia internacional, liderará y será referente en la transformación digital y en el desarrollo de soluciones integrales, innovadoras y oportunas, en energía, infocomunicaciones e ingeniería

Sin duda alguna el Grupo ICE ha lo grado alcanzar su misión de una forma eficiente, a la fecha la cobertura de electrificación es casi del 100% del territorio nacional, comparable con la de un país desarrollado. De la misma forma, en el tema de infocomunicaciones los resultados son bastante buenos, sobre todo en lo referente a disponibilidad de la red, estos datos fueron obtenidos del informe de SUTEL del 12 de diciembre de 2022, titulado ¿Cuál fue el mejor operador de telefonía móvil en los últimos 6 meses?

El proyecto Final de Graduación está asociado a uno de los proyectos de la cartera del Negocio Electricidad, se trata de la factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff. Este desarrollo es parte del Plan de Expansión Energético (ICE, 2023), y constituye un eslabón de la cadena de proyectos necesarios para mantener el constante requerimiento energético del país, el cual ha tenido un importante aumento después de la pandemia.

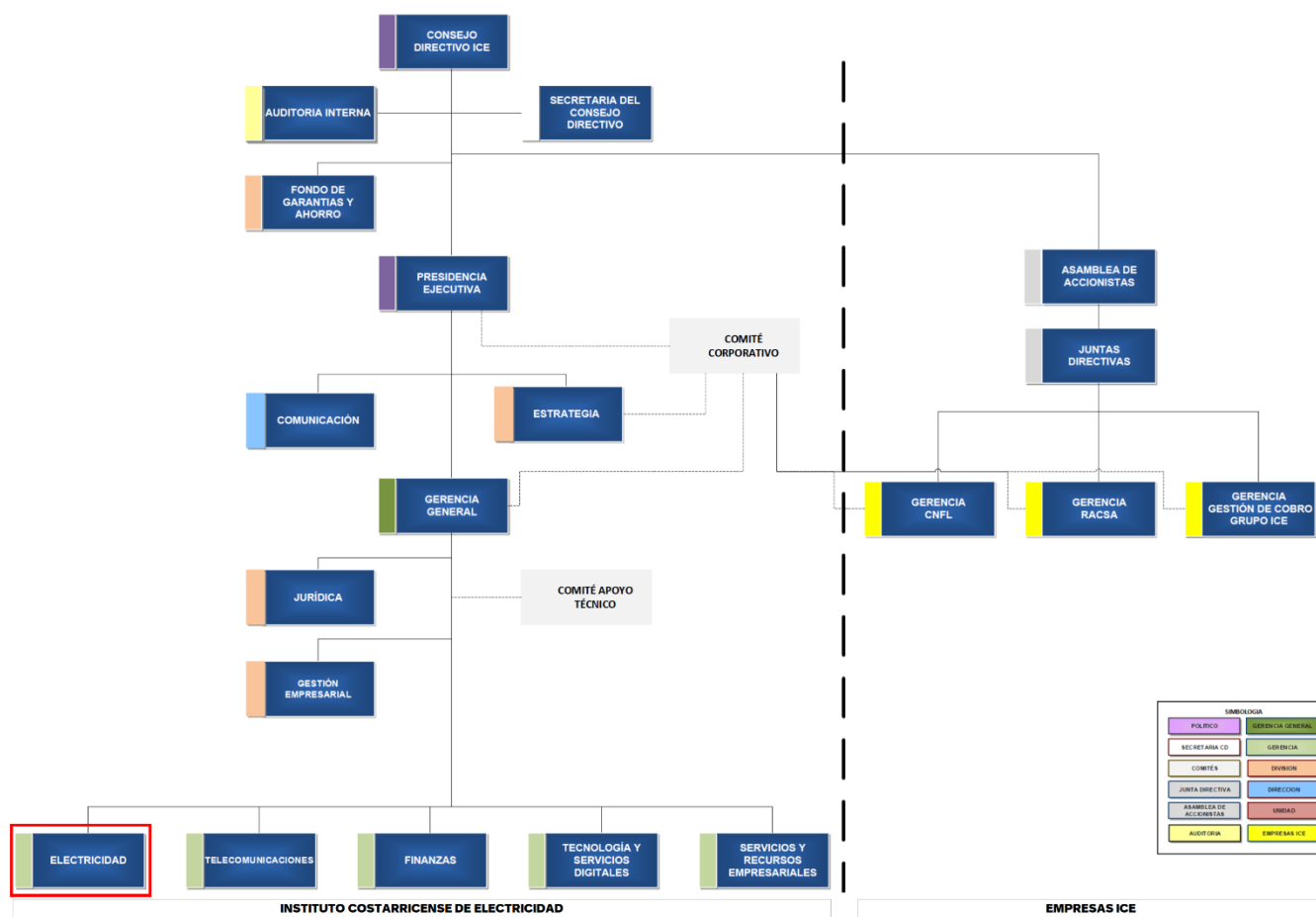
### **2.1.3 Estructura organizativa**

EL Grupo ICE es una empresa estatal bastante compleja, la cual está liderada por un Consejo Directivo, una Presidencia Ejecutiva y un Comité Corporativo constituido por el Presidente Ejecutivo, el Gerente General ICE, el Gerente General CNFL, el Gerente General RACSA, el Gerente General Gestión Cobro y el Jefe de División de Estrategia.

En la Figura 2 se presenta el detalle de la estructura organizativa del Grupo ICE. En esta figura se destaca el tipo de estructura de cada componente de la organización; gerencias, divisiones, direcciones o empresas.

Figura 2

## Estructura Organizativa del Grupo ICE



Nota: La figura muestra el organigrama del Grupo ICE. Tomado de la página Web del Grupo ICE. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/2ec2bf23-67e8-40ab-80a7-b7cb85fc5bc3/Organigrama.pdf?MOD=AJPERES>

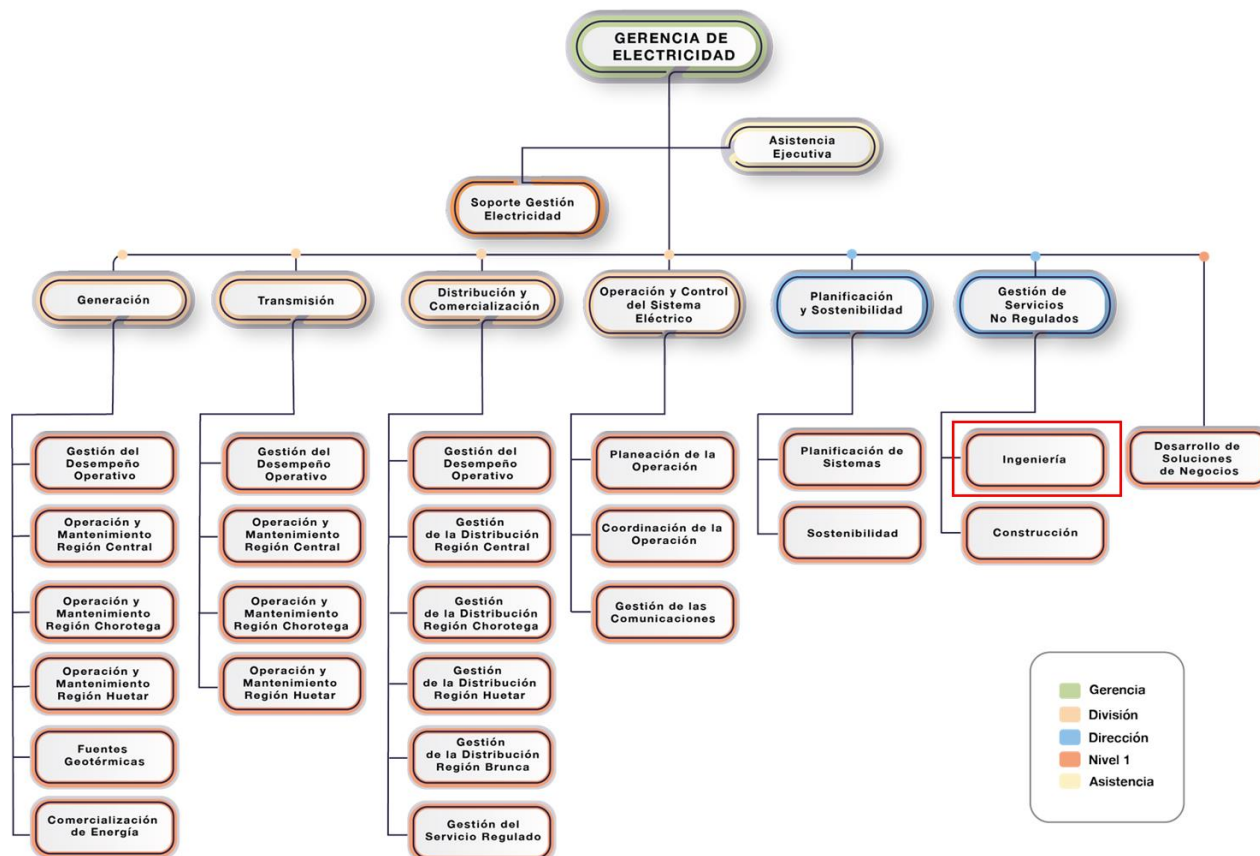
El desarrollo del PFG está asociado con las actividades de la Gerencia de Electricidad de la empresa ICE, la cual ha sido resaltada en la Figura 2 con un rectángulo de color rojo.

Se considera importante detallar la estructura interna de la Gerencia Electricidad con el objetivo de ubicar al grupo encargado de ejecutar la factibilidad del proyecto hidroeléctrico estudiado. En la Figura 3, se presenta la estructura organizacional de la Gerencia de Electricidad.

Nuevamente se resalta mediante un rectángulo de color rojo el nivel 1 Ingeniería, el cual forma parte de la Dirección de Gestión de Servicios No Regulados. En esta Dirección se concentran los recursos encargados de desarrollar proyectos de investigación y diseños ingenieriles del ICE.

**Figura 3**

*Estructura Organizativa de la Gerencia Electricidad*



Fuente Gerencia de Electricidad

*Nota:* El diagrama de flujo muestra la estructura organizacional de la Gerencia de Electricidad.

Tomado de Grupo ICE, 2023.

<https://icetel.sharepoint.com/sites/ICPrincipal/SitePages/Organigrama.aspx>

Para el caso específico del desarrollo de la factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, se ha conformado un equipo técnico del Nivel 1 de Ingeniería para su desarrollo. Para el desarrollo del proyecto es necesario establecer relaciones con otros niveles 1 de las direcciones de Planificación y Sostenibilidad, así como también de la División de Generación.

#### **2.1.4 Productos y servicios que ofrece**

De acuerdo con información del Grupo ICE en su página web (2023, [www.grupoice.com](http://www.grupoice.com)), a través de sus empresas ofrece soluciones en electricidad y telecomunicaciones. Se brindan servicios de electricidad definitivo para inmuebles construidos o provisionales de tipo residencial monofásico y trifásico.

Se brinda también servicios empresariales de dos tipos: de baja tensión para pequeños comercios e industrias cuyo consumo sea inferior a 3000 KWh, y servicios para macroconsumidores, aquellos clientes que consumen más de 3000KWh/mes.

Además de la venta de la electricidad se brindan servicios de asesoría técnica para todo lo referente a conectividad eléctrica, análisis tarifarios, extensión de líneas, cambios de sistema de voltaje, historial de consumo, estudios por alto consumo, recomendaciones diseños infraestructura, mantenimiento de transformadores y subestaciones y alquiler de transformadores.

Un producto específico generado por la Gerencia de Electricidad tiene que ver con el estudio, diseño y construcción de plantas de producción eléctrica y el sistema de líneas de transmisión y distribución. El ICE desde su creación ha desarrollado sus propias plantas generadoras. Como ejemplo de este tipo de producto es el desarrollado como tema del PFG, un proyecto hidroeléctrico.

Otro de los productos relevantes del Grupo ICE (2022, [www.grupoice.com](http://www.grupoice.com)) son los servicios del Negocio Mayorista y Corporativo en las telecomunicaciones, los cuales

corresponden con: Servicios de interconexión, desagregación de bucle de abonado, niveles de interconexión de redes telefónicas, puntos de interconexión, accesos a las capacidades contratadas en los cables submarinos y backhaul, servicios de coubicación en la estación de Telecomunicaciones de San Pedro de Montes de Oca y Líneas dedicadas.

## **2.2 Otra teoría propia del tema de interés**

### **2.2.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio**

El proyecto objeto de estudio en este PFG corresponde con la generación de un plan de gestión para el desarrollo de la fase de viabilidad o factibilidad de un proyecto hidroeléctrico, cuyo nombre es Fourth Cliff. El proyecto fue visualizado por el grupo de Planificación y Desarrollo Eléctrico del ICE en el año 2014 y ha sido incluido en el Plan de Expansión de la Generación 2022-2040 (ICE, Dirección de Planificación y Sostenibilidad, 2023).

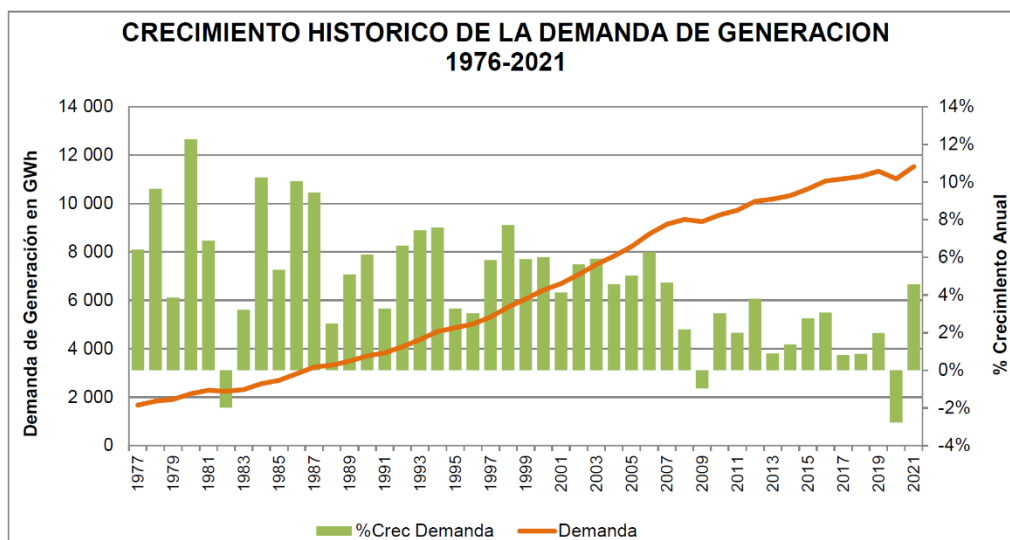
El ICE tiene como responsabilidad asegurar el suministro eléctrico del país, a corto y largo plazo, con lo cual se han realizado los estudios y proyecciones necesarias para establecer los requerimientos energéticos para los próximos 18 años. En la Figura 4 se muestra un gráfico del crecimiento histórico de la demanda de energía en Costa Rica.

Del gráfico de la Figura 4 se puede observar cómo después de la Pandemia de COVID 19, se genera un aumento sustancial de la demanda en la generación de electricidad. Como respuesta a esta condición, el ICE ha planteado una serie de desarrollos de plantas generadoras siempre dirigidas a metodologías sostenibles ambientalmente, además de procesos de modernizaciones de las plantas existentes.



Figura 4

Gráfico del crecimiento histórico de la demanda.

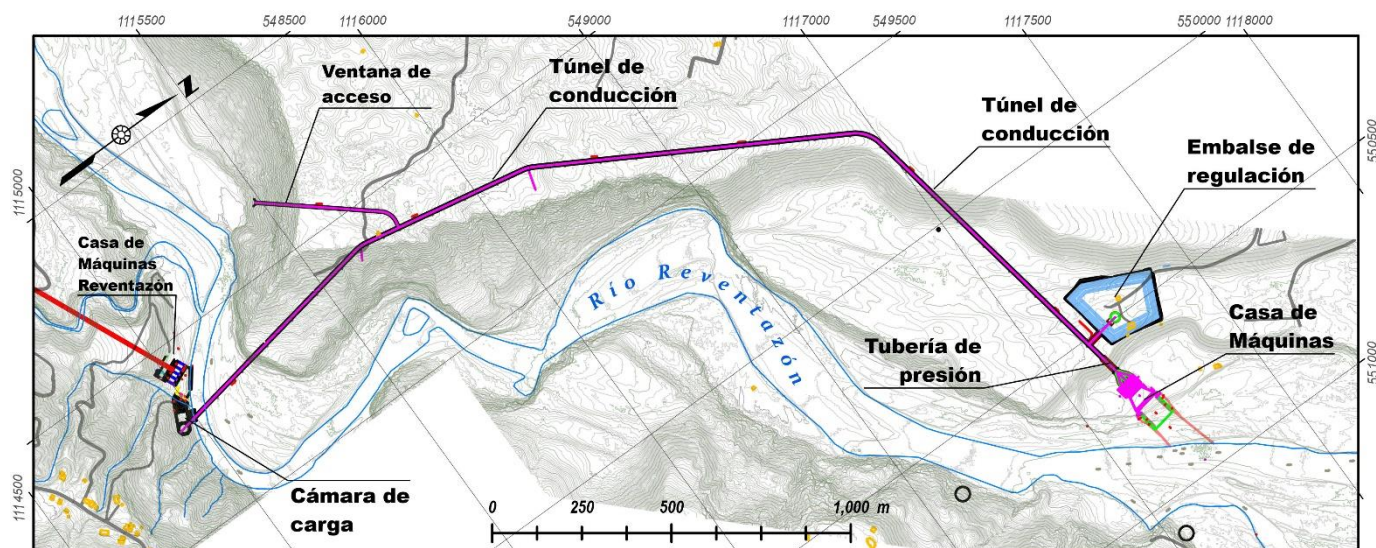


*Nota:* La gráfica muestra la variación temporal de la demanda de generación eléctrica vs la demanda en GWh y el porcentaje de crecimiento anual de la demanda. Tomado *del Plan de Expansión de la Generación 2020-2040* (p. 9), por ICE, 2023.

Una de las soluciones planteadas corresponde con la ejecución del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff (PHFC), el cual después de su etapa de prefactibilidad, ha sido conceptualizado como un proyecto en cascada. Para este caso en particular, el proyecto se localiza aguas abajo de la Planta Reventazón, y pretende utilizar las aguas turbinadas, las cuales, en lugar de ser restituidas al cauce, se vuelven a ingresar a un sistema de conducción subterráneo y en canal, a lo largo de 3.3 Km de río, hasta llegar a una casa de máquinas. Antes de la casa de máquinas hay un pequeño embalse de regulación. Este esquema de proyecto presenta una caída bruta media de 32 m. En la Figura 5 se presenta un mapa con la distribución de obras en planta.

Figura 5

Mapa con la ubicación en planta de las obras del PHFC



Nota: Visualización de opciones de obras para el PHFC. Mapa de elaboración propia utilizando información de las bases de datos de los sistemas de información geográfica y Diseño de Ingeniería, por ICE, 2014.

Una de las mayores ventajas del PHFC es que ya cuenta con una estructura de reservorio de agua, la cual es el mismo embalse de la planta Reventazón y por supuesto su estructura de presa.

En este momento el PHFC se encuentra a nivel de visualización o prefactibilidad, los datos usados para su planteamiento son datos teóricos basados en la experiencia de obras similares desarrolladas por el ICE.

Se pretende en la factibilidad generar la información técnica necesaria para producir los modelos y consideraciones que justifiquen que la obra puede ser construida. Desde este punto de vista se deben realizar estudios técnicos básicos de tipo geológico geotécnico, estudios a detalle hidrológicos e hidráulicos, estudios estructurales básicos, estudios ambientales dirigidos a la determinación del caudal ambiental o adaptativo y definición de fuentes de agregados y

sitios de escombreras. Los datos resultantes serán empleados para definiciones de procedimientos generales de metodologías constructivas y cantidades de materiales, además de costos generales de la obra.

Toda la información se utilizará para los cálculos financieros del proyecto.

### **2.2.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio**

Como resultados de la investigación bibliográfica preliminar y recopilación de información realizada en la etapa inicial de este documento y referenciada en el anexo 4, es posible concluir lo siguiente:

En el documento desarrollado por De los Ríos y que se refiere a un Plan de Gestión de riesgos para la construcción del túnel de conducción superior en el Proyecto Hidroeléctrico El Diquís (2009), se considera que dicho documento puede ser ampliamente utilizado como modelo de aplicación en el proceso de análisis de riesgos cualitativos que se debe realizar en el PFG. Este trabajo establece de manera detalla cuales son los procesos aplicados en una determinación de riesgos para un túnel de conducción, siempre apegado a PMI (2017). El documento aporta una buena lista de riesgos homologables con la actividad que se debe ejecutar en PHFC.

Para el caso del documento Plan de Gestión de Calidad para la rehabilitación del Proyecto Hidroeléctrico de Tacaes (Chaves, 2012), se considera de utilidad para el desarrollo del PFG. Este documento muestra la estructura de un plan de calidad y las herramientas que pueden ser aplicadas en las tareas planteadas para el desarrollo de la planificación y ejecución del PFG, específicamente en lo relacionado con la gestión de la calidad. La importancia del documento radica en que su aplicación, la cual está enfocada a un proyecto hidroeléctrico utilizando las bases del PMI y las normas ISO 9001-2008. En el documento se aportan los formularios, procedimientos y herramientas para el control de la calidad.

Otro de los documentos revisados es el de Terra y Schenze (2013), el cual se asocia con la factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas en presas multipropósito. El documento es un estudio realizado en Uruguay y patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Fundación Julio Ricaldoni. En este documento se analizan varias propuestas de centrales hidroeléctricas que incluyen la construcción de presas con el propósito de riego y generación hidroeléctrica. Los análisis planteados están desarrollados a nivel de prefactibilidad, y consideran niveles de detalle diferentes a los que se pretenden desarrollar en el PFG. Por lo anterior los datos metodológicos que presenta el estudio ya fueron definidos en el PHFC con lo cual parece que este documento no aportará información relevante.

Para el documento de tesis de licenciatura de Montalto (2015) en donde se desarrolla un Plan de gestión de riesgos del Proyecto Hidroeléctrico Capulín – San Pablo, nuevamente se cuenta con un buen ejemplo de cómo realizar el proceso de la gestión de los riesgos, específicamente asociado con las actividades de un proyecto hidroeléctrico. En este documento se tiene un detalle y ejemplo de cómo abordar el procedimiento de gestión de los riesgos, además de contar con las listas de riesgos asociados a las diferentes actividades de un proyecto hidroeléctrico, con lo cual es posible homologar estos datos con los del PHFC.

La Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia (ENDE, 2016) desarrolló un estudio de diseño técnico de pre-inversión para un proyecto hidroeléctrico. El documento detalla todas las investigaciones y consideraciones técnicas de tipo ingenieril, ambiental y financiero involucrados en la concepción de un proyecto hidroeléctrico de grandes dimensiones. Para los fines de apoyo documental al PFG se considera como útil, sobre todo al considerar las actividades que deben ser desarrolladas en un proceso de factibilidad de un proyecto hidroeléctrico.

Respecto al documento desarrollado por Moll (2017), asociado al diseño de un sistema de control para una empresa de generación de energía eléctrica, éste trata sobre un plan

dirigido a la gestión de varias plantas de generación de electricidad sustentable para una empresa privada. Este documento no fue muy útil para los objetivos del PFG.

El documento Protocolo de evaluación de la sostenibilidad de la hidroelectricidad, Implementación Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (Hydropower Sustainability Council, 2017) es un documento de alta consideración para el desarrollo del PFG. En este documento se apoyan procedimientos de sustentabilidad ambiental que todo desarrollo de una planta hidroeléctrica debe considerar. Es importante indicar que los indicadores establecidos son de reconocimiento y aceptación internacional.

Abdón Toledo (2017) en su tesis de grado titulada Estudio preliminar de viabilidad técnico-económica para un aprovechamiento hidroeléctrico, desarrolla en detalle los parámetros de elección, diseño y dimensionamiento de los elementos de una minicentral hidroeléctrica y su obra civil. El documento describe todos los elementos del sistema. Este documento permite también comparar procedimientos de diseño con las actividades planteadas en el PFG principalmente en lo referente a los temas electromecánicos.

Un documento que puede ser significativo como apoyo en el desarrollo del PFG es el de Arguello, Rodrigo, Avilés y Nikolay (2019), el cual trata sobre la actualización y aplicación de la guía práctica para el desarrollo de estudios de inventario, prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo de proyectos de generación hidroeléctrica. El trabajo es bastante detallado en cuanto a especificar para cada etapa del ciclo de vida de un proyecto hidroeléctrico las actividades que se deben ejecutar. Esto permite comparar las actividades que se desarrollan en el PFG, con lo cual puede ser de utilidad y aplicación.

La empresa Hidroeléctrica Ituango SA (2022), en su plan de gestión de riesgos del proyecto hidroeléctrico Ituango, define la metodología aplicada para la determinación de riesgos por desastres naturales. El documento fue de ayuda en el desarrollo del PFG ya que la gestión de riesgos es parte de los entregables del trabajo.

### 2.2.2.1 Metodologías que se han usado

Las revisiones bibliográficas son importantes porque permiten identificar nuevas áreas de investigación, además de fundamentar el tema que se pretende estudiar. De esta manera se puede adquirir un progreso técnico y conceptual del tema a desarrollar.

De la documentación consultada en el proceso de investigación todas se relacionaron con el campo de negocio de la generación hidroeléctrica, el cual se asocia de manera directa con el proyecto estudiado en este PFG.

De los 10 documentos analizados se identificaron 4 líneas principales o temas de investigación:

#### 1. Gestión de Riesgos

Los documentos desarrollados por De los Ríos (2009) y Montalto (2015), presentan los procesos detallados de la gestión de riesgos. Se centran en el análisis cualitativo de riesgos, ambos basados en PMI en las ediciones 2004 y 2013. Los procedimientos para la definición de los riesgos mantienen una similitud bastante grande si se compara con los procedimientos establecidos en el PBI (2017). Es importante rescatar las listas de riesgos identificados para los proyectos analizados y las acciones propuestas de solución. Dichas listas pueden ser aplicadas a la identificación y manejo de los riesgos del PHFC.

Para el caso de Hidroeléctrica Ituango S.A (2022), el enfoque está dirigido a las amenazas naturales. La forma de evaluarlos va más dirigido a la determinación e impacto de las amenazas naturales. El documento es escueto y no sigue la metodología recomendada por el PMI (2017).

#### 2. Estudios de Factibilidad

Los documentos analizados de Arguello et ál (2019), Terra y Schenze (2013), ENDE (2016) y Toledo (2017), corresponden con estudios en donde se muestra la metodología de investigación de proyectos hidroeléctricos en etapas de factibilidad. En los documentos se

muestran listas ordenadas de las áreas de investigación y los tipos de estudios que se requieren para la fase de factibilidad y el nivel de detalle que se debe alcanzar. Los documentos tratan sobre proyectos hidroeléctricos de magnitudes importantes en donde se consideran obras subterráneas y presas de grandes. Los documentos son buenas referencias comparativas con los procesos que el ICE realiza en sus proyectos de investigación y diseño.

### 3. Gestión de calidad

El documento de Chaves (2012) referido a un plan gestión de calidad aplicado a la rehabilitación de un proyecto hidroeléctrico es el único consultado sobre este tema.

Este documento aborda el plan de gestión de calidad fundamentado en el PMI (2008) y en la Norma ISO 9001-2008.

### 4. Gestión Ambiental

El documento del Consejo de Sustentabilidad Hidroeléctrica (2017), el cual evalúa la planta Hidroeléctrica Reventazón es un buen ejemplo de aplicación de normativas de consideración que guarda bastantes similitudes con el estándar P5. La evaluación del Consejo es mucha más específico para proyectos hidroeléctricos. El documento aporta consideraciones que pueden incluirse en el PFG.

## **2.2.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación documental**

### Conclusiones

- Los procesos de investigación de proyectos hidroeléctricos no han sufrido muchos cambios en los últimos 20 o 30 años, pero si se han dado cambios importantes en la normalización, el ordenamiento de los procesos y en la implementación de tecnologías, las cuales permiten obtener resultados de pruebas más atinados y eficientes, análisis de datos más rápidos, modelos más reales. Todos estos cambios han permitido que los procesos se acorten en el tiempo.

- La normalización de procesos ha permitido un mayor control, seguimiento, y ordenamiento general de los proyectos de diseño y construcción de grandes obras civiles.
- La implementación de la gestión de proyectos ha mejorado los procesos y aseguramiento del éxito.
- Se cuenta con buenos ejemplo de la ejecución de procedimientos de gestión de riesgos de acuerdo con lo establecido en versiones anteriores del PMI.
- Los procesos para la gestión de riesgos desarrollada en la Guía del PMBOK 6ª ed., PMI, 2017, es una versión mucho más depurada.
- Se cuenta con documentación nacional e internacional sobre el desarrollo de estudios de factibilidad para un proyecto hidroeléctrico. Los tópicos de investigación incluidos en dichas investigaciones son similares a los desarrollados por el ICE.

#### Recomendaciones

- Para la aplicación de procedimientos de gestión de riesgos se recomienda aplicar la metodología incluida en la Guía del PMBOK 6ª ed., PMI, 2017.
- Se recomienda realizar una comparación detallada de las actividades y tareas de investigación incluidas en la factibilidad a partir de los documentos revisados
- Se recomienda comparar la metodología del Consejo de Sostenibilidad Hidroeléctrica con el Estándar P5 de GPM (2018) para la sostenibilidad en la Gestión de Proyectos.



### **2.2.3 Otras teorías de producción energética relacionadas con el tema de estudio**

Este apartado pretende mostrar otros tipos de proyectos para la generación de energías limpias, los cuales, aunque tienen un fin similar al proyecto de análisis del PFG podrían requerir componentes técnicos, tener riesgos, alcances, gestiones, monitoreos y controles diferentes.

#### **2.2.3.1 Proyectos hidroeléctricos de bombeo**

La página web de Iberdrola (2023) describe lo siguiente: una central o planta hidroeléctrica de bombeo también conocidas como centrales de almacenamiento o acumulación, se caracteriza por tener dos embalses a distinta altura, uno aguas arriba y otro aguas abajo de la casa de máquinas.

El principio de funcionamiento de este tipo de plantas es el almacenamiento de agua para ser utilizado en momentos de menor demanda y aprovecharla para generar energía en las horas de mayor consumo.

Durante esas horas de menor consumo, el agua contenida en el embalse situado en una posición más baja es elevada o bombeada hidráulicamente a través de una tubería forzada y una galería de conducción. De esta forma, el embalse superior actúa como un depósito de almacenamiento.

Durante los periodos de alta demanda eléctrica u horas pico, la central de bombeo funciona como una planta hidroeléctrica convencional: el agua acumulada en el embalse superior, y que es retenida por una presa, envía el agua por la galería de conducción, la tubería forzada y por la casa de máquinas, en donde es turbinada y convertida en energía eléctrica de alta y media tensión por medio de un generados, para que finalmente sea vertida en el embalse inferior.

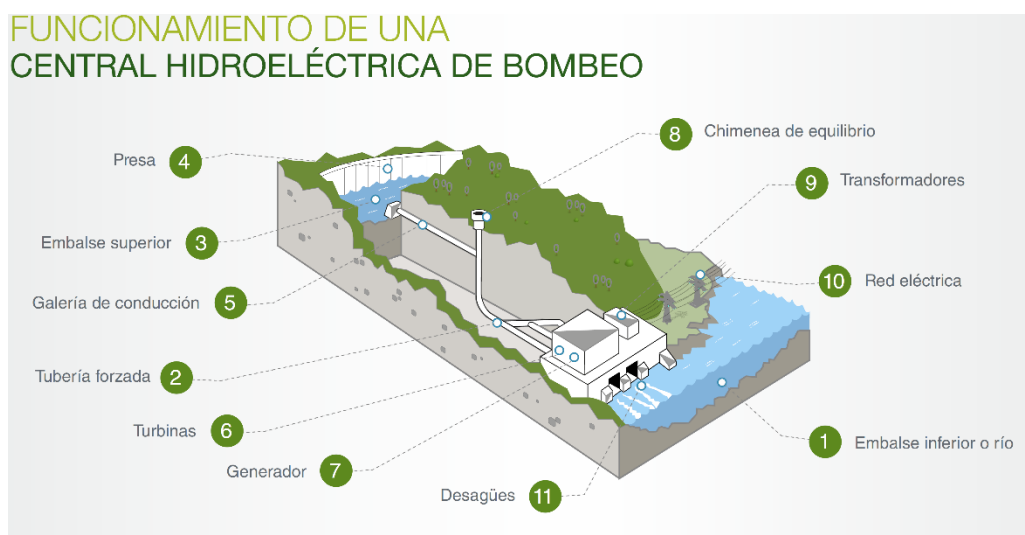
El agua almacenada en el embalse inferior vuelve nuevamente a entrar en el en el ciclo de producción, con lo cual estos sistemas se consideran como cerrados.

El proceso de bombeo del agua al reservorio superior se realiza utilizando las mismas turbinas de la planta.

En la Figura 6 se muestra un esquema de cómo trabajan las plantas de tipo bombeo.

**Figura 6**

*Central hidroeléctrica de bombeo*



*Nota:* El diagrama presenta la distribución de obras que constituyen un esquema de proyecto de central hidroeléctrica de bombeo. Tomado de la web de Iberdrola, 2023,

<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/central-hidroelectrica-bombeo>.

Las plantas o centrales de bombeo son eficientes en el almacenamiento de energía, y son consideradas como una solución de larga duración. La central actúa como una batería recargable que puede liberar energía en cualquier momento. Desde este punto de vista tiene un aprovechamiento óptimo y continuo que garantiza estabilidad en el sistema eléctrico.

En Costa Rica no existen plantas hidroeléctricas de bombeo. El ICE ha realizado algunos esquemas básicos de este tipo de proyectos, qué podrían ser considerados en un futuro cercano.

### **2.2.3.2 Proyectos de energía marina para la generación eléctrica**

ENEL, Ente Nazionale per Lenergia Eléctrica, en su página web (2023) muestra en detalle cómo ha sido el desarrollo de la tecnología del aprovechamiento de la energía marina, la cual tiene un potencial inagotable. Si pudiéramos utilizar por completo la energía de los mares no tendríamos problemas energéticos, sin embargo, hoy en día existen aún limitaciones de costos y tecnologías.

La energía marina comenzó a utilizarse en el Siglo XXI, en el puerto de Dover (Inglaterra) y en Venecia (Italia) se usan molinos de marea en donde se accionan palas por el efecto de cambio mareal. En 1799 Pierre Simón Girard y su hijo patentan un dispositivo que utiliza las olas del mar y la convierte en energía mecánica, para ser utilizada en tareas del campo. En 1910 el francés Bochaux-Praceique construye una herramienta oscilante que es accionada por el agua del mar y transformada en electricidad para iluminar su casa.

Para 1974 Stephan Salter construye el pato de Salter, que es un equipo que transforma la energía de las olas en electricidad. Salter consigue captar el 90% de la energía marina convirtiéndola en electricidad. En 1981 se construye una central maremotérmica la cual aprovecha la energía térmica que se produce por el cambio de temperatura entre la superficie y las profundidades marinas. Se logra con esta central producir 120 vatios.

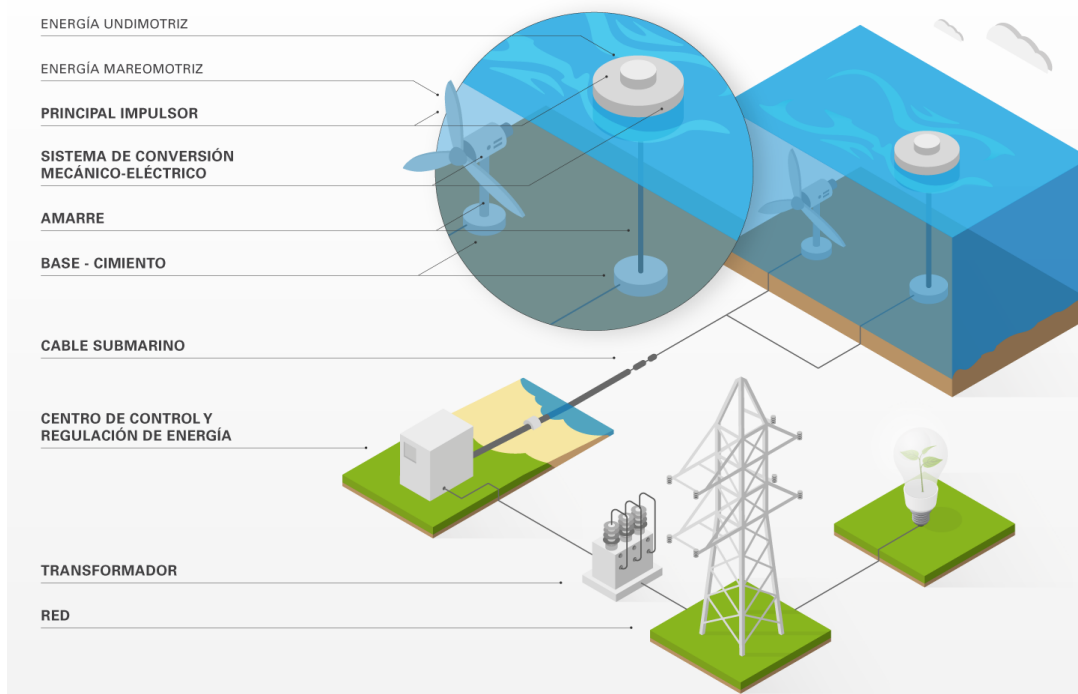
Ya en el año 2010, en Escocia se desarrolla el programa MyGen, en donde se instalan una serie de turbinas para captar la energía de las corrientes marinas, cada una con una potencia de 1.5 MW. En el año 2016, en Escocia, una serie de máquinas de energía mareomotriz son conectadas a red eléctrica las cuales producen 100KW.

El aprovechamiento de la energía Marina depende hoy en día del punto de vista tecnológico, aún falta camino por recorrer principalmente desde el punto de vista comercial. Existen dos formas de aprovechamiento: la energía de las olas, definida como undimotriz, y la energía de las corrientes de las mareas o mareomotriz.

En la Figura 7 se muestra un diagrama que ejemplifica cómo trabajan las tecnologías de aprovechamiento de la energía marina.

## Figura 7

*Esquema de un sistema de generación de electricidad a partir de la energía marina*



*Nota:* El diagrama muestra los componentes y distribución de una planta de generación eléctrica a partir de la energía marina. Tomado de la web de Enel, 2023,

<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-marina>.

En Costa Rica el ICE ha comenzado a realizar investigaciones para establecer el potencial de sitios de aprovechamiento de energía marina. El Dr. José Rojas, de Planificación y desarrollo eléctrico del ICE (2015) ha estado estudiando el desarrollo de la energía marina para producir electricidad, tanto de las olas como de las corrientes. Se ha determinado un importante potencial para su desarrollo, por lo que el ICE continúa con estas investigaciones.

### **2.2.3.3 Proyectos geotérmicos de generación eléctrica**

La energía geotérmica es producto del calor procedente del interior de la tierra en forma de vapor. En el siglo XIX aparecieron los primeros usos industriales de la energía geotérmica y a principios del siglo XX se llegó a la posibilidad de producir electricidad.

Nuevamente, haciendo referencia a ENEL (2023) en su página web comenta que la energía geotérmica contribuye con 13GW de energía verde a la capacidad total de energías renovables.

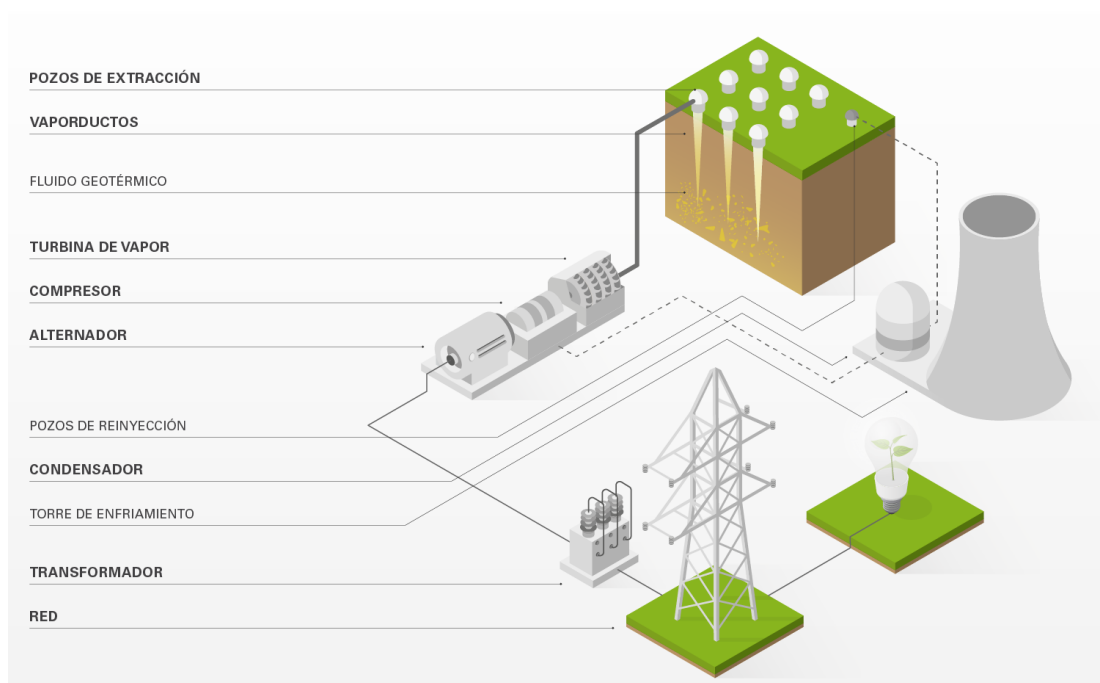
Enel (2023) desarrolla un recorrido histórico sobre uso de la energía geotérmica, la cual está presente desde la prehistoria en dónde se le da un uso para calentar y cocinar. Desde el siglo I hasta la Edad Media existieron balnearios termales. En el año 1818, el empresario francés Francois Larderel desarrolló una técnica para recoger el vapor de las grietas y calentar calderas para la producción de ácido bórico. En 1839 el italiano Vincenzo Manteri promueve la realización de perforaciones para obtener más vapor del subsuelo. Para 1892 el uso industrial de la energía geotérmica llega a los Estados Unidos y se inaugura el primer sistema de calefacción urbana en Boise. En 1904 Piero Ginori Conti enciende las primeras 5 bombillas gracias a una máquina con un motor alterno acoplado a un dinamo accionado con vapor. Y para 1913 nace en Italia la primera central geotérmica del mundo, después de esto se comienza a utilizar la energía geotérmica en Estados Unidos, Japón e Islandia. Para 1987 en

Estados Unidos se construye la central geotérmica The Geysers, la cual registra una capacidad total instalada de 2043 MW.

En la figura 8 se muestra un diagrama de cómo se realiza el aprovechamiento de una fuente geotérmica para producir energía eléctrica.

## Figura 8

*Diagrama de cómo funciona una planta geotérmica*



*Nota:* El diagrama muestra la distribución de componentes que constituyen una planta de generación eléctrica a partir de energía geotérmica. Tomado de la web de Enel, 2023, <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-geotermica>.

Una central geotérmica canaliza el calor de la tierra en forma de vapor para convertirlo en energía eléctrica. Existen sitios con condiciones especiales y asociadas con ambientes volcánicos activos, en donde es posible aprovechar los fluidos calientes. Para esto es necesario realizar perforaciones de hasta 3000 metros de profundidad que permite que los vapores naturales suban a la superficie y se dirijan a una turbina. La turbina transforma la energía cinética del vapor a alta presión en un movimiento mecánico, que luego es transferido a un alternador que lo convierte en electricidad. Posteriormente el vapor es condensado y enfriado para luego ser reinyectado al medio rocoso.

El ICE ha desarrollado varias plantas geotérmicas, su investigación y desarrollo se remonta a más de 40 años. Hoy en día la energía geotérmica representa un 13% de la generación total dentro del sistema eléctrico nacional y pretende continuar expandiéndose como parte del Plan de expansión de la generación 2022-2040.

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

De acuerdo con Enrique Azuero (2019) al establecer un marco metodológico en una investigación se puede descubrir los supuestos para reconstruir datos, lo anterior a partir de conceptos teóricos. Cada aspecto investigado debe ser justificado.

Franco (2011, p. 118) definió el marco metodológico como “El conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos”. Por otro lado, Arias (2012, p. 16), indicó que el marco metodológico “Es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”.

Tamayo y Tamayo (2012, p 37) definieron el marco metodológico como “Un proceso que mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir, o aplicar el conocimiento”.

A partir de las definiciones anteriores se puede definir como relevante establecer de manera clara un marco metodológico para el desarrollo del PFG, de este dependió la obtención de información eficiente y de calidad que sirvió de base teórica, comparativa y de enriquecimiento técnico, necesarios para cumplir con el objetivo planteado y alcanzar el éxito del trabajo.

#### **3.1 Teoría de Administración de Proyectos**

##### **3.1.1 Principios de la dirección de proyectos**

Para el desarrollo de este capítulo se describen los principios de la dirección de proyectos desarrollados por el PMI (2021) en donde se define un proyecto como: un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, desde esta perspectiva básica y relevante es posible incluir el PFG que se desarrolla. Este proyecto de



graduación consiste en la generación de un plan de Gestión aplicado también al desarrollo de un proyecto real. En este caso específico a la factibilidad técnica de un proyecto hidroeléctrico que la empresa estatal ICE pretende impulsar.

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados en este proyecto es importante aplicar los principios de dirección de proyectos, sobre todo bajo la consideración que pueden ser dedicados a cualquier tipo de proyecto sin importar su ubicación, tamaño o enfoque.

Dentro de los principios de dirección de proyectos es fundamental la consideración de entrega de valor dentro de la estructura de portafolios, programas y proyectos. Esta entrega de valor dentro del proyecto PFG está fundamentada en el aseguramiento y alcance del éxito para el proyecto de factibilidad de una planta hidroeléctrica.

En términos generales los principios de dirección de proyectos son una guía para todos los involucrados en desarrollo de proyectos, y son complemento directo de los valores y el Código de Ética y Conducta Profesional del PMI.

El PMI en la Guía del PMBOK (2021, pp. 23-58) ha etiquetado 12 principios fundamentales para la dirección de proyectos, los cuales se describen a continuación.

#### **3.1.1.1 Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso**

Este principio se asocia con una administración responsable de las pautas internas y externas a la empresa. Se requiere que las actividades sean realizadas con integridad, cuidado, confiabilidad y cumplimiento. Además de esto se debe trabajar con una visión holística o de amplio compromiso en las áreas financieras, sociales, técnicas y de sostenibilidad ambiental.

Desde esta perspectiva el desarrollo del PFG representa un compromiso con todas estas áreas, ya que involucran un impacto que debe ser en lo posible positivo. Si esto no se cumple existe un alto riesgo de fracaso del proyecto.

### **3.1.1.2 Crear un entorno colaborativo del equipo del proyecto**

Uno de los mejores principios de trabajo para el éxito de un proyecto es el trabajo en equipo, sobre todo bajo el concepto de que los integrantes o personas que lo conforman poseen diversos conocimientos y habilidades. Un buen direccionamiento colaborativo de esas virtudes hará que se logren los objetivos de manera eficiente. Dentro del equipo de trabajo es importante establecer de manera clara las pautas organizacionales, profesionales y culturales, esto permitirá un buen alineamiento del equipo facilitando así el aprendizaje, el desarrollo individual o mejores aportes en el trabajo.

Para el caso específico de la factibilidad del proyecto a desarrollar por medio del PFG, existe un involucramiento directo con los miembros del equipo desarrollador del proyecto lo que facilita una buena colaboración.

### **3.1.1.3 Involucrarse eficazmente con los interesados**

El desarrollo de un buen ambiente de trabajo en donde se integren a todos los interesados puede ser relevante para el éxito del proyecto. El que todos los involucrados se relacionen de forma proactiva promueve la entrega de valor en los procesos).

Como ya se indicó, en el caso de los desarrolladores del proyecto de factibilidad sobre el cual se ejecuta el PFG, estos son parte de un equipo conocido. Se debe recomendar establecer algunos mecanismos de involucramiento del equipo para asegurar que se establezcan buenas relaciones de trabajo.

### **3.1.1.4 Enfocarse en el valor**

“El valor es la cualidad, importancia o utilidad de algo” PMI 7° Ed (2021, p34).

Es relevante trabajar de manera frecuente en el alineamiento y ajuste de las actividades del proyecto con los objetivos planteados y los valores que se pretenden alcanzar. El hecho de alcanzar el valor es el mejor indicador de éxito y puede ser definido de manera cuantitativa o

cualitativa. Para lograr los objetivos de valor es importante mantenerse enfocado y evitar cualquier desvío. No se debe olvidar dar prioridad a la perspectiva del cliente.

Con el desarrollo del PFG se pretende agregar valor al aseguramiento de éxito del proyecto hidroeléctrico, lo anterior entregando un plan de gestión del proyecto.

#### **3.1.1.5 Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema**

Un claro conocimiento del entorno interno y externo al proyecto y un pensamiento sistémico y holístico que tenga claridad de cómo se dan las interacciones del proyecto con otros sistemas, es relevante para reconocer y evaluar situaciones que puedan afectar al proyecto. Los cambios constantes y las interacciones con otros sistemas deben ser aprovechados para obtener resultados positivos.

Para el caso del desarrollo del proyecto hidroeléctrico existen muchas interacciones internas y externas a la empresa que deben evaluarse para no tener situaciones inesperadas que generen complicaciones.

#### **3.1.1.6 Demostrar comportamientos de liderazgo**

Establecer un ambiente de liderazgo, no sólo es obligación del administrador o líder del proyecto, es importante promover acciones de líder dentro de todo el equipo de trabajo. El liderazgo tiende a asegurar el éxito en las actividades y el proyecto en general. Es importante convertirse en un líder efectivo que promueva la motivación sin imposiciones autoritarias dentro del equipo. Un líder debe ser ejemplo siempre de honestidad, integridad y conducta ética.

Dentro de los proyectos el liderazgo efectivo es fundamental para el éxito.

Para el caso del proyecto PFG es importante ser líder dentro del equipo de desarrollo de proyecto, sobre todo al estar planteado los direccionamientos clave de cómo debe realizarse el trabajo. Este liderazgo permitirá aportar valor a los procesos que ejecuten.

### **3.1.1.7 Adaptar en función del contexto**

Trabajar siempre bajo el contexto de que cada proyecto es diferente y único es básico para estar constantemente adaptándose a cada trabajo. Hay que ser flexible para adaptarse a los diferentes enfoques de proyecto, sus características y su entorno, si se logra esta adaptación se lograrán resultados positivos y una maximización del valor. El proceso de adaptación de enfoque es un recurrente o iterativo a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Para el caso del proyecto analizado, y aunque el ICE ya tiene bastante experiencia en el desarrollo de plantas hidroeléctricas, siempre existen variaciones técnicas, condiciones de sitio, requisitos y muchas otras variables que hacen del proyecto un desarrollo único que obliga a adaptarse de una forma holística.

### **3.1.1.8 Incorporar la calidad en los procesos y los entregables**

El cumplimiento de calidad en los entregables del proyecto implica satisfacer los requisitos establecidos y las necesidades del cliente y/o los interesados. Es importante establecer la forma en que la calidad será dimensionada en el proyecto, esto para poder aceptar o no los entregables, productos o servicios. El objetivo de los procesos de calidad es que las entregas que se realicen cumplan con los objetivos del cliente y el proyecto.

Para el caso del desarrollo del PFG, se estarán implementando procesos de calidad. La documentación producida será revisada por tutores expertos en el tema de AP asegurando de esta forma el alcance de los objetivos del proyecto.

### **3.1.1.9 Navegar en la complejidad**

Los proyectos son por lo general sistemas complejos que involucran el comportamiento humano, la innovación tecnológica, la incertidumbre y la ambigüedad. Estas condiciones deben ser objeto de evaluación y adaptabilidad ya que es posible que se afecte el valor, el alcance, las comunicaciones, los interesados y el riesgo, por lo que es importante poder definir las

condiciones complejas, entenderlas y atenderlas mediante metodologías que reduzcan su impacto.

Los proyectos hidroeléctricos son por lo general proyectos complejos, tanto por sus complejidades técnicas como también por la gran cantidad de involucrado internos y externos. No se puede dejar por fuera los posibles impactos sobre áreas grandes en donde es necesario considerar las implicaciones bióticas y sociales.

#### **3.1.1.10 Optimizar las respuestas a los riesgos**

Las condiciones inciertas que producen efectos positivos o negativos en uno o más objetivos se conocen como riesgos. La evaluación de riesgos es una operación relevante en la gestión de proyectos, ya que permite potenciar los riesgos positivos y minimizar o eliminar los riesgos negativos. Ya que los riesgos están presentes a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, estos deben ser gestionados de manera continua. Cada empresa desarrolladora de proyecto tiene actitudes o apreciaciones deferentes del riesgo, esto genera que su abordaje sea diferente. La evaluación y definición de riesgos y amenazas deben ser respondidas y atendidas con el objetivo de evitarlos o disminuirlos en caso de que sean negativos y potenciarlos si son positivos.

Para el caso de PFG se plantea la realización de un análisis de riesgos de tipo cualitativo. Se parte de principio que este procedimiento aportará valor para lograr el éxito del proyecto.

#### **3.1.1.11 Adoptar la adaptabilidad y la resiliencia**

La existencia de situaciones complejas, obstáculos o problemas en los proyectos obligan a ser adaptables y resilientes, esto permite sobrellevar los impactos y prosperar. Ser adaptable es responder a las condiciones cambiantes, y la resiliencia es la capacidad de absorber los impactos y recuperarse rápidamente del fracaso. Estas características son relevantes en los proyectos para poder alcanzar los objetivos y el éxito general.

Dentro del desarrollo del PFG será necesario ser adaptable y resiliente de esta forma se podrán alcanzar los objetivos planteados.

#### **3.1.1.12 Permitir el cambio para lograr el estado futuro previsto**

Ante los entornos cambiantes y ambiguos es común que las organizaciones requieran cambios que respondan a los requerimientos de los clientes. Es importante que exista un enfoque estructurado para implementar cambios en la organización, esto facilita que se acepten las nuevas condiciones. Por otro, las condiciones de cambio pueden generar fatiga y/o resistencia al cambio, con lo cual el involucramiento de todos los interesados y la motivación pueden ayudar a la adopción del cambio. Es importante resaltar la diferencia del control de cambios del proyecto, el cual corresponde con modificaciones a los entregables o la línea base del proyecto.

Para el caso del PFG, se debe tener una actitud bastante abierta a la gran posibilidad de cambios a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### **3.1.2 Dominios de desempeño del proyecto**

Dentro de la teoría de desempeño del proyecto desarrollada por el PMI en la Guía del PMBOK (2021, 8 a 129), existen 8 dominios correspondientes con grupos de actividades que se relacionan y son básicas para entregar los resultados del proyecto en forma efectiva. Estos dominios son interactivos, interrelacionados e interdependientes, y forman en conjunto un sistema que se desarrolla a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y que son descritos a continuación:

#### **3.1.2.1. Dominio de desempeño de los interesados**

Este dominio se encarga de las actividades y responsabilidades de los interesados, los cuales se definen como los individuos, grupos u organizaciones que pueden afectar o afectarse por una decisión, actividad o resultado del proyecto. Si se efectúa una eficiente ejecución del

dominio es posible obtener buenas relaciones de trabajo productivo durante todo el proyecto, que los interesados estén de acuerdo con los objetivos del proyecto y que los interesados que se benefician del proyecto apoyen los procesos. Los interesados que se oponen al proyecto no lo afecten de manera negativa. Es importante poder realizar una identificación y análisis de los interesados, esto permite realizar una gestión adecuada de los mismos. Dentro de esta gestión se debe comprender y analizar a los interesados, priorizarlos, involucrarlos y monitorearlos. Existe una interrelación importante de los interesados con los otros dominios de desempeño.

Para el desarrollo del PFG fue necesario establecer los interesados del proyecto. Una buena realización del dominio de interesados permite que el proyecto se desarrolle adecuadamente y se logren mejores resultados acorde con los objetivos.

#### **3.1.2.2. Dominio de desempeño del equipo**

Se busca en este dominio desarrollar un ambiente adecuado para que los individuos que realizan el trabajo y que conforma el equipo de proyecto obtengan un alto rendimiento. Es así como con este dominio se da seguimiento de las actividades y funciones de las personas que generan los entregables del proyecto. Para la obtención de desempeño es necesario tener claro la dirección del proyecto, el cual debe estar basado en buenos principios de liderazgo. El liderazgo debe estar centralizado en un director con el fin de solicitar los resultados establecidos para cada miembro del equipo. Por otro lado, los miembros del equipo deben desarrollar actitudes de liderazgo, autoorganizarse y convertirse en líderes serviciales que ayudan a eliminar obstáculos, protegen al equipo de las desviaciones del proyecto y aportan a la productividad y estímulo.

Un buen desarrollo del equipo requiere que sus miembros tengan claridad en la visión y objetivos del proyecto, que conozcan y cumplan bien sus roles y responsabilidades, que tengan una buena comunicación en sus operaciones, que todos se dirijan a un mismo punto y además, que reconozcan sus debilidades para poder corregir y mejorar. Los equipos de proyecto deben

mantener un entorno transparente, íntegro, respetuoso, que dialoguen con consideración y que sepan resolver conflictos, que se brinden apoyo, que demuestren coraje y celebren el éxito.

Los equipos de alto rendimiento muestran siempre una comunicación abierta y segura, tienen además un sentido de propósito y beneficios comunes, se sienten apropiados del proyecto y sus resultados, muestran confianza entre sus miembros y el director. Los equipos de trabajo de manera conjunta y no aislada son muy adaptables y resilientes, sienten gran empoderamiento para tomar las decisiones necesarias y son reconocidos por el nivel de desempeño que logran.

Con respecto al equipo de desarrollo del proyecto y su relación con el PFG, se debe mencionar que dicho equipo es bastante maduro y con buenas relaciones interpersonales. Todos los miembros del equipo incluyendo al desarrollador del PFG ya han estado involucrados en procesos de estudios técnicos, lo cual ofrece ciertas ventajas de éxito para alcanzar los objetivos.

### **3.1.2.3. Dominio de desempeño de la planificación**

En este dominio se desarrollan las actividades que debe realizar la organización para las coordinaciones iniciales y establecer los entregables del proyecto. Se desarrollan acá planificaciones de alto nivel como una declaración de visión, acta de constitución o caso de negocio. Los procesos de planificación no deben de dedicar más tiempo de lo necesario.

Para la realización de la planificación se debe considerar, el enfoque de desarrollo, los entregables del proyecto, los requisitos organizacionales, las condiciones del mercado y las restricciones legales o regulatorias.

Dentro de la planificación del proyecto se debe establecer de manera clara lo que se estará entregando, para esto se definirá el alcance y un desglose del trabajo o EDT. Se debe realizar estimaciones de esfuerzo laboral, duraciones, costos, personas y recursos físicos. Todas estas estimaciones pueden cambiar a lo largo del proyecto, y pueden ser de tipo



determinística y probabilística, absolutas y relativas, basadas en flujo o ajustadas por incertidumbre.

Los cronogramas son también relevantes en el proceso de planificación, estos se aplican a procesos predictivos o adaptativos. Son modelos de ejecución de las actividades que incluyen además duraciones, dependencias y otras informaciones. Dentro del cronograma es posible aplicar métodos para ajustar las actividades si no se cumple con lo establecido, esto para el manejo de una planificación de proyecto predictivo (PMI, 2021). Para el caso de cronogramas de planificación adaptativa se utiliza planificación incremental, basado en iteraciones. En todos los casos el cronograma requiere de estimaciones de duraciones y de esfuerzo, con lo cual se puede controlar estas variables introduciendo más personal en los procesos.

Teniendo ya un cronograma con las estimaciones de recursos y tiempos es posible realizar la estimación de un presupuesto y establecer la línea base de costo. En este presupuesto se debe incluir fondos de reserva para contingencias por incertidumbres y riesgos. Debe incluir además fondos para reservas de gestión de actividades inesperadas.

Como parte de la planificación se debe trabajar en la composición y estructura del equipo de proyecto. En este espacio se debe evaluar las competencias, habilidades y experiencia de los recursos.

Se debe planificar también la comunicación dentro del proyecto. Esto es un factor sumamente importante para el buen desempeño de los interesados. Otros temas de consideración dentro la planificación son los recursos físicos que requiere el proyecto, las adquisiciones que se deben realizar, la gestión de cambios a lo largo del proyecto, las métricas de control del desempeño, la alineación de los componentes planificados y las interacciones con otros dominios de desempeño (PMI, 2021).

Es importante mencionar que el PFG considera el desarrollo detallado de los tópicos desarrollados en este capítulo, lo cual es una forma de asegurar el éxito del proyecto.

#### **3.1.2.4. Dominio de desempeño del trabajo del proyecto**

Este dominio aborda los procesos del proyecto, la gestión de los recursos físicos y el entorno de aprendizaje.

Como parte de los procesos del proyecto el director revisa periódicamente los procesos del equipo en los cuales se hace el trabajo del proyecto. Para esta actividad pueden aplicarse métodos de producción Lean, retrospectivas, lecciones aprendidas o ¿Cuál es la siguiente inversión? Estas revisiones tienen como objeto determinar el nivel de eficiencia.

Parte de los procesos que se deben realizar en este dominio son:

- Equilibrar las restricciones en competencia, estas pueden ser fechas fijas de entrega, cumplimientos de códigos o políticas de calidad.
- Conservar el enfoque del equipo, en donde se evalúa y equilibra el enfoque del proyecto como las proyecciones a corto y largo plazo. Incluye además mantener enfocado al equipo para entregar valor.
- Comunicaciones e involucramiento en el proyecto es otro de los procesos importantes del dominio. La comunicación puede ser formal o informal, verbal o escrita.
- Gestión de recurso físicos, lo cual incluye materiales y suministros de terceros. Requiere el ordenamiento, transporte, almacenaje, rastreo y control. Para esto se requiere un sistema de logística integrado.
- Trabajo con adquisiciones, ya que en los proyectos se requiere de contratos o adquisiciones de materiales, equipos, suministros de soluciones o mano de obra y servicios. Todo este proceso requiere de preparación de documentación.

- Monitoreo de nuevos trabajos y cambios son procesos constantes en los proyectos. Se requiere controlar lo realizado y lo que falta por realizar, además de los controles de presupuestos y cronograma. En proyectos predictivos se deben gestionar los cambios en el trabajo ya que estos tienen implicaciones sobre el cronograma y el presupuesto. Si se dan cambios en el alcance estos deben ser evaluados para evitar la incertidumbre.
- Aprendizaje a lo largo del proyecto es un proceso que el equipo de trabajo debe revisar periódicamente, esto mediante las lecciones aprendidas, planteándose cómo pueden mejorar y evolucionar para obtener mejores resultados (PMI, 2021).

#### **3.1.2.5. Dominio de desempeño de la entrega**

Se aborda en este dominio actividades y funciones asociadas con la entrega del alcance y la calidad del proyecto.

Respecto a la entrega de valor, se espera que dentro del proyecto se cumpla con todos los entregables establecidos al final del ciclo de vida. Los casos de negocio son documentos que permiten proyectar el valor que pretende obtener, por tal motivo este y otros documentos ayudan a establecer información importante de alto nivel.

Los entregables del proyecto son parte del estudio en este dominio, estos reflejan los requisitos de los interesados, el alcance y la calidad. Un requisito es una condición o capacidad que debe estar presente en un producto, servicio o resultado para satisfacer una necesidad de negocio. Cuando se tiene bien definido el alcance, los interesados trabajan para obtener y documentar los requisitos desde el principio. Se aplica entonces un proceso en serie de recolectar, evaluar, descubrir y gestionar los requisitos.

Una vez establecidos los requisitos se trabaja en la definición del alcance, el cual es la suma de los productos, servicios y resultados a ser proporcionados como un proyecto (PMI,

2021). El alcance debe ser descompuesto a niveles más bajos con lo cual se establece una estructura de desglose de trabajo o EDT.

La EDT es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo. Para metodologías ágiles se genera un acta de constitución ágil, hoja de ruta o jerarquía de los productos. Los temas serán luego desarrollados como épicas.

Para la finalización de entregables estos pueden hacerse de la siguiente forma:

- Criterios de aceptación o finalización
- Medidas de desempeño técnico
- Definición de terminado

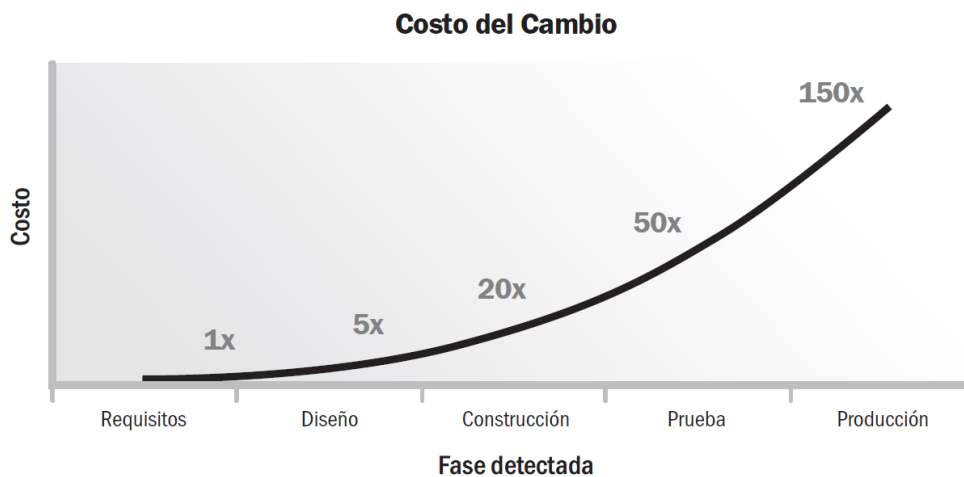
Dentro de la entrega además del alcance y los requisitos se debe considerar la calidad, la cual se centra en los niveles de desempeño. Al entregar un producto se debe reflejar los criterios de calidad. La calidad dentro de las organizaciones se refleja en sus políticas, en cómo se realiza el trabajo y los procedimientos que los describen. Se debe tener claro una metodología del costo de la calidad que equilibre la inversión, la prevención y la evaluación de la calidad esto para evitar fallas internas y externas. La optimización del valor entregado se realiza empleando inspección temprana y la revisión buscando incidentes de calidad.

Existe un costo de cambio que define que entre más tarde se encuentren los defectos, más caro resultará corregirlos. Las actividades son más costosas de modificar a medida que avanza el ciclo de vida, esto por el nivel de afectación (PMI, 2021).

En la Figura 9 se muestra la curva del costo del cambio.

Figura 9

*Curva del costo del cambio*



*Curva de Costo del Cambio de Boehm: El Cambio se Encarece con el Tiempo*

*Nota.* En el gráfico se muestra cómo varía el costo del cambio en cada una de las fases del proyecto. Tomado de la *Guía del PMBOK* (p. 90), por PMI, 2021.

El dominio de desempeño de la entrega es la finalización del trabajo realizado en el dominio de desempeño de la Planificación

### **3.1.2.6. Dominio de desempeño de la medición**

Este dominio está dirigido a evaluar el desempeño de los proyectos y a establecer las medidas para mantener el desempeño aceptable. Con su aplicación se busca obtener una comprensión confiable del estado del proyecto, tener datos procesables que faciliten la toma de decisiones, realizar acciones oportunas para mantener el desempeño de acuerdo con lo planteado y lograr los objetivos y generar valor al negocio.

Varios temas importantes que se deben considerar en el dominio de desempeño se enlistan seguidamente (PMI, 2021, pp. 93 a 115).

- Establecimiento de medidas efectivas: Las medidas efectivas permiten rastrear, evaluar y generar información para conocer el estado del proyecto. Estas medidas corresponden con la implementación de indicadores clave de desempeño (KPI). Esta información se utiliza para poder tomar decisiones oportunas. Dentro de los KPI existen dos tipos; indicadores adelantados e indicadores rezagados. Respecto a las métricas efectivas estas requieren tiempo y esfuerzo y deben ser específicas, significativas, alcanzables, relevantes y oportunas.
- ¿Qué medir?: lo que se mide, los métodos y parámetros dependen de los objetivos del proyecto. Se tienen varias categorías de métrica que incluyen Métricas sobre entregables en donde se mide información sobre errores o defectos, medidas del desempeño y medidas de desempeño técnico. Métricas de entrega que incluye trabajo en curso, tiempo de entrega, tiempo de ciclo, tamaño de cola, tamaño de lote, eficiencia de proceso. Desempeño con respecto a la línea base, que incluye costos y de cronograma en donde se controlan fechas de inicio y finalización, esfuerzo, duración, variación del cronograma (SV), Índice de desempeño del cronograma (SPI), tasas de finalización de características, costo real vs costo planificado, variación del costo (CV), e índice de desempeño del costo (CPI).
- Recursos; estas mediciones están asociadas a mediciones de costos e incluyen utilización planificada de recursos comparado con la utilización real, costo planificado de los recursos comparado con el costo real
- Valor de negocio: utilizado para garantizar el entregable del proyecto y pueden ser de tipo financiero o no. Dentro de estos se tiene la relación costo-beneficio,

entrega de beneficios planificada en comparación con entrega real de beneficios, retorno de la inversión (ROI) y el valor actual neto (NPV).

- Interesados: pueden ser controlados mediante puntuación Neta del Promotor, diagrama de estado de ánimo, moral y rotación.
- Pronósticos: dirigidos a conocer qué podría pasar a futuro, se tienen estimaciones hasta la conclusión (ETC), estimaciones a la conclusión (EAC), variación a la conclusión (VAC), índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI), análisis de regresión y análisis de rendimiento.

La presentación de las métricas de debe ser oportuna, accesible, fácil de absorber y digerir. Todas las métricas pueden ser presentadas en tableros de control que recopilen y muestren resúmenes de datos de alto nivel en donde se utilicen diagramas de color, gráficos de barra, circulares y explicaciones breves.

Todas las métricas de control están dirigidas a detectar problemas o situaciones que se salen de los umbrales establecidos, si esto ocurre deben existir planes de acción para enfrentar dichas condiciones. Todas las acciones de controles deben estar dirigidas al crecimiento y mejora.

#### **3.1.2.7. Dominio de desempeño de la incertidumbre**

En este dominio se tratan las actividades y funciones asociadas con el riesgo y la incertidumbre. Con su ejecución se pretende obtener conciencia del entorno del proyecto, explorar respuestas a la incertidumbre, concientizar sobre la interdependencia de las variables del proyecto, anticipar amenazas y oportunidades y comprender sus consecuencias, entregar proyectos con pocos o ningún impacto negativo, aprovechar oportunidades de mejora de desempeño y utilizar de manera efectiva las reservas de costos y cronograma para alinear objetivos (PMI, 2021).

Para la ejecución de este dominio se deben considerar los siguientes temas:

- Incertidumbre general: la incertidumbre es inherente a todos los proyectos, no se puede predecir con precisión. Para responder a la incertidumbre podemos recopilar información, prepararse para múltiples resultados, diseñar basado en conjuntos e incorporar resiliencia.
- Ambigüedad: existen dos categorías, la ambigüedad conceptual, que es la falta de comprensión efectiva, y se produce cuando se usan términos o argumentos similares de maneras diferentes. Y la ambigüedad situacional, se da cuando es posible generar más de un resultado. Para su resolución se recomienda realizar elaboración progresiva, experimentos y prototipos.
- Complejidad: Es una característica de un proyecto o su entorno que es difícil de gestionar, esto por comportamientos humanos, ambigüedades o el sistema mismo. Para trabajar en estos ambientes se recomiendan varios métodos. Si se basa en sistemas puede aplicarse desacople y simulación. Si se basa en replanteamiento se puede aplicar diversidad o equilibrio. Si se basa en procesos se puede incluir iteraciones, involucramiento y falla segura.
- Volatilidad: La volatilidad se da en ambientes que cambian rápidamente lo que los vuelve impredecibles. Esta puede afectar el costo y cronograma. La volatilidad puede abordarse a través de análisis de alternativas y la reserva de costos. El moverse eficazmente en la incertidumbre, ambigüedad, complejidad y volatilidad mejorará la capacidad de anticipar situaciones, planificar y resolver problemas.
- Riesgo: Los riesgos son un aspecto de la incertidumbre y se define como un evento o condición incierta, que, si se produce, generará un efecto negativo o positivo en uno o más objetivos. Los riesgos negativos se denominan amenazas



y las positivas oportunidades. Todos los proyectos tienen riesgos con diferentes grados de incertidumbre. Es importante definir el nivel de exposición al riesgo y definir umbrales para el proyecto. Para enfrentar las amenazas se puede evitar, escalar, transferir, mitigar o aceptar este tipo de riesgo. Para el caso de las oportunidades, las estrategias para enfrentarlas son explotar, escalar, compartir, mejorar y aceptar. Como estrategia para enfrentar los riesgos se tiene la reserva para contingencias y de Gestión, la cual consiste en una cantidad de tiempo o presupuesto. El riesgo debe ser revisado de manera frecuente mediante sesiones de revisión con todo el equipo de trabajo.

Para el caso del PFG se tiene considerado como una actividad relevante la realización de un análisis de riesgo para el proyecto, lo cual permitirá gestionarlos y dar respuesta a los mismos.

### **3.1.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos**

Como ya se ha abordado en capítulos anteriores, el tipo de enfoque de cada proyecto responde a diferentes parámetros y características. De acuerdo con Puentes (2021), las empresas enfrentan problemas al escoger el método de gestión adecuado para convertir la idea en una solución operativa de valor para el negocio.

#### **3.1.3.1. Dominio de desempeño del enfoque de desarrollo y el ciclo de vida**

Para el PMI (2021, pp. 32 a 34) se busca en este dominio establecer el enfoque de desarrollo y cómo será el ritmo de las entregas, además del ciclo de vida del proyecto. Los elementos anteriores están asociados al tipo de entregables del proyecto. De esta forma, un ciclo de vida de proyecto conecta el valor de negocio y el valor para los interesados de inicio a fin, por otro lado, también se asocia un ciclo de vida con la cadencia de las entregas y el enfoque de desarrollo para realizar los entregables del proyecto.

La cadencia de entrega se refiere al momento y frecuencia de los entregables del proyecto, que pueden ser únicas, entregas múltiples, entregas periódicas o entregas continuas (aplicable para productos digitales). Cuando se habla de enfoques de desarrollo, se refiere al método utilizado para crear y desarrollar un producto, servicio o resultado durante el ciclo de vida del proyecto, los cuales pueden ser predictivo, híbrido o adaptativo

De acuerdo con el PMI (2021, p 35) los enfoques predictivos o en cascada se aplican cuando los requisitos del proyecto y el producto pueden definirse, recopilarse y analizarse desde el comienzo. Aplican también cuando las inversiones y el nivel de riesgo es alto. Son proyectos en donde se puede reducir el nivel de incertidumbre en una etapa temprana del proyecto.

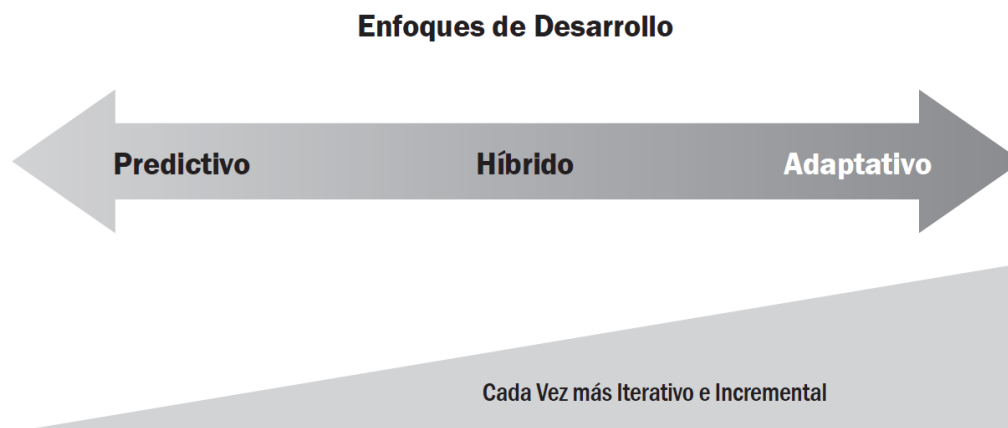
Los enfoques híbridos son una combinación de enfoques adaptativos y predictivos. Se utiliza cuando hay incertidumbre o riesgo alrededor de los requisitos.

Los enfoques adaptativos se utilizan cuando los requisitos están sujetos a un alto nivel de incertidumbre y volatilidad y es probable que cambien a lo largo del proyecto. Se utilizan enfoques iterativos e incrementales. Un ejemplo de este tipo de enfoque son los enfoques ágiles.

En la Figura 10 se muestra un diagrama con los tres tipos de enfoque de desarrollo comparando su posición dentro de un gráfico de variación del nivel de interactividad y de incrementos.

**Figura 10**

*Enfoques de desarrollo*



*Nota:* El gráfico muestra como existe un aumento de interactividad e incrementalidad en los enfoque híbridos y adaptativos. Tomado de *Guía del PMBOK* (p 35), por PMI 2021.

La escogencia del enfoque de desarrollo puede realizarse considerando el tipo de producto, servicio o resultado, el tipo de proyecto y el tipo de organización. En la Figura 11 se presenta un resumen de las variables involucradas en la escogencia y el enfoque recomendado.

Figura 11

## Consideraciones para seleccionar un enfoque de desarrollo

FACTOR DE CONSIDERACIÓN	VARIABLES ASOCIADAS	DETALLE	ENFOQUE RECOMENDADO
PRODUCTO, SERVICIO O RESULTADO	Grado de innovación	Entregables con alcance y requisitos claros. Planificación adelantada	Enfoque predictivo
		Entregables alto grado de innovación, equipo sin experiencia	Enfoque adaptativo
	Certidumbre en los requisitos	Requisitos conocidos, definidos	Enfoque predictivo
		Requisitos inciertos, volátiles, complejos	Enfoque adaptativo
	Estabilidad del alcance	Alcance del entregable estable, no cambia	Enfoque predictivo
		Alcance con muchos cambios	Enfoque adaptativo
	Facilidad de cambio	Certeza de requisitos, estabilidad alcance y naturaleza entregable dificultan cambios	Enfoque predictivo
		Entregable adapta fácilmente al cambio	Enfoque adaptativo
	Opciones de entrega	Cadencia entrega, naturaleza entregable, entrega en componentes	Puede ser enfoque predictivo o adaptativo dependiendo de lo pactado
	Riesgo	Productos con alto riesgo inherente se analizan antes de elegir el enfoque	
Requisitos de seguridad	Requisitos rigurosos de seguridad requieren planificación inicial	Enfoque predictivo	
Regulaciones	Entornos con supervisión regulatoria	Enfoque predictivo	
PROYECTO	Interesados	Proyectos con participación significativa de interesados	Enfoque predictivo
	Restricciones del cronograma	Se requiere entregar algo en forma temprana	Enfoque adaptativo o iterativo
	Disponibilidad de financiamiento	Ambiente de inseguridad financiera	Enfoque adaptativo o iterativo
ORGANIZACIÓN	Estructura organizacional.	Estructura con muchos niveles, rígida, burocrática	Enfoque predictivo
		Organización con cultura de gestión y dirección, planifica y controla trabajo	Enfoque predictivo
	Cultura	Organización de autogestión del equipo	Enfoque adaptativo
		Capacidad organizacional	Si existe madurez de evolución de enfoque predictivos a adaptativos. Existen políticas, formas de trabajo y actitudes alineadas
	Tamaño y ubicación del equipo de proyecto	Equipos pequeños de 7 +- 2 personas, comparte espacio físico	Enfoque adaptativo
Equipos numerosos, virtuales		Enfoque predictivo	

*Nota:* La Figura muestra una matriz de clasificación o identificación de los tipos de enfoque de proyecto. Adaptado de la *Guía del PMBOK* (pp. 38 a 41), por PMI, 2021.

Para el caso del proyecto establecido en el PFG, Proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, se han aplicado los criterios de la Figura 5 marcando con relleno gris las correspondencias asociadas al proyecto. Como resultado se tiene que el enfoque recomendado es un enfoque predictivo.

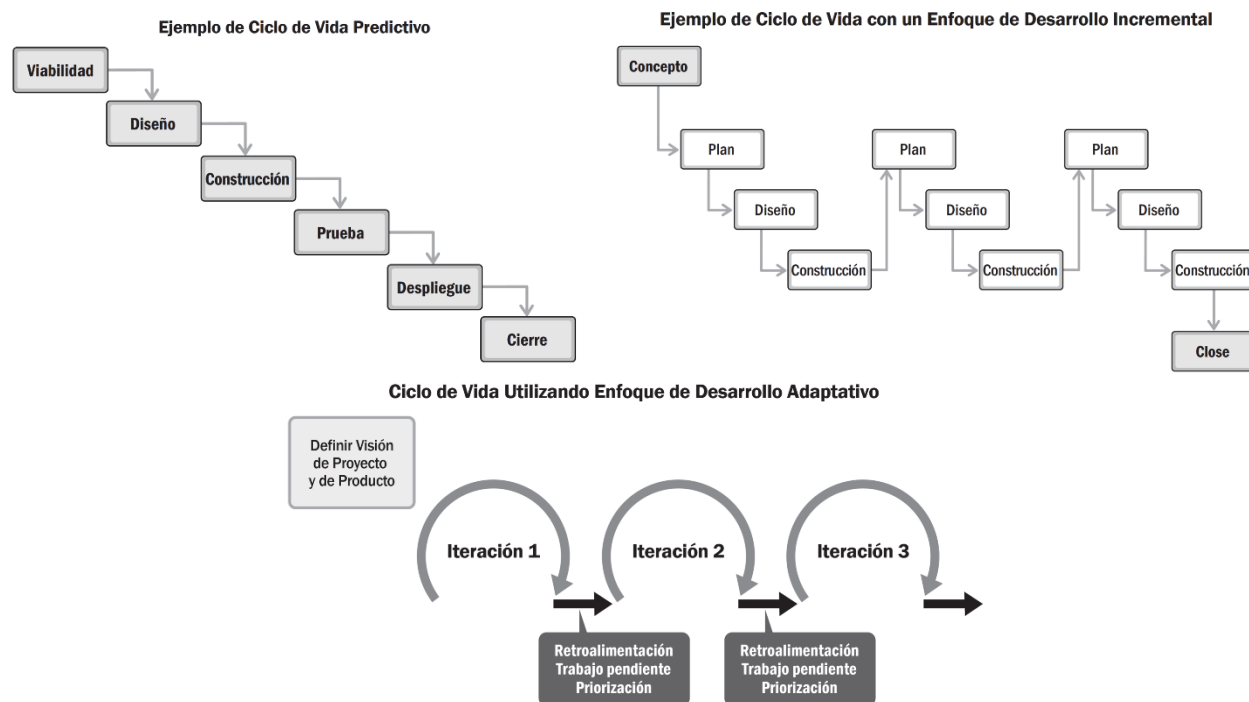
El PMI en su Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (2021, pp 42 a 45) describe de manera detallada los ciclos de vida de las fase un proyecto, indicando que estas fases están asociadas directamente con el tipo de enfoque. Para el caso de un enfoque de desarrollo de ciclo de vida predictivo se tienen las siguientes fases: viabilidad, diseño, construcción, prueba, despliegue y cierre. Para el caso de un enfoque de desarrollo incremental se tienen iteraciones de plan, diseño y construcción, adicionando funcionalidades a la versión inicial. Y para un enfoque adaptativo se tienen iteraciones o *sprint*, revisiones del entregable funcional, se proporcionan retroalimentaciones, el equipo actualiza la lista de trabajo pendiente y funciones con el fin de priorizar la siguiente iteración.

Para el caso del proyecto desarrollado en el PFG, el cual corresponde con un proyecto con ciclo de vida predictivo, puede ser ubicado en la primera fase del ciclo, fase de Viabilidad.

En la Figura 12 se presentan gráficos de las fases de cada enfoque.

Figura 12

Gráficos de fase de proyecto por tipo de enfoque de desarrollo



*Nota:* En la figura se muestran los esquemas que representan las fases de cada uno de los enfoques o ciclos de vida de proyecto. Tomada de la *Guía del PMBOK* (pp. 43 a 45), por PMI 2021.

Seguidamente serán descritos con mayor detalle las tres posibilidades de enfoque de proyecto.

### 3.1.3.2 Proyectos predictivos

De acuerdo con Puentes (2021) en su artículo Metodologías y ciclos de vida de los proyectos, el enfoque predictivo se considera el clásico o denominado también en cascada y también orientado a la planificación. Es utilizado cuando se tiene un conocimiento muy acertado de lo que se desea, para cuándo se quiere, qué calidad se quiere, y con qué recursos y presupuesto se cuenta. En los proyectos predictivos se determina lo antes posible el objetivo y la estrategia de materialización, con lo cual se define un plan acordado y comprometido con los

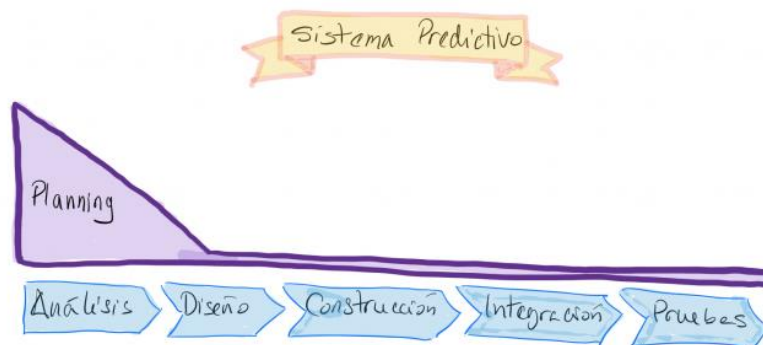
involucrados. Este enfoque de proyecto es poco flexible, pero acepta cambio, que deben ser realizados mediante un plan de gestión de cambios. La incertidumbre y el riesgo se asocian a la posibilidad de que ocurran desviaciones y consecuentemente al cumplimiento del plan de proyecto. La relación con los involucrados es importante a la hora de acordar el plan, pero en la ejecución se centra en el aseguramiento de su apoyo a lo largo del proyecto.

Fernando Bogas (2019) en su artículo *Planificación de Proyectos Predictivos vs Adaptativos*, indica que en proyectos predictivos hay mucha planificación al principio y posteriormente la cantidad de planificación es mucho más baja.

En la Figura 13 se muestra un gráfico del grado de planeación durante el ciclo de vida de este tipo de proyecto y su diseño de proceso secuencial de ejecución de las actividades.

### Figura 13

*Grado de planeamiento a lo largo del ciclo de vida de un proyecto predictivo*



*Nota:* El diagrama muestra cómo el grado de planeamiento es mucho mayor en la primera etapa de los proyectos predictivos. Tomado de Bogas, 2021,

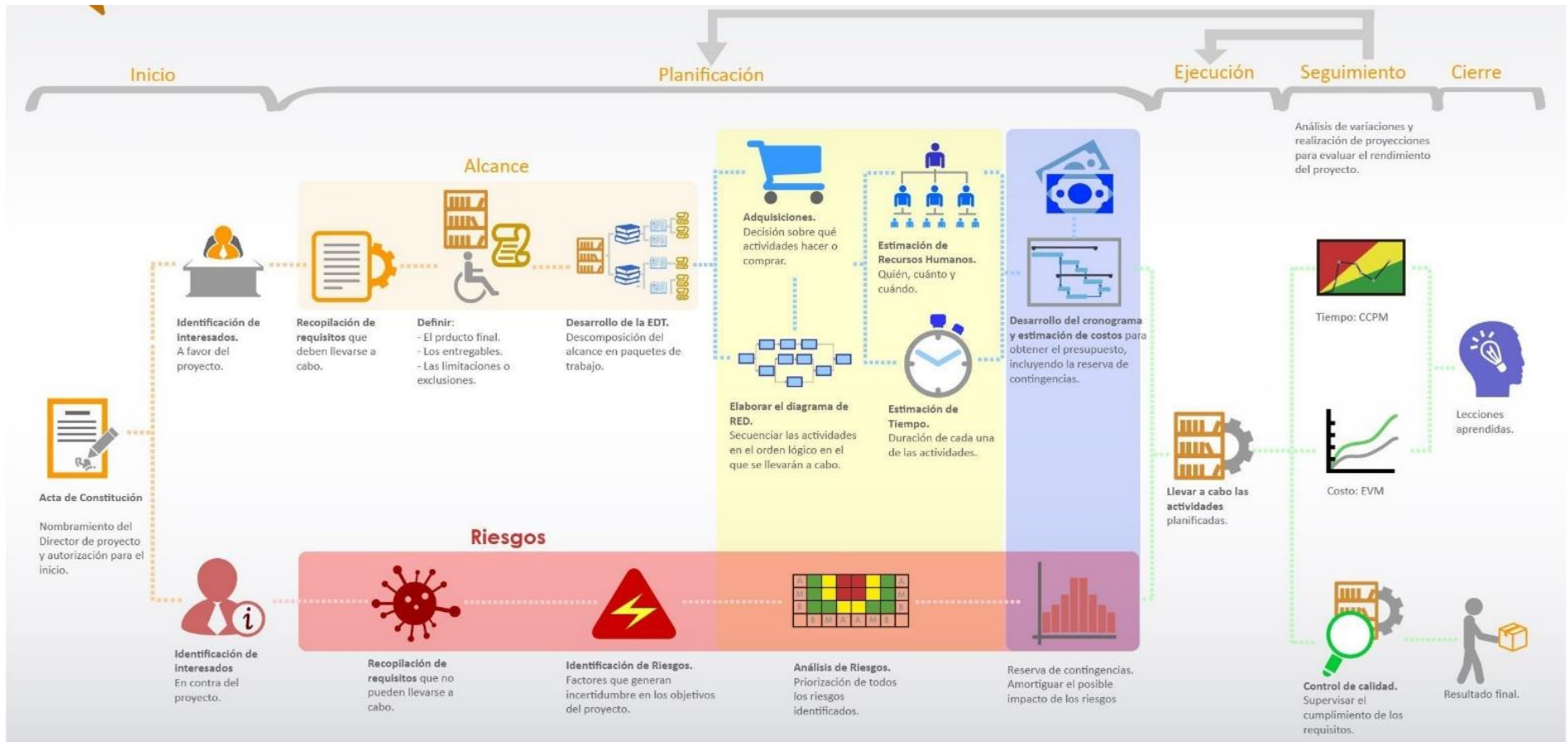
<https://www.adictosaltrabajo.com/2019/07/31/planificacion-de-proyectos-predictivos-vs-adaptativos/>.

En la Figura 14 se presenta un esquema a detalle del flujo de trabajo que se desarrolla en un proyecto predictivo. El esquema muestra en detalle los procesos en cada una de las fases del proyecto (Herrera, 2015).



Figura 14

## Flujograma de un proyecto predictivo



Nota: El diagrama muestra los detalles de cada uno de los pasos del flujo de trabajo para un proyecto predictivo. Tomado de

Herrera, 2015, <https://edap.es/predictivo-vs-adaptativo/>.

### 3.1.3.3 Proyectos adaptativos

Herrera (2015) en su artículo Predictivo vs Adaptativo, define los proyectos adaptativos como aquellos en donde se necesita gestionar objetivos y alcances cambiantes en los que es difícil determinar con antelación los requisitos de los diferentes interesados o estos requisitos pueden cambiar a lo largo del proyecto o de la fase. En estos proyectos es posible definir mejoras graduales con las que se puede aportar más valor a los interesados. Esto ocurre en entornos de alta incertidumbre, por ejemplo: proyectos de investigación, desarrollo de software, innovación o proyectos de cambio organizacional

En la Figura 15 se muestra una estructura de proceso para un proyecto adaptativo.

**Figura 15**

*Flujograma de un proyecto adaptativo*



*Nota:* El diagrama muestra los detalles de cada uno de los pasos del flujo de trabajo para un proyecto adaptativo. Tomado de Herrera, 2015, <https://edap.es/predictivo-vs-adaptativo/>.

### 3.1.3.4 Proyectos híbridos

Ramón Siurana (2023), en su artículo Enfoque híbrido en la gestión de proyectos, indica que los proyectos híbridos o bi-modales conjugan fases del enfoque de proyecto predictivo con una solución de enfoque de proyecto adaptativo, el cual entrega valor de forma continua, haciendo esto se despeja la complejidad y la incertidumbre propia de la mentalidad ágil. Se habla entonces de una técnica que combina la planificación por fases tradicionales, con hitos y entregables y una ejecución basada en prácticas ágiles de desarrollo del producto.

El enfoque de proyecto híbrido plantea objetivos e hitos claros, pero con necesidad de adaptarse inmediatamente a los retos propios de competencia del mercado y que den como resultado un producto que haya estado en continua revisión.

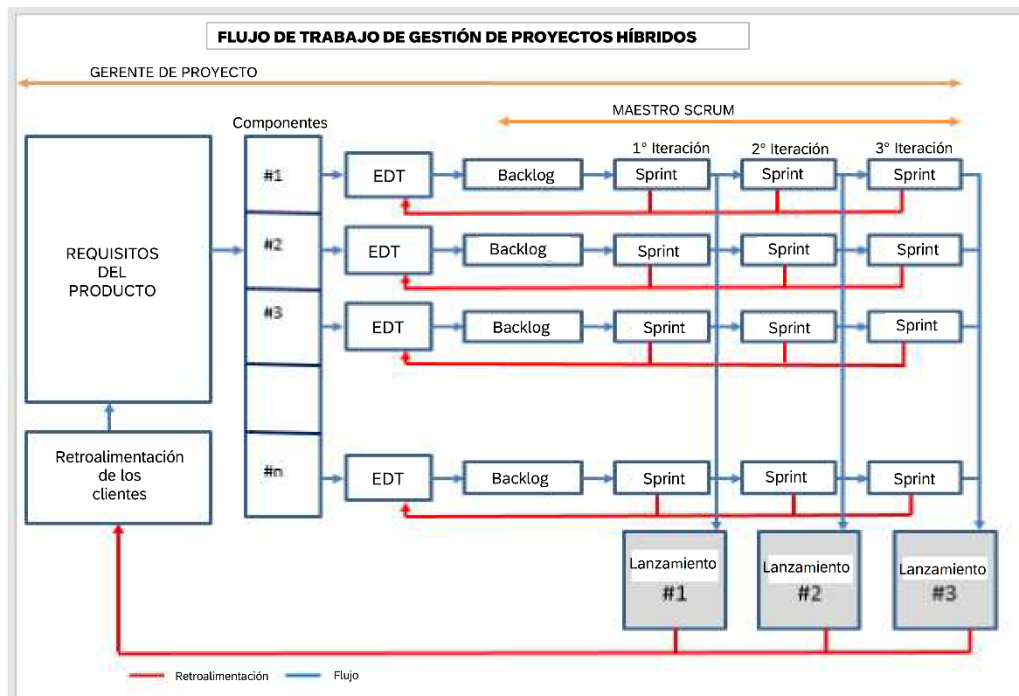
Para gestionar los proyectos híbridos se recomiendan dos líderes con responsabilidades:

- Director de proyecto. Responsable de la globalidad del proyecto, gestión del alcance y gestión de riesgos
- Scrum Master. Responsable de la ejecución de las iteraciones (“*Sprints*”), gestionar el proceso, eliminar impedimentos al equipo desarrollador y facilitar la implementación
- Responsabilidades comunes. Ambos roles deciden la composición de sus equipos, requieren de flujo constante y fluido de comunicación entre ambos, son responsables de una función fundamental gestionar los procesos de” *feedback*”

En la Figura 16 se muestra un flujo de gestión de un enfoque híbrido.

Figura 16

Flujograma de un proyecto con enfoque híbrido



Nota: El diagrama muestra el flujo de trabajo de un proyecto híbrido. Tomado de Siurana, 2023, <https://www.viewnext.com/enfoque-hibrido-en-la-gestion-de-proyectos/>.

Respecto al proyecto que se planifica a través del PFG, éste puede analizarse a partir de los planteamientos de escogencia de enfoques de proyecto definidos por el PMI (2021). En la Figura 11 de este documento, se presentaron los elementos para clasificar un proyecto desde el punto de vista de enfoque, bajo la cual se analiza el proyecto hidroeléctrico a estudiar. Se muestran solo los detalles característicos que establecen que el proyecto hidroeléctrico en estudio es un proyecto de tipo predictivo.

### 3.1.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos

Dentro de los fundamentos estudiados en la maestría de Administración de proyectos de la UCI, se ha considerado como sinónimos los términos de administración, dirección y gestión de proyectos.

Pavel Prada en su artículo Una investigación sobre gerencia y términos similares (2023) realiza un análisis sobre las terminologías en cuestión, definiendo el término administración como “un proceso clave y generalizado dentro de las organizaciones que se basa en lineamientos claramente establecidos en procura de lograr los objetivos establecidos apuntando siempre a la mejora en la productividad”. Por otro lado, la gerencia consiste en “tomar decisiones orientadas a cumplir los objetivos establecidos, guiadas por el conocimiento sobre los modos organizativos posibles para la organización”. La gerencia entonces representa una continuidad de la administración, es decir, el punto final en el cual la administración logra que la organización alcance sus objetivos establecidos para pasar, de una mera búsqueda de productividad, a alcanzar un alto grado de eficiencia a bajo costo.

Aunque los términos Administración, Gestión, Gerencia y Dirección, pueden ser usados como sinónimos, existe una tendencia que pretende diferenciar al término gerencia adjuntándole el criterio de eficiencia. Respecto al vocablo Dirección, este es usado por el PMI en sus traducciones oficiales.

Gascón (2023) define la administración de proyectos como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto, para cumplir con las expectativas (condiciones que se deben de cumplir formalmente impuestas, es decir, por medio de un contrato) y objetivos”. De tal manera que se cumpla con un cronograma, con el presupuesto y requisitos de calidad acordados. Esta definición es muy similar a la establecida por el PMI (2017), la cual adiciona los conceptos de integraciones adecuadas de los procesos de dirección de proyectos y la ejecución eficaz y eficiente.

La determinación del nivel de conocimientos de administración de proyectos puede resultar relevante para cualquier empresa que trabaja en el desarrollo de proyectos. Es por lo anterior que la determinación del nivel de madurez de una empresa es crítica para poder corregir y evolucionar a un mejor nivel de administración

Redondo (2016) en su artículo Madurez Organizacional en Gestión de Proyectos indica que “el nivel de madurez es el grado en el cual una organización desarrolla, asimila e implementa buenas prácticas en dirección de proyectos, programas y portafolios”.

Uno de los modelos de análisis del nivel de madurez de una empresa es el modelo de madurez OPM3®.

OPM3® ayuda a identificar cuáles son las mejores prácticas, capacidades y resultados con que cuenta la organización. Evalúa entonces el grado en que se alcanzan los objetivos estratégicos y su nivel de madurez en 3 diferentes áreas de la organización (UCI, 2022):

- Dominios específicos (proyectos, programas y/o portafolios
- Facilitadores organizacionales
- Etapas específicas de mejora de procesos (estandarización, medición, control y mejoramiento continuo).

La madurez de la organización se refiere al nivel de eficiencia de áreas como planificación estratégica, desarrollo de negocios, ingeniería de sistemas, gestión de proyectos, gestión de riesgos, tecnología de información y otros. De esta forma OPM3® desarrolla un ciclo de mejoramiento en donde se busca cumplir con los siguientes pasos:

- Conocimiento: considera el entendimiento de los componentes del OPM3® y de cómo usarlos con el fin de alcanzar las metas de madurez y proporciona a la organización información descriptiva relacionada con mejores prácticas, capacidades, resultados y otros componentes de madurez.

- Evaluación: realiza una evaluación de alto nivel de la madurez de la organización, esto se realiza definiendo cuales mejores prácticas del OPM3 se cumplen.
- Mejoramiento: a partir de los datos obtenidos es posible establecer un plan de mejora y proceder a implementarlo.

### **3.1.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos**

#### **3.1.5.1 Grupos de proceso**

El PMI (2017, p 23) define un grupo de procesos como un conjunto de procesos y son parte de la dirección del proyecto que buscan alcanzar objetivos específicos. Estos grupos no son correspondientes con las fases del proyecto y pueden ser agrupados en cinco grupos de Procesos:

- Grupos de procesos de inicio: Se realizan para definir un nuevo proyecto, o una nueva fase.
- Grupos de procesos de Planificación: Establecen el alcance del proyecto, objetivos y cómo alcanzarlos.
- Grupos de procesos de Ejecución: procesos para completar el trabajo establecido en el plan de dirección y satisfacen los requisitos.
- Grupos de procesos de Monitoreo y Control: Procesos de seguimiento, análisis de progreso y desempeño. Gestiona los cambios requeridos.
- Grupos de Procesos de cierre: Procesos para completar o cerrar el proyecto, fase o contrato.

### 3.1.5.2 Áreas de conocimiento

De acuerdo con el PMI (2017, pp. 23 a 24) las áreas de conocimiento son áreas de especialización que se emplean para dirigir los proyectos y se asocian a temas particulares de la dirección del proyecto. De esta forma se han definido 10 áreas de conocimiento que se describirán a continuación:

- Gestión de la Integración del Proyecto: Procesos y actividades para identificar, unir, combinar, cuantificar, unificar y coordinar procesos y actividades.
- Gestión del Alcance del Proyecto: proceso que garantiza que se incluya todo y solo el trabajo requerido para lograr el éxito.
- Gestión del Cronograma del Proyecto: procesos para administrar la finalización a tiempo.
- Gestión de los Costos del Proyecto: procesos de planificación, estimación, presupuestación financiamientos y gestión general de los costos dentro de lo aprobado.
- Gestión de la Calidad del Proyecto: proceso de inclusión de las políticas de calidad que intervienen en la planificación, gestión y control de requisitos de calidad.
- Gestión de los Recursos del Proyecto: Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar recursos para el éxito del proyecto.
- Gestión de las Comunicaciones del Proyecto: procesos que garantizan una oportuna y adecuada planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control y monitoreo de la información.
- Gestión de los Riesgos del Proyecto: procesos de planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación implementación y monitoreo de respuesta de los riesgos.



- Gestión de las Adquisiciones del Proyecto: procesos para la compra de productos, servicios o resultados requeridos por fuera del proyecto.
- Gestión de los Interesados del Proyecto: procesos de identificación de personas o grupos que afectan o pueden ser afectado por el proyecto. Desarrollo de estrategias de gestión para asegurar una participación eficaz de los interesados.

En la Figura 17 se muestra una matriz de correspondencias entre los grupos de proceso y las áreas de conocimiento aplicada en la dirección de proyectos.

Figura 17

Tabla con la Correspondencia entre Grupos de Proceso y áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

Nota: En la figura se muestra una matriz de correspondencia entre los grupos de proceso de la dirección de proyectos y las áreas de conocimiento. Tomada de la *Guía del PMBOK* (p. 25), por PMI, 2017.

Una forma de representar gráficamente las áreas de conocimiento se muestra en la Figura 18. Todas las áreas se localizan alrededor del área de Gestión de Integración.

**Figura 18**

*Áreas del conocimiento de la dirección de proyectos*



*Nota:* La figura muestra las 10 áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, los cuales son relacionados por la gestión de integración. Tomado de la web de Redondo, 2016, <http://alredsa.blogspot.com/2016/02/areas-de-conocimiento-de-la-direccion.html>.

### 3.1.6 Ciclos de vida de los proyectos

El tema de ciclos de vida de los proyectos está asociado con el enfoque de los proyectos, tema que fue desarrollado un poco en el punto 2.2.3. Según el PMI 6° Ed (2017, p 19) hay 4 tipos de ciclos de vida:

- Ciclo de vida predictivo: en donde la mayor parte de la planificación se realiza con antelación y luego se ejecuta de una sola vez y en fases secuenciales.

- Ciclo de vida iterativo: se basa en retroalimentación para el trabajo sin terminar, mejorando y modificando el trabajo.
- Ciclo de vida incremental: proporciona entregables terminados que el cliente puede utilizar.
- Ciclo de vida ágil: es un enfoque iterativo e incremental que refina elementos de trabajo y hace entregas frecuentes.

En la Figura 19 se muestra una matriz de características de los ciclos de vida.

**Figura 19**

*Características de los cuatro ciclos de vida*

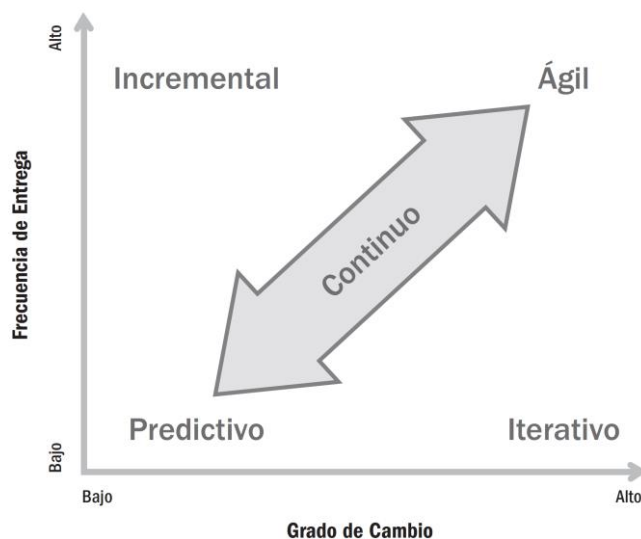
<b>Características</b>				
<b>Enfoque</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Entrega</b>	<b>Meta</b>
<b>Predictivo</b>	Fijos	Realizados una vez para todo el proyecto	Entrega única	Gestionar costos
<b>Iterativo</b>	Dinámicos	Repetidos hasta que esté correcto	Entrega única	Corrección de la solución
<b>Incremental</b>	Dinámicos	Realizados una vez para un incremento dado	Entregas frecuentes más pequeñas	Velocidad
<b>Ágil</b>	Dinámicos	Repetidos hasta que esté correcto	Entregas pequeñas frecuentes	Valor para el cliente mediante entregas frecuentes y retroalimentación

*Nota:* La figura muestra una matriz de correlación de los enfoques de proyecto y las características para sus cuatro ciclos de vida. Tomado de la *Guía del PMBOK* (p. 18), por PMI, 2017.

Los ciclos de vida de los proyectos pueden ser caracterizados desde el punto de vista de la frecuencia de las entregas y del grado de cambios que pueden gestionar. Estas características pueden ser presentadas de manera gráfica en la Figura 20.

## Figura 20

*Continuo de los ciclos de vida de los proyectos*

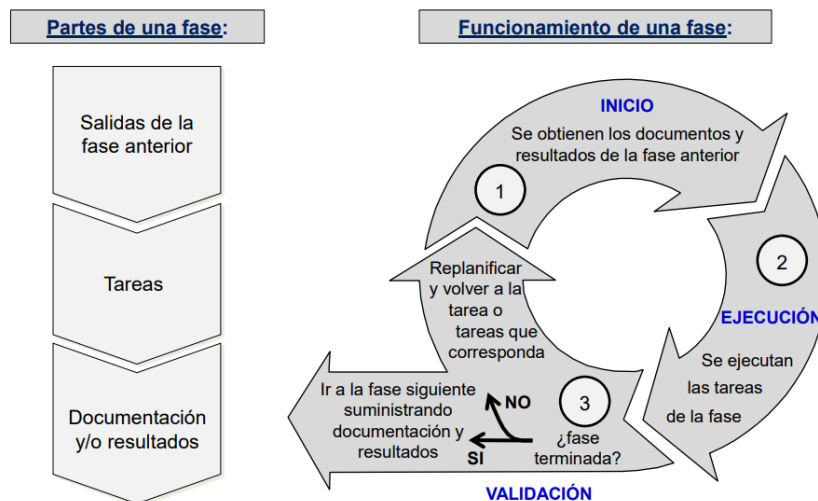


*Nota:* La figura muestra un gráfico de grado de cambio vs frecuencia de entrega para los enfoques de proyecto. Tomado de la *Guía del PMBOK, Guía Práctica de Ágil* (p 19), por PMI, 2017.

Respecto a los ciclos de vida de los proyectos otros autores únicamente se centran en la descripción de las fases del proyecto desde su inicio hasta su finalización y describen únicamente los proyectos con enfoque predictivo, en donde las actividades se ejecutan de manera secuencial tal y como se muestra en la Figura 21 (Tapias, 2015) y la Figura 22 (Barreda y otros, 2018).

**Figura 21**

*Partes y funcionamiento de una fase*



*Nota:* La figura muestra una simplificación de las fases del proyecto sin considerar el enfoque.

Tomado de Tapias, 2015,

[http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4\\_Ciclo%20de%20vida.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4_Ciclo%20de%20vida.pdf).

**Figura 22**

*Ciclos de vida del proyecto de Ingeniería, Arquitectura y Construcción*

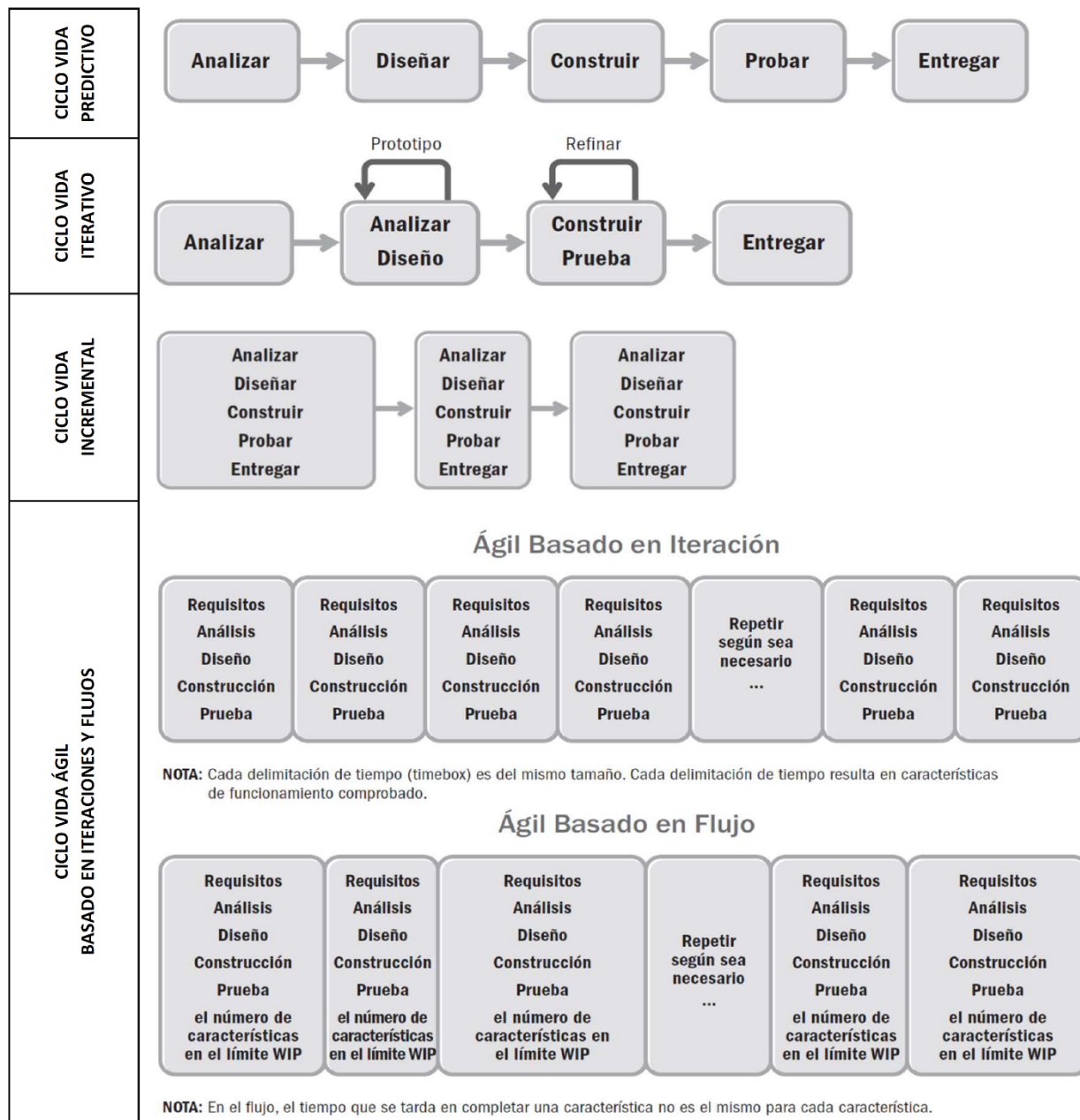


*Nota:* La figura muestra el ciclo de vida de los proyectos de tipo predictivo o cascada en donde cada fase puede gestionarse como un proyecto. Tomado de Barreda y otros, p. 8 y 15. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, 2018.

El PMI en su Guía Práctica de Ágil (2017, pp 21 a 24), presenta en forma gráfica las fases de cada uno de los cuatro tipos de ciclos de vida de los proyectos, lo cual permite una mejor comprensión de cómo es el desarrollo de cada uno de estos enfoques. En la Figura 23 se muestran los 4 gráficos de cada uno de los ciclos de vida de los proyectos.

**Figura 23**

Ciclos de vida de los proyectos y sus fases



Nota: La figura muestra los ciclos de vida o enfoques de proyecto y cada una de sus fases.

Modificado de la *Guía del PMBOK, Guía Práctica de Ágil* (pp. 21 a 24), por PMI, 2017.

Para el caso del proyecto desarrollado en el PFG, éste presenta características asociadas a un ciclo de vida predictivo, el cual se puede desarrollar de manera secuencial.

### **3.1.7 Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos**

Cristina Ortega (2023) comenta que una estrategia empresarial es la combinación de todas las decisiones tomadas y las acciones llevadas a cabo por la empresa para alcanzar los objetivos empresariales y asegurar una posición competitiva en el mercado. La estrategia forma parte del plan de negocio, que a su vez es parte de estructura del modelo de negocio.

Por otro lado, Shelley Pursell (2023) indica que una estrategia empresarial permite la planificación, facilita la previsión, promueve la estabilidad, y mejora la comprensión de la empresa.

#### **3.1.7.1 Portafolios, programas y proyectos**

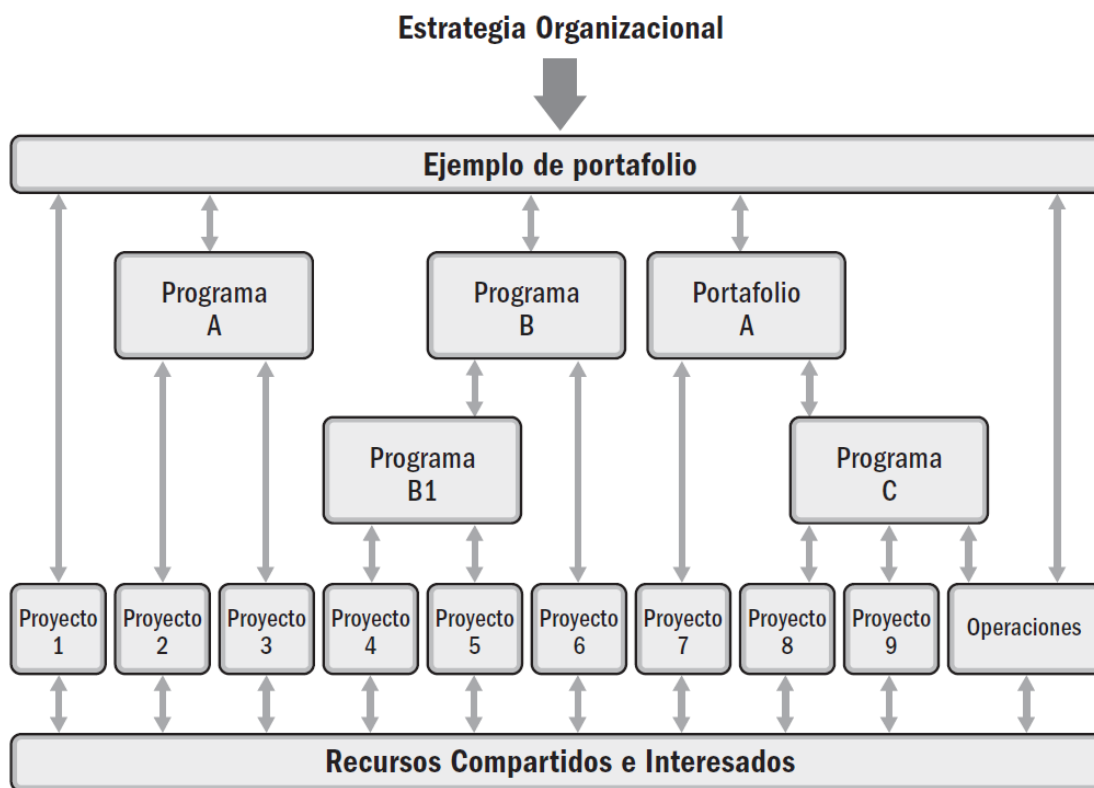
Respecto al tema de portafolios, programas y proyectos, el PMI, en su Guía del PMBOK (2017, pp 11 a 13) describe la forma en que se pueden desarrollar los proyectos, los cuales pueden gestarse de manera independiente o dentro de un programa o dentro de un portafolio.

En la Figura 24 se muestra una estrategia organizacional de portafolio, programas, proyectos y operaciones.



**Figura 24**

*Portafolio, programas, proyectos y operaciones.*



*Nota:* La figura muestra un diagrama de flujo de cómo se definen los portafolios, programas y proyectos. Tomado de la *Guía del PMBOK* (p. 122), por PMI, 2017.

Un resumen de las características de los portafolios, programas y proyectos se presenta en la Figura 25.

Figura 25

## Presentación comparativa de Portafolios, programas y proyectos

Dirección Técnica de Proyectos			
	Proyectos	Programas	Portafolios
<b>Definición</b>	Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.	Un programa es un grupo de proyectos, programas secundarios y actividades de programas relacionados cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran en forma individual.	Un portafolio es una colección de proyectos, programas, portafolios secundarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar los objetivos estratégicos.
<b>Alcance</b>	Los proyectos tienen objetivos definidos. El alcance se elabora progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas tienen un alcance que abarca los alcances de sus componentes de programa. Los programas producen beneficios para una organización, al garantizar que los productos y resultados de los componentes del programa sean entregados en forma coordinada y complementaria.	Los portafolios tienen un alcance organizativo que cambia con los objetivos estratégicos de la organización.
<b>Cambio</b>	Los directores de proyecto esperan cambios e implementan procesos para mantener los cambios gestionados y controlados.	Los programas son administrados de una manera que acepta y se adapta al cambio según resulte necesarios para optimizar la entrega de beneficios a medida que los componentes del programa entregan resultados y/o salidas.	Los directores de portafolios monitorean continuamente cambios en los entornos internos y externos más amplios.
<b>Planificación</b>	Los directores de proyecto elaboran progresivamente información a alto nivel en planes detallados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas son administrados mediante planes de alto nivel que realizan el seguimiento de las interdependencias y los avances de los componentes del programa. Los planes del programa también se utilizan para guiar la planificación al nivel de componente.	Los directores de portafolios crean y mantienen los procesos y la comunicación necesarios con relación al portafolio en conjunto.
<b>Gestión</b>	Los directores de proyecto gestionan al equipo del proyecto a fin de cumplir con los objetivos del proyecto.	Los programas son gestionados por directores de programas quienes aseguran que los beneficios del programa sean entregados de acuerdo con lo esperado, al coordinar las actividades de los componentes del programa.	Los directores de portafolios pueden manejar o coordinar al personal dirección de portafolios, o al personal de programas y proyectos que puedan tener responsabilidades en materia de presentación de informes en el portafolio en conjunto.
<b>Monitorear</b>	Los directores de proyecto supervisan y controlan el trabajo para la producción de los productos, servicios o resultados para los que se emprendió el proyecto.	Los directores de programas monitorean el progreso de los componentes del programa para garantizar que se logren los objetivos, cronogramas, presupuesto y beneficios del mismo.	Los directores de portafolios supervisan los cambios estratégicos y la asignación de recursos totales, los resultados del desempeño y el riesgo del portafolio.
<b>Éxito</b>	El éxito es medido según la calidad del producto y del proyecto, la puntualidad, el cumplimiento del presupuesto y el grado de satisfacción del cliente.	El éxito de un programa se mide por la capacidad del mismo para entregar sus beneficios previstos a una organización, y por la eficiencia y la efectividad del programa en la obtención de esos beneficios.	El éxito se mide en términos del desempeño de la inversión en conjunto y la realización de beneficios del portafolio.

*Nota:* La figura muestra las características de los portafolios, programas y proyectos

para diferentes procesos. Tomado de la *Guía del PMBOK* (p. 13), por PMI, 2017.

### 3.2 Fuentes de información

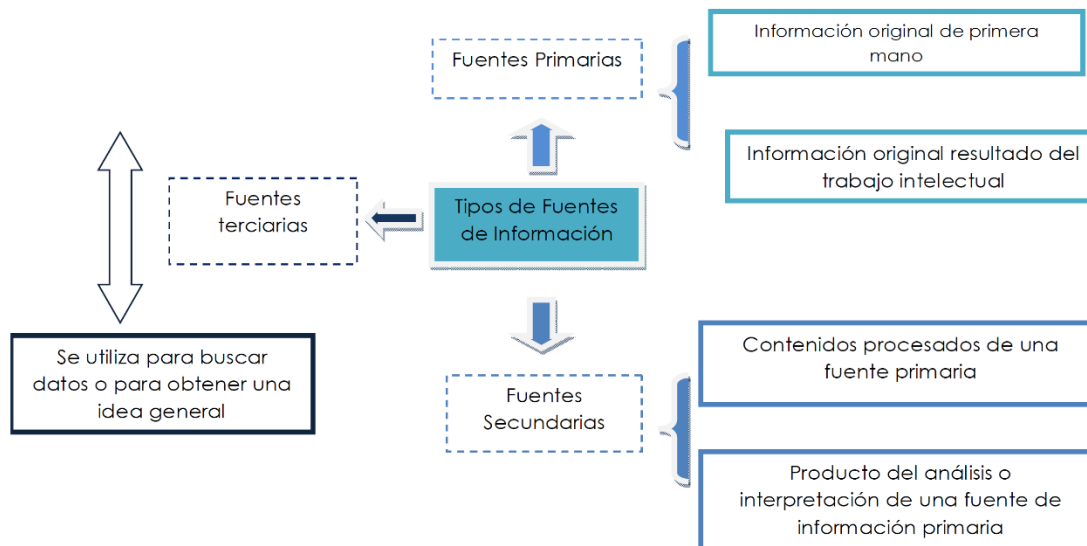
Cabrera (2010, p. 1) en su documento Introducción a las fuentes de Información, define a las fuentes de información como “los diversos tipos de documentos que contienen datos útiles para satisfacer una demanda de información o conocimiento”. Indica además que las fuentes de información tienen tres funciones: verificar, proporcionar antecedentes y aportar contexto. Indica, además, que las fuentes de información pueden clasificarse de distintas maneras, siendo las más importantes:

- Según la accesibilidad a los contenidos, que considera fuentes primarias, secundarias y terciarias.
- Según el tipo de contenido, que considera monografías, obras de referencia, publicaciones periódicas, fotografía y audiovisuales.

Maranto y Gonzáles (2015 p. 2) en su documento Fuentes de Información, define una fuente de información como “todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento”. Desde este punto de vista son un instrumento para el conocimiento y pueden subdividirse en fuentes primarias, fuentes secundarias y fuentes terciarias. En la Figura 26 se muestra un esquema con los diversos tipos de fuentes de información.

**Figura 26**

*Esquema de tipos de fuentes de información*



*Nota:* El esquema muestra los diferentes tipos de información y sus características. Tomado de *Fuentes de Información* (p. 1), por Maranto y Gonzáles, Universidad Autónoma de Hidalgo, 2015.

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

Seguidamente se detallan los tipos de fuente de información primaria y secundaria.

### 3.2.1 Fuentes primarias

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014) este tipo de fuentes contienen información original, es decir, de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros (los que no procesan información de fuentes primarias), monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis (las que no procesan información de fuentes primarias y generan sus propias ideas, conceptos, teorías y resultados novedosos),

trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales y foros.

Las fuentes primarias usadas en este proyecto consistieron en:

1. Información base de la organización, políticas, estándares y procedimientos (sitio web institucional).
2. Bases de datos técnicos institucionales del proyecto, mapas, planos e informes.
3. Base de datos institucional de normativas y herramientas de administración de proyectos.
4. Ingenieros especialistas asociados con el proyecto de estudio.
5. Gerente del proyecto en estudio.
6. Documentos de tesis y estudios específicos de proyectos similares al desarrollado en el PFG.

### **3.2.2 Fuentes secundarias**

De acuerdo con Maranto y Gonzáles (2015, p. 2) en su documento Fuentes de Información, se describen las fuentes secundarias como “las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria”.

Ejemplos pueden ser libros de texto, diccionarios, enciclopedias, algunos artículos de revista que no sean fuente primaria, historias, análisis de fuentes primarias, comentarios, críticas, otros.

Las fuentes secundarias usadas en este proyecto consistieron en:

1. Guía del PMBOK, sexta edición (PMI, 2017)
2. Guía del PMBOK, séptima edición. (PMI, 2021)

3. Grupos de Proceso: Una Guía Práctica (PMI, 2023)

4. Administración de Proyectos, sexta Edición (Lledó, 2017)

El resumen de las fuentes de información que se utilizaron en este proyecto se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Fuentes de Información Utilizadas*

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.	Entrevistas con gerentes de proyectos e ingenieros del PHFC. Entrevista con encargados de oficina de proyectos.	Documentación del curso de Análisis estratégico. Aplicación de metodología OPM3.  Tesis con análisis de madurez de empresa: Propuesta de metodología de planificación y ejecución para un proyecto de extensión universitaria (Sandí, 2022).  Artículo de sitio web: ¿Conoce cuál es el Modelo de Madurez de su organización? (2017) por Alberto Redondo.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo.	Bases de datos del proyecto: informes, planos, mapas.  Base de Sistema de información geográfica de Electricidad.  Entrevista con Gerente del proyecto.  Entrevista con ingenieros expertos.	Bases de datos cartográficos del Instituto geográfico Nacional (sitio web).

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
4. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados.	<p>Bases de datos del proyecto: Informe de visualización del proyecto.</p> <p>Entrevista con el gerente del proyecto.</p>	<p>Bases institucionales: Plantillas para desarrollo de plan de proyecto y análisis de involucrados.</p> <p>Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).</p> <p>Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).</p>
5. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto.	<p>Entrevista con gerente de proyecto.</p> <p>Base de datos de documentos estandarizados institucionales.</p>	<p>Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).</p> <p>Guía del PMBOK 7ª ed (PMI, 2021).</p> <p>Administración de Proyectos, sexta Edición (Lledó, 2017).</p> <p>Grupos de Proceso: Una Guía Práctica (PMI, 2023).</p>
6. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto.	<p>Entrevista con ingenieros constructores.</p> <p>Entrevista con ingenieros de control de calidad.</p> <p>Base de datos de otros proyectos hidroeléctricos.</p>	<p>Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).</p> <p>Guía del PMBOK 7ª ed (PMI, 2021).</p> <p>Administración de Proyectos, sexta Edición (Lledó, 2017).</p> <p>Grupos de Proceso: Una Guía Práctica (PMI, 2023).</p>
7. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se	<p>Entrevista con ingenieros de control de calidad.</p> <p>Entrevista con gerente de proyecto.</p>	<p>Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).</p> <p>Administración de Proyectos, sexta Edición (Lledó, 2017)</p>

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido.	Base de datos de otros proyectos hidroeléctricos.	Grupos de Proceso: Una Guía Práctica (PMI, 2023).
8. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.	Entrevista con el gerente de proyecto.	Guía del PMBOK 6ª ed (PMI, 2017).  Administración de Proyectos, sexta Edición (Lledó, 2017).  Grupos de Proceso: Una Guía Práctica (PMI, 2023).

*Nota:* La Tabla 1 muestra las fuentes de información utilizadas, en correspondencia con cada objetivo, y según sean primarias o secundarias. Elaboración propia.

### 3.3 Métodos de Investigación

De acuerdo con Ena Ramos (2018) en su artículo Métodos y técnicas de investigación, define los métodos de investigación como “un conjunto de procedimientos lógicos a través de los cuales se plantean problemas científicos y se ponen a prueba hipótesis e instrumentos de trabajo investigados”. Dentro de estos métodos se tienen dos grandes clases, los métodos lógicos y los métodos empíricos.

Para el PFG se aplicaron métodos de investigación lógicos, los cuales se basan en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis.

#### 3.3.1 Método analítico-sintético

De acuerdo con Rodríguez y Pérez (2017) este método considera dos procesos intelectuales que son inversos, pero que operan en unidad, el análisis y la síntesis.



El análisis descompone mentalmente un todo en sus partes y cualidades, en sus múltiples relaciones, propiedades y componentes, y permite estudiar el comportamiento de cada parte.

La síntesis actúa de manera inversa, establece mentalmente la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad.

Ambos métodos funcionan de manera unificada, el análisis se produce mediante la síntesis de las propiedades y características de cada parte del todo, mientras que la síntesis se realiza sobre la base de los resultados del análisis.

### **3.3.2 Método inductivo**

De acuerdo con Cesar Cota (2010) el método inductivo utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos aceptados como válidos, para llegar a conclusiones de carácter general, se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría. Rodríguez y Pérez (2017) describen el método inductivo como “una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales”. Sus pasos son estos: 1) observación, 2) formulación de hipótesis, 3) verificación, 4) tesis, 5) ley y g) teoría.

### **3.3.3 Método deductivo**

Cesar Cota (2010) indica que el método deductivo consiste en tomar conclusiones generales para dar explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los teoremas, leyes, postulados y principios de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

De acuerdo con Rodríguez y Pérez (2017) mediante este procedimiento se organizan hechos conocidos y se extraen conclusiones mediante una serie de enunciados, conocidos como silogismos, que comprenden: la premisa mayor, la premisa menor y la conclusión. Con la deducción se pasa de un conocimiento general a otro de menor nivel de generalidad, se infieren soluciones o características a partir de generalizaciones.

Los métodos de investigación han sido aplicados dentro del proceso de recopilación de información básica para tener una guía técnica de cómo ejecutar una investigación eficiente y productiva, la cual ha permitido analizar, sintetizar, entender, establecer una hipótesis y buscar las mejores soluciones a los problemas planteados.

En la Tabla 2, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

**Tabla 2**

*Métodos de Investigación Utilizados*

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
1. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.	Se analizaron las características de gestión de la empresa para luego establecer el nivel de madurez de la empresa.	Se recopilaron y analizaron datos individuales de procesos de gestión de la empresa para luego concluir de manera general un estado de madurez.	Inicialmente se dedujo que la empresa tiene un alto nivel de conocimientos de AP, para luego hacer las revisiones pertinentes a detalle.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros	Se analizan en detalle cada una de las obras del proyecto para obtener un resultado de requisitos	A partir de experiencias de estudios anteriores de proyectos hidroeléctricos y sus obras en	Se dedujo inicialmente que el proyecto puede ser similar a otros realizados, para luego establecer

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
los requisitos del trabajo.	generales del proyecto como una planta hidroeléctrica.	detalle, se desarrolla la descripción del proyecto.	sus particularidades a partir de información recopilada.
3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados.	Se recopiló y analizó la información básica del proyecto y sus involucrados para producir documentos sintetizado de alto nivel como el acta.	Se emplean documentos individuales de procesos de inicio de proyectos realizados que sirvan de base para establecer las actividades y documento de acta.	Por la experiencia, se dedujo cuáles podrían ser los requisitos e involucrados del proyecto para luego revisar la información y detallarla.
4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto.	Se definieron y analizaron por separado los procesos de planificación de proyectos desarrollados por la empresa para finalmente interrelacionar y sintetizar en la planificación del proyecto.	Se analizó documentación de resultados finales de proyectos anteriores de la empresa, tanto técnicos como de planificación para correlacionar y aplicar a la planificación del proyecto.	Se ha establecido conclusiones generales a partir de experiencias de planificaciones de proyectos anteriores que luego se detallaron para el caso analizado.
5. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de	Se analizó la documentación generada de los procesos de planificación y documentos de ejecución de proyectos anteriores de la empresa para	La documentación recopilada, incluyendo documentos de proyectos anteriores de la empresa fue analizada para obtener las	A partir de proyectos ejecutados con éxito se dedujo que las herramientas usadas conducirán a ejecutar con éxito el proyecto.

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
planificación y los objetivos del proyecto.	sintetizar en la fase de ejecución.	herramientas para la ejecución del proyecto.	
6. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido.	Se analizaron las normativas de la empresa en cuanto a monitoreo y control, así como los procesos aplicados en proyectos similares para sintetizar en las herramientas que se usarán en el proyecto.	Se revisaron las normativas de la empresa en cuanto a monitoreo y desempeño, además de las consideradas en otros proyectos anteriores para buscar las mejores aplicaciones en el proyecto específico.	Se consideraron los proyectos exitosos, deduciendo que tuvieron un adecuado monitoreo y control, por lo que sus herramientas y procedimientos pueden ser aplicados al proyecto.
7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.	Se analizaron los procedimientos de cierre aplicados por la empresa y en proyectos similares para sintetizar en las técnicas aplicadas al proyecto.	Se recopiló y analizó cada etapa del proceso de cierre de proyectos de la empresa, pasando luego a un resumen general aplicado al cierre del proyecto.	A partir de las experiencias generalizadas de proyecto similares y sus resultados, se ha considerado emplear técnicas similares para el cierre de este proyecto.

*Nota.* La Tabla 2 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

### 3.4 Herramientas

En la Guía del PMBOK (PMI, 2017) se resalta la importancia de la dirección de proyectos, y lo define como “la aplicación de habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto”. Se debe mencionar que cada área de conocimiento de la dirección de proyectos está descrita en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas. Para el caso de las herramientas y técnicas, éstas son definidas como “algo tangible como una plantilla o un programa de software utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado”.

El conocimiento de las diferentes herramientas y técnicas en la AP es relevante para el buen desarrollo de los procesos. Éstas permiten realizar las tareas de forma eficiente y obtener los resultados que buscamos en la elaboración del PFG.

En la Figura 27 se presenta un resumen con las herramientas y técnicas usadas en este PFG (PMI, 2017), las cuales han sido agrupadas según su propósito.

Figura 27

*Herramientas y técnicas usadas en el PFG*

<b>GRUPOS DE HERRAMIENTAS SEGÚN SU PROPÓSITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA</b>	
<b>RECOPILACIÓN DE DATOS</b> Utilizadas para recopilar datos e información de diversas fuentes. Existen nueve herramientas y técnicas de recopilación de datos.	Entrevistas	Una entrevista es una manera formal o informal de obtener información de los interesados, a través de un diálogo directo con ellos
	Listas y hojas de verificación	Una lista de verificación es una lista de elementos, acciones o puntos a ser considerados. Las hojas de verificación son también conocidas como hojas de anotaciones, y se utilizan para organizar los hechos de manera que se facilite la recolección eficiente de datos útiles sobre un posible problema de calidad
<b>ANÁLISIS DE DATOS</b> Utilizadas para organizar, examinar y evaluar datos e información.	Análisis de supuestos y restricciones	El análisis de supuestos y restricciones explora la validez de los supuestos y las restricciones para determinar cuáles suponen un riesgo para el proyecto
	Análisis de documentos	Evaluación de la documentación disponible del proyecto y las lecciones aprendidas de proyectos anteriores para identificar a los interesados y otra información complementaria.
	Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos	La evaluación de la probabilidad de los riesgos toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de un riesgo específico.
<b>REPRESENTACIÓN DE DATOS</b> Utilizadas para mostrar representaciones gráficas u otros métodos utilizados para transmitir datos e información.	Matriz de probabilidad e impacto	Una matriz de probabilidad e impacto es una cuadrícula para vincular la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo con su impacto sobre los objetivos del proyecto en caso de que ocurra dicho riesgo
	Matriz de asignación de responsabilidades	La RAM muestra los recursos del proyecto asignados a cada paquete de trabajo. Se utiliza para ilustrar las relaciones entre los paquetes de trabajo o las actividades y los miembros del equipo del proyecto.

<b>GRUPOS DE HERRAMIENTAS SEGÚN SU PROPÓSITO</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA</b>
<b>HABILIDADES DE COMUNICACIÓN</b> Se utilizan para transferir información entre los interesados.	Retroalimentación	La retroalimentación consiste en información sobre las reacciones a las comunicaciones, a un entregable o a una situación. La retroalimentación se utiliza para asegurar que la información proporcionada a los interesados sea recibida y comprendida.
<b>HABILIDADES INTERPERSONALES Y DE EQUIPO</b> Se utilizan para liderar e interactuar de manera efectiva con miembros del equipo y otros interesados.	Inteligencia emocional	La inteligencia emocional es la capacidad para identificar, evaluar y manejar las emociones personales y las de otras personas, así como las emociones colectivas de grupos de personas.
<b>NO AGRUPADAS</b>	Herramientas de control de cambios	Herramientas manuales o automatizadas que ayudan en la gestión de cambios o de la configuración.
	Método de la ruta crítica	El método de la ruta crítica se utiliza para estimar la mínima duración del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del modelo de programación
	Descomposición	Técnica utilizada para dividir y subdividir el alcance del proyecto y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables.
	Juicio de expertos	El juicio de expertos se define como el juicio que se brinda sobre la base de la experiencia en un área de aplicación, Área de Conocimiento, disciplina, industria, etc., según resulte apropiado para la actividad que se está ejecutando
	Reuniones	Las reuniones se utilizan para discutir y abordar los asuntos pertinentes del proyecto durante la dirección y gestión del trabajo del proyecto. Las reuniones pueden ser cara a cara, virtuales, formales o informales
	Categorización de riesgos	Proporciona un medio para agrupar los riesgos individuales de cada proyecto. Los riesgos del proyecto se pueden categorizar por fuentes de riesgo (p.ej., utilizando la estructura de desglose de los Riesgos (RBS)
	Análisis de la red del cronograma	Técnica para identificar fechas de inicio tempranas y tardías, así como fechas de finalización tempranas y tardías, para las partes no completadas de actividades del proyecto
	Planificación de pruebas e inspección	Durante la fase de planificación, el director del proyecto y el equipo del proyecto determinan cómo probar o inspeccionar el producto, entregable o servicio para satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados, así como la forma de cumplir con el objetivo para el desempeño y la fiabilidad del producto

*Nota.* La figura muestra una matriz con las herramientas y técnicas según su propósito usadas en el PFG. Elaboración propia a partir de información de la *Guía del PMBOK* (pp. 685 a 694), por PMI, 2017.

En la Tabla 3, se definen las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

**Tabla 3***Herramientas Utilizadas*

Objetivos	Herramientas
1. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, hojas de verificación, análisis de datos.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo.	Reuniones, entrevistas, diagramas de Flujo, juicio de experto, Análisis de documentos.
3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados.	Reuniones, Entrevistas, Juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, Inteligencia emocional, análisis de supuestos y restricciones, análisis de documentos, análisis de interesados.
4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos, descomposición, análisis de la red del cronograma, evaluación de riesgos, matriz de probabilidad impacto, matriz de asignación de responsabilidades, gestión de la información.
5. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos.
6. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos, planificación de pruebas e inspección.



Objetivos	Herramientas
7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos.

*Nota.* La Tabla 3 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo.

Autoría propia.

### 3.5 Supuestos y restricciones

De acuerdo con PMI (2021) un supuesto es “un factor que se considera verdadero, real o cierto, sin prueba ni demostración”, mientras que una restricción es “un factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso”.

Pablo Lledó (2017) define un supuesto como “los factores que son aceptados como verdaderos y deberían ocurrir para el éxito del proyecto” y una restricción como “los elementos que limitan al proyecto”.

Para el desarrollo del PFG es de suma importancia la definición de supuestos y restricciones, ya que ha sido de consideración para el establecimiento claro del alcance del proyecto.

Los supuestos y restricciones, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la Tabla 4, a continuación.

Tabla 4

*Supuestos y restricciones*

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.	Se cuenta con el consentimiento de la empresa para el desarrollo del PFG. Se tiene acceso a la información de la empresa para realizar el análisis. Existe apoyo de los profesionales involucrados en el proyecto.	Se cuenta con 6 días para elaborar esta tarea, finaliza el 7/07/2023 Falta de información para completar el análisis. El análisis debe cumplir con criterios de calidad.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo.	Se cuenta con apoyo de los especialistas involucrados en el proyecto y DP. Se tiene acceso a la información de planos e información de prefactibilidad.	Para el desarrollo de este tema se cuenta con 7 días, fecha límite 14/07/2023. Limitaciones de software de visualización de planos. Limitación de detalles técnicos de diseño.
3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados	Se tiene acceso a la información base del proyecto y al apoyo de los especialistas técnicos del proyecto incluido el DP. Se cuenta con los lineamientos API de la empresa.	Se cuenta con 9 días para desarrollar este tema, fecha límite 20/07/2023.
4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto	Se cuenta con apoyo de los especialistas involucrados en el proyecto y el DP. Se cuenta con el software de generación del cronograma. Se tiene acceso a la	Se cuenta con 19 días para el desarrollo de este proceso, fecha límite 21/08/2023. Limitaciones para gestionar reuniones de trabajo con los expertos del proyecto.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
	información base de proyecto y a las normativas y procesos de gestión de la empresa. Existe espacio para procesos de análisis de riesgos y sus matrices y listas.	Limitaciones de información por confidencialidad.
5. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto.	Se tiene apoyo del ingeniero constructor y de información de procesos constructivos similares. Se cuenta con documentación normativa de la empresa.	Se tienen 8 días para cumplir con este entregable. Fecha límite 30/08/2023. La complejidad del tipo de proyecto permitirá hacer recomendaciones generales.
6. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido.	Se tiene acceso a la información técnica y de procedimientos de monitoreo y control de la calidad de la institución. Se cuenta con el apoyo de los profesionales a cargo de los controles del proyecto.	Se debe finalizar este entregable el 20/09/2023. Limitaciones en la ubicación de todas las normativas de control por la complejidad del proyecto.
7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.	Se cuenta con el apoyo del DP y los procedimientos de cierre de la empresa.	Se debe finalizar este entregable el 25/09/2023.

*Nota.* La Tabla 4 muestra supuestos y restricciones utilizadas en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

### 3.6 Entregables

De acuerdo con Martins (2022), el principio de un proyecto exitoso significa tener algo que mostrar al final del trabajo, que puede ser algo tangible o intangible. Ese resultado para el trabajo es un entregable. Los entregables de un proyecto son el resultado que se espera tener al finalizar el trabajo.

En el sitio web de Customer Success Center (revisado el 12/6/2023) se describe un entregable como “un producto o servicio intangible como resultado de un proyecto y que se debe emitir de forma interna o para un cliente externo”.

A partir del planteamiento de objetivos claros fue posible establecer los entregables.

De acuerdo con el PMI (2021, p 23) un entregable es “cualquier producto resultado o capacidad única y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso una fase o un proyecto”.

En la Tabla 5, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

**Tabla 5**

#### *Entregables*

Objetivos	Entregables
1. Evaluar el nivel de madurez del Nivel 1 de Ingeniería para asociarlo al grado de conocimientos en AP con el fin de recomendar nuevos procedimientos de trabajo .	Realizar un análisis de madurez utilizando el modelo OPM3 y asociarlo al nivel de conocimientos en AP y establecer nuevos procesos que ayuden a mejorar el trabajo de diseño de obras.
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo	Ubicar al proyecto espacialmente y describir a detalle cada una de las obras del proyecto que será básico para definir requisitos.

Objetivos	Entregables
<p>3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados</p>	<p>Desarrollar el acta de constitución del proyecto con todos sus puntos básicos y la definición y análisis de involucrados.</p>
<p>4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto</p>	<p>Planificar la gestión del alcance, recopilando los requisitos y creando la EDT. Desarrollar el cronograma. Determinar los costos y presupuesto. Realizar el proceso planificación de la calidad, estimar recurso de las actividades, Realizar los procesos de planificación de los riesgos, las adquisiciones y la participación de los interesados.</p>
<p>5. Desplegar los procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto</p>	<p>Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto: Indicar cómo se realizará la gestión del conocimiento y el equipo, la adquisición de recursos, la administración de comunicaciones, la respuesta a los riesgos, ejecutar adquisiciones y gestionar el involucramiento de los interesados.</p>
<p>6. Indicar los procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido</p>	<p>Generar los procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto: validación y control del alcance, monitorear a los interesados, controlar el cronograma, los costos, las adquisiciones, la calidad, los riesgos y los recursos. Además, monitorear las comunicaciones y realizar el control de cambios.</p>
<p>7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.</p>	<p>Realizar las recomendaciones de procedimientos para el cierre del proyecto: hacer la transición final del producto, registrar las lecciones aprendidas y elaborar el informe final.</p>

*Nota.* La Tabla 5 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo.

Autoría propia.

## **4 DESARROLLO**

### **4.1 Análisis de Madurez del Nivel 1 Ingeniería**

El Nivel 1 de Ingeniería es parte de la Dirección de Servicios No Regulados de la Gerencia de Electricidad. Dentro de dicho nivel se han establecido dos grupos de procesos funcionales, el Proceso Ingeniería y el Proceso Geociencias. Dichos procesos se encargan de realizar tareas de investigación, diseño, supervisión e inspección, por lo general asociadas a obras de generación eléctrica.

Los desarrollos de investigación y diseño de proyectos hidroeléctricos son realizados por el Nivel 1 de Ingeniería, como es el caso de la Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff. Desde este punto de vista, el análisis del nivel de madurez será aplicado a este nivel.

#### **4.1.1 Evaluación y análisis de madurez**

Para el caso específico del análisis del Nivel 1 Ingeniería, en donde las labores están centralizadas en el desarrollo de los proyectos, se considerará únicamente las mejores prácticas del dominio de proyectos, dejando por fuera los dominios de programas y portafolios. El análisis de madurez se realizó utilizando el modelo OPM3 (PMI, 2008). A partir de lo anterior se han escogido 6 preguntas asociadas con prácticas estratégicas para del directorio de buenas prácticas del OPM3 (PMI, 2008), esto para cada uno de los procesos de estandarización, medición, control y mejora continua.

En la Figura 28 se muestra una matriz de calificación de las preguntas dependiendo del nivel de implementación, y en donde las puntuaciones van de 0 a 3 para cada una de las preguntas, que finalmente serán sumadas y ponderadas. El detalle de significado de la numeración se muestra en el encabezado de la matriz. Conforme aumenta la numeración también aumenta el nivel de implementación de la práctica analizada.

Figura 28

## Matriz de análisis de madurez en el dominio de proyectos del Nivel 1 Ingeniería

Procesos	ID Mejor Práctica	Pregunta	0 - No implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	1 - Parcialmente Implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	2 - Aplica Plenamente, no de manera consistente para los Resultados de una Mejor Práctica	3 - Aplica su Totalidad, de forma coherente, para los Resultados de una Mejor Práctica
Estandarización	1000	¿La organización tiene políticas que describen la estandarización, medición, control y mejora continua de los procesos de gestión de proyectos de la organización?			2	
	1010	¿Se establecen los estándares del Proceso de Iniciación del Proyecto?				3
	1090	Se establecen los estándares del proceso de planificación de recursos del proyecto?			2	
	1110	¿Se establecen los estándares del proceso de presupuestación de costos del proyecto?				3
	1120	¿Se establecen los estándares del Proceso de Planificación de la Gestión de Riesgos del Proyecto?		1		
	1130	¿Se establecen los estándares del Proceso de Planificación de la Calidad del Proyecto?			2	
Medición	1720	¿Se establecen, ensamblan y analizan las medidas del proceso de planificación del alcance del proyecto.				3
	1760	¿Se establecen, usan y analizan las métricas del proceso de estimación de costos del proyecto?				3
	1810	Se establecen, usan y analizan las métricas del proceso de planificación de la gestión de riesgos del proyecto?		1		
	1990	¿Se establecen, usan y analizan las métricas del proceso de informes de desempeño del proyecto?				3
	2020	¿Se establecen, usan y analizan las métricas del Proceso de Control de cambios del Alcance del Proyecto?				3
	2030	¿Se establecen, usan y analizan las métricas del Proceso de Control de Cronograma del Proyecto?				3
Control	2240	Los controles del proceso de iniciación del proyecto se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso.			2	
	2310	¿Los controles se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso Desarrollo del cronograma del proyecto?			2	
	2320	¿Los controles del proceso de planificación de recursos del proyecto se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso?		1		
	2330	¿Los controles del proceso de estimación de costos del proyecto se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso?				3
	2350	¿Los controles del proceso de planificación de riesgos del proyecto se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso?			2	
	2470	¿Los controles del proceso de Aseguramiento de la Calidad del proyecto se establecen y ejecutan para controlar la estabilidad del proceso?			2	

Procesos	ID Mejor Práctica	Pregunta	0 - No implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	1 - Parcialmente Implementado para los Resultados de una Mejor Práctica	2 - Aplica Plenamente, no de manera consistente para los Resultados de una Mejor Práctica	3 - Aplica su Totalidad, de forma coherente, para los Resultados de una Mejor Práctica
Mejora Continua	2730	¿Se evalúan las áreas problemáticas del proceso Presupuestación de costos del proyecto, se recopilan recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?			2	
	2740	Se evalúan las áreas problemáticas del proceso de planificación de la gestión de riesgos del proyecto, se recopilan las recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?			2	
	2750	Se evalúan las áreas problemáticas del proceso de planificación de la calidad del proyecto, se recopilan las recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?			2	
	2860	Se evalúan las áreas problemáticas del proceso de aseguramiento de la calidad del proyecto, se recopilan las recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?			2	
	2940	¿Se evalúan las áreas problemáticas del proceso de verificación del alcance del proyecto, se recopilan las recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?			2	
	3010	Se evalúan las áreas problemáticas del proceso de cierre administrativo del proyecto, se recopilan las recomendaciones de mejora del proceso y se implementan las mejoras del proceso?				3

*Nota.* La Figura 28 muestra una matriz de evaluación de nivel de cumplimiento de varias mejores prácticas en el Nivel 1 Ingeniería. Se realiza la debida puntuación dependiendo del nivel de cumplimiento desde 0 a 3. Autoría propia.

Para establecer una evaluación del nivel de madurez de cada uno de los procesos, se han ponderado los datos de forma distribuida en 6 categorías, las cuales se presentan en la matriz de la Figura 29.



**Figura 29**

*Matriz de grados de Madurez para los procesos analizados en el Nivel 1 Ingeniería*

VALOR	PORCENTAJE	GRADO DE MADUREZ
18	100%	Muy Alta
15	83%	Alta
12	66%	Intermedia Alta
9	50%	Intermedia Baja
6	33%	Baja
3	17%	Muy Baja

*Nota:* Se muestra en la matriz la relación de valores de puntuación de manera ponderada y distribuida en 6 categorías de grados de madurez. Elaboración propia.

Considerando como base la matriz de valoración del grado de madurez para cada uno de los procesos analizados y los valores de la Figura 29, se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 30.

**Figura 30**

*Grados de Madurez obtenidos de la valoración de procesos de mejores prácticas*

PROCESO	PUNTUACIÓN FINAL	GRADO DE MADUREZ
ESTANDARIZACIÓN	13	Intermedia Alta
MEDICIÓN	16	Alta
CONTROL	12	Intermedia Alta
MEJORA CONTINUA	13	Intermedia Alta

*Nota:* Los grados de madurez corresponden con los rangos de valores de la Figura 29 y los valores de puntuación determinados en la matriz de la Figura 28. Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden indicar las siguientes conclusiones para cada uno de los procesos.

**Estandarización:** estos procesos aplicados al dominio de proyectos en el Nivel 1 Ingeniería presentan un grado de madurez intermedio alto. La mayoría de las actividades se encuentran estandarizadas. Existen debilidades relacionadas con la gestión de riesgos ya que requiere una gestión más minuciosa.

**Medición:** los procesos de medición en el dominio de proyectos del Nivel 1 Ingeniería presentan un grado de madurez alta, la mayor parte de las actividades son medidas a partir de estándares de calificación preestablecidas y que permiten definir un nivel de cumplimiento, aun así, existen inconsistencias en la medición de los riesgos del proyecto, sobre todo cuando los proyectos son considerados como “pequeños”, no se realiza una gestión detallada de los mismos.

**Control:** de los procesos de control se determinó un grado de madurez intermedio alto. Muchas prácticas asociadas con los procesos de investigación y diseño pueden tener poco control en cuanto a su cumplimiento mínimo. Los controles de la calidad técnica pueden ser variables dependiendo del revisor, esta irregularidad debe ser corregida y establecer estándares.

**Mejora Continua:** este proceso obtuvo un grado de madurez de intermedio alto. En el Nivel 1 Ingeniería, de manera irregular se realizan prácticas de análisis de lecciones aprendidas, o transferencia de conocimientos especializados a nivel técnico y profesional. No se tiene bien establecido un programa de mejora continua.

Es importante mencionar que dentro del Nivel 1 Ingeniería existe una oficina que centraliza la información de los proyectos, y que puede considerarse como una PMO, aun así, dicha estructura no es lo suficientemente eficiente para cubrir las actividades del área. Como resultado del análisis de madurez, en donde los resultados muestran un grado de madurez

general intermedio, se debe recomendar una revisión y replanteamiento de las funciones de dicha oficina, y de esta forma que asegure la aplicación de los estándares, los controles y el mejoramiento continuo. Es importante que dicha oficina asegure y oriente a los Gerentes de Proyectos en las mejores prácticas de Administración de Proyecto.

## **4.2 Descripción del proyecto hidroeléctrico**

### **4.2.1 Fases y etapas del estudio del PHFC**

Dentro de la empresa ICE se ha establecido una serie de fases y etapas que permiten una eficiente evaluación y definición de los proyectos de generación eléctrica (Grupo ICE, 2009). Una primera fase tiene que ver con el Planeamiento, el cual presenta 3 etapas consecutivas de realización: Identificación, Prefactibilidad y Factibilidad. Una vez cumplidas estas etapas y logrado establecer de manera clara cuáles serán los proyectos viables para desarrollar, es posible pasar a una segunda fase identificada como Fase de Ejecución. Esta fase está constituida por 3 etapas de desarrollo: Diseño Básico, Diseño Final y Construcción. Los proyectos incluidos en la Fase de Ejecución pueden ser incluidos en los planes de expansión nacional de la generación hidroeléctrica. Los proyectos incluidos en este plan responden a una correcta planificación del sistema de generación, el cual debe estimar de manera confiable la demanda futura y la oferta de proyectos de generación viables.

Bajo los conceptos anteriores las etapas de identificación, prefactibilidad y factibilidad son consideradas como la fase de preinversión, la cual es la fase inicial del proceso de evaluación de un proyecto en la que se realiza un estudio preliminar para determinar si la idea del proyecto es viable y merece una mayor consideración. Es una etapa crucial para evitar invertir tiempo y recursos en proyectos que no tienen un potencial real de éxito. En este sentido, se busca identificar los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales básicos del

proyecto, evaluar su coherencia con los objetivos estratégicos de la organización y determinar si vale la pena avanzar a la siguiente Fase de Ejecución o Inversión.

En la Figura 31 se muestra un diagrama con las fases y etapas de desarrollo de los proyectos de generación eléctrica en el ICE.

**Figura 31**

*Fases y etapas del desarrollo de los proyectos de generación eléctrica en el ICE*



*Nota:* Se muestra en el diagrama las fases, etapas y procesos en donde se aplican. Dichos estadíos son específicos para el ICE. Elaboración propia a partir de datos tomados de Grupo ICE, 2009.

Para el caso específico de los proyectos hidroeléctricos como Fourth Cliff, la fase de Preinversión valora el potencial energético total de la cuenca hidrográfica y debe cumplir con la aprobación de cada etapa para definirlo como factible.

En la Figura 32 se presenta una matriz de caracterización general de cada una de las etapas de la fase de preinversión de acuerdo con el Manual de Procedimientos de estudios de generación (Grupo ICE, 2009).

Figura 32

Matriz de caracterización de las etapas de la fase de preinversión

FASE	ETAPA	DESCRIPCION GENERAL	ALCANCES
PREINVERSIÓN	IDENTIFICACIÓN	Etapa básica para obtener datos de referencia sobre el recurso energético	<p>Generar un plan maestro de propuestas de proyectos.</p> <p>Definir las mejores propuestas del recurso hídrico para aprovechamiento hidroeléctrico.</p> <p>Se valora lo técnico, lo económico y lo ambiental. Requiere Información hidrológica, topografía básica, información cartográfica y de zonas protegidas, siempre a escalas regionales.</p>
	PREFACTIBILIDAD	Su objetivo básico es generar un esquema realista del proyecto, definir la potencia, generación media anual e índices económicos	<p>Realizar estudios más detallados a los proyectos con mejores características.</p> <p>Es importante considerar el criterio experto.</p> <p>Se proponen los esquemas de conducción y obras civiles importantes.</p> <p>Se realizan estudios geológicos superficiales, Perfiles topográficos en sitios de interés como: presa, casa de máquinas y línea de conducción.</p> <p>Se realiza una caracterización y valoración ambiental físico biótico y socioeconómico.</p> <p>Se evalúan análisis costo beneficio e indicadores financieros.</p>
	FACTIBILIDAD	Busca establecer que un proyecto es viable en los aspectos técnicos, económicos, financieros, legales y ambientales	<p>Conjunto de estudios para determinar la viabilidad del proyecto.</p> <p>Es un trabajo interdisciplinario.</p> <p>Se debe contar con información básica completa: hidrología, topografía, geología, geotecnia, construcción y estudios ambientales y legales.</p> <p>Planteamiento del diseño hidráulico y estructural de obras civiles.</p> <p>Selección del esquema de planta, caracterización y dimensionamiento de la central.</p> <p>Estimación de costos y programa constructivo</p>

*Nota:* En la figura se detallan las características generales de cada una de las tres etapas de la fase de preinversión (Planeamiento) desarrolladas en el ICE para proyectos hidroeléctricos.

Elaboración propia a partir de Grupo ICE, 2009.

El proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff, se encuentra actualmente en la etapa 3 de la fase de Planeamiento o preinversión, la cual corresponde con la factibilidad.

#### **4.2.2 Ubicación geográfica del proyecto**

El PHFC se localiza en los distritos de Florida, el Cairo y Siquirres, todos del cantón de Siquirres, provincia de Limón. El proyecto presenta una ubicación media en las coordenadas 550548.70E y 1 115770.62N del sistema CRTM05. El desarrollo del proyecto se encuentra principalmente en la margen izquierda del Río Reventazón entre las elevaciones 120 msnm y 85 msnm.

La Figura 33 muestra una serie de mapas de localización del PHFC con el detalle de cada una de sus obras: Cámara de carga, túnel de conducción, ventana de acceso, cámara de regulación y casa de máquinas y restitución.

#### **4.3 Elaboración de procesos de inicio**

Los procesos de inicio definen un nuevo proyecto y buscan la obtención de la autorización de iniciar las labores. Se desarrollará el acta de constitución y la identificación de los interesados del proyecto.

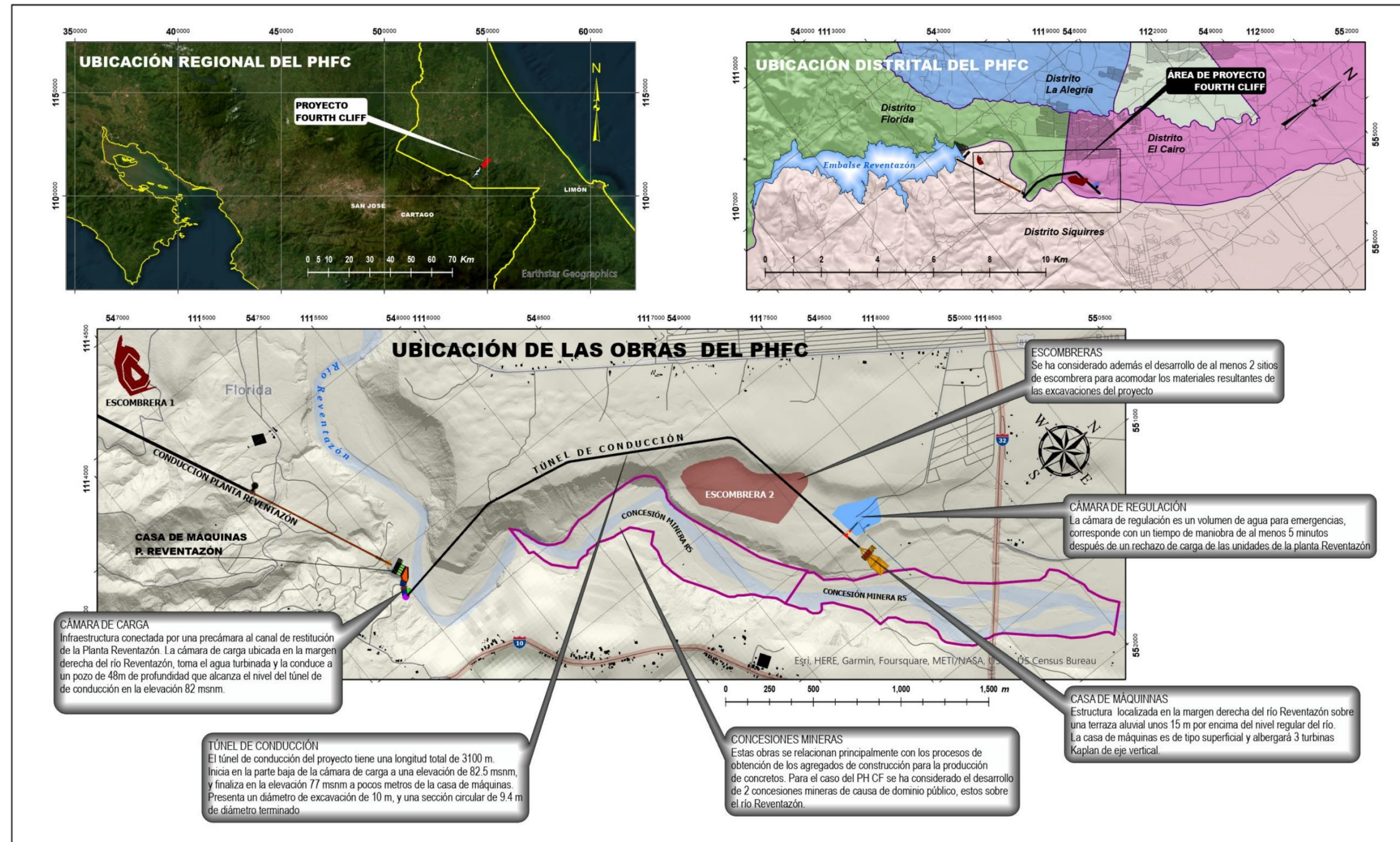
##### **4.3.1 Descripción de las obras**

La identificación y prefactibilidad del proyecto han establecido un proyecto hidroeléctrico en cascada, el cual se desarrolla inmediatamente después de que la planta Reventazón realiza el turbinado del agua en la casa de máquina. El proyecto se ha conceptualizado aprovechando un caudal de 240 m<sup>3</sup>/s que salen de la casa de máquinas de Reventazón, el cual es regulado por el embalse de la misma planta, por lo que no se requiere de estructuras de regulación de caudales. El PHFC pretende una generación de energía media anual de 291 GWh, con una potencia instalada de 60.6 MW.

Seguidamente se describen cada una de las obras que constituyen el proyecto y que serán sometidos a evaluación en esta factibilidad, las mismas se muestran en la Figura 33.

Figura 33

Mapas de ubicación del proyecto y obras específicas del PHFC



Nota: Los mapas incluidos en la figura detallan la ubicación regional del proyecto, además de su localización distrital y las obras en detalle. Elaboración propia a partir de las bases de datos de información geográfica y diseños de prefactibilidad por Grupo ICE, 2023.



### **Cámara de carga**

Estructura que toma el agua turbinada que sale de la casa de máquinas de la Planta Reventazón y la conduce hacia un pozo de 48 m de profundidad hasta alcanzar el nivel del túnel de conducción a una elevación de 82.5 msnm. La cámara de carga está unida al canal de restitución de Reventazón a través de una estructura llamada pre-cámara. La cámara de carga se localiza en la margen derecha del Río Reventazón y considerará una curva horizontal, un canal de descarga, un dissipador de energía, un vertedero de excedencias, un pozo de carga y una toma de aguas.

### **Túnel de Conducción**

El túnel de conducción del proyecto tiene una longitud total de 3100 m. Inicia en la parte baja de la cámara de carga a una elevación de 82.5 msnm, y finaliza en la elevación 77 msnm a pocos metros de la casa de máquinas. El túnel de conducción inicia en la margen derecha del río Reventazón, cruza bajo el río y continúa por la margen izquierda hasta la casa de máquinas. El desarrollo por esta margen responde a las condiciones de cobertura topográfica vertical y lateral. El túnel presenta un diámetro de excavación de 10 m, y una sección circular de 9.4 m de diámetro terminado. Presenta coberturas altas superiores a los 80 m en dos de sus terceras partes, un tramo de cobertura mínima de 30 m correspondiente con el paso bajo el río Reventazón y una cobertura máxima de 177 m en la estación 0+700. La excavación del túnel será realizada posiblemente en materiales de resistencias medias correspondientes con conglomerados y brechas, y probablemente estará cortando al menos 4 zonas de falla. Es probable también que se encuentre por debajo de nivel freático.

### **Cámara de Regulación**

La cámara de regulación es un volumen de agua para emergencias, corresponde con un tiempo de maniobra de al menos 5 minutos después de un rechazo de carga de las unidades de la planta Reventazón. Dicho volumen garantiza un tiempo de reacción en caso de

emergencia, esto cuando se requiere reanudar la operación en la central. El volumen de la cámara de regulación debe ser calculado para un caudal de diseño de 240 m<sup>3</sup>/s.

### **Trifurcador**

Luego del final del túnel (FT), 10 m aguas abajo se encuentra el trifurcador, este elemento de acero tiene un diámetro de entrada de 8 m y tres salidas en diámetros de 4.6 m. las cuales corresponden con cada una de las turbinas.

### **Casa de Máquinas**

Esta estructura se localiza en la margen derecha del río Reventazón sobre una terraza aluvial unos 15 m por encima del nivel regular del río. El terreno plano y amplio permitirá corregir su localización de ser necesario. El acceso a la casa de máquinas será fácil desde la ruta nacional 32. La casa de máquinas es de tipo superficial y albergará 3 turbinas Kaplan de eje vertical.

### **Obras de transmisión**

Considera las obras de transmisión en alta tensión eléctrica que se requieren para conectar el PHFC al sistema eléctrico nacional. Para el caso específico del proyecto existe dos posibles opciones de conexión que deben ser evaluadas.

### **Obras varias**

Estas obras se relacionan principalmente con los procesos de obtención de los agregados de construcción para la producción de concretos. Para el caso del PHFC se ha considerado el desarrollo de 2 concesiones mineras de causa de dominio público, éstas sobre el río Reventazón.

Se ha considerado además el desarrollo de al menos 2 sitios de escombrera para acomodar los materiales resultantes de las excavaciones del proyecto.

### 4.3.2 Acta de constitución del proyecto

El Acta de Constitución del proyecto es el documento que autoriza formalmente la existencia del proyecto. Seguidamente se desarrolla el acta para el PHFC.

<b>ACTA DEL PROYECTO</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Nombre de Proyecto</b>	
29 julio 2023	Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff	
<b>Tipo de proyecto:</b>	Predictivo	
<b>Patrocinador del proyecto:</b>	Dirección de planificación y Sostenibilidad	
<b>Áreas de conocimiento / grupos de proceso</b>	<b>Área de aplicación (Sector / Actividad)</b>	
Procesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Control y Cierre.  Áreas de conocimiento: Integración, Alcance, Cronograma, Costos, Calidad, Recursos, Comunicación, Riesgos e Interesados	Infraestructura / Investigación y diseño	
<b>Fecha tentativa de inicio</b>	<b>Fecha tentativa de finalización</b>	<b>Duración (meses)</b>
2 de enero 2024	03 de marzo 2026	26
<b>Objetivos del proyecto (general y específicos)</b>		
<p><b>Objetivo general</b> Desarrollar la factibilidad técnica, ambiental y económica del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, la cual corresponde con la última etapa de la fase de preinversión o Planeamiento en el ICE, para contar con un proyecto viable que pueda ser parte del plan de expansión de la generación del país.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generar la información base para los estudios de factibilidad: topografía, hidrología, meteorología, geología y riesgo sísmico.</li> <li>2. Realizar los diseños hidráulicos, geotécnicos y estructurales de las obras civiles</li> <li>3. Definir y diseñar las características del equipo eléctrico y mecánico</li> <li>4. Definir y diseñar el trazado de la línea de conexión</li> <li>5. Realizar el EIA y gestionar la viabilidad ambiental</li> <li>6. Realizar un análisis de influencia del proyecto en el sistema nacional</li> <li>7. Calcular cantidades de obra y presupuesto</li> <li>8. Generar un cronograma de obras</li> <li>9. Valorar la energía que producirá el proyecto</li> <li>10. Realizar la evaluación económica, social y financiera del proyecto</li> </ol>		

## 11. Definir las fuentes de financiamiento constructivo del proyecto

### Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)

El desarrollo de la factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff (PHFC) pretende establecer la viabilidad del proyecto en las áreas técnicas, ambientales y económicas.

El desarrollo de la factibilidad es la última etapa de la Fase de Preinversión del ICE, y pretende definir si un proyecto logra la aprobación para ser parte del grupo de proyectos seleccionados como parte del Plan de Expansión de la generación, el cual busca adicionar energía al sistema para satisfacer la demanda de la electricidad prevista.

Dada la complejidad de los proyectos de generación eléctrica es necesario disponer de manera anticipada de un portafolio de proyectos viables que garanticen el éxito del Plan.

### Descripción del producto o servicio que generará el proyecto –

#### Entregables finales del proyecto

El producto final del proyecto de factibilidad del PHFC, consiste en un informe detallado de los procesos de investigación, diseños, cálculos de costos, valoraciones y análisis de la viabilidad técnica, ambiental y económica del proyecto. Se entregarán los resultados siguientes.

1. Informe técnico con planos y mapas de los modelos: topográfico y cartográficos de área de proyecto, hidrológico, meteorológico y de sedimentación de la cuenca del proyecto, además del modelo geológico y el estudio de riesgo sísmico.

Informe técnico de caudales de diseño y caudal adaptativo del proyecto.

Informe técnico y planos de las fincas y áreas requeridas por el proyecto.

Informe técnico de las fuentes de materiales del proyecto, volúmenes probados y viabilidad legal,

Informe técnico y planos de la ubicación y diseño de las escombreras del proyecto.

2. Informe técnico y planos de diseños básicos geotécnicos de las excavaciones de la cámara de carga, cámara de regulación y casa de máquinas.

Informe técnico y planos de diseños básicos hidráulicos de la cámara de carga, túnel de conducción, cámara de regulación, tubería de presión y casa de máquinas.

Informe técnico y planos de los diseños básicos estructurales y cálculos de los componentes.

3. Informe técnico y planos de diseño básico de los equipos eléctricos y mecánicos.

4. Informe técnico y planos del diseño básico del trazo de la línea de conexión eléctrica.

5. Estudio de Impacto Ambiental y plan de manejo ambiental.

6. Informe técnico del análisis de la influencia del proyecto en el sistema eléctrico.

7. Informe de presupuesto del proyecto.

8. Cronograma de ejecución del proyecto de factibilidad.

9. Informe técnico de la valoración de la energía que producirá el proyecto.

10. Informe de evaluación económica, social y financiera del proyecto.

11. Informe de las posibles fuentes de financiamiento del proyecto.

### Supuestos

- El desarrollo de la factibilidad del PHFC supone haber cumplido con las etapas de identificación y prefactibilidad de la fase de planeamiento.
- El PHFC establece como supuesto el aprovechamiento de caudal de salida de la Planta Reventazón, lo cuál lo convierte en una extensión de dicho proyecto.
- Para la generación de los estudios de factibilidad del PHFC se supone contar con los recursos financieros y humanos especializados.
- Se supone que existe una clara viabilidad desde el punto de vista legal para desarrollar la factibilidad del PHFC.
- El desarrollo de la factibilidad de PHFC supone la aprobación de la Gerencia de la empresa.

### Restricciones

- Se cuenta con un tiempo limitado para la realización de la etapa de factibilidad, el cual es de 26.5 meses.
- Podrían existir restricciones de acceso a las fincas privadas del área de proyecto.
- Por falta de tiempo pueden haber limitaciones en la cantidad de ensayos de campo a realizar en los sitios de obras.
- Dada la interacción de las áreas de proyecto con las líneas del ferrocarril existen restricciones de uso que deben ser negociadas y que posiblemente resulten en inversiones para el desarrollo de otras obras civiles.
- Los resultados de los análisis del caudal adaptativo o ambiental puede generar restricciones de caudal a utilizar.

### Identificación preliminar de riesgos

- Si no se logra obtener la viabilidad ambiental debido a condiciones de impacto del proyecto no conocidas puede afectar de manera negativa la viabilidad del proyecto o un atraso en su inicio.
- Si no se obtienen las concesiones mineras para producir los agregados del proyecto pueden generarse procesos complejos de adquisiciones de agregados que impactarían el cronograma del proyecto.
- Si no se consigue un adecuado nivel de investigación geológico geotécnica puede que los diseños básicos para las obras subterráneas no cumplan con la calidad óptima y se generen sobrecostos.
- Si el laboratorio de geotécnica no es capaz de cubrir los ensayos de manera eficiente es posible que se generen atrasos en el proyecto.
- Si no se logra obtener los permisos de acceso a las fincas a estudios de manera oportuna puede generarse un atraso muy amplio en la entrega del proyecto.

<b>Recursos y presupuesto generales</b>					
<b>Entregable</b>	<b>Nombre del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentación	Hidrólogo, Meteorólogo, Modelador, Topógrafo	Estudio	1	¢150 000 000	¢150 000 000
Cartografía y topografía	Topógrafo, técnicos, Equipo de levantamiento lidar	Estudio	1	¢65 000 000	¢65 000 000
Estudios de geología y geotecnia	Geólogos, Geotecnistas Cuadrilla perforación, Grupo geofísica Riesgo sísmico Cuadrilla geotecnia	Estudio	1	¢800 000 000	¢800 000 000
Diseño hidráulico y estructural básico	Ing. Hidráulico Ing. Estructural Ing. Geotecnista Ing. Mecánico	Estudio	1	¢150 000 000	¢150 000 000
Diseño básico del equipo electromecánico	Ing. mecánico Ing. eléctrico	Estudio	1	¢100 000 000	¢100 000 000
Diseño básico de la línea conexión	Ing. Eléctrico Ing. Mecánico	Estudio	1	¢60 000 000	¢60 000 000
Estudio de impacto ambiental	Equipo interdisciplinario	Estudio	1	¢175000000	¢175 000 000
Presupuesto y cronograma del proyecto	Equipo de ingeniería construcción	Estudio	1	¢50 000 000	¢50 000 000
Evaluación económica y financiera	Equipo económico	Estudio	1	¢10 000 000	¢10 000 000
<b>TOTAL</b>				<b>¢1 560 000 000</b>	

#### **Cronograma de hitos**

Constituir la fecha de finalización de cada entregable de segundo nivel como hito. Recuerde que un hito es un punto de control que está relacionado con un entregable (aceptación, firma, presentación, entrega oficial, aprobación).

Nombre hito	Fecha Finalización
Inicio del proyecto	02/01/2024
Fin estudios cartográficos y topográficos	16/09/2024
Fin estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentación	29/04/2025
Fin de estudios geológico geotécnicos	28/10/2024
Fin de diseños básicos hidráulicos y estructurales	18/06/2025
Fin diseño equipo electromecánico	07/08/2025
Fin diseño trazado línea conexión	22/09/2025
Fin estudio impacto ambiental	12/05/2025
Fin análisis influencia de proyecto en sistema eléctrico nacional	03/11/2025
Fin de presupuesto y cronograma	28/01/2023
Fin valoración energía que producirá el proyecto	11/02/2026
Fin de evaluación económica y financiera	25/02/2026
Finalización del proyecto	12/03/2026

<b>Información histórica relevante</b>	
<p>El Grupo ICE o Instituto Costarricense de Electricidad es una empresa pública autónoma, encargada por ley, de dar soluciones y servicios de electricidad y telecomunicaciones a todo el país. Fue creado bajo el mandato de aprovechar el recurso hídrico para la electrificación del país, logrando hoy en día una cobertura del 99.4%. Desde su creación, el ICE buscó la forma de generar energía sostenible, en ese momento mediante energía hidroeléctrica. Hoy en día el ICE cuenta con 40 plantas de diferentes tipos de generación, entre ellas hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar, además un sistema firme de transmisión y distribución que cubren de manera eficiente todo el territorio nacional.</p>	
<b>Identificación de grupos de interés (involucrados)</b>	
<p>Involucrados Directos: El patrocinador, hidrólogo, meteorólogo, topógrafo, geólogo, geotecnista, hidráulico, estructural, electromecánico, eléctrico, Ing. Constructor, sociólogo, biólogo, Ing. Ambiental, forestal, Gestor de proyecto, técnicos de perforación, técnicos de geofísica, técnicos de laboratorio geotécnico, técnicos geotécnicos de campo, economista, financista, abogado.</p> <p>Involucrados Indirectos: Secretaría Nacional Ambiental, Dirección de Geología y Minas, Ministerio de Ambiente y Energía, grupos sociales organizados, municipalidad, Registro Nacional, propietarios de fincas,</p>	
<p><b>Nombre del estudiante (director de proyecto): Jorge Bonilla Morales</b></p>	<p><b>Firma:</b></p>
<p><b>Nombre y cargo de la persona que autoriza (facilitador):</b></p>	<p><b>Firma:</b></p>

### **4.3.3 Identificación de los Interesados**

Con la identificación de los interesados del PHFC se busca documentar intereses, participación, influencia y otros elementos que ayudarán a definir el enfoque del involucramiento de los interesados.

En la Figura 34 se presenta una lista detallada con los interesados identificados y su respectivo rol, en donde además se ha clasificados como internos al ICE y externos del ICE. Para simplificar la referencia de cada interesado se ha establecido también un identificador numérico.



Figura 34

## Registro de interesados

N°	TIPO	INTERESADO	ROL
1	INTERNO	Gestor de proyecto	Responsable gestión y dirección del proyecto / Profesional técnico del Nivel 1 Ingeniería
2		Dirección Planificación y Sostenibilidad	Cliente y Patrocinador / Responsable de la Planificación eléctrica
3		Director Gestión de Servicios no Regulados	Apoyo en la gestión alto nivel / Responsable de la dirección de SNR
4		Coordinador de Ingeniería	Apoyo técnico alto nivel / Responsable de Ingeniería
5		Coordinador de Construcción	Apoyo técnico alto nivel / Responsable de Construcción
6		Hidrólogos	Responsables de los estudios y modelos hidrológicos / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
7		Meteorólogo	Encargado de los modelos meteorológicos de la cuenca / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
8		Laboratorio químico	Responsable de ensayos químicos de agua y sedimentos del proyecto y la Gerencia Electricidad
9		Laboratorio geotécnico geológico	Responsable de ensayos geotécnicos, petrográficos y de rayos x del proyecto y la Gerencia Electricidad
10		Topógrafo	Responsable de desarrollar el modelo topográfico del proyecto / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
11		Cuadrilla topografía lidar	Encargados de realizar los levantamientos de topográficos de campo del proyecto y de los proyectos de SNR
12		Geólogos	Responsable de las investigaciones y modelos geológico del proyecto / Geólogo del Nivel 1 Ingeniería
13		Geólogos geofísicos	Desarrollan los ensayos y modelos geofísicos de los sitios de obra / Geólogos del Nivel 1 Ingeniería
14		Ings. Geotecnistas	Responsables de los modelos y diseños geotécnicos / Ingenieros del Nivel 1 Ingeniería
15		Ing. Sísmico	Encargado de los estudios de riesgo sísmico y definición de parámetros sísmicos de diseño / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
16		Cuadrilla de perforación	Grupo encargado de la realización de perforaciones de investigación del proyecto y SNR
17		Cuadrilla de geofísica	Grupo encargado de la realización de los ensayos geofísicos del proyecto y otros proyectos de SNR
18		Ing. Hidráulicos	Responsables de los modelos y diseños hidráulicos básicos / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
19		Ing. Estructural	Responsables de los modelos y diseños estructurales básicos / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
20		Ing. mecánico	Responsable de la definición y diseños de equipos electromecánicos / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
21		Ings. Eléctricos	Responsable de la definición y diseños de equipos electromecánicos, y diseños de líneas eléctricas / Ingeniero del Nivel 1 Ingeniería
22		Ings. Constructores	Responsables de definiciones de logísticas y cálculos de costos y presupuestación / Ingenieros Nivel 1 Ingeniería
23		Dibujantes y modeladores	Equipo encargado de generar modelos y planos de diseño / Dibujantes de SNR
24	Equipo Ambiental (sociólogo, biólogo, ing. Ambiental, forestal, geólogos, ing.civil, geógrafo)	Equipo responsable de desarrollar el estudio de impacto ambiental, definir la viabilidad y gestionar los respectivos permisos ante SETENA	
25	Abogado	Responsable de dar apoyo técnico legal en las diferentes áreas de la factibilidad / Abogado de Gerencia General	
26	Financista Economista	Responsables de analizar el rendimiento y viabilidad económica del proyecto / Profesional de Planificación y Sostenibilidad	
27	EXTERNO	Ministerio de Ambiente y Energía	Regulador y fiscalizador de actividades asociadas con el ambiente y la energía
28		Dirección de Geología y Minas	Ente regulador de los procesos y actividades mineras
29		Secretaría Técnica Nacional Ambiental	Ente regulador y fiscalizador de los permisos y viabilidades ambientales para el desarrollo de actividades
30		Registro Nacional	Registra, inscribe y custodia la información de bienes, derechos inscritos o procesos de inscripción
31		Instituto de Desarrollo Rural	Lidera el desarrollo de comunidades rurales, ejecuta políticas de desarrollo rural, mejora las condiciones de vida de la población considerando lo social, económico, ambiental, cultural e infraestructura
32		Grupos comunales organizados	Grupos organizados con diferentes objetivos que buscan un bien comunal
33		Municipalidades	Ente de gobierno a nivel cantonal
34		Propietarios de fincas	Dueños de fincas dentro de las cuales existe una influencia directa del proyecto
35		Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento	Entidad encargada de la gestión hídrica y la articulación con otras instituciones del sector agropecuario y ambiente

*Nota:* Registro de los interesados internos del ICE y externos del ICE y un detalle de sus roles y un identificador numérico. Generación propia.

Buscando tener una mejor claridad de los interesados y una gestión eficiente de los mismos se ha realizado un análisis de la posición, poder, interés, actitud, influencia, importancia e impacto potencial.

La posición se refiere a la visión que el interesado tiene respecto al proyecto, el cual puede ser a favor (+) o en contra (-). El poder tiene relación con la capacidad de cada interesado de no

afectar al proyecto: (1-Bajo), influenciar (2), modificar (3-Medio), atrasar (4), o detener (5-Alto).

El Interés de cada interesado por el proyecto se califica de 1 a 5 en donde 1 es nada de interés, 2 un poco de interés, 3 interés medio, 4 mucho interés y 5 muchísimo interés. Otro de los elementos de análisis es la actitud general de los interesados hacia el proyecto, el cual es calificado de la siguiente forma: 1 actitud muy positiva, 2 actitud positiva. 3 actitud neutral, 4 actitud negativa y 5 actitud muy negativa. El nivel de influencia de cada interesado también es objeto de análisis; alta, media y baja. La importancia de cada interesado para el proyecto es analizado empleando la valoración de alta, media o baja. Finalmente se analizará el nivel de impacto potencial de cada interesado sobre el proyecto empleando la escala de positivo, negativo, desconocido e incierto.

El análisis se realizó mediante una matriz de calificaciones el cual se presenta en la Figura 35, y que además puede resumirse en la gráfica de la figura 36.

Figura 35

## Análisis de los interesados

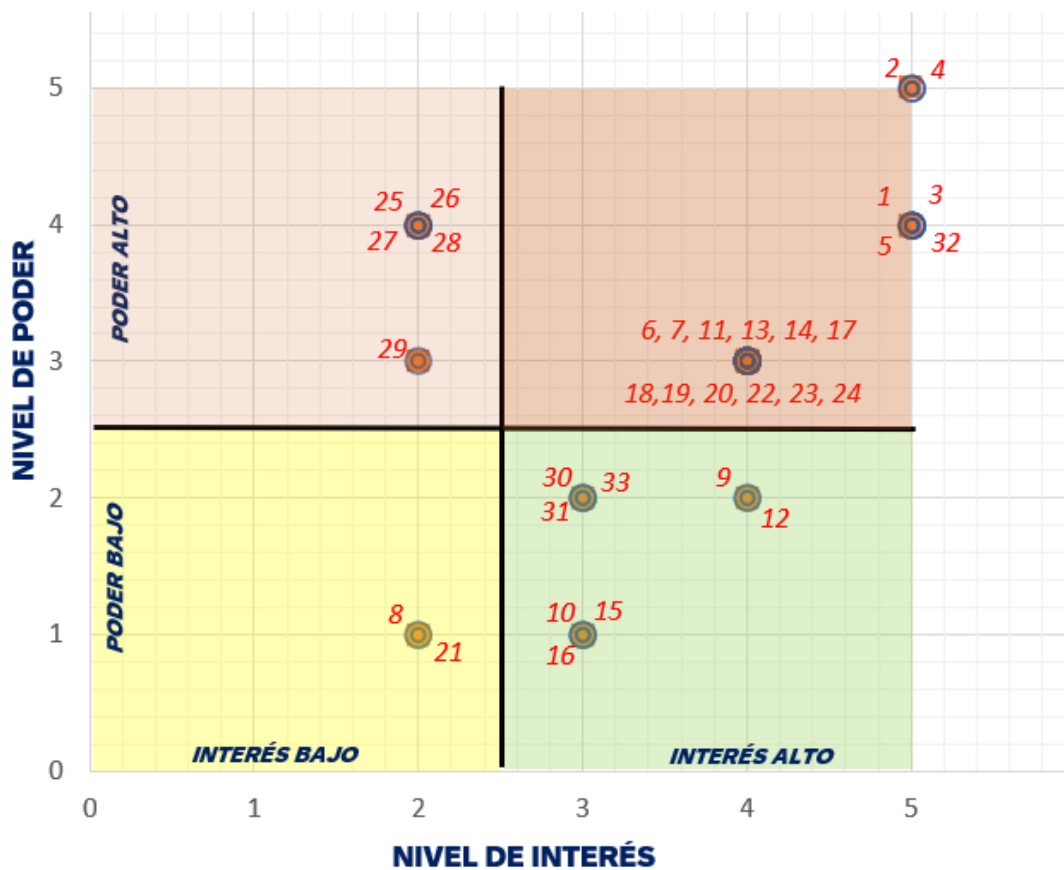
Interesados		Posición	Poder	Interés	Actitud General	Influencia	Importancia	Impacto Potencial
Descripción		+ A favor	1 - Bajo: No afecta en nada	1 - Nada	1 - Muy positiva	Alta	Alta	Positivo
		- En contra	2 - Tiene alguna relación de influencia	2 - Un poco	2 - Positiva	Media	Media	Negativo
			3 - Medio: Puede modificar algunos aspectos	3 - Medio	3 - Neutral	Baja	Baja	Desconocido
			4 - Puede atrasar	4 - Mucho	4 - Negativa			Incierto
			5 - Alto: Puede detener o cancelar	5 - Muchísimo	5 - Muy Negativa			
1	Gestor de proyecto	+	4	5	1	Alta	Alta	Positivo
2	Cliente/Patrocinador: Dirección Planificación y Sostenibilidad	+	5	5	1	Alta	Alta	Positivo
3	Director Gestión de Servicios no Regulados	+	4	5	1	Alta	Media	Positivo
4	Coordinador de Ingeniería	+	5	5	1	Alta	Media	Positivo
5	Coordinador de Construcción	+	4	5	2	Media	Media	Positivo
6	Hidrólogos	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
7	Meteorólogo	+	3	4	2	Baja	Alta	Positivo
8	Laboratorio químico	+	1	2	3	Baja	Media	Positivo
9	Topógrafo	+	2	4	2	Baja	Alta	Positivo
10	Cuadrilla topografía lidar	+	1	3	2	Baja	Media	Positivo
11	Geólogo	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
12	Geólogos geofísicos	+	2	4	2	Baja	Alta	Positivo
13	Ings. Geotecnistas	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
14	Ing. Sísmico	+	3	4	2	Baja	Alta	Positivo
15	Cuadrilla de perforación	+	1	3	3	Baja	Media	Positivo
16	Cuadrilla de geofísica	+	1	3	3	Baja	Media	Positivo
17	Ing. Hidráulicos	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
18	Ing. Estructural	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
19	Ing. mecánico	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
20	Ings. Eléctricos	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
21	Dibujantes y modeladores	+	1	2	2	Baja	Media	Positivo
22	Equipo Ambiental (sociólogo,	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
23	Abogado	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
24	Financista Economista	+	3	4	2	Media	Alta	Positivo
25	Ministerio de Ambiente y Energía	+	4	2	3	Baja	Baja	Desconocido
26	Dirección de Geología y Minas	+	4	2	3	Baja	Baja	Desconocido
27	Secretaría Técnica Nacional	+	4	2	3	Baja	Baja	Desconocido
28	Registro Nacional	+	4	2	3	Baja	Baja	Desconocido
29	Instituto de Desarrollo Rural	+	3	2	3	Baja	Baja	Desconocido
30	Grupos comunales organizados	+	2	3	4	Media	Media	Negativo
31	Municipalidades	+	2	3	3	Media	Media	Negativo
32	Propietarios de fincas	-	4	5	4	Alta	Alta	Negativo
33	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento	+	2	3	3	Baja	Baja	Desconocido

Nota: Análisis de interesados del proyecto empleando varios calificativos de clasificación.

Generación propia.

Figura 36

Gráfico de análisis de niveles de Poder vs Interés de los involucrados



*Nota:* El gráfico permite comparar y clasificar a los interesados dejando en claro cuáles son los interesados con *poder alto e interés alto*, los cuales deben ser gestionados de forma especial.

El gráfico presenta además en color rojo el número de identificación de los interesados.

Generación propia.

Del gráfico de la Figura 36 se identifican como interesados con poder e interés altos al cliente, a los directores y coordinadores de áreas técnicas, así como también a los profesionales encargados de los estudios técnicos de la factibilidad. Las instituciones públicas son también interesados con poder alto pero poco interés. Todos estos interesados merecen una gestión especial en cuanto a mantenerlos informados e involucrarlos en tomas de decisiones, seguimientos y coordinaciones regulares.

#### **4.4 Procesos de planificación del proyecto**

##### **4.4.1 Planificar la gestión del alcance**

La gestión del alcance de la Factibilidad del PHFC considera como entrada el acta de constitución del proyecto, desarrollado en la sección 4.3.1.

Se considera también los elementos incluidos en el Plan para la dirección del Proyecto en donde se incluyen los siguientes elementos:

- **Plan de gestión de la calidad:** Se incluye en este plan la política de calidad de la empresa, sus metodologías y estándares de la organización.
- **Descripción del Ciclo de vida del Proyecto:** En las secciones 3.1.6 se detalla las fases de los tipos de proyecto, para el caso de la factibilidad del PHFC, corresponde con la fase de Planeación del proyecto. Los detalles específicos del ciclo de vida se especifican en la sección 4.2.1
- **Enfoque de desarrollo:** Para el caso de la factibilidad del PHFC se ha definido un enfoque de desarrollo en cascada o predictivo. Detalles de la descripción de este tipo de proyecto se ha desarrollado en la sección 3.1.3.

Los factores ambientales de la empresa han sido considerados en la planificación del alcance sobre todo al contemplar la amplia experiencia institucional en el tema de proyectos hidroeléctricos y el uso del personal experto con que se cuenta.

Para el establecimiento del alcance se empleará como herramienta el juicio de experto del personal de la institución, los cuales cuentan con experiencia en proyectos anteriores. Se cuenta además con información y datos de proyectos anteriores.

La definición del alcance será un trabajo conjunto que generará resultados a través de reuniones con los involucrados, incluyendo al cliente, que en este caso corresponde con la Dirección de Planificación.

#### **4.4.2 Recopilación de Requisitos**

El proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para alcanzar los objetivos de la factibilidad del PHFC será básico para definir el alcance. A partir del acta de proyecto, la información que constituye el plan de dirección y los documentos desarrollados en las fases de prefactibilidad, se planteará la recopilación de información.

La recopilación de requisitos se deberá realizar utilizando el juicio de expertos, entrevistas con involucrados en la etapa de prefactibilidad, análisis de datos existentes, diagramaciones y decisiones autocráticas.

Dentro de los alcances será necesario establecer claramente los requisitos del proyecto al igual de los requisitos de los diferentes productos que se deben entregar.

Los objetivos planteados en el acta de proyecto representan los requisitos a un alto nivel. El cumplimiento o logro de los objetivos buscan tener claridad en que el desarrollo del proyecto FC puede realizarse. Para ello es necesario cumplir los requisitos de tipo ambiental, de tipo técnico ingenieriles y de tipo económico.

#### 4.4.3 Definición del Alcance y Estructura de Desglose del Trabajo, EDT

La definición del alcance incluye la descripción detallada del proyecto y el producto, desde este punto de vista se ha definido la siguiente declaración del alcance del proyecto:

Desarrollar la factibilidad técnica, ambiental y económica del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff, para cumplir con la última etapa de la fase de preinversión o planeamiento, y de esta manera, contar con un proyecto que respalde el portafolio de proyectos a considerar en el Plan de Expansión de la Generación del país.

Para cumplir este alcance será necesario:

- Generar un estudio de punto de conexión eléctrica del proyecto
- Realizar un análisis de influencia del proyecto en el sistema nacional
- Generar la información base para los estudios de factibilidad: topografía, hidrología, meteorología, geología y riesgo sísmico.
- Realizar los diseños básicos hidráulicos, geotécnicos y estructurales de las obras civiles
- Definir y diseñar las características del equipo eléctrico y mecánico
- Realizar el diseño del trazo de la línea de conexión
- Realizar el EIA y gestionar la viabilidad ambiental
- Calcular cantidades de obra y presupuesto
- Generar un cronograma de obras
- Valorar la energía que producirá el proyecto
- Realizar la evaluación económica, social y financiera del proyecto
- Definir las fuentes de financiamiento constructivo del proyecto

Una vez establecida la declaración del alcance se creará la EDT o WBS, la cual subdivide los entregables del proyecto en componentes más pequeñas. Para el desarrollo de la EDT se emplearán las herramientas de juicio de experto y de descomposición.

En la Figura 37 se presenta el desarrollo de la EDT del proyecto de factibilidad.

Figura 37

Estructura de Desglose del Trabajo de la Factibilidad del PHFC

<b>1 EDT DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO FOURTH CLIFF</b>	
<b>1.1</b>	<b>Inicio</b>
	1.1.1 Preparar documentación para gerencia
	1.1.2 Presentación proyecto a gerencia
	1.1.3 Obtención aprobaciones de gerencia
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>
	1.2.1 Coordinaciones generales con involucrados
	1.2.2 Coordinaciones con grupo contable y oficina proyectos
	1.2.3 Inicio actividades técnicas
<b>1.3</b>	<b>Análisis influencia proyecto en el Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.</b>
	1.3.1 Recopilar datos base
	1.3.2 Procesamiento y análisis
	1.3.3 Informe final y recomendaciones
<b>1.4</b>	<b>Estudio de Punto de Conexión</b>
	1.4.1 Recopilación información técnica
	1.4.1 Corrida de modelos y análisis
	1.4.1 Informe técnico y recomendaciones
<b>1.5</b>	<b>Modelo de Cartografía y topografía del proyecto y la cuenca</b>
	1.5.1 Generación de topografía base y Cartografía
	1.5.2 Levantamientos topográficos de detalle de sitios de implantación de las obras del proyecto.
	1.5.3 Ubicación de campamentos, servicios básicos, escombreras y fuentes de materiales.
	1.5.4 Estudios registrales de propiedades del área de proyecto
	1.5.5 Gestión de permisos de acceso a fincas
	1.5.6 Modelos topográficos y cartográficos
	1.5.7 Entrega de modelos topográficos
<b>1.6</b>	<b>Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentos.</b>
	1.6.1 Características de la cuenca de drenaje en base a información recolectada en campo.
	1.6.2 Registros de campañas de aforos líquidos y sólidos.
	1.6.3 Métodos de cálculo a utilizar.
	1.6.4 Volumen útil.
	1.6.5 Curva de duración.
	1.6.6 Caudal medio, máximo, mínimo
	1.6.7 Caudal ecológico
	1.6.8 Caudal de diseño.
	1.6.9 Estimación de Sedimentos generados por la cuenca de drenaje.
	1.6.10 Análisis físico y químico del agua y de los sedimentos.
	1.6.11 Cuadros y tablas de registros y cálculos.
	1.6.12 Infomes técnicos
	1.6.13 Entrega de informes hidrológicos y meteorológicos



## **1.7 Estudios Geológicos, Sísmicos, Geotécnicos Generales**

- 1.7.1 *Estudios geológicos regionales: Unidades geológicas, tectónica regional, vulcanología, geomorfología,*
- 1.7.2 *Estudio de fuentes de materiales: ubicación, determinación de reserva probadas, calidad de material, método explotación, limitaciones legales*
- 1.7.3 *Estudio de Sitios de Escombreras: Ubicación de sitios, accesos, área útil,*
- 1.7.4 *Estudio de riesgo sísmico*

## **1.8 Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de carga**

### **1.8.1 Estudios Geológico Geotécnicos**

- 1.8.1.1 Estudios geológicos de superficie
- 1.8.1.2 Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,
- 1.8.1.3 Realización de sondeos: 1 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía
- 1.8.1.4 Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos
- 1.8.1.5 Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica
- 1.8.1.6 Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.
- 1.8.1.7 Diseños geotécnicos de excavación: estabilizaciones, cimentaciones, drenajes
- 1.8.1.8 Propuesta de instrumentación de la obra
- 1.8.1.9 Generación de planos de excavación y tratamientos de estabilización

### **1.8.2 Diseño hidráulico básico**

- 1.8.2.1 Realizar modelado físico en laboratorio hidráulico del posible modelo de precámara y cámara de carga.
- 1.8.2.2 Optimizar la distribución en planta y el tamaño de la cámara de carga (propósito: reducir volumen de excavación)
- 1.8.2.3 Identificar los componentes de la cámara de carga sujetos a diseño.
- 1.8.2.4 Identificar las premisas de diseño de la cámara del PHFC.
- 1.8.2.5 Identificar los criterios de diseño de la cámara de carga
- 1.8.2.6 Diseñar los componentes de la cámara de carga utilizando criterios de diseño de nivel internacional: canal descarga quebrada cercana, dissipador energía, vertedero de excedencias, pozo de carga, toma de aguas.
- 1.8.2.7 Descripción de la cámara de carga
- 1.8.2.8 Identificar los elementos de la obra sujetos a análisis, revisión u optimización
- 1.8.2.9 Elaborar un juego de planos hidráulicos de la cámara de carga

### **1.8.3 Diseño estructural básico**

- 1.8.3.1 Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación
- 1.8.3.2 Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales
- 1.8.3.3 Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.
- 1.8.3.4 Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo
- 1.8.3.5 Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)

## **1.9 Estudios técnicos y diseño básico del túnel de conducción**

### **1.9.1 Estudios Geológico Geotécnicos del túnel**

- 1.9.1.1 Estudios geológicos de superficie
- 1.9.1.2 Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,
- 1.9.1.3 Realización de sondeos: 6 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía
- 1.9.1.4 Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos
- 1.9.1.5 Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica
- 1.9.1.6 Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.
- 1.9.1.7 Diseños geotécnicos de excavación: Definición de comportamiento, definición de sostenimiento temporal, tratamientos especiales, inyecciones al avance, drenajes.

### **1.9.2 Diseño hidráulico básico del túnel**

- 1.9.2.1 Trazado horizontal y vertical del túnel
- 1.9.2.2 Definición del diámetro interno y características hidráulicas
- 1.9.2.3 Operación del túnel
- 1.9.2.4 Definición y diseño de una ventana de acceso
- 1.9.2.5 Generación de planos básicos

### **1.9.3 Diseño estructural básico del túnel**

- 1.9.3.1 Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación
- 1.9.3.2 Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales
- 1.9.3.3 Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.
- 1.9.3.4 Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo
- 1.9.3.5 Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)

## **1.10 Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de regulación**

### **1.10.1 Estudios Geológico Geotécnicos de la CR**

- 1.10.1.1 Estudios geológicos de superficie
- 1.10.1.2 Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,
- 1.10.1.3 Realización de sondeos: 1 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía
- 1.10.1.4 Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos
- 1.10.1.5 Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica
- 1.10.1.6 Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.
- 1.10.1.7 Diseños geotécnicos de excavación de pozo y reservorio: sostenibilidad, impermeabilización, subdrenajes

### **1.10.2 Diseño hidráulico básico de la CR**

- 1.10.2.1 Definición del volumen de la CR
- 1.10.2.2 Diseño del reservorio, túnel de conexión, sistema de excedencias
- 1.10.2.3 Operación de la CR
- 1.10.2.4 Generación de planos

### **1.10.3 Diseño estructural básico de la CR**

- 1.10.3.1 Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación
- 1.10.3.2 Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales
- 1.10.3.3 Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.
- 1.10.3.4 Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo
- 1.10.3.5 Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)

## **1.11 Estudios técnicos y diseño básico del trifurcador, casa de máquinas y restitución**

### **1.11.1 Estudios Geológico Geotécnicos del sitio**

- 1.11.1.1 Estudios geológicos de superficie
- 1.11.1.2 Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,
- 1.11.1.3 Realización de sondeos: 1 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía
- 1.11.1.4 Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos
- 1.11.1.5 Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica
- 1.11.1.6 Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.
- 1.11.1.7 Diseños geotécnicos de excavación: sostenibilidad, impermeabilización, drenajes

### **1.11.2 Diseño hidráulico básico de las obras**

1.11.2.1 Diseño hidráulico del trifurcador: Dimensionamientos

1.11.2.2 Diseño hidráulico básico de la casa de máquinas

1.11.2.3 Diseño hidráulico de la restitución

1.11.2.4 Generación de planos básicos

### **1.11.3 Diseño estructural básico de las obras**

1.11.3.1 Diseño estructural del trifurcador: Premisas de diseño, materiales, estabilidad, refuerzos, planos básicos

1.11.3.2 Diseño estructural de la casa de máquinas: Premisas de diseño, materiales, estabilidad, refuerzos, planos básicos

1.11.3.3 Diseños estructurales de la restitución: Premisas de diseño, materiales, estabilidad, refuerzos, planos básicos

### **1.11.4 Definición, diseño equipo eléctrico y mecánico**

1.11.4.1 Selección del tipo de turbina: altura de diseño, velocidad de rotación y específica, eficiencia, potencia, dimensiones y características de la turbina, control de la calidad, número de unidades, pruebas y operación definitiva.

1.11.4.2 Grupo generador: potencia nominal, rotor, regulador de velocidad y tensión, sistema de refrigeración y lubricación, sistema de arranque.

1.11.4.3 Grupo transformador: número de fases, voltaje, eficiencia, forma, características, núcleo, bobinas, disposición, sistemas de aislamiento, relés, tablero de control.

1.11.4.4 Planos de diseños básicos del equipamiento eléctrico y subestaciones

1.11.4.5 Planos de diseño básicos del equipamiento hidromecánico y mecánico

## **1.12 Trazado y diseño de la línea de conexión asociada.**

1.12.1 *Línea de conexión asociada: trazado, longitud, voltaje, capacidad, tipo y calibre del conductor, número de circuitos, tipo y número de torres, conductores de guarda.*

1.12.2 *Subestaciones: tipo, voltaje nominal, corriente nominal, número de posiciones, velocidad de apertura.*

1.12.3 *Planos de Trazado de la línea de conexión*

## **1.13 Estudio de Impacto Ambiental Definitivo y Plan de Manejo Ambiental.**

1.13.1 *Formulario de Presentación del D1*

1.13.2 *Instrumento de Evaluación de Impacto Ambiental (IEIA) (por ley: EsIA)*

1.13.2.1 Instrumento de Evaluación de Impacto Ambiental (EsIA)

1.13.2.2 Requisitos técnicos complementarios:

1.13.3 *Requisitos legales (artículo 11 del Decreto Ejecutivo No. 43898)*

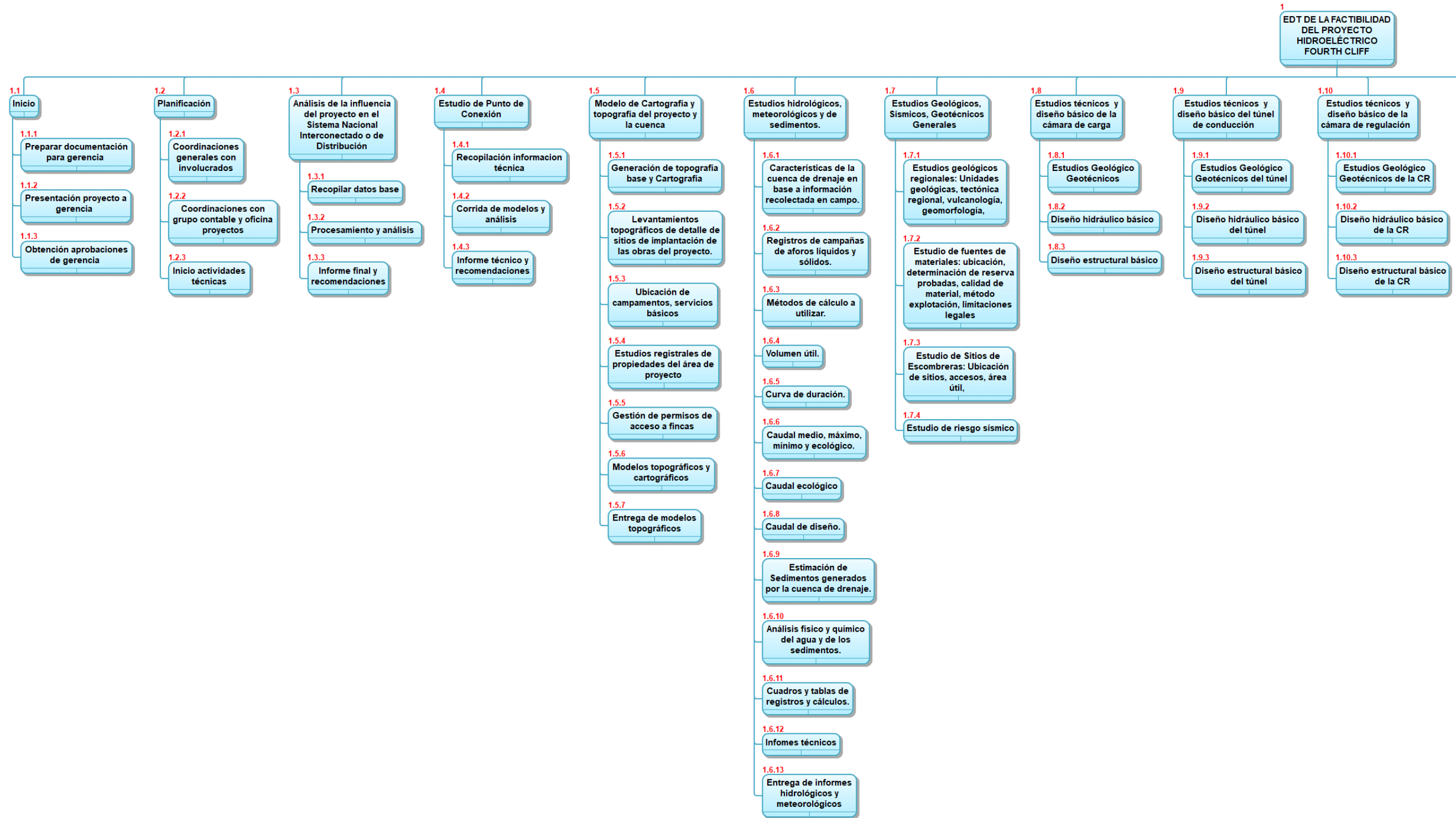
<b>1.14</b>	<b>Cálculo de cantidades de obra, precios unitarios actualizados y presupuesto del proyecto.</b>
	<i>1.14.1 Análisis de precios unitarios actualizados.</i>
	<i>1.14.2 Volúmenes de obra de cada componente.</i>
	<i>1.14.3 Presupuesto total del proyecto.</i>
	<i>1.14.4 Cronograma valorado de ejecución.</i>
	<i>1.14.5 Flujo de caja.</i>
<b>1.15</b>	<b>Cronograma valorado de ejecución del proyecto.</b>
	<i>1.15.1 Detallado de las actividades de ejecución</i>
	<i>1.15.2 Definición de tiempos de ejecución y secuenciación</i>
	<i>1.15.3 Definición de costos y presupuesto general</i>
<b>1.16</b>	<b>Valoración de la energía firme, media y secundaria que producirá el proyecto.</b>
	<i>1.16.1 Datos base del estudio</i>
	<i>1.16.2 Análisis de datos y resultados</i>
	<i>1.16.3 Informe de resultados, recomendaciones</i>
<b>1.17</b>	<b>Evaluación económica, social y financiera del proyecto.</b>
	<i>1.17.1 Recopilar información base</i>
	<i>1.17.2 Analizar y evaluar los datos</i>
	<i>1.17.3 Informe de resultados y recomendaciones</i>
<b>1.18</b>	<b>Fuentes de financiamiento para la construcción del proyecto.</b>
	<i>1.18.1 Recopilación de información</i>
	<i>1.18.2 Análisis y evaluación de opciones</i>
	<i>1.18.3 Informe final y recomendaciones</i>
<b>1.19</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.</b>

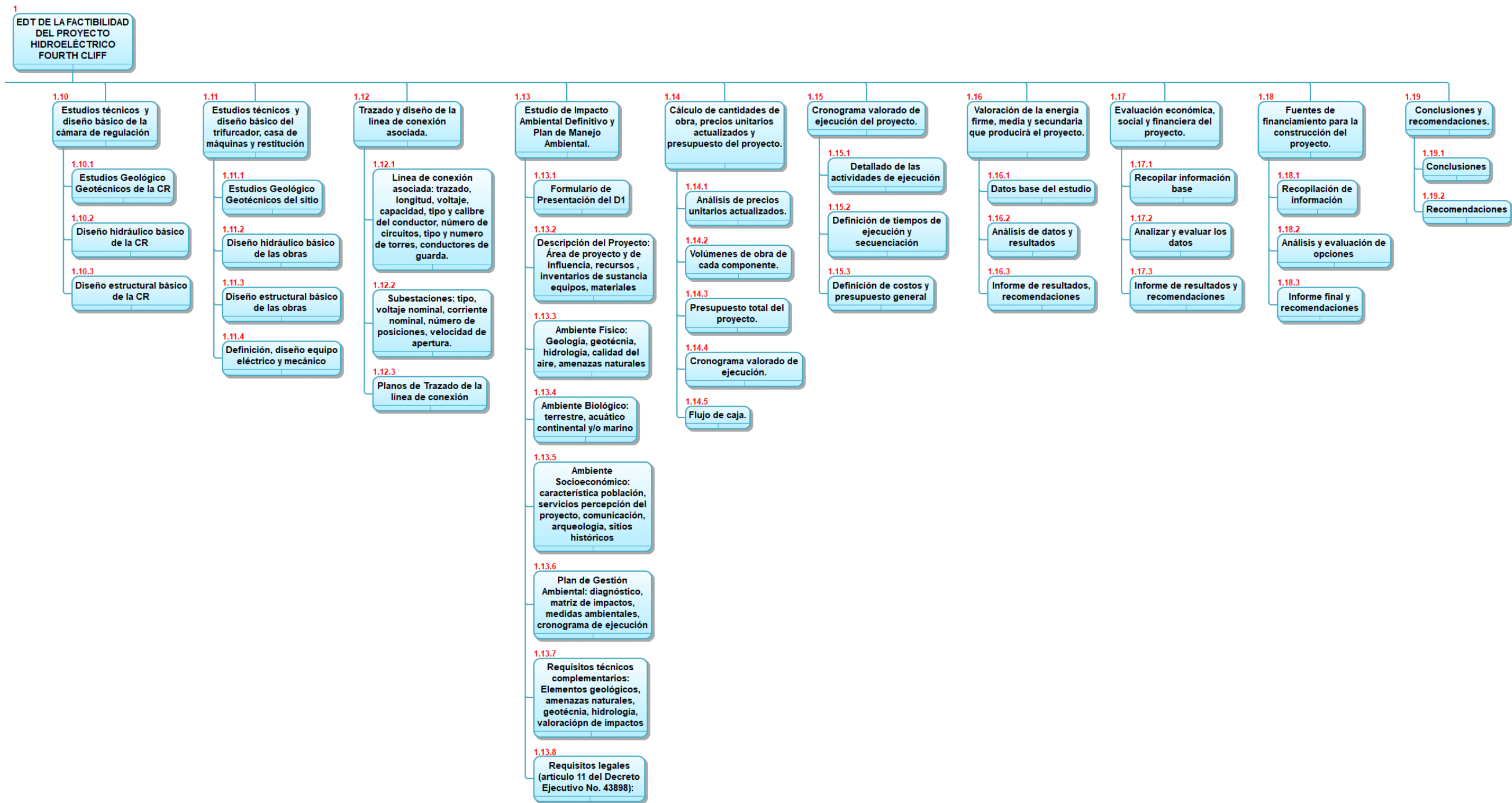
*Nota:* La matriz de la figura 37 detalla la descomposición de las actividades del proyecto

La EDT del proyecto puede también ser representada en forma diagramática, la Figura 38 muestra dicho diagrama.

Figura 38

Diagrama de la estructura de desglose del trabajo EDT





Nota: La figura muestra el detalle del desglose del trabajo con sus respectivos identificadores numéricos de forma diagramática hasta un segundo nivel. Generación propia

La creación de la EDT debe ser realizada por el equipo de proyecto, una eficiente descomposición del trabajo será relevante para lograr los objetivos. Para el caso específico de la EDT de la factibilidad del PHFC, se han creado 17 paquetes de trabajo. Los paquetes de trabajo más complejos han sido desglosados o detallados hasta un tercer nivel de entregables.

#### **4.4.4 El Cronograma del proyecto**

El establecimiento de las actividades para lograr realizar los entregables son parte de la creación del cronograma del proyecto. Mediante esta herramienta se podrá estimar, programar, ejecutar, monitorear y controlar el trabajo del proyecto.

Una vez establecidas las actividades se debe definir su secuenciación y relación, esto permitirá maximizar la eficiencia de los procesos, siempre considerando las restricciones del proyecto. Dichas restricciones pueden estar relacionadas con periodos de tiempo o cantidades y tipos de recursos.

La estimación de las duraciones de las actividades se establecerá con el apoyo del equipo técnico del trabajo del proyecto, y con algunos de los departamentos.

De acuerdo con las estimaciones de tiempos, el establecimiento de calendarios y las consideraciones de involucrados, se tiene entonces que para desarrollar la factibilidad del PHFC se requieren cuarenta y tres meses de trabajo.

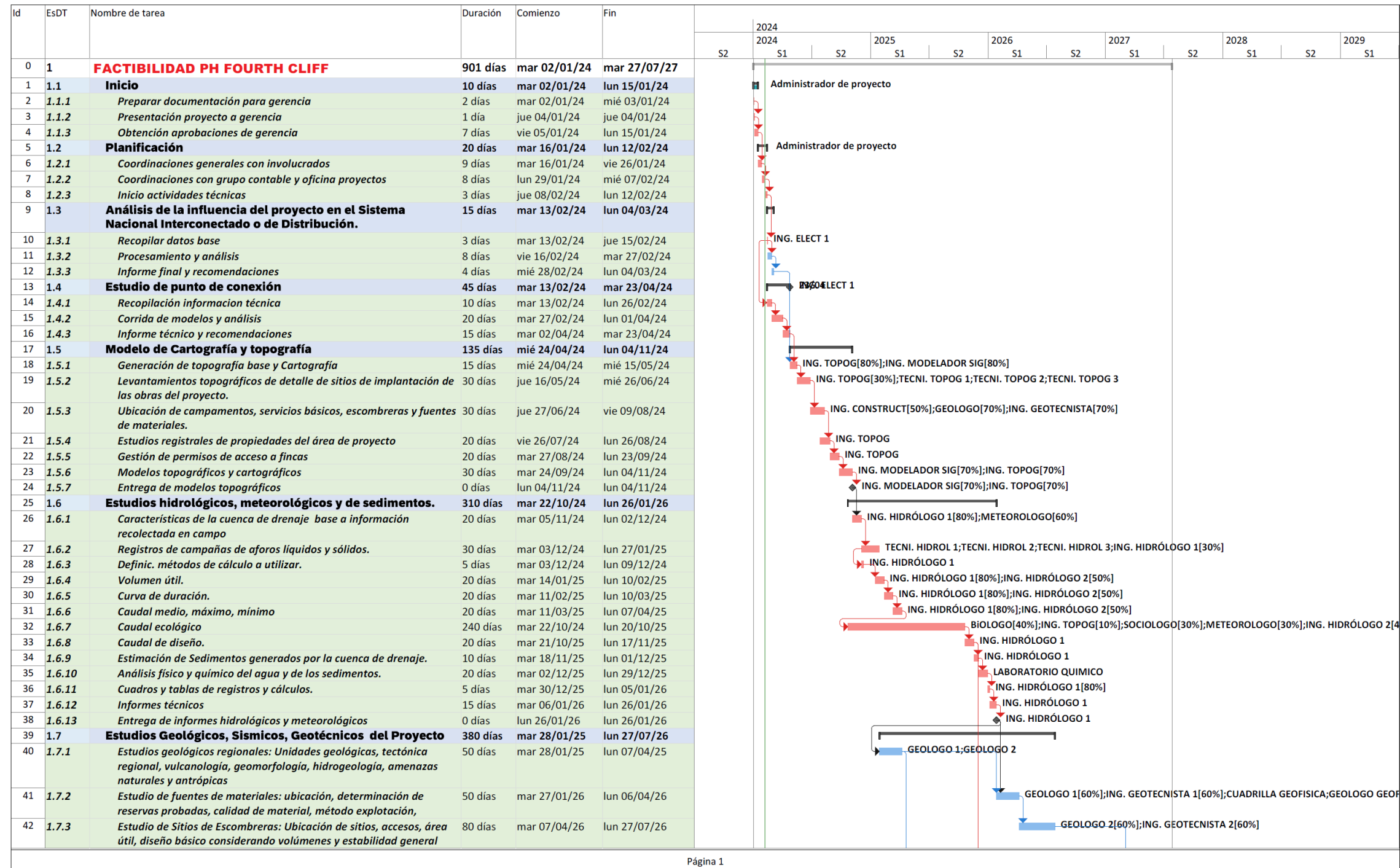
El cronograma de la factibilidad del PHFC está constituido por 15 actividades, las cuales han sido detalladas en sus tareas, secuenciación y duración.

La Figura 39 muestra el detalle del cronograma del PHFC, elaborado mediante la herramienta Microsoft Project, el cual es un software de administración de proyectos.



Figura 39

Cronograma de la Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Fourth Cliff



Id	EsDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2024																	
						S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1						
43	1.7.4	<b>Estudio de riesgo sísmico</b>	50 días	mar 08/04/25	mié 25/06/25																		
44	1.8	<b>Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de carga</b>	235 días	jue 12/06/25	lun 11/05/26																		
45	1.8.1	<b>Estudios Geológico Geotécnicos</b>	90 días	jue 12/06/25	lun 20/10/25																		
46	1.8.1.1	Estudios geológicos de superficie	10 días	jue 12/06/25	mié 25/06/25																		
47	1.8.1.2	Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,	20 días	jue 26/06/25	mié 23/07/25																		
48	1.8.1.3	Realización de sondeos: 1 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía	10 días	jue 24/07/25	jue 07/08/25																		
49	1.8.1.4	Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos	5 días	vie 08/08/25	jue 14/08/25																		
50	1.8.1.5	Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica	10 días	lun 18/08/25	vie 29/08/25																		
51	1.8.1.6	Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.	10 días	lun 01/09/25	vie 12/09/25																		
52	1.8.1.7	Diseños geotécnicos de excavación: estabilizaciones, cimentaciones, drenajes	10 días	mar 16/09/25	lun 29/09/25																		
53	1.8.1.8	Popuesta de instrumentación de la obra	10 días	mar 30/09/25	lun 13/10/25																		
54	1.8.1.9	Generación de planos de excavación y tratamientos de estabilización	5 días	mar 14/10/25	lun 20/10/25																		
55	1.8.2	<b>Diseño hidráulico básico</b>	95 días	mar 18/11/25	lun 30/03/26																		
56	1.8.2.1	Realizar modelado físico en laboratorio hidráulico del posible modelo de precámara y cámara de carga.	40 días	mar 18/11/25	lun 12/01/26																		
57	1.8.2.2	Optimizar la distribución en planta y el tamaño de la cámara de carga (propósito: reducir volumen de excavación)	10 días	mar 13/01/26	lun 26/01/26																		
58	1.8.2.3	Identificar los componentes de la cámara de carga sujetos a diseño.	5 días	mar 27/01/26	lun 02/02/26																		
59	1.8.2.4	Identificar las premisas de diseño de la cámara del PHFC. Identificar los criterios de diseño de la cámara de carga	5 días	mar 03/02/26	lun 09/02/26																		
60	1.8.2.5	Identificar los criterios de diseño de la cámara de carga	5 días	mar 10/02/26	lun 16/02/26																		
61	1.8.2.6	Diseño de los componentes de la cámara de carga utilizando criterios de diseño de nivel internacional: canal descarga quebrada cercana, disipador energía, vertedero de excedencias, pozo de	15 días	mar 17/02/26	lun 09/03/26																		
62	1.8.2.7	Descripción de la cámara de carga	5 días	mar 10/03/26	lun 16/03/26																		
63	1.8.2.8	Identificar los elementos de la obra sujetos a análisis, revisión u optimización	5 días	mar 17/03/26	lun 23/03/26																		
64	1.8.2.9	Elaborar un juego de planos hidráulicos de la cámara de carga	5 días	mar 24/03/26	lun 30/03/26																		
65	1.8.3	<b>Diseño estructural básico</b>	30 días	mar 31/03/26	lun 11/05/26																		
66	1.8.3.1	Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación	5 días	mar 31/03/26	lun 06/04/26																		
67	1.8.3.2	Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales	5 días	mar 07/04/26	lun 13/04/26																		
68	1.8.3.3	Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.	10 días	mar 14/04/26	lun 27/04/26																		
69	1.8.3.4	Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo	5 días	mar 28/04/26	lun 04/05/26																		
70	1.8.3.5	Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)	5 días	mar 05/05/26	lun 11/05/26																		
71	1.9	<b>Estudios técnicos y diseño básico del túnel de conducción</b>	230 días	jue 26/06/25	lun 18/05/26																		
72	1.9.1	<b>Estudios Geológico Geotécnicos del túnel</b>	215 días	jue 26/06/25	lun 27/04/26																		
73	1.9.1.1	Estudios geológicos de superficie	20 días	jue 26/06/25	mié 23/07/25																		
74	1.9.1.2	Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refracción sísmica,	40 días	jue 24/07/25	lun 22/09/25																		
75	1.9.1.3	Realización de sondeos: 6 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía	80 días	mar 23/09/25	lun 12/01/26																		
76	1.9.1.4	Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos	10 días	mar 13/01/26	lun 26/01/26																		
77	1.9.1.5	Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnica	40 días	mar 27/01/26	lun 23/03/26																		
78	1.9.1.6	Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.	15 días	mar 24/03/26	lun 13/04/26																		

Id	EsDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart											
						2024	2024	2025	2025	2026	2026	2027	2027	2028	2028	2029	2029
						S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
79	1.9.1.7	Diseños geotécnicos de excavación: Definición de comportamiento, definición de sostenimiento temporal, tratamientos especiales, inyecciones al avance, drenajes. Planos	10 días	mar 14/04/26	lun 27/04/26												
80	<b>1.9.2</b>	<b>Diseño hidráulico básico del túnel</b>	<b>50 días</b>	<b>mar 13/01/26</b>	<b>lun 23/03/26</b>												
81	1.9.2.1	Trazado horizontal y vertical del túnel	5 días	mar 13/01/26	lun 19/01/26												
82	1.9.2.2	Definición del diámetro interno y características hidráulicas	10 días	mar 20/01/26	lun 02/02/26												
83	1.9.2.3	Diseño y Operación del túnel	20 días	mar 03/02/26	lun 02/03/26												
84	1.9.2.4	Definición y diseño de una ventana de acceso	5 días	mar 03/03/26	lun 09/03/26												
85	1.9.2.5	Generación de planos hidráulicos básicos	10 días	mar 10/03/26	lun 23/03/26												
86	<b>1.9.3</b>	<b>Diseño estructural básico del túnel</b>	<b>40 días</b>	<b>mar 24/03/26</b>	<b>lun 18/05/26</b>												
87	1.9.3.1	Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación	5 días	mar 24/03/26	lun 30/03/26												
88	1.9.3.2	Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales	5 días	mar 31/03/26	lun 06/04/26												
89	1.9.3.3	Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.	5 días	mar 07/04/26	lun 13/04/26												
90	1.9.3.4	Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo	5 días	mar 14/04/26	lun 20/04/26												
91	1.9.3.5	Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)	5 días	mar 12/05/26	lun 18/05/26												
92	<b>1.10</b>	<b>Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de regulación</b>	<b>195 días</b>	<b>lun 25/08/25</b>	<b>lun 25/05/26</b>												
93	<b>1.10.1</b>	<b>Estudios Geológico Geotécnicos de la CR</b>	<b>85 días</b>	<b>lun 25/08/25</b>	<b>lun 22/12/25</b>												
94	1.10.1.1	Estudios geológicos de superficie	5 días	lun 25/08/25	vie 29/08/25												
95	1.10.1.2	Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refraccion sísmica,	15 días	lun 01/09/25	lun 22/09/25												
96	1.10.1.3	Realización de sondeos: 1 perforación diamante, pruebas de permeabilidad, toma de muestras, estratigrafía	15 días	mar 23/09/25	lun 13/10/25												
97	1.10.1.4	Ensayos geotécnicos de campo: Mecánica de rocas y suelos	20 días	mar 14/10/25	lun 10/11/25												
98	1.10.1.5	Ensayos de laboratorio: petrografía y geotécnia	10 días	mar 11/11/25	lun 24/11/25												
99	1.10.1.6	Generación de modelos geológico geotécnico: Modelación 3d, planos, perfiles.	10 días	mar 25/11/25	lun 08/12/25												
100	1.10.1.7	Diseños geotécnicos de excavación de pozo y reservorio: sostenibilidad, impermeabilización, subdrenajes	10 días	mar 09/12/25	lun 22/12/25												
101	<b>1.10.2</b>	<b>Diseño hidráulico básico de la CR</b>	<b>35 días</b>	<b>mar 23/12/25</b>	<b>lun 09/02/26</b>												
102	1.10.2.1	Definición del volumen de la CR	5 días	mar 23/12/25	lun 29/12/25												
103	1.10.2.2	Diseño del reservorio, túnel de conexión, sistema de excedencias	20 días	mar 30/12/25	lun 26/01/26												
104	1.10.2.3	Operación de la CR	5 días	mar 27/01/26	lun 02/02/26												
105	1.10.2.4	Generación de planos	5 días	mar 03/02/26	lun 09/02/26												
106	<b>1.10.3</b>	<b>Diseño estructural básico de la CR</b>	<b>75 días</b>	<b>mar 10/02/26</b>	<b>lun 25/05/26</b>												
107	1.10.3.1	Definición premisas estructurales de diseño; cargas, fuerzas sísmicas, códigos de aplicación	5 días	mar 10/02/26	lun 16/02/26												
108	1.10.3.2	Definición de materiales a emplear: tipos concretos, aceros, aceros de refuerzos, blindajes, materiales especiales	5 días	mar 17/02/26	lun 23/02/26												
109	1.10.3.3	Análisis de estabilidad básico de la obra: usado para dimensionar la obra: flotación, deslizamiento, capacidad soportante.	5 días	mar 24/02/26	lun 02/03/26												
110	1.10.3.4	Análisis estructural básico con miras a definir cuantías de refuerzo	5 días	mar 03/03/26	lun 09/03/26												
111	1.10.3.5	Planos básicos de factib: dimensiones, cuantías refuerzo y tratamientos especiales (pilotes, anclajes)	5 días	mar 19/05/26	lun 25/05/26												
112	<b>1.11</b>	<b>Estudios técnicos y diseño básico del trifurcador, casa de máquinas y restitución</b>	<b>195 días</b>	<b>lun 01/09/25</b>	<b>lun 01/06/26</b>												
113	<b>1.11.1</b>	<b>Estudios Geológico Geotécnicos del sitio</b>	<b>105 días</b>	<b>lun 01/09/25</b>	<b>lun 26/01/26</b>												
114	1.11.1.1	Estudios geológicos de superficie	10 días	lun 01/09/25	vie 12/09/25												
115	1.11.1.2	Estudios Geofísicos: métodos resistivos, refraccion sísmica,	15 días	mar 16/09/25	lun 06/10/25												



Id	EsDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin														
						2024		2025		2026		2027		2028		2029			
						S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1				
221	1.13.2.1.	Plan de Gestión Ambiental	20 días	lun 29/03/27	vie 23/04/27														
230	1.13.2.2	Requisitos técnicos complementarios:	30 días	lun 26/04/27	vie 04/06/27														
231		Anexo A: Cuadro de Identificación de Elementos Geológicos.	5 días	lun 26/04/27	vie 30/04/27														
232		Anexo B: Cuadro de Identificación de Amenazas Naturales.	5 días	lun 03/05/27	vie 07/05/27														
233		Anexo C: Hidrogeología – Hidrogeología Ambiental de la Finca.	5 días	lun 10/05/27	vie 14/05/27														
234		Anexo D: Datos geotécnicos de capacidad soportante o de cimentación para la obra civil.	5 días	lun 17/05/27	vie 21/05/27														
235		Anexo E: Protocolo de Hidrología - Datos de hidrología básica del cauce de agua de la microcuenca en que se localiza el AP.	5 días	lun 24/05/27	vie 28/05/27														
236		Anexo F: Instructivo para la Valoración de Impacto Ambiental, Cuadro de Medidas y Guía de Indicadores.	5 días	lun 31/05/27	vie 04/06/27														
237	1.13.3	Requisitos legales (artículo 11 del Decreto Ejecutivo No. 43898)	26 días	lun 07/06/27	lun 12/07/27														
238	1.13.3.1	Nombre de la AOP.	2 días	lun 07/06/27	mar 08/06/27														
239	1.13.3.2	Archivos en formato. Shape File y .KML	3 días	mié 09/06/27	vie 11/06/27														
240	1.13.3.3	Datos del desarrollador (persona jurídica).	2 días	lun 14/06/27	mar 15/06/27														
241	1.13.3.4	Descripción de la AOP (dimensiones, requerimientos, residuos y riesgos)	2 días	mié 16/06/27	jue 17/06/27														
242	1.13.3.5	Información del plano catastral (cuando aplique).	2 días	vie 18/06/27	lun 21/06/27														
243	1.13.3.6	Número de finca(s) folio(s) real(s).	2 días	mar 22/06/27	mié 23/06/27														
244	1.13.3.7	Número del depósito por compra del Código de Buenas Prácticas Ambientales.	2 días	jue 24/06/27	vie 25/06/27														
245	1.13.3.8	Certificación del Monto Global de la Inversión.	3 días	lun 28/06/27	mié 30/06/27														
246	1.13.3.9	Diseño preliminar del AP de la AOP.	5 días	jue 01/07/27	mié 07/07/27														
247	1.13.3.10	Autorización del dueño del inmueble en caso de no ser propietario.	3 días	jue 08/07/27	lun 12/07/27														
248	1.14	Cálculo de cantidades de obra, precios unitarios actualizados y presupuesto del proyecto.	64 días	jue 04/03/27	mar 01/06/27														
249	1.14.1	Análisis de precios unitarios actualizados.	12 días	jue 04/03/27	vie 19/03/27														
250	1.14.2	Volúmenes de obra de cada componente.	10 días	lun 22/03/27	vie 02/04/27														
251	1.14.3	Presupuesto total del proyecto.	15 días	lun 05/04/27	vie 23/04/27														
252	1.14.4	Cronograma valorado de ejecución.	15 días	lun 26/04/27	vie 14/05/27														
253	1.14.5	Flujo de caja.	12 días	lun 17/05/27	mar 01/06/27														
254	1.14.6	Entrega de Informe de presupuesto	0 días	mar 01/06/27	mar 01/06/27														
255	1.15	Cronograma valorado de ejecución del proyecto, revisión	15 días	mié 02/06/27	mar 22/06/27														
256	1.15.1	Detallado de las actividades de ejecución	5 días	mié 02/06/27	mar 08/06/27														
257	1.15.2	Definición de tiempos de ejecución y secuenciación	5 días	mié 09/06/27	mar 15/06/27														
258	1.15.3	Definición de costos y presupuesto general	5 días	mié 16/06/27	mar 22/06/27														
259	1.16	Valoración de la energía firme, media y secundaria que producirá el proyecto.	10 días	mié 02/06/27	mar 15/06/27														
260	1.16.1	Recopilar datos base	2 días	mié 02/06/27	jue 03/06/27														
261	1.16.2	Análisis de datos	6 días	vie 04/06/27	vie 11/06/27														
262	1.16.3	Informe de resultados y recomendaciones	2 días	lun 14/06/27	mar 15/06/27														
263	1.17	Evaluación económica, social y financiera del proyecto.	10 días	mié 23/06/27	mar 06/07/27														
264	1.17.1	Recopilar información base	2 días	mié 23/06/27	jue 24/06/27														
265	1.17.2	Analizar y evaluar los datos	6 días	vie 25/06/27	vie 02/07/27														
266	1.17.3	Informe de resultados y recomendaciones	2 días	lun 05/07/27	mar 06/07/27														
267	1.18	Fuentes de financiamiento para la construcción del proyecto	10 días	mié 07/07/27	mar 20/07/27														
268	1.18.1	Recopilación de información	2 días	mié 07/07/27	jue 08/07/27														
269	1.18.2	Análisis y evaluación de opciones	6 días	vie 09/07/27	vie 16/07/27														
270	1.18.3	Informe final y recomendaciones	2 días	lun 19/07/27	mar 20/07/27														
271	1.19	Conclusiones y recomendaciones.	5 días	mié 21/07/27	mar 27/07/27														

The Gantt chart displays the project schedule from 2024 to 2029. It features a vertical timeline with semi-weekly (S1, S2) and weekly (lun, mar, jue, vie) markers. Key construction activities include 'ING. CONSTRUCT 1[80%];ING. CONSTRUCT 2[80%];ING. CO' and 'ING. CONSTRUCT 1[80%];ING. CONSTRUCT 2[80%];ING. CO'. Administrative tasks are marked with diamond symbols, including 'Administrador de proyecto' at the start and end of the timeline. The chart also shows other project-related tasks like 'PLANIFICAC', 'ABANCISTA;ECONOMISTA', and 'EDYANCISTA'.

Nota: La figura muestra el detalle de las actividades del cronograma de la Factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff. Elaboración Propia.

#### **4.4.5 Determinación de costos y presupuesto**

Para la planificación de la gestión de los costos de este plan se debe establecer la forma en que se realizará la estimación, la presupuestación y su gestión. Se debe buscar orientar y dirigir como se administrarán los costos del proyecto.

Para la gestión del costo del plan se debe considerar el acta de proyecto, el cronograma, los factores ambientales de la empresa y los activos con que cuente la empresa.

La estimación de los costos de las diferentes actividades de la factibilidad será realizada por cada uno de los grupos especialistas aplicando principalmente técnicas de juicio de expertos. Como parte de las herramientas de cálculo de costos, el área de ingeniería cuenta con una serie de hojas electrónicas normalizadas que incluyen los costos básicos por hora de cada uno de los recursos involucrados, así como también cálculos por viáticos, por uso de vehículos y/o materiales. Además de los costos de las actividades se ha considerado un 5% por imprevistos.

El procedimiento de determinación de costos desarrollado por recursos clave que son parte del equipo de trabajo técnico se resume en la Figura 39. El presupuesto para el desarrollo de la factibilidad del PHFC es del orden de  $\text{¢}1\ 858\ 440\ 917$  (Mil ochocientos cincuenta y ocho millones cuatrocientos cuarenta mil novecientos diez y siete colones).

En la Figura 40 se presentan las actividades principales, sus costos y el monto total de la factibilidad del proyecto, los cuales constituyen la línea base de costos.

Figura 40

## Presupuesto de la factibilidad del PHFC

<b>PRESUPUESTO DESGLOSADO POR COSTOS DE LAS ACTIVIDADES DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO FOURTH CLIFF</b>		
<b>CÓDIGO EDT</b>	<b>ACTIVIDADES PRINCIPALES</b>	<b>costos por entregable</b>
1.1	Inicio	¢2,976,000.00
1.2	Planificación	¢8,928,000.00
1.3	Análisis influencia del proyecto en el Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.	¢4,536,000.00
1.4	Estudio de Punto de Conexión	¢4,536,000.00
1.5	Modelo de Cartografía y topografía del proyecto y la cuenca	¢49,723,200.00
1.6	Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentos.	¢109,152,000.00
1.7	Estudios Geológicos, Sísmicos, Geotécnicos Generales	¢107,654,400.00
1.8	Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de carga	¢140,413,157.00
1.9	Estudios técnicos y diseño básico del túnel de conducción	¢424,792,400.00
1.10	Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de regulación	¢72,956,560.00
1.11	Estudios técnicos y diseño básico del trifurcador, casa de máquinas y restitución	¢286,409,360.00
1.12	Trazado y diseño de la línea de conexión asociada.	¢404,640,000.00
1.13	Procesos de Evaluación de Impacto Ambiental.	¢175,000,000.00
1.14	Cálculo de cantidades de obra, precios unitarios actualizados y presupuesto del proyecto.	¢46,448,640.00
1.15	Cronograma valorado de ejecución del proyecto.	¢2,083,200.00
1.16	Valoración de la energía firme, media y secundaria que producirá el proyecto.	¢3,024,000.00
1.17	Evaluación económica, social y financiera del proyecto.	¢9,120,000.00
1.18	Fuentes de financiamiento para la construcción del proyecto.	¢4,560,000.00
1.19	Conclusiones y recomendaciones.	¢1,488,000.00
<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>		<b>¢1,858,440,917.00</b>

*Nota:* La figura muestra los costos de cada una de las tareas principales y el cálculo del presupuesto total de la factibilidad. Generación propia.

#### **4.4.6 Procesos de planificación de la Gestión de calidad**

La planificación de la gestión de la calidad debe incluir la identificación de los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables en detalle. En este proceso se debe utilizar como entrada el acta de proyecto, los documentos del proyecto, los factores ambientales de la empresa y activos de los procesos.

Como herramientas y técnicas para la planificación de la gestión de la calidad se utilizará el juicio de expertos, la lluvia de ideas, el análisis de datos y las reuniones.

Cada uno de los grupos de especialidad técnica: topografía, hidrología, geología, geotecnia, ingeniería hidráulica, ingeniería estructural, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, gestión ambiental y las áreas financieras definirán los lineamientos de calidad. Cada grupo especialista utilizará la documentación técnica normalizada por la empresa sobre cómo realizar los diferentes estudios requeridos en la factibilidad. La empresa, a nivel de cada uno de los grupos de especialidad, ha desarrollado documentos normados que detallan la forma en deben ser realizados los estudios, sus consideraciones, metodologías, toma de muestras en campo, ensayos de campo, ensayos de laboratorio y uso de equipos. Existe también normalización de la forma en que se deben presentar los resultados obtenidos, cómo redactar los informes y notas técnicas. Los procesos y productos generados por cada uno de los grupos de especialidad contarán con el apoyo experto y la revisión de técnicos experimentados de cada grupo de especialidad. Dichos técnicos expertos están representados por los profesionales de mayor experiencia y grado educativo, los cuales definirán los requerimientos de mejora y asegurarán el cumplimiento de la calidad de los productos.

De la misma forma la realización de pruebas de laboratorio de tipo geológico, geotécnico o químico, así como también la recopilación de datos y utilización de procesamiento de información hidrológica y meteorológica deben responder a las diversas normativas y estándares nacionales e internacionales asociados a cada especialidad y que de antemano ha



sido instaurados por la empresa. Las normativas y estándares de trabajo en la empresa han sido generados y avalados con el fin de cumplir con la calidad de los productos y los procesos ya sean técnicos o administrativos. Dicha documentación se encuentra almacenada en un sistema que permite su consulta de manera digital.

Los productos finales como informes y juegos de planos técnicos deberán cumplir con las normativas y estándares de la empresa, el cumplimiento de dichos estándares será fiscalizado por revisores técnicos expertos de la misma institución.

Las auditorías técnicas serán parte de los controles de calidad de los procesos y estudios desarrollados en la factibilidad. Los procesos de auditoría consisten en la verificación detallada de los procesos y los sistemas de control de la calidad, buscando el cumplimiento de los estándares y la resolución de deficiencias.

#### **4.4.7 Estimación de recursos de las actividades**

Los recursos asociados con las actividades desarrolladas en la factibilidad se relacionan principalmente con recursos de personal técnico y profesional.

La empresa cuenta con departamentos técnicos funcionales cuyos encargados tendrán la tarea de definir qué técnicos y profesionales participarán en el desarrollo de las actividades del proyecto. Es necesario que el gerente del proyecto realice las debidas gestiones de solicitud del personal requerido al encargado funcional.

Las estimaciones de recursos serán basadas en la línea base del alcance, el cronograma y en el registro de los interesados, además de los procesos de la empresa.

Para la estimación de los recursos se empleará como herramienta el juicio de expertos y la asignación de responsabilidades.

Considerando los datos generados de identificación de interesados, los cuales incluyen a los interesados internos, que a la vez representan los principales recursos para este proyecto,

se registra en la Figura 41 una estimación de recursos necesarios para atender las actividades de la factibilidad.

### Figura 41

*Matriz de estimación de recursos para la ejecución de la factibilidad*

<b>N°</b>	<b>RECURSOS HUMANOS REQUERIDOS PARA EL PROYECTO</b>	<b>ESTIMACIÓN DE CANTIDAD</b>
1	Gestor de proyecto	1
2	Hidrólogos	2
3	Meteorólogo	1
4	Laboratorio químico	1
5	Laboratorio geotécnico geológico	1
6	Topógrafo	1
7	Cuadrilla topografía lidar	1
8	Geólogos	2
9	Geólogos geofísicos	2
10	Ings. Geotecnistas	2
11	Ing. Sísmico	1
12	Cuadrilla de perforación	2
13	Cuadrilla de geofísica	2
14	Ing. Hidráulicos	2
15	Ing. Estructural	1
16	Ing. mecánico	1
17	Ings. Eléctricos	4
18	Ings. Constructores	4
19	Dibujantes y modeladores	4
20	Equipo Ambiental (sociólogo, biólogo, ing. Ambiental, forestal, geólogos, ing.civil, geógrafo)	1
21	Abogado	1
22	Financista Economista	1

*Nota:* La matriz muestra los recursos y equipos de recursos que son requeridos para la realización de las actividades del proyecto. Elaboración propia

En la Figura 42 se presenta un diagrama RACI que describe los roles, responsabilidades y autoridad de los recursos con relación a las actividades del proyecto. Mediante esta matriz es posible tener una visión más clara de las necesidades de los recursos del proyecto y su debida gestión.

Figura 42

Diagrama RACI de responsabilidades

DIAGRAMA RACI		RECURSOS O PERSONAS																										
		Gestor de proyecto	Cliente/Patrocinador Dirección Planificación y Sostenibilidad	Director Gestión de Servicios no Regulados	Coordinador Ingeniería	Coordinador Construcción	Hidrólogos	Meteorólogo	Laboratorio químico	Topógrafo	Cuadrilla topografía lidar	Geólogos	Geólogos geofísicos	Ings. Geotecnistas	Ing. Sísmico	Cuadrilla de perforación	Cuadrilla geofísica	Laboratorio geotécnico geológico	Ing. Hidráulicos	Ing. Estructural	Ing. mecánico	Ings. Eléctricos	Ings. Constructores	Dibujantes y modeladores	Equipo Ambiental	Abogado	Financista Economista	
1	Análisis de la influencia del proyecto en el Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	I	I	I	I	.	.	.	I	I	I	I	I	.	I	I	I	
2	Estudio de Punto de Conexión	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	I	R	I	.	I	I	I	
3	Modelo de Cartografía y topografía del proyecto y la cuenca	A	I	I	I	I	.	.	.	R	R	I	I	I	I	I	I	.	I	I	I	I	I	R	I	I	.	
4	Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentos.	A	I	I	I	I	R	R	R	.	.	I	.	I	.	.	.	.	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
5	Estudios Geológicos, Sísmicos, Geotécnicos Generales	A	I	I	I	I	C	C	.	C	.	R	.	R	R	.	.	.	C	C	C	C	C	R	I	I	I	
6	Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de carga	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	R	R	R	C	R	R	R	R	R	R	R	.	I	R	I	I	I
7	Estudios técnicos y diseño básico del túnel de conducción	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	R	R	R	C	R	R	R	R	R	R	C	.	I	R	I	I	I
8	Estudios técnicos y diseño básico de la cámara de regulación	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	R	R	R	C	R	R	R	R	R	R	C	.	I	R	I	I	I
9	Estudios técnicos y diseño básico del trifurcador, casa de máquinas y restitución	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	R	R	R	C	R	R	R	R	R	R	R	.	I	R	I	I	I
10	Trazado y diseño de la línea de conexión asociada.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	C	I	I	I	R	I	R	I	I	I
11	Estudio de Impacto Ambiental Definitivo y Plan de Manejo Ambiental.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	C	I	C	C	.	.	.	C	C	C	C	C	.	R	I	I	I
12	Cálculo de cantidades de obra, precios unitarios actualizados y presupuesto del proyecto.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	C	C	C	.	.	.	.	C	C	C	C	C	R	R	I	I	I
13	Cronograma valorado de ejecución del proyecto.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	C	C	C	.	.	.	.	C	C	C	C	C	R	.	C	I	I
14	Valoración de la energía firme, media y secundaria que producirá el proyecto.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	C	.	C	R	I	.	I	I	C	
15	Evaluación económica, social y financiera del proyecto.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	C	.	.	C	C	.	I	C	R	
16	Fuentes de financiamiento para la construcción del proyecto.	A	I	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	C	R	
17	Conclusiones y recomendaciones.	R	I	I	I	I	R	R	.	R	.	R	.	R	R	.	.	.	R	R	R	R	R	R	.	R	R	R

**R = Responsable** : persona responsable de ejecutar la tarea  
**A = Accountable** : persona con responsabilidad última sobre la tarea  
**C = Consult** : persona a la que se consulta sobre la tarea  
**I = Inform** : persona a la que se debe informar sobre la tarea

Nota: El diagrama RACI es una matriz que muestra las tareas y los recursos asociados a ellas y sus niveles de responsabilidad. Elaboración propia a partir de la *Guía del PMBOK* (p. 317), por PMI, 2021.

#### **4.4.8 Procesos de planificación de la Gestión de Comunicaciones**

La gestión de las comunicaciones para el desarrollo del proyecto de factibilidad debe considerar los recursos y grupos de interesados además de los factores ambientales de la empresa. Las comunicaciones estarán en función de las necesidades de información de cada grupo de trabajo del proyecto

El proyecto de factibilidad tiene la necesidad de mantener comunicaciones fluidas entre los grupos técnicos que realizan cada una de las investigaciones, además debe existir una comunicación directa entre el gestor del proyecto y los grupos técnicos.

Los grupos técnicos de trabajo utilizarán como herramienta de comunicación los elementos tecnológicos definidos por la empresa. Se debe mencionar que como resultado de la pandemia por COVID-19 la empresa estableció de manera permanente el teletrabajo, con lo cual se definieron una serie de herramientas de comunicación, entre las más importantes el correo electrónico y la herramienta TEAMS. A nivel empresarial existe una red interna que permite comunicaciones seguras y confiables entre los miembros del equipo de trabajo.

Mediante la herramienta TEAMS se constituirán espacios virtuales de almacenamiento de información los cuales permiten un acceso colaborativo de todos los miembros del equipo. Dentro del espacio de almacenamiento colaborativo se establecerá una estructura normalizada de almacenamiento de cada uno de los entregables del proyecto. Dicho sitio permitirá almacenar todo tipo de archivos generados por diferentes grupos técnicos.

La información de tipo gráfico, como modelos digitales, mapas y planos, serán almacenados y compartidos mediante la centralización en un servidor de la empresa y en espacios en la nube. Dicho almacenamiento y gestión estarán regidos por principios de administración BIM, Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción).

Respecto a las reuniones de coordinaciones, seguimiento y control del proyecto, estas serán en su mayoría de tipo virtual y serán gestionadas mediante la plataforma TEAMS. Se desarrollará un plan de reuniones recurrentes entre los equipos de trabajo y el gestor del proyecto. Como resultado de las reuniones se generarán minutas utilizando las plantillas estandarizadas por la empresa y serán almacenadas en el espacio compartido del equipo en la plataforma TEAMS.

La comunicación con el cliente será de igual forma gestionada en la plataforma TEAMS, en donde dicho representante también tendrá acceso a espacios previamente establecidos en donde se almacenarán los productos definidos y la información necesaria y asociada con el seguimiento y control del proyecto.

En la Figura 43 se muestra una matriz con los procesos de comunicación principales en el proyecto.

Figura 43

## Matriz de comunicaciones de la Factibilidad del PHFC

MATRIZ DE COMUNICACIONES DE LA FACTIBILIDAD DEL PHFC					
TIPO DE COMUNICACIÓN	DIRIGIDO A	FRECUENCIA	RESPONSABLE	PROPÓSITO	RECURSOS
Inicio del proyecto	Patrocinador	Una vez al inicio del proyecto	Director del proyecto	Informar del inicio del proyecto	Reunión virtual en teams: presentación Power Point
Inicio del proyecto	Equipo de trabajo del proyecto	Una vez al inicio del proyecto	Director del proyecto	Informar del inicio del proyecto y planteamiento de estrategias de trabajo	Reunión presencial en instalaciones de la empresa: presentación Power Point
Centralización de Información	Equipo de trabajo del proyecto y patrocinador	Acceso constante a los servidores y sitios en la nube	Director del proyecto y Equipo de trabajo	Almacenar de forma centralizada la información y permitir su acceso al equipo	Servidores, espacios en la nube, software y plataformas especializadas
Coordinación del equipo de trabajo	Equipo de trabajo	Semanal	Director del proyecto	Dar seguimiento y control de la ejecución de las tareas	Reunión virtual en plataforma TEAMS: avances, evidencias, problemáticas, minuta de reunión
Informe del estado del proyecto	Patrocinador	Mensual	Director del proyecto	Informar sobre el avance, los costos, problemáticas del proyecto	Reunión virtual en plataforma TEAMS. Informe de avance, evidencias, minuta de reunión
Informe del estado del proyecto	Coordinación superior	Mensual	Director del proyecto	Informar sobre el avance, los costos, problemáticas del proyecto	Informe de avance en la plataforma institucional
Informe de costos	Director del proyecto	Mensual o cuando se requiera	Oficina de contabilidad y finanzas	Informar sobre los cargos de costos del proyecto	Informe detallado de los cargos del proyecto por cuentas
Seguimiento y control de los riesgos del proyecto	Equipo del proyecto	Mensual o cuando se requiera	Director del proyecto	Gestionar de manera oportuna los riesgos del proyecto	Reunión virtual en plataforma TEAMS. Revisión de lista de riesgos, minutas.
Coordinaciones de subequipos de trabajo	Subequipos de trabajo	Cuando lo requiera	Personal técnico del subequipo de trabajo	Coordinar actividades técnicas para cumplir con una tarea específica	Reunión virtual en plataforma Teams o presencial en campo
Presentación de resultados	Patrocinador	Cuando se finalice alguna tarea definida como hito	Director de proyecto y técnicos del equipo	Informar sobre los resultados obtenidos al cumplir con una tarea	Reunión virtual en plataforma Teams, entrega oficial de un resultado mediante un informe técnico
Lecciones aprendidas	Director del proyecto	Al final de cada hito y final del proyecto	Director del proyecto	Recopilar información dirigida a la mejora de los procesos	Reunión virtual en plataforma Teams. Registro de lecciones en la plataforma institucional
Cierre del proyecto	Patrocinador	Final del proyecto	Director del proyecto	Informar de la finalización del proyecto, entrega formal de los productos o resultados	Reunión presencial en instalaciones de la empresa: presentación Power Point

*Nota:* La matriz de comunicaciones detalla el tipo de comunicación, a quien se dirige, su frecuencia, su responsable, propósito y cómo será realizada. Elaboración propia.

#### **4.4.9 Procesos de planificación de la gestión, identificación, análisis cualitativo y respuesta de los riesgos**

El proceso de la planificación de la gestión de riesgos deberá incluir la identificación, el análisis y la planificación de respuestas. Este proceso debe realizarse al concebirse un proyecto, al comienzo de este y debe ser revisado a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El proceso debe considerar el acta de constitución, los documentos del proyecto, las partes interesadas y los factores ambientales de la empresa.

El proceso de la gestión de los riesgos del proyecto será liderado por el gerente del proyecto y recibirá apoyo del equipo técnico. El financiamiento del proceso de gestión de riesgos se incluirá en el presupuesto, se considerarán los costos de horas de trabajo asociados con la labor del análisis cualitativo y seguimiento de los riesgos.

Para lograr desarrollar la identificación y el análisis cualitativo de los riesgos se debe involucrar a los miembros del equipo de trabajo y algunos interesados clave, incluido al patrocinador.

La organización, dentro de sus procesos de planificación de proyectos ha establecido un procedimiento estandarizado de identificación y análisis cualitativo de riesgos, el cual incluye el uso de plantillas de registro y análisis de los riesgos. Dichas plantillas consideran definiciones y rangos de valores para la probabilidad y el impacto de los riesgos.

#### **Identificación de riesgos**

Este proceso será desarrollado por el equipo de trabajo del proyecto y consiste en generar una lista de los riesgos individuales que presenta el proyecto y fuentes de riesgos generales. Para identificar los riesgos se debe considerar los planes de gestión de requisitos, del cronograma, de costos, calidad y recursos.

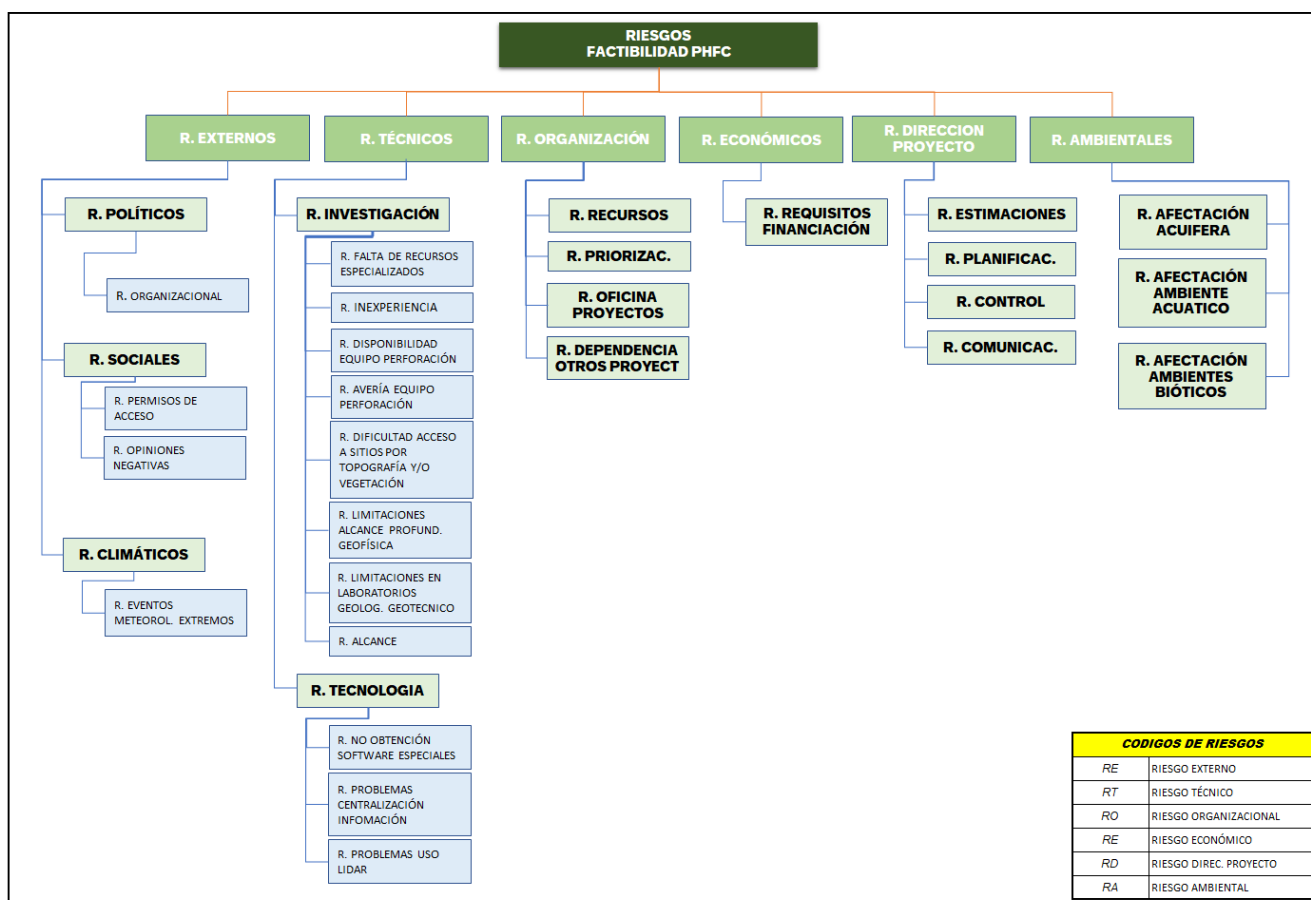
Las herramientas y técnicas para aplicar serán la lluvia de ideas, entrevistas, juicio de experto y reuniones.

Un primer paso en la identificación de riesgos es categorizar los riesgos definiendo una Estructura de Desglose de Riesgos o RBS, la cual tiene como objetivo representar jerárquicamente los riesgos según su categoría además de ayudar al equipo a enumerar fuentes o causas de riesgos.

En la Figura 44 se presenta la RBS de la factibilidad del PHFC.

**Figura 44**

*Estructura de Desglose de Riesgos de la Factibilidad del PHFC*



*Nota:* En la RBS se presenta la categorización de los diferentes tipos de riesgos a los que podría enfrentar la factibilidad del proyecto. Elaboración propia.



A partir de la estructura de la RBS es posible establecer el registro de riesgos del proyecto, los cuales deben ser codificados, indicar la causa, la descripción del riesgo, una referencia de la afectación y la tarea que podría afectar.

En la Figura 45 se muestra el registro de los riesgos del proyecto.

**Figura 45**

*Registro de Riesgos del Proyecto de Factibilidad del PHFC*

<b>REGISTRO DE RIESGOS DE LA FACTIBILIDAD DEL PHFC</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>CAUSA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RIESGO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>EDT</b>
RE001	Cambio en el nivel de prioridad de la ejecución de la factibilidad	Si cambia el nivel de prioridad del proceso de factibilidad del PHFC debido a decisiones políticas de la organización puede que se den atrasos en el cronograma por falta de recursos	Acta de proyecto	1.1
RE002	No se obtiene permisos de acceso a fincas privadas	Si no se cuenta con los permisos de acceso a las fincas privadas que son parte del área de proyecto puede limitarse la calidad de la información necesaria para definir la factibilidad	Estudios técnicos en la línea de túnel, cámara de regulación y casa de máquinas	5, 7, 8, 9, 11
RE003	Las comunidades cercanas tienen opiniones negativas del proyecto	Si se tienen opiniones negativas del proyecto puede que se produzcan eventos que limitarían el desarrollo de las investigaciones	Estudios técnicos del proyecto	5, 7, 8, 9, 11
RE004	Eventos meteorológicos extremos	Si se producen eventos hidrometeorológicos extremos durante las investigaciones pueden generarse atrasos en el cronograma	Estudios técnicos del proyecto	5, 7, 8, 9, 11
RT001	No se cuenta con los profesionales especializados para la factibilidad	Si no se cuenta con los profesionales especializados para desarrollar la factibilidad puede que se tengan limitaciones deficiencias en la calidad de los productos y limitaciones en los alcances.	Plan de gestión de los recursos	3,4, 5, 6, 7,8, 9
RT002	Los profesionales no tienen la experiencia para desarrollar la factibilidad	Si no se cuenta con profesionales experimentados puede que se generen problemas en el desempeño a afectando el cronograma del proyecto	Plan de gestión de los recursos	3,4, 5, 6, 7,8, 10
RT003	El equipo de perforación no está disponible en el momento requerido	Si no se cuenta con el equipo de perforación en la fecha programada puede que se den atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9
RT004	El equipo de perforación presenta averías	Si el equipo de perforación llegará a presentar condiciones de avería puede que se den problemas de calidad en el ensayo y se generen atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9
RT005	Algunos sitios de estudio presentan limitaciones de acceso por condiciones topográficas y/o vegetación espesa	Si no es posible acceder algunos sectores del área de proyecto por fuerte pendiente o condiciones boscosas puede que se den deficiencias de calidad en los productos	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9
RT006	Limitaciones en el alcance de profundidad de los ensayos geofísicos	Si el diseño de la campaña Geofísica es deficiente en cuanto al alcance de la profundidad requerida puede que se den modelos geológico geotécnico con deficiencias de calidad	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9
RT007	Limitaciones en el rendimiento de los laboratorios de geología y geotecnia	Si los laboratorios de geología y geotecnia no son eficientes en el servicio puede que se den atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9
RT008	Limitaciones en el alcance técnico de los estudios	Si los estudios técnicos no alcanzan los niveles de calidad óptimos puede que la factibilidad presente deficiencias que afecten los costos del proyecto	Control de calidad	3,4, 5, 6, 7,8, 9
RT009	No se cuenta con el software especializado para realizar las tareas técnicas	Si no se cuenta con el software especializado para realizar los estudios técnicos puede que se tarde más tiempo y la calidad de los productos sea menor.	Gestión de recursos, adquisiciones	3,4, 5, 6, 7,8, 9
RT010	La información no se ha centralizado ni respaldado de forma adecuada	Si no se establece un sistema de centralización y respaldo de la información puede que se den problemas de comunicación y coordinación lo cual afectaría el cronograma, la calidad y el costo	Plan de comunicaciones durante la ejecución	3,4, 5, 6, 7,8, 9,10, 11, 12
RT011	Los levantamientos topográficos no pueden ser realizados con tecnología LIDAR	Si no es posible realizar los levantamientos topográficos con tecnología Lidar puede que se afecte la calidad, el cronograma y el costo del proyecto	Durante la ejecución	3
RO001	La organización no puede aportar todos los recursos requeridos	Si la organización no aporta los recursos necesarios para realizar las tareas de forma oportuna y eficiente puede que se afecte la calidad y el cronograma del proyecto	Plan de gestión de los recursos	todos
RO002	La organización no priorizó de manera adecuada el proyecto	Si la organización no priorizó de manera adecuada el proyecto puede que se den problemas de recursos que afectarán el cronograma	Plan de gestión del proyecto	todos

<b>REGISTRO DE RIESGOS DE LA FACTIBILIDAD DEL PHFC</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>CAUSA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RIESGO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>EDT</b>
RO003	No se cuenta con el apoyo de la oficina de proyectos	Si no se cuenta con el apoyo de la oficina de proyectos puede que no se corrijan los errores de procedimientos administrativos afectando la calidad, el cronograma y los costos	Plan de gestión del proyecto	todos
RO004	La realización de la factibilidad es dependiente de otros proyectos en ejecución	Si no se establece un buen nivel de independencia del proyecto respecto a otros proyectos en ejecución puede que la competencia genere conflictos y atrasos en el cronograma	Plan de gestión del proyecto	todos
REC001	No se cumplen los requisitos de financiación del proyecto	Si la organización no definió de forma anticipada los requisitos financieros para el proyecto puede que se afecte el cronograma, el alcance y los costos.	Seguimiento durante la ejecución	todos
RD001	Se han realizado estimaciones erróneas del proyecto	Si las estimaciones realizadas en la planificación presentan errores relevantes puede que se den afectaciones en el cronograma, el alcance, la calidad y el costo	Plan de gestión del proyecto	todos
RD002	La planificación del proyecto es deficiente	Si se dieron deficiencias en la planificación del proyecto por desconocimiento administrativo y/o técnico puede que se den problemas en el alcance, el cronograma, la calidad y los costos	Seguimiento durante la ejecución	todos
RD003	No se han realizado procesos de control del proyecto	Si no se realizan procesos de control del proyecto puede que no se cumpla el alcance, el cronograma, los costos y la calidad	Seguimiento durante la ejecución	todos
RD004	La comunicación entre los involucrados ha sido ineficiente	Si existen deficiencias en las comunicaciones del proyecto puede que se generen conflictos, descoordinación y errores en la realización de las tareas, dejándose afectaciones en la calidad y el cronograma del proyecto	Seguimiento durante la ejecución y plan de comunicaciones	todos
RA001	Afectación de acuíferos	Si se establece que las obras subterráneas del proyecto afectarán significativamente los acuíferos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
RA002	Afectación de los ambientes acuáticos	Si se establece que las obras superficiales del proyecto afectarán significativamente los ambientes acuáticos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
RA003	Afectación de los ambientes bióticos	Si se establece que las obras superficiales del proyecto afectarán significativamente los ambientes bióticos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

*Nota:* La figura detalla una matriz con el registro de riesgos de la factibilidad. Se identifica un código, la causa, la descripción del riesgo, una referencia y la tarea que podría impactar.

Elaboración propia.

Una vez establecido el registro de los riesgos del proyecto es posible desarrollar el análisis cualitativo de los riesgos en donde, por medio de una matriz se realizará el cálculo del nivel de riesgo para cada uno de los riesgos individuales registrados.

El Riesgo será calificado mediante el producto de la valoración de la probabilidad de ocurrencia por el posible impacto que se pueda generar, lo cual se resume en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{RIESGO (R) = PROBABILIDAD (P) \times IMPACTO (I)}$$

Las valoraciones de la probabilidad y del impacto serán calculadas a partir de las escalas mostradas en la Figura 46.

Figura 46

Escalas de valoración de la Probabilidad (P) y el impacto (I)

Escala de Probabilidad		Escala de Impacto	
<i>Muy Probable</i>	<b>0.9</b>	<i>Muy Alto</i>	<b>0.8</b>
<i>Bastante Probable</i>	<b>0.7</b>	<i>Alto</i>	<b>0.4</b>
<i>Probable</i>	<b>0.5</b>	<i>Moderado</i>	<b>0.2</b>
<i>Poco probable</i>	<b>0.3</b>	<i>Bajo</i>	<b>0.1</b>
<i>Muy poco probable</i>	<b>0.1</b>	<i>Muy Bajo</i>	<b>0.05</b>

*Nota:* Esta figura muestra las escalas de valoración de la probabilidad e impacto requeridos para el cálculo del riesgo. Generación Propia.

El resultado del nivel de riesgo puede ser clasificado como Riesgo Bajo, Riesgo Moderado o Riesgo Alto, y su clasificación puede ser realizada utilizando la matriz de probabilidad por impacto mostrada en la Figura 47.

Figura 47

Matriz de Probabilidad X Impacto

		RIESGO BAJO	RIESGO MODERADO	RIESGO ALTO	
<b>MATRIZ DE PROBABILIDAD X IMPACTO</b>					
<b>Marcador de Riesgo para un riesgo Especifico (Pxl)</b>					
IMPACTO PROBABILIDAD	Muy Bajo 0.05	Bajo 0.1	Moderado 0.2	Alto 0.4	Muy Alto 0.8
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
0.5	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08

*Nota:* La matriz muestra los resultados para el cálculo de PXI y permite clasificar el nivel de riesgo de cada uno de los riesgos registrados. Elaboración propia.

Para una mejor apreciación dentro de la matriz de probabilidad por impacto, se ha puesto color verde a los riesgos bajos, color amarillo a los riesgos moderados y color rojo a los riesgos altos. Los mismos rangos de valores de calificación de los riesgos serán utilizados para valorar el nivel del riesgo general del proyecto, el cual corresponde con el promedio de todos los riesgos evaluados. En la Figura 48 se muestra la escala de calificación del riesgo general del proyecto.

### Figura 48

Escala de calificación del Riesgo General del Proyecto

<b>ESCALA CALIFICACIÓN RIESGO GENERAL PROYECTO</b>		<b>Es el promedio de todos los riesgos evaluados</b> <i>(promedio general de la columna Pxl)</i>
<b>ALTO</b>	<i>0.99 - 0.18</i>	
<b>MODERADO</b>	<i>0.17 - 0.05</i>	
<b>BAJO</b>	<i>0.04 - 0.01</i>	

*Nota:* La figura muestra los valores de escala de calificación del riesgo del proyecto el cual es calculado como el promedio de los valores de riesgos individuales registrados. Elaboración propia.

Considerando las escalas de valoración anteriores se realizó el análisis cualitativo de los riesgos registrados en la Figura 45, se ha calculado el nivel de Riesgo ( $R=P \times I$ ), y además se han ordenado los registros de mayor a menor nivel de riesgo. El detalle de los resultados del análisis cualitativo de valoración del riesgo, para cada uno de registros, se presenta en la Figura 49. Se ha obtenido como resultado un nivel de riesgo general para el proyecto de 0.10, lo cual corresponde con un nivel de riesgo moderado. Por el tipo de proyecto, el cual corresponde en esencia con la realización de estudios técnicos, presenta 4 riesgos individuales clasificados como altos, 19 riesgos clasificados como moderados y 4 riesgos clasificados como bajos.

En la matriz de la Figura 49 también se ha desarrollado el proceso de respuesta a los riesgos, con lo cual se busca establecer una estrategia para tratar el riesgo, la cual incluye la

mitigación, el escalamiento, la eliminación, la aceptación y la transferencia. Se desarrolló también las acciones preventivas que respaldarán la estrategia, excepto para la estrategia de aceptación, la cual incluyó un cálculo de reservas por contingencias generales del proyecto en términos de tiempo en días y costos en colones. Para los riesgos aceptados se incluyó además la descripción de un disparador de riesgo.

El análisis cualitativo, incluyó en la matriz un responsable que debe responder por la ejecución de las acciones planteadas para cada riesgo.

Para los riesgos clasificados como bajos y aceptados como parte de la estrategia de respuesta, estos serán incluidos en el plan de contingencias. Este plan considera la determinación de tiempo y costos a manera preventiva en caso de que alguno de estos riesgos llegara a materializarse. El cálculo del tiempo y costo de contingencia es calculado considerando el factor de riesgo determinado en el análisis cualitativo. La inclusión de tiempo deberá ser alineado en el cronograma y los costos por contingencia incluidos en el presupuesto.

Una vez planteadas las acciones preventivas y el plan de contingencias para los riesgos individuales, fue posible realizar una evaluación del riesgo post plan, en donde nuevamente se evaluó la probabilidad y el impacto.

Todos los cálculos del riesgo inicial, el plan de contingencias y el cálculo de riesgo post plan pueden ser observados en la Figura 49 que se presenta a continuación.

Figura 49

## Matriz de registro, Análisis Cualitativo y Respuesta a los Riesgos del Proyecto

MATRIZ DE REGISTRO, ANÁLISIS CUALITATIVO Y RESPUESTAS A LOS RIESGOS DEL PROYECTO																		
CÓDIGO	CAUSA	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	REFERENCIA	EDT	PROBABIL.	IMPACTO	RANGO PXI	ESTRATEGIA	ACCIONES PREVENTIVAS	RESPALDOS	PLAN PARA CONTINGENCIAS	RESERVA		DISPARADOR	RESPONSABLE	PROBABILIDAD POST PLAN	IMPACTO POST PLAN	RANGO POST PLAN
												T(d)	←					
RT005	Algunos sitios de estudio presentan limitaciones de acceso por condiciones topográficas y/o vegetación espesa	Si no es posible acceder algunos sectores del área de proyecto por fuerte pendiente o condiciones boscosas puede que se den deficiencias de calidad en los productos	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9	0.70	0.4	0.28	MITIGAR	Definir anticipadamente las zonas con posibles dificultades, inspeccionarlas, y definir la logística necesaria para su acceso	Si aun así no se logra el acceso, buscar otro sitio de ensayo					Director y cuadrillas técnicas	0.7	0.1	0.07
RT007	Limitaciones en el rendimiento de los laboratorios de geología y geotécnica	Si los laboratorios de geología y geotécnica no son eficientes en el servicio puede que se den atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9	0.50	0.4	0.20	MITIGAR	Establecer anticipadamente el volumen de trabajo y si el laboratorio define no poder dar el servicio plantear contratos externos con laboratorios externos					Encargado de laboratorio	0.3	0.1	0.03	
RO004	La realización de la factibilidad es dependiente de otros proyectos en ejecución	Si no se establece un buen nivel de independencia del proyecto respecto a otros proyectos en ejecución puede que la competencia genere conflictos y atrasos en el cronograma	Plan de gestión del proyecto	todos	0.50	0.4	0.20	MITIGAR	Se debe asegurar con la gerencia institucional la priorización del proyecto					Director	0.3	0.1	0.03	
RD004	La comunicación entre los involucrados ha sido ineficiente	Si existen deficiencias en las comunicaciones del proyecto puede que se generen conflictos, descoordinación y errores en la realización de las tareas, produciéndose afectaciones en la calidad y el cronograma del proyecto	Seguimiento durante la ejecución y plan de comunicaciones	todos	0.50	0.4	0.20	MITIGAR	Generar de forma detallada un plan de gestión de las comunicaciones y aplicarlo adecuadamente					Director	0.3	0.1	0.03	
RE002	No se obtiene permisos de acceso a fincas privadas	Si no se cuenta con los permisos de acceso a las fincas privadas que son parte del área de proyecto puede limitarse la calidad de la información necesaria para definir la factibilidad	Estudios técnicos en la línea de túnel, cámara de regulación y casa de máquinas	5, 7, 8, 9, 11	0.30	0.4	0.12	MITIGAR	Generar de forma anticipada una buena relación con los propietarios de las fincas privadas asociadas al proyecto que asegure la obtención de los permisos					Topógrafo y encargado social	0.1	0.2	0.02	
RT001	No se cuenta con los profesionales especializados para la factibilidad	Si no se cuenta con los profesionales especializados para desarrollar la factibilidad puede que se tengan limitaciones y deficiencias en la calidad de los productos y limitaciones en los alcances.	Plan de gestión de los recursos	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.30	0.4	0.12	ESCALAR	Se deben establecer los recursos claves con los debidos conocimientos de manera anticipada					Gerencia	0.3	0.1	0.03	
RT003	El equipo de perforación no está disponible en el momento requerido	Si no se cuenta con el equipo de perforación en la fecha programada puede que se den atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9	0.30	0.4	0.12	MITIGAR	Coordinar de manera anticipada el recurso de perforación para las fechas establecidas					Director	0.3	0.1	0.03	
RT006	Limitaciones en el alcance de profundidad de los ensayos geofísicos	Si el diseño de la campaña Geofísica es deficiente en cuanto al alcance de la profundidad requerida puede que se den modelos geológico geotécnico con deficiencias de calidad	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9	0.30	0.4	0.12	ELIMINAR	Realizar un diseño eficiente considerando las longitudes y alcances de profundidad					Geólogo	0.3	0.1	0.03	
RT010	La información no se ha centralizado ni respaldado de forma adecuada	Si no se establece un sistema de centralización y respaldo de la información puede que se den problemas de comunicación y coordinación lo cual afectaría el cronograma, la calidad y el costo	Plan de comunicaciones durante la ejecución	3,4, 5, 6, 7,8, 9,10, 11, 12	0.30	0.4	0.12	ELIMINAR	Diseñar un plan eficiente de comunicación que considere el manejo de los datos mediante su centralización y acceso para los involucrados					Director	0.3	0.1	0.03	
RT011	Los levantamientos topográficos no pueden ser realizados con tecnología LIDAR	Si no es posible realizar los levantamientos topográficos con tecnología Lidar puede que se afecte la calidad, el cronograma y el costo del proyecto	Durante la ejecución	3	0.30	0.4	0.12	MITIGAR	Asegurar de manera anticipada el uso del equipo LIDAR para la factibilidad del proyecto	De no contar con los equipos de la empresa considerar la contratación del servicio				Topógrafo	0.3	0.1	0.03	
RO002	La organización no priorizó de manera adecuada el proyecto	Si la organización no priorizó de manera adecuada el proyecto puede que se den problemas de recursos que afectarán el cronograma	Plan de gestión del proyecto	todos	0.30	0.4	0.12	ESCALAR	Asegurar con la gerencia la debida priorización del proyecto de manera anticipada					Gerencia	0.3	0.1	0.03	
RD001	Se han realizado estimaciones erróneas del proyecto	Si las estimaciones realizadas en la planificación presentan errores relevantes puede que se den afectaciones en el cronograma, el alcance, la calidad y el costo	Plan de gestión del proyecto	todos	0.30	0.4	0.12	MITIGAR	Establecer procedimientos de control de calidad en la etapa de planificación que aseguren la fiabilidad de las estimaciones					Director	0.1	0.1	0.01	

MATRIZ DE REGISTRO, ANÁLISIS CUALITATIVO Y RESPUESTAS A LOS RIESGOS DEL PROYECTO																		
CÓDIGO	CAUSA	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	REFERENCIA	EDT	PROBABIL.	IMPACTO	RANGO PXI	ESTRATEGIA	ACCIONES PREVENTIVAS	RESPALDOS	PLAN PARA CONTINGENCIAS	RESERVA		DISPARADOR	RESPONSABLE	PROBABILIDAD POST PLAN	IMPACTO POST PLAN	RANGO POST PLAN
												T(d)	€					
RD003	No se han realizado procesos de control del proyecto	Si no se realizan procesos de control del proyecto puede que no se cumpla el alcance, el cronograma, los costos y la calidad	Seguimiento durante la ejecución	todos	0.30	0.4	0.12	ELIMINAR	Establecer un plan de control detallado de las actividades a ejecutar que asegure los objetivos						Director	0.1	0.1	0.01
RA001	Afectación de acuíferos	Si se establece que las obras subterráneas del proyecto afectarán significativamente los acuíferos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.30	0.4	0.12	MITIGAR	Establecer como parte de la metodología de excavación la realización de perforación de avance y procedimientos de preinyección de lechadas de cemento al avance para evitar el drenado de los acuíferos.						Geólogo y Coordinador EIA	0.3	0.1	0.03
RA002	Afectación de los ambientes acuáticos	Si se establece que las obras superficiales del proyecto afectarán significativamente los ambientes acuáticos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.50	0.2	0.10	MITIGAR	Definir las obras con potencial de generar impactos y considerar si es posible variar los diseños o considerar procesos de compensación						Coordinador EIA	0.3	0.1	0.03
REC001	No se cumplen los requisitos de financiación del proyecto	Si la organización no definió de forma anticipada los requisitos financieros para el proyecto puede que se afecte el cronograma, el alcance y los costos.	Seguimiento durante la ejecución	todos	0.10	0.8	0.08	ESCALAR	Asegurar de manera anticipada con la gerencia la definición de los recursos financieros para el proyecto						Gerencia	0.1	0.5	0.05
RT002	Los profesionales no tienen la experiencia para desarrollar la factibilidad	Si no se cuenta con profesionales experimentados puede que se generen problemas en el desempeño afectando el cronograma del proyecto	Plan de gestión de los recursos	3,4, 5, 6, 7,8, 10	0.30	0.2	0.06	ESCALAR	La gerencia debe asegurar contar con los recursos experimentados necesarios de manera anticipada						Gerencia	0.1	0.1	0.01
RT004	El equipo de perforación presenta averías	Si el equipo de perforación llegará a presentar condiciones de avería puede que se den problemas de calidad en el ensayo y se generen atrasos en el cronograma	Durante la ejecución	6, 7, 8, 9	0.30	0.2	0.06	MITIGAR	Mantener un estricto control del mantenimiento de los equipos y adquirir de antemano una reserva de refacciones de daño frecuente						Encargado de cuadrilla perforación	0.3	0.05	0.02
RO003	No se cuenta con el apoyo de la oficina de proyectos	Si no se cuenta con el apoyo de la oficina de proyectos puede que no se corrijan los errores de procedimientos administrativos afectando la calidad, el cronograma y los costos	Plan de gestión del proyecto	todos	0.30	0.2	0.06	ELIMINAR	Incluir dentro del plan de comunicación e involucrados el frecuente accionar de la oficina de proyectos						Director	0.1	0.1	0.01
RD002	La planificación del proyecto es deficiente	Si se dieron deficiencias en la planificación del proyecto por desconocimiento administrativo y/o técnico puede que se den problemas en el alcance, el cronograma, la calidad y los costos	Seguimiento durante la ejecución	todos	0.30	0.2	0.06	MITIGAR	Solicitar la revisión general y apoyo de seguimiento de la oficina de proyectos durante el proceso de planificación						Director	0.1	0.1	0.01
RA003	Afectación de los ambientes bióticos	Si se establece que las obras superficiales del proyecto afectarán significativamente los ambientes bióticos puede que no se logre aprobar la viabilidad ambiental	Planificación básica de las obras	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.3	0.2	0.06	MITIGAR	Definir las obras con potencial de generar impactos y considerar si es posible variar los diseños o considerar procesos de compensación						Coordinador EIA	0.1	0.1	0.01
RE003	Las comunidades cercanas tienen opiniones negativas del proyecto	Si se tienen opiniones negativas del proyecto puede que se produzcan eventos que limitarían el desarrollo de las investigaciones atrasando el cronograma.	Estudios técnicos de campo	5, 7, 8, 9, 11	0.50	0.1	0.05	ACEPTAR			Se consideran los costos de los viáticos del personal de campo que se atrasaría	7	€5,000,000.00	Las comunidades generan alguna denuncia o realizan acciones físicas contra el proyectot	Encargado social	0.50	0.1	0.05
RE004	Eventos meteorológicos extremos	Si se producen eventos hidrometeorológicos extremos durante las investigaciones pueden generarse atrasos en el cronograma	Estudios técnicos del proyecto	5, 7, 8, 9, 11	0.50	0.1	0.05	ACEPTAR			Se consideran los costos de los viáticos del personal de campo que se atrasaría	7	€5,000,000.00	Se genera un evento natural que obliga a detener actividades de campo	Director	0.50	0.1	0.05
RE001	Cambio en el nivel de prioridad de la ejecución de la factibilidad	Si cambia el nivel de prioridad del proceso de factibilidad del PHFC debido a decisiones políticas de la organización puede que se den atrasos en el cronograma por falta de recursos.	Acta de proyecto	1.1	0.10	0.4	0.04	ACEPTAR			Una afectación de este tipo impactaría el tiempo de todo el proyecto	22	€0.00	Cambio de gobierno, Cambio de gerencias. Cambio plan energético	Director	0.10	0.4	0.04

MATRIZ DE REGISTRO, ANÁLISIS CUALITATIVO Y RESPUESTAS A LOS RIESGOS DEL PROYECTO																		
CÓDIGO	CAUSA	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	REFERENCIA	EDT	PROBABIL.	IMPACTO	RANGO PXI	ESTRATEGIA	ACCIONES PREVENTIVAS	RESPALDOS	PLAN PARA CONTINGENCIAS	RESERVA		DISPARADOR	RESPONSABLE	PROBABILIDAD POST PLAN	IMPACTO POST PLAN	RANGO POST PLAN
												T(d)	€					
RT008	Limitaciones en el alcance técnico de los estudios	Si los estudios técnicos no alcanzan los niveles de calidad óptimos puede que la factibilidad presente deficiencias que afecten los costos del proyecto	Control de calidad	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.10	0.4	0.04	ACEPTAR			Las actividades de obtención de datos de campo son las que se podrían ver afectadas. Sería necesario repetir ensayos	7	€22,992,196.00	No cumplimiento de normas de calidad en ensayos	Director	0.10	0.4	0.04
RT009	No se cuenta con el software especializado para realizar las tareas técnicas	Si no se cuenta con el software especializado para realizar los estudios técnicos puede que se tarde más tiempo y la calidad de los productos sea menor.	Gestión de recursos, adquisiciones	3,4, 5, 6, 7,8, 9	0.10	0.4	0.04	ACEPTAR			Si no se cuenta con el software se requerirá mas tiempo de análisis	10	€6,000,000.00	Vencimiento de licencias de software.	Director	0.10	0.4	0.04
RO001	La organización no puede aportar todos los recursos requeridos	Si la organización no aporta los recursos necesarios para realizar las tareas de forma oportuna y eficiente puede que se afecte la calidad y el cronograma del proyecto	Plan de gestión de los recursos	todos	0.10	0.4	0.04	ESCALAR			Se debe considerar mas días de trabajo	10	€6,000,000.00	No consideración de personal clave en el proyecto	Gerencia	0.10	0.4	0.04
<b>RIESGO GENERAL DEL PROYECTO:</b>							<b>0.10</b>				<b>TOTAL DE RESERVAS PARA CONTINGENCIAS</b>	<b>63</b>	<b>€44,992,196.00</b>				<b>RIESGO GENERAL DEL PROYECTO POST-PLAN:</b>	<b>0.03</b>

Nota: La figura presenta la matriz de registro, análisis cualitativo y la respuesta a los riesgos del PHFC. Se muestra en colores la valoración de cada uno de los riesgos registrados antes y después de plantear acciones preventivas. Para los riesgos que han sido aceptados se presenta un plan para contingencias detallando la reserva de tiempo y costo calculado dependiendo del nivel de riesgo valorado. Elaboración propia.



En resumen, desde una valoración cualitativa, se puede indicar que el riesgo general del proyecto presenta un nivel moderado,  $R = 0.1$ . Al desarrollar una estrategia de manejo y la propuesta de acciones preventivas, se ha logrado reducir el riesgo general del proyecto a un valor de  $R = 0.03$ , el cual es considerado como bajo.

Para los riesgos que han sido aceptados, se ha establecido un plan de contingencias constituido por una reserva de tiempo de 63 días y una reserva de costo de  $\text{¢}44\,992\,196.00$ .

#### **4.4.10 Procesos de planificación de la gestión de las adquisiciones**

La planificación de la gestión de las adquisiciones del proyecto considera la compra de productos, servicios o resultados requeridos fuera del equipo del proyecto, estos pueden ser órdenes de compra o contratos.

Dado que el proyecto de factibilidad PHFC requiere para su desarrollo recursos humanos que forman parte de la planilla de la empresa, y que además la realización de operaciones de campo como perforaciones, ensayos de geofísica y servicios de laboratorios, también son cubiertos por los recursos de la empresa, no se considera necesario la realización de ningún tipo de adquisición.

#### **4.4.11 Procesos de planificación de la participación de los interesados**

Con la finalidad de planificar el involucramiento de los interesados del proyecto es importante conocer sus necesidades, expectativas e intereses, además de su influencia. Parte de esos conocimientos han sido detallados en la sección 4.3.2.

Como herramienta de análisis se utilizó la matriz de evaluación del involucramiento de los interesados, la cual permite comparar los niveles de participación actual con los deseados para cada uno de los interesados. En esta matriz se clasifica la participación de cada interesado como: desconocedor, reticente, neutral, de apoyo o líder. Se colocará en las celdas asociadas a

cada interesado una C para indicar la participación actual y una D para la participación deseada que busca asegurar el éxito del proyecto.

En la figura 50 se muestra la matriz resultante de la evaluación del involucramiento de los interesados.

**Figura 50**

*Matriz de evaluación del involucramiento de los interesados*

N°	TIPO	INTERESADO	DESCONOCEDOR	RETICENTE	NEUTRAL	DE APOYO	LIDER	
1	INTERNO	Gestor de proyecto				<b>D</b>	<b>C</b>	
2		Cliente/Patrocinador: Dirección Planificación y Sostenibilidad				<b>CD</b>		
3		Director Gestión de Servicios no Regulados				<b>CD</b>		
4		Coordinador de Ingeniería				<b>CD</b>		
5		Coordinador de Construcción				<b>CD</b>		
6		Hidrólogos				<b>CD</b>		
7		Meteorólogo				<b>CD</b>		
8		Laboratorio químico				<b>C</b>	<b>D</b>	
9		Laboratorio geotécnico geológico				<b>C</b>	<b>D</b>	
10		Topógrafo					<b>CD</b>	
11		Cuadrilla topografía lidar				<b>C</b>	<b>D</b>	
12		Geólogos					<b>CD</b>	
13		Geólogos geofísicos				<b>C</b>	<b>D</b>	
14		Ings. Geotecnistas					<b>CD</b>	
15		Ing. Sísmico					<b>CD</b>	
16		Cuadrilla de perforación			<b>C</b>		<b>D</b>	
17		Cuadrilla de geofísica			<b>C</b>		<b>D</b>	
18		Ing. Hidráulicos					<b>C</b>	<b>D</b>
19		Ing. Estructural					<b>CD</b>	
20		Ing. mecánico					<b>CD</b>	
21		Ings. Eléctricos					<b>CD</b>	
22		Ings. Constructores					<b>CD</b>	
23		Dibujantes y modeladores		<b>C</b>		<b>D</b>		
24		Equipo Ambiental (sociólogo, biólogo, ing. Ambiental, forestal, geólogos, ing.civil, geógrafo)					<b>CD</b>	
25		Abogado				<b>C</b>	<b>D</b>	
26		Financista Economista					<b>C</b>	
27	EXTERNO	Ministerio de Ambiente y Energía	<b>C</b>			<b>D</b>		
28		Dirección de Geología y Minas	<b>C</b>			<b>D</b>		
29		Secretaría Técnica Nacional Ambiental	<b>C</b>			<b>D</b>		
30		Registro Nacional	<b>C</b>			<b>D</b>		
31		Instituto de Desarrollo Rural	<b>C</b>			<b>D</b>		
32		Grupos comunales organizados	<b>C</b>			<b>D</b>		
33		Municipalidades	<b>C</b>			<b>D</b>		
34		Propietarios de fincas	<b>C</b>			<b>D</b>		
35		Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento	<b>C</b>				<b>D</b>	

*Nota:* la matriz compara los niveles de participación de cada interesado tanto en la actualidad cómo en la condición deseada dentro del proyecto. Elaboración propia.

A partir de la matriz de la figura 49 es posible establecer hacia dónde se debe dirigir el involucramiento de interesados clave para el proyecto y con esto asegurar el éxito.

Se debe revisar el plan de involucramiento o participación de los interesados de manera regular a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

#### **4.5 Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto**

Se incluye en este apartado los procesos realizados para completar el trabajo

##### **4.5.1 Dirección y gestión del trabajo**

Para dirigir y gestionar el trabajo se realizarán los trabajos definidos en el plan de la dirección del proyecto y se implementarán los cambios necesarios para lograr los objetivos. Se gestionará entonces el trabajo y los entregables.

Se aplicará como herramienta el juicio de expertos y las reuniones. Es relevante en este procedimiento la utilización de los documentos del proyecto tales como los registros de cambios el cronograma del proyecto, la lista de hitos, las comunicaciones y el registro e informe de riesgos.

El líder debe gestionar los entregables, debe solicitar y realizar los controles de cambio de acuerdo con la normativa establecida por la empresa. Le corresponde también al líder llevar el registro de incidentes. Como líder, gestor o director del proyecto debe:

- Validar y controlar el alcance, por medio de reuniones mensuales se revisará el estado de cumplimiento de las tareas
- Controlar el cronograma, los costos, la calidad, los recursos y las adquisiciones. Estos controles se realizarán de manera semanal para el cronograma y las adquisiciones, así como de forma mensual para el caso de la calidad y los costos.

- Monitorear las comunicaciones, los riesgos y el involucramiento de los interesados. Estos monitoreos se realizarán de manera mensual en las reuniones de seguimiento.

El líder del proyecto dirigirá la realización de las actividades planificadas y revisará el impacto de los cambios que se requieran. Es importante controlar los rendimientos del trabajo para asegurar una finalización eficiente de los entregables, esto será relevante para los procesos de seguimiento y control, además de las lecciones aprendidas.

#### **4.5.2 Gestión del conocimiento y dirección equipo**

Se debe buscar en este proceso de gestión usar de la mejor forma el conocimiento existente y crear nuevo conocimiento, todo esto para lograr los objetivos y enriquecer el aprendizaje de la organización. Estas acciones respaldarán las operaciones futuras del proyecto y de la empresa.

Se usarán como herramientas para esta gestión:

- el juicio de experto
- la gestión del conocimiento y la información, mediante la centralización y acceso a la información que se genere para todo el equipo de trabajo, y se pueda asegurar un aumento en el conocimiento de los involucrados.
- El refuerzo del liderazgo, la facilitación y las buenas relaciones interpersonales, pueden resaltarse mediante reuniones periódicas, la delegación de obligaciones, y la difusión e intercambio de los resultados técnicos obtenidos de los procesos realizados será una forma de aumentar el conocimiento del equipo y la empresa.

Los buenos resultados, los errores cometidos y las posibles omisiones generadas en el proyecto serán registradas como lecciones aprendidas, con la finalidad de mejorar los procesos y en general proyectos futuros.

La generación de confianza dentro del equipo de trabajo permitirá desarrollar un ambiente de transferencia de conocimiento y de experiencias que aportará en el crecimiento personal de los involucrados.

#### **4.5.3 Gestionar la calidad**

Este proceso traduce el plan de gestión de la calidad en calidad de ejecutable, buscando aumentar la probabilidad de cumplir con los objetivos de calidad. Se considera, además del plan de gestión de calidad, las lecciones aprendidas y las métricas de calidad.

Como herramientas y técnicas de gestión de calidad en la factibilidad, se utilizarán:

- Listas de verificación: el líder del proyecto verificará de manera semanal y apoyado con el cronograma, el avance de cada una de las tareas. La verificación se aplicará también a los costos que se estén cargando a las tareas, esta verificación se realizará de manera mensual.
- Análisis de documentos: en cada una de las especialidades técnicas se establecerá un “par técnico” o especialista que velará porque las tareas se ejecuten de manera correcta y con la mejor calidad. Este par técnico revisará los informes, planos finales o productos a entregar al cliente.
- Auditorías: a nivel empresarial, y de manera regular se realizarán auditorías técnicas de los proyectos en ejecución. Se incluyen en estas auditorías consultas sobre el cumplimiento de las normativas administrativas, de seguimiento y control técnico, además de cumplimiento de calidad técnica.
- Resolución de problemas: Ante el surgimiento de problemas complejos se aplicarán metodologías tales como lluvia de ideas o “Desing Thinking” que corresponde con una metodología de resolución de problemas centrada en el usuario, creativa y colaborativa.

Los entregables del proyecto, en términos generales, se resumen en una serie de informes técnicos, para los cuales deberán contar con las debidas verificaciones del cumplimiento de calidad técnica realizadas por los revisores. El director del proyecto deberá asegurarse que todos los entregables de los equipos de trabajo cumplan con los requerimientos para la conformación de un entregable unificado de alta calidad.

#### **4.5.4 Adquisición de recursos**

Considerando la estimación de los recursos para cada una de las actividades, la cual fue desarrollada en el punto 4.4.7 de este documento, se podrá ejecutar una adquisición de recursos de manera eficiente.

Para este procedimiento el director de proyecto solicitará a los encargados de las áreas técnicas funcionales, la cantidad y características de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades. Las áreas funcionales involucradas corresponden con topografía, hidrología y meteorología, geofísica, ingeniería sísmica, geología, geotecnia, hidráulica, estructuras, ingeniería de potencia y planta, construcción, gestión ambiental, legal, planificación, perforación y laboratorios.

Los procesos de solicitud y escogencia serán realizados empleando como herramientas la toma de decisiones, la negociación y los equipos virtuales.

Respecto a los requerimientos de otros recursos físicos para el desarrollo del proyecto, únicamente será necesario contar con las unidades de cómputo y los sistemas computacionales adecuados para cada uno de los ejecutores de las tareas, los cuales por lo general ya han sido aportados por la empresa.

Con la definición de las personas y los equipos de trabajo será necesario actualizar algunos de los documentos del proyecto, como el plan de gestión de los recursos y sus requerimientos, además de la actualización de los activos de la organización. Si por alguna

razón se ha de requerir algún otro recurso que no fue contabilizado en la planificación será necesario generar una orden de cambio.

Se debe indicar que los recursos del proyecto serán exclusivamente los internos de la organización y deben ser definidos y adquiridos de manera oportuna, de lo contrario se afectará el cronograma, los presupuestos y la satisfacción del cliente.

Es importante resaltar que los recursos requeridos para el desarrollo de la factibilidad deben ser de altas capacidades técnicas y experiencia, esto para asegurar el éxito del proyecto.

#### **4.5.5 Desarrollo del equipo**

El director del proyecto deberá liderar e inspirar al equipo de proyecto buscando siempre el trabajo colaborativo, el mejor desempeño y el alcance de los objetivos.

Ya que la metodología de trabajo de los equipos será principalmente de tipo virtual el director del proyecto deberá mantener una comunicación abierta y eficaz. Dicha comunicación deberá ser lo suficientemente frecuente para generar confianza entre los miembros del equipo, resolver problemas y tomar decisiones en forma colaborativa.

El director de proyecto aprovechará las giras de campo programadas para estrechar las relaciones entre los miembros del equipo, estos espacios de relación “cara a cara” deben ser bien aprovechados para tratar temas relevantes y de impacto para el proyecto.

El director de proyecto promoverá la realización de reuniones presenciales “cara a cara” con los miembros del equipo sobre todo para las revisiones finales de las entregas de productos o resolución de temas delicados para el proyecto.

#### **4.5.6 Administración de las comunicaciones**

El director del proyecto velará porque exista una buena recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, seguimiento y disposición de la información del proyecto (PMI, 2023, p152). Como ya fue mencionado en el apartado de

planificación de las comunicaciones, toda la información del proyecto será gestionada mediante herramientas tecnológicas que permitirán la realización de reuniones y comunicaciones virtuales, además de la gestión administrativa y técnica de la información mediante la centralización en un servidor empresarial, en la estructura de administración de equipos de Teams y en un repositorios en la nube para la gestión de planos bajo el concepto BIM llamado “Autodesk Construction Cloud” .

Será responsabilidad del director asegurar el acceso a los sitios de almacenamiento de la información y el trabajo de forma colaborativo de los miembros del equipo.

Las comunicaciones en general se realizarán mediante la plataforma Microsoft Teams y el correo electrónico institucional. El establecimiento de un programa recurrente de reuniones de coordinación y seguimiento semanal permitirá mantener una buena comunicación con los miembros del equipo.

De la misma forma, la comunicación con el cliente se realizará de manera frecuente una vez al mes mediante reuniones virtuales, en dónde se informará el estado del proyecto y situaciones especiales. Estas mismas reuniones servirán para la realización de aclaraciones y debates.

Durante las reuniones se utilizarán presentaciones previamente elaboradas, además de aplicar técnicas de facilitación y escucha activa. Se debe indicar que todas las reuniones registrarán sus detalles y acuerdos mediante la elaboración de minutas, para la cual se utilizará una plantilla normalizada de la institución.

#### **4.5.7 Implementación de la respuesta a los riesgos**

Implementar la respuesta a los riesgos es un procedimiento que debe ser realizado a todo lo largo del proyecto, e involucra efectuar los planes de respuesta al riesgo que fueron definidos en el apartado 4.4.9 de análisis cualitativo de riesgos.



En este procedimiento se debe garantizar que se ejecuten las actividades planeadas que minimizan las amenazas del proyecto. Para el desarrollo de este procedimiento se utilizarán técnicas de juicio de experto y habilidades interpersonales y de influencia.

Será necesario establecer las solicitudes de cambio pertinentes, las cuales serán basadas en la implementación de nuevas actividades que cumplan las acciones preventivas establecidas en el análisis cualitativo (sección 4.4.9). Por otra parte, será necesario incluir en la orden de cambio las reservas de tiempo y costo resultantes del plan de contingencia a los riesgos, definidos también en el análisis cualitativo de riesgos.

La implementación de la respuesta a los riesgos será dirigida principalmente a los cuatro riesgos definidos como Altos, para los cuales se estableció una acción preventiva para su gestión y minimización de riesgo (ver tabla 49). El resto de los riesgos definidos como Medios también serán objeto de gestión.

La implementación de la respuesta a los riesgos será una responsabilidad del director del proyecto, y deberán ser atendidos por los propietarios o responsables definidos en la matriz del análisis cualitativo de una forma proactiva y no reactiva, y estará en revisión durante el ciclo de vida del proyecto.

Es importante considerar en este procedimiento el registro de lecciones aprendidas y problemas.

#### **4.5.8 Ejecución de las adquisiciones**

Como ya se ha mencionado en el apartado 4.4. 10, en este proyecto no se requiere la realización de adquisiciones de elementos físicos o contratación de algún servicio o producto fuera de la institución.

Los recursos necesarios serán aportados por la organización.

#### **4.5.9 Gestión involucramiento interesados**

En este procedimiento se desarrollará la buena comunicación y el trabajo con las partes interesadas. Se generarán los espacios para poder tratar las necesidades y expectativas de los interesados, siempre buscando que el director del proyecto mejore el apoyo y reduzca la resistencia de los interesados.

Se requerirá entonces el plan de participación de los interesados, el plan de comunicaciones y los registros de problemas y lecciones aprendidas.

Como herramientas de trabajo se aplicará el juicio de expertos, las habilidades interpersonales y de comunicación, el manejo de conflictos y las reuniones.

El director de proyecto asegurará que los interesados se involucren en las etapas apropiadas y con el compromiso pertinente, siempre gestionando sus requerimientos mediante la negociación y la comunicación. El director también deberá abordar las inquietudes y problemas que se presenten entre los interesados.

Es relevante tener una amplia claridad en cuanto a las metas, los objetivos, los riesgos y beneficios del proyecto entre los interesados.

La gestión de los involucrados se estará basando principalmente en la realización de reuniones periódicas de coordinación y trabajo, las cuales responden al plan de comunicaciones.

## **4.6 Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto**

Los siguientes procesos indican la forma en que se revisará y regulará el progreso y desempeño del proyecto, y si se requiere mejorar o cambiar algo, por medio de la ejecución de las órdenes de cambio correspondientes.

### **4.6.1 Supervisión y control del trabajo**

El director del proyecto buscará, revisará e informará del avance general necesario para cumplir los objetivos del proyecto. Con esta supervisión se pretende dar a conocer a las partes interesadas cuál es el estado del proyecto y si es necesario tomar algún tipo de acción que reduzca el impacto sobre los costos y el cronograma.

La supervisión y el control del trabajo debe ser realizado a todo lo largo del ciclo de vida del proyecto, y para ellos se requerirá de los documentos del proyecto y de los informes del desempeño del trabajo.

Como herramientas de trabajo se utilizará el juicio de expertos, los análisis de datos tales como el análisis de valor ganado, el análisis de causa raíz y de alternativas y las reuniones.

De manera continua y con regularidades semanales a mensuales, se recopilará, medirá y evaluará las condiciones del proyecto. Lo anterior incluye:

- Comparar el desempeño real del proyecto con el plan de gestión.
- Evaluar el desempeño periódicamente e indicar acciones correctivas y preventivas.
- Comprobar el estado de los riesgos.
- Mantener una base documental sobre los productos del proyecto.

- Generar informes del estado del proyecto, los cuales serán ingresados al sistema integrado de gestión de la institución, además deben ser presentados en la reunión mensual con el cliente e incluidos en la minuta de seguimiento.
- Realizar pronósticos para actualizar el costo actual y la información del cronograma.
- Monitorear la implementación de los cambios aprobados.

#### **4.6.2 Realización del control de cambios**

El control integrado de los cambios será realizado por el director del proyecto, esto consistirá en realizar las debidas solicitudes y los respectivos cambios en los documentos del proyecto, lo cual permitirá un mejor abordaje del riesgo general del proyecto.

La realización del control de cambios utilizará las normativas institucionales, las cuales incluyen el llenado de fórmulas específicas y de revisiones por parte de la oficina técnica de ingeniería. La oficina técnica de ingeniería revisará la alineación de la orden de cambio respecto al alcance, el costo y el cronograma del proyecto, y realizará el debido respaldo de la documentación en los sistemas institucionales.

Como herramientas para el control se utilizará el juicio de expertos, el análisis de datos, herramientas de control de cambios y las reuniones.

El proceso de realizar control integrado de cambios se desarrolla a todo lo largo del ciclo de vida del proyecto, y se iniciará en el momento que se establezca la línea base del proyecto. Una solicitud de cambio puede ser solicitada por cualquiera de las partes interesadas. La forma de realizarla es a través del director del proyecto, quien solicita el cambio al cliente. O a través del representante del cliente hacia el director del proyecto. El cambio es analizado por las partes involucradas hasta llegar a un consenso y aprobación.

### **4.6.3 Validación y control del alcance**

Una vez que se vayan finalizando las tareas y obteniendo resultados finales de los entregables establecidos, el director del proyecto realizará una entrega formal al cliente del producto. Dicha entrega estará constituida por un informe debidamente revisado y firmado por los ejecutantes y revisores, dando fe de la calidad y cumplimiento del alcance. La entrega formal será acompañada por una presentación de resultados en una reunión con el cliente.

La aceptación parcial o final por parte del cliente se realizará mediante una nota normalizada de aceptación.

La validación del alcance requerirá el plan de gestión del alcance y los requisitos (EDT) y utilizará como herramientas la inspección y la toma de decisiones.

El control del alcance del proyecto y de sus productos incluirá el monitoreo y la administración de los cambios en la línea base del alcance, para esto se requerirá realizar análisis de datos.

Mediante el control del alcance se puede garantizar que los cambios recomendados se apliquen de manera correcta, asegurando los ajustes adecuados en el tiempo el costo y los recursos.

### **4.6.4 Control del cronograma**

El director monitoreará el estado del proyecto y actualizará y administrará los cambios en la línea base del cronograma, lo cual asegurará que la línea base se mantenga durante todo el proyecto.

En este control se requiere considerar el plan de gestión del cronograma, su línea base y otros documentos como, los calendarios de recursos y proyecto. Se utilizarán herramientas de análisis de valor ganado, rendimientos, análisis de ruta crítica y optimización de recursos.

Para actualizar el cronograma se debe conocer el desempeño real a la fecha. Considerando el tipo de proyecto, esta actualización se realizará mediante reuniones mensuales con los responsables, con el fin de gestionar las restricciones y acordar compromisos para el logro de la programación.

El detalle de la actualización de la línea base del cronograma será de conocimiento de todos los involucrados, con lo cual el acceso al mismo se realizará mediante la recopilación de la información administrativa en el servidor colaborativo del proyecto.

#### **4.6.5 Control de los costos**

El control de los costos consistirá en monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos y administrar los cambios en la línea base de costos, de esta forma la línea base de costos se mantendrá durante todo el proyecto.

Para realizar este proceso se requerirá de la línea base de costos y su desempeño, además de los datos de desempeño del trabajo. Como herramienta se empleará el juicio de expertos y el análisis de datos, específicamente el análisis de valor ganado y los índices de rendimiento por completar.

En el nivel institucional, el manejo de los costos del proyecto se estructura por medio de cuentas de cargo que deben estar asociadas a los entregables principales, los cuales responden a la estructura de desglose del trabajo (EDT). Los costos de los recursos son cargados por cada uno de los involucrados en un sistema institucional de cargos, de esta forma son contabilizados y respaldados de manera segura y eficiente. El director del proyecto podrá solicitar, cuando así lo requiera, un estado detallado de los costos a una fecha específica y bajo diferentes formatos de salida y detalle.

Con la información generada y aportada por la oficina técnica y finanzas, será posible generar el control de los costos conforme el proyecto avanza. Lo anterior permitirá informar a los involucrados y al cliente sobre la línea de base de costos y el desempeño en general.

Si por alguna razón se requiriese un aumento de los requerimientos de gastos será necesario gestionar las ordenes de cambio de manera oportuna. Una situación como ésta amerita una justificación válida y aprobada por el cliente. Lo anterior, posiblemente tendrá impactos relacionados con los riesgos del proyecto, los cuales tendrán que ser gestionados de la mejor forma.

Por otro lado, uno de los fines principales del control de los costos será el garantizar que los gastos no excedan el financiamiento autorizado para un determinado período o actividad, además de evitar que los cambios no aprobados no se incluyan en los costos del proyecto.

#### **4.6.6 Control de la calidad**

El control de la calidad en el desarrollo del proyecto debe realizarse durante todo el ciclo de vida, y consistirá en monitorear y registrar los resultados de la gestión de calidad. Con lo anterior será posible evaluar el desempeño y garantizar que los resultados sean completos, correctos y cumplan con las expectativas del cliente (PMI, 2023 p 179).

Para desarrollar este procedimiento será necesario contar con el plan de gestión de calidad además de algunos documentos del proyecto como podrían ser el registro de lecciones aprendidas, las métricas de calidad que se aplicarán y activos de procesos organizacionales.

Cómo herramientas se utilizarán la recopilación de datos, las listas de verificación, el análisis de documentos y las auditorías.

Como ya se ha mencionado el control de calidad se realizará sobre los resultados de estudios de campo, análisis de datos y diseños de obras que incluyen mapas y planos. El

control de calidad sobre los productos técnicos generados estará a cargo de profesionales experimentados de cada una de las especialidades, quienes darán seguimiento a lo largo de la generación de los productos y revisarán y aprobarán los resultados finales. Con el procedimiento anterior se podrá medir la integridad, el cumplimiento y la idoneidad del servicio o producto de una forma anticipada a la entrega final hacia el cliente.

Como herramientas de control se recomienda implementar:

- Revisión mensual de los resultados por parte de grupos técnicos de cada una de las especialidades. Estos grupos revisarán la forma y los resultados que se obtienen y calificarán y rectificarán dichos procesos con el fin de mantener y mejorar la calidad de los resultados.
- Los encargados de cada uno de los grupos técnicos de especialidad se asegurarán de que se apliquen las normativas institucionales para cada uno de los estudios, uso de herramientas computacionales e informes finales.
- A nivel de laboratorios, los encargados se asegurarán de la aplicación óptima de las normas y estándares de todos los ensayos que se realicen.
- Para proyecto se aplicarán auditorías que aseguren el cumplimiento de las metodologías, normas y estándares que aseguren una calidad óptima de los resultados.
- Los resultados sobre los entregables del proyecto, así como también la medición del desempeño de cada uno de los profesionales será calificada mediante una herramienta computacional en donde se considera, la calidad de los entregables y el cumplimiento del tiempo de entrega y horas de desarrollo, siempre acorde con el cronograma.



#### **4.6.7 Control de los recursos**

Como ya ha sido mencionado en apartados anteriores, dentro de este proyecto no se requerirán recursos físicos, los recursos requeridos están asociados a personal técnico y profesional, de esta forma, siempre será necesario garantizar su asignación según lo planificado y que se liberen cuando ya no se necesiten.

El desarrollo de este proceso requerirá el uso del plan de gestión de los recursos además de algunos documentos del proyecto cómo son el calendario de proyecto, el requerimiento de recursos y el registro de riesgos. Como herramientas de trabajo se utilizará el análisis de alternativas, la revisión de desempeño, la resolución de problemas, las habilidades interpersonales y la influencia.

El director del proyecto realizará el control de los recursos en todas las fases del proyecto, esto con el fin de tener siempre actualizado la asignación de recursos, los gastos de recursos, su liberación oportuna y la resolución de problemas.

EL control de los recursos técnicos y los resultados de sus actividades serán controlados mediante la realización periódica de reuniones. En dichas reuniones se revisará para cada uno de los profesionales, el resultado obtenido a la fecha, se cotejará la cantidad de horas parciales utilizadas, las fechas de entrega, las dificultades o problemas existentes, posibles atrasos o nuevos requerimientos y cualquier información relevante del proceso.

#### **4.6.8 Supervisión de las comunicaciones**

Realizar la supervisión de las comunicaciones debe garantizar el cumplimiento de las necesidades de información del proyecto y sus partes interesadas. El director de proyecto asegurará un flujo óptimo de información que debe responder al plan de gestión de las comunicaciones.

La supervisión de las comunicaciones es un proceso que debe realizarse a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Para su desarrollo será necesario el plan de gestión de los recursos, el plan de gestión de las comunicaciones y de las partes interesadas. Como herramientas se utilizarán el juicio de expertos y los sistemas de información en el proyecto, además de la evaluación de la participación de las partes interesadas y las reuniones.

En este proceso el director deberá establecer si las actividades de comunicación han sido eficientes en términos de mantener el apoyo de las partes interesadas, y de asegurar la transmisión correcta del mensaje.

La evaluación de la comunicación del equipo y del resto de involucrados se realizará mediante una rápida encuesta de satisfacción, la observación del equipo lleva consigo cambios en la matriz de evaluación de participación.

#### **4.6.9 Supervisión de riesgos**

La supervisión de los riesgos consistirá en dar seguimiento a la implementación de los planes de respuesta a los riesgos antes identificados y evaluará qué tan efectivo ha sido dicha gestión. El director del proyecto debe buscar que las decisiones del proyecto se basen en la información actual de exposición al riesgo.

El proceso de supervisión o monitoreo de los riesgos debe ejecutarse a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, y debe considerar el plan para la dirección del proyecto el cual incluye el plan de gestión de los riesgos. Como técnicas de monitoreo se utilizarán el análisis de desempeño, y las reuniones.

Mediante reuniones mensuales con los equipos de trabajo se revisarán el desempeño técnico, el cumplimiento del plan de riesgos, la salida de los riesgos y la aparición de nuevos riesgos individuales dentro del proyecto, el nivel de riesgo general, las reservas de contingencias de costo y cronograma y las estrategias de trabajo.

A partir de los análisis anteriores se generará un informe de riesgos que contemplará la evolución de los riesgos individuales y el nivel de riesgo general del proyecto.

#### **4.6.10 Supervisión de la participación de las partes interesadas**

El director del proyecto monitoreará las relaciones entre los interesados buscando incrementar la eficiencia y eficacia de las actividades del proyecto durante el ciclo de vida del proyecto.

Para este proceso se requerirá de los planes de gestión de recursos, de comunicaciones y de involucramiento, además de documentos del proyecto y de desempeño del trabajo. Como herramientas de trabajo se utilizarán las habilidades de comunicación e interpersonales y de equipo además de las reuniones.

### **4.7 Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto**

Este proceso considera la verificación de la finalización de las actividades del proyecto e incluye el archivo de la información del proyecto ya completado y la liberación de los recursos utilizados.

#### **4.7.1 Registro de lecciones aprendidas**

Como parte del cierre del proyecto se realizará la actualización de los documentos del proyecto marcándose como versiones finales de cierre.

Se realizará el registro de lecciones aprendidas, se incluirá información sobre gestión de beneficios, la gestión de riesgos e incidentes, además del involucramiento de los interesados

#### **4.7.2 Transición final del producto**

La información resultante, considerada como el producto final del proyecto será compilada en una serie de informes técnicos asociados a los entregables definidos en la EDT, dichos informes incluirán juegos de mapas y planos de diseño debidamente codificados.

Dicha compilación será entregada al cliente, en este caso la dirección de Planificación y Sostenibilidad, la entrega de información resultante o producto final se realizará de forma digital utilizando la red institucional.

La entrega será acompañada de una presentación técnica al cliente, la cual será en una reunión presencial.

La entrega oficial del producto final será respaldada mediante la entrega de una nota normalizada de entrega y aceptación de los productos y el proyecto, la cual deberá ser firmada por el representante del cliente o patrocinador.

#### **4.7.3 Informe final**

El director del proyecto generará un informe final de resumen del desempeño del proyecto el cual incluirá:

- La descripción resumida del proyecto.
- Los objetivos del alcance y la evidencia de su cumplimiento.
- Los objetivos de calidad con sus criterios de evaluación, la verificación de fechas de entrega y razones de variación.
- Los objetivos de costos, los costos reales y sus variaciones.
- Resumen de la validación del producto.
- Objetivos del cronograma, si se logró cumplir.
- Resumen de como el producto cumplió las necesidades del negocio.
- Resumen de riesgos o incidentes encontrados y su abordaje.

## 5 CONCLUSIONES

1. El nivel de conocimiento en Administración de Proyecto del Nivel 1 de Ingeniería se enfocó mediante el análisis del nivel de madurez, concluyendo que se tiene un grado de madurez intermedio alto en Estandarización, un nivel de madurez alto en procesos de Medición, un grado de madurez intermedio alto en procesos de Control, y un grado de madurez intermedio alto en los procesos de Mejora Continua. En términos generales el grado de madurez de la división es intermedio.
2. El PHFC fue ubicado desde el punto de vista político y mediante el señalamiento de coordenadas oficiales del sistema CRTM05, a través de mapas de ubicación de sus obras en detalle. Se realizó además una descripción de las obras de toma de aguas constituida por una cámara de carga, un túnel de conducción con una ventana de acceso, una cámara de regulación, una tubería trifurcada, una casa de máquinas y una restitución. Se espera que el proyecto genere 291 GWh de energía como media anual, con una potencia instalada de 60.6 MW.
3. Se desarrollaron los procesos de inicio del proyecto, generando los productos del acta de constitución del proyecto, en donde se describen los detalles de planificación y la identificación detallada de los involucrados internos y externos del proyecto, además de sus roles y sus niveles de poder e interés.
4. A partir del acta del proyecto y la definición de los interesados se estableció el alcance, el cual fue plasmado en la EDT del proyecto constituido por 19 paquetes de trabajo. A partir de la EDT se produjo el cronograma del proyecto en donde se establece un plazo de desarrollo de 32 meses. Se determinó el costo y presupuesto del proyecto por un monto de ¢1 858 440 917. Se estableció la planificación de gestión de la comunicación basada principalmente en sistemas tecnológicos y virtuales. Se realizó el análisis cualitativo del riesgo, determinando un riesgo general

para el proyecto de nivel moderado, para el cual al establecer una estrategia de manejo y respuesta del riesgo se logró reducir a un nivel bajo. Se estableció también un plan de contingencias de tiempo de 63 días y una reserva de costo de ¢44 992 196.00. Se realizó también una evaluación del involucramiento de los interesados para resaltar la participación actual y deseada de los interesados.

5. Se definió cómo dirigir y gestionar el trabajo mediante la validación y control del alcance del cronograma, los costos, la calidad, las comunicaciones y los riesgos. Se estableció la importancia de buscar el crecimiento del equipo mediante buenas relaciones y resaltando las lecciones aprendidas.
  - 5.1. El gestionamiento de la calidad mediante seguimiento y revisiones técnicas de los productos, además de auditorías, asegura el cumplimiento de los objetivos del proyecto.
  - 5.2. Para el desarrollo del proyecto no se requerirán recursos físicos, será desarrollado por recursos humanos los cuales se adquieren mediante coordinaciones con los encargados de las áreas funcionales de la organización. El director busca el trabajo colaborativo entre el equipo, en su mayor parte de forma virtual y por medio de reuniones y con la centralización de la información del proyecto en servidores y la nube. Se ha determinado la importancia del buen desarrollo del equipo mediante el liderazgo y la inspiración por parte del director del proyecto.
  - 5.3. Una buena administración de las comunicaciones implica recopilar, crear, distribuir, recuperar, gestionar y disponer de la información. En el caso del proyecto existen herramientas tecnológicas para estas gestiones. La gestión del involucramiento de los interesados mediante una buena comunicación entre los interesados mejora el apoyo y reduce cualquier resistencia, además de generar compromiso y trabajo mediante buena negociación.

- 5.4. Con la determinación de un nivel medio de riesgo se definieron una serie de respuestas al riesgo que buscan reducir dicho nivel, y que han sido planteados como acciones preventivas. Dichas acciones están dirigidas principalmente a cuatro riesgos definidos como altos.
- 5.5. Respecto a las adquisiciones, se ha dejado claro que para el proyecto no es necesario la realización de adquisiciones de servicios o materiales.
6. Con la finalidad de monitorear y controlar el proyecto se definió dirigir y gestionar el trabajo mediante la validación y control del alcance, además de controlar el cronograma, los costos, la calidad, las comunicaciones y los riesgos.
- 6.1. Los controles de cambio son parte importante del monitoreo y control y contempla las solicitudes y los cambios en el proyecto, los cuales son desarrollados de acuerdo con las normativas institucionales y las revisiones de la oficina técnica de ingeniería.
- 6.2. Se definieron procesos de validación y control del alcance al momento de entregar resultados al cliente, los cuales incluyen una presentación de resultados por medio de una reunión virtual o presencial y la entrega de un documento escrito y planos de diseño. La validación de resultados estará siendo respaldada por un documento de aceptación firmada por el representante del cliente y con corroboración de los compromisos establecidos en la EDT.
- 6.3. Controlar la línea base del cronograma será relevante y será ejecutado mediante análisis de valor ganado, rendimientos, análisis de ruta crítica y optimización de recursos. Es importante controlar el desempeño real a la fecha, que será consultado directamente a cada uno de los responsables de las tareas.
- 6.4. Para realizar el control de los costos del proyecto se requerirá de la línea base de costos y el desempeño del trabajo, además se contará con el apoyo de la oficina

técnica de ingeniería quien estará generando los informes contables cuando se requiera. Con el control de costos se garantizará que no se exceda el presupuesto y financiamiento definido.

- 6.5. Para evaluar el desempeño y asegurar que los resultados sean correctos y cumplan lo que el cliente espera, se controlará la calidad. Los productos del proyecto serán revisados por técnicos especializados de cada área funcional y verificando la integridad, el cumplimiento y la idoneidad del servicio.
- 6.6. El proyecto no requerirá la adquisición de recursos físicos, los recursos necesarios se asocian a personal técnico y profesional, los cuales serán gestionados por el director durante todo el ciclo de vida del proyecto considerando las habilidades interpersonales y el desempeño. Se busca mantener actualizado la asignación y gastos de recursos, su liberación oportuna y la resolución de problemas.
- 6.7. Para cumplir con las necesidades de información del proyecto y los interesados, el director tiene la responsabilidad de asegurar que la información llegue a todos los involucrados. Las comunicaciones del proyecto serán supervisadas durante el ciclo de vida del proyecto y considerarán la realización de encuestas de satisfacción y observación del equipo de trabajo para controlar la matriz de evaluación de participación.
- 6.8. La supervisión de riesgos se realizará a lo largo del ciclo de vida del proyecto mediante reuniones mensuales, revisión del desempeño y el cumplimiento del plan de respuesta a los riesgos, es importante considerar la aparición de nuevos riesgos y sobre todo mantener un nivel de riesgo general del proyecto lo más bajo posible.
- 6.9. La participación de las partes interesadas será monitoreada por el director del proyecto con el objetivo de aumentar la eficiencia y eficacia de las actividades



durante todo el ciclo de vida del proyecto. Estos objetivos se podrán lograr con buena comunicación y habilidades interpersonales.

7. Para la realización del cierre al finalizar el proyecto se verificará dicho estado incluyendo la base de datos de información del proyecto. Será relevante registrar las lecciones aprendidas, detalles sobre la gestión de riesgos, incidentes e involucramiento de los interesados.

Los productos finales serán compilados según lo establecido en la EDT y entregados de forma digital al cliente a través de la red institucional. La satisfacción del cliente será medida mediante el llenado de una formula normalizada en donde se anotará la aceptación de los productos y el proyecto.

El director del proyecto preparará un informe final de resultados en donde se integrará un resumen general, los objetivos el proyecto y evidencia de cumplimiento, calidad de los productos, cumplimiento de fechas de entrega, variaciones en los costos, validaciones del producto y resumen de riesgos en incidentes.

## **6 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a la coordinación de la división de Ingeniería la implementación de una PMO que colabore en el direccionamiento de los proyectos de la división, asegure la implementación de los estándares, los controles y el mejoramiento continuo.
2. Se recomienda al director del proyecto aplicar de manera explícita los principios de administración de proyectos en la realización de evaluaciones de factibilidades, lo cual apoyará el aseguramiento del alcance de los objetivos del proyecto.
3. Ya que el tipo de proyecto considera que sus principales recursos son las personas, se recomienda al director del proyecto una gestión bien planificada que asegure el mejor desempeño de los equipos de trabajo.

4. Se recomienda que todos los involucrados de los equipos de trabajo tengan conocimiento claro del alcance y los objetivos del trabajo, apoyados por la EDT y el cronograma del proyecto.
5. Se recomienda al director del proyecto asegurar que todo el equipo conozca el nivel de riesgo general del proyecto, los riesgos individuales y participen en su gestión.
6. Se recomienda que el director asegure que las comunicaciones del proyecto se apeguen al plan establecido y que se dé especial atención a la centralización y almacenamiento de la información que se genere y que sea de forma colaborativa.
7. Se recomienda que el director del proyecto gestione de manera minuciosa los gastos del proyecto y los tiempos establecidos para el desarrollo de las tareas por parte de los miembros del equipo.
8. Se recomienda que el director lidere al equipo para que las tareas sean realizadas con la mejor actitud e inculcando que los desarrollos sean efectuados con la más alta calidad.
9. Se recomienda que el director y su equipo mantenga una buena comunicación y control de la satisfacción con el cliente.
10. Al finalizar el proyecto se recomienda que el director y el equipo de trabajo registre en un informe los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas.

## 7 VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE

En 1987, la ONU en su informe *Nuestro Futuro Común*, definió desarrollo sostenible como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Desde ese momento se comienza a generar conciencia del impacto de las actividades humanas y del peligro de sobrevivir como especie. En ese momento se plantea como principio tres pilares del desarrollo sostenible: el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. Carboni et ál (2018) cita a Elkinton (1994), quien traduce los principios mencionados y los define como “Triple Bottom Line (3BL) o Triple Línea de Resultado (Beneficio, Persona y Planeta) en donde tiene como objetivo medir el desempeño financiero, social y ambiental.

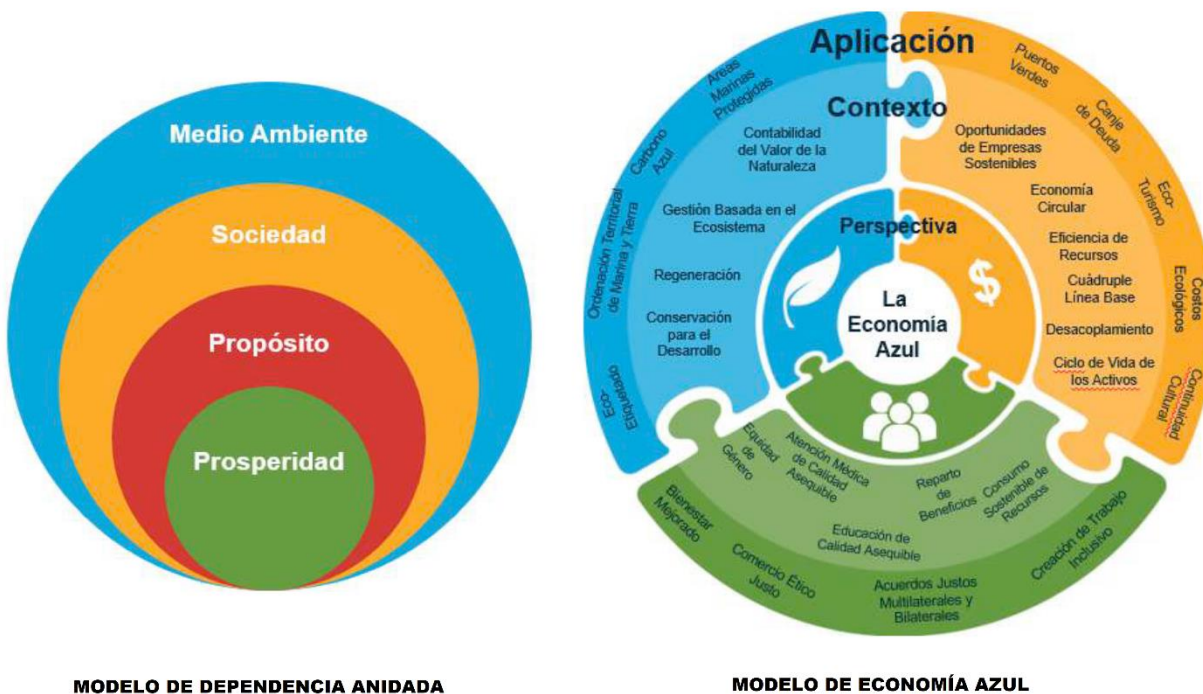
En el sitio web [www.un.org](http://www.un.org) se detalla información de las Naciones Unidas, comentando que 1992 se pone en práctica el desarrollo sostenible con la reunión en Río de Janeiro, llamada Cumbre de la Tierra de Río en donde se adopta el Programa 21, que incluyó planes de acción específicos de desarrollo sostenible. Esto se repitió en el año 2002 con la cumbre mundial sobre desarrollo sostenible, aprobando el plan de aplicación de Johannesburgo.

De acuerdo con Carboni et ál (2018) cita a Dodgson (2010), quien agrega una línea más a los principios de desarrollo sostenible: el Propósito, que incluye la innovación adaptativa y en donde se puede incluir la prosperidad. A este modelo se llama Dependencia Anidada.

Un concepto que permite ser más incluyente en cuanto a las propuestas anteriores es el modelo de Economía Azul. En la Figura 51 se muestran los diagramas de representación de los modelos de Dependencia Anidada y de Economía azul.

Figura 51

Modelos de desarrollo sostenible



*Nota.* La figura muestra los diagramas de representación de dos de los modelos de desarrollo sostenible. Tomado de *Gestión de Proyectos Sostenible: La Guía de Referencia de GPM*, pp. 5 a 6. por Carboni et ál. Publicado por GPM Global, 2018.

Para el año 2011, Colombia adopta 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, a lo cual Las Naciones Unidas y otros líderes apoyan la iniciativa. EL 25 de setiembre 2015, La ONU adopta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), con la finalidad de alcanzarse en los próximos 15 años.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU se presentan en la Figura 52.

**Figura 52***Objetivos de Desarrollo Sostenible*

*Nota.* La figura muestra los 17 objetivos del desarrollo sostenible planteados por la ONU en el año 2015. Tomado del sitio web [www.un.org](http://www.un.org). Revisado el 18 de junio 2023.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Respecto al término Desarrollo Regenerativo, éste tiene que ver con buscar el camino a un planeta mejor. La regeneración de recursos es una tendencia para revertir los daños ambientales y crear un mundo más saludable.

EL Dr. Müller (2017), en su artículo Desarrollo Regenerativo, el camino a seguir para salvar nuestra civilización, comenta que la humanidad ha excedido sus límites de consumo y ha propiciado la destrucción masiva de la naturaleza. Indica además que para poder revertir este daño y permitir que la vida continúe es necesario un desarrollo regenerativo con un enfoque holístico en 6 capas:

1. Regeneración de paisajes funcionales
2. Fortalecimiento social a través de la organización y desarrollo comunitario
3. Un nuevo paradigma para el desarrollo económico (las personas deben importar más que el dinero)
4. Conservación y valoración de la cultura viva.
5. Repensar y rediseñar las estructuras políticas actuales (verdadera participación democrática)
6. Fomentar estructuras espirituales y de valores profundos basadas en la ética, la transparencia y el bienestar global.

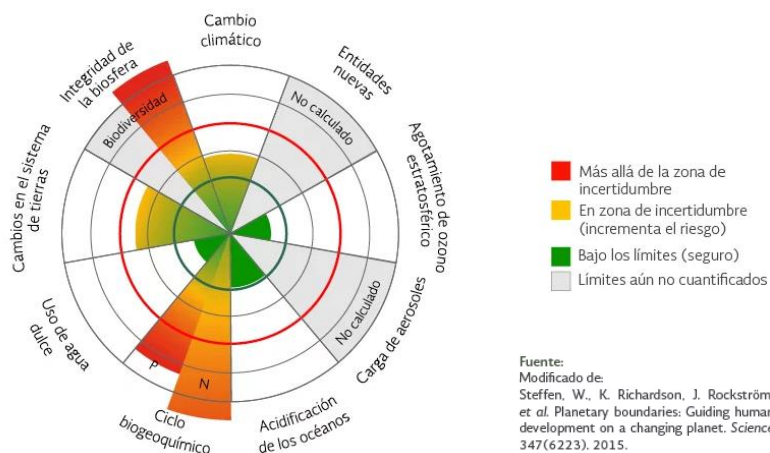
Para tener un mejor entendimiento de desarrollo regenerativo es importante tener conocimiento del estado de nuestro planeta. El concepto de límite planetario fue introducido en el año 2009, y define los límites ambientales dentro de los cuales la humanidad puede operar de manera segura (Steffen et al).

Se definieron 9 límites ambientales, de los cuales se han sobrepasado 4 de ellos: pérdida de biodiversidad, cambio de sistemas terrestres, flujo biogeoquímico (N y P) y cambio climático.

El Dr. Müller (2017) cita al Steffen (2015) y muestra un diagrama de los límites planetarios para el año 2015, el cual se presenta en la Figura 53.

**Figura 53**

*Límites Planetarios en el año 2015*



*Nota.* El gráfico muestra una representación del estado de las variables de control para siete de los límites planetarios. La zona verde es el espacio operativo seguro, amarillo zona de incertidumbre y roja zona de alto riesgo. Modificado de Steffen et al, 2015.

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>.

Es relevante mencionar que el desarrollo sostenible ya no es suficiente para mantener un ambiente seguro en nuestro planeta, es necesario desarrollar una mentalidad enfocada en el desarrollo regenerativo de manera holística, considerando lo espiritual, lo ambiental, lo social, lo económico, lo político y lo cultural.

Tanto los objetivos de sostenibilidad como los principios de desarrollo regenerativos serán implementados dentro del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff bajo diferentes mecanismos. Una forma de asegurar el éxito de los procesos asociados con la sostenibilidad y la regeneración será una buena realización del plan de gestión, lo cual estará reflejado en el PFG.

## **7.1 Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible**

Como ya se ha mencionado, los Objetivos de Desarrollo Sostenible fueron establecidos por la ONU en el año 2015, teniendo como propósito su cumplimiento para el año 2025, y aunque a menos de 2 años no se ve posible su alcance, es importante continuar haciendo todos los esfuerzos necesarios.

Seguidamente se analizarán cada uno de los 17 objetivos con respecto al desarrollo del PHFC.

### **7.1.1 Fin de la pobreza**

Para el desarrollo del PHFC es necesario la contratación de personal remunerado. Los procesos desde la etapa de investigación, diseño y construcción requerirán cantidades importantes de personal, el cual tendrá que ser contratado en el sitio de obra. Bajo este principio de generación de trabajo se contribuye a la disminución de los focos de pobreza, los cuales son más críticos en las zonas rurales, como es este caso.

### **7.1.2 Hambre cero**

Bajo el mismo principio de generación de empleo a partir del desarrollo del PHFC, la contratación de personal remunerado proveniente de la misma área geográfica en la que se desarrollará asegurará que las personas y las cadenas de servicio de la región tengan poder adquisitivo para alimentación.

### **7.1.3 Salud y bienestar**

En Costa Rica el acceso a los servicios de salud está respaldado por el gobierno, aun así, eso no garantiza el bienestar general de la población. Un aporte sustancial hacia el bienestar de las personas es nuevamente la generación de trabajo remunerado, el cual



permitirá un desarrollo de calidad tanto en la salud como en el bienestar. Nuevamente el desarrollo del proyecto hidroeléctrico aportará a este objetivo.

#### **7.1.4 Educación de calidad**

La educación primaria y secundaria en Costa Rica tiene un apoyo importante a nivel de gobierno, y es de acceso generalizado para todos los niños y jóvenes del país. El acceso a la educación universitaria es más restringido sobre todo en el área en donde se estará desarrollando el PHFC. Aunque el proyecto no este directamente asociada con procesos de educación formal, la contratación de personal involucrará un entrenamiento de alto nivel técnico en muchas ramas, con lo cual existe un aporte en la educación de las personas.

#### **7.1.5 Igualdad de género**

Dentro de las políticas institucionales del ICE se han contemplado directrices claras respecto a las personas y a la igualdad de género. Dentro de los procesos de contratación se busca siempre un equilibrio de género y no tener prejuicios de tipo étnico o racial. En las actividades de construcción pesada cada vez es más frecuente la oferta de mano de obra femenina, y el ICE no ha sido la excepción, ni tampoco ha dejado pasar la oportunidad de contratar mujeres para realizar actividades de albañilería, soldadura, o cualquier actividad técnica o profesional que se requiera en el proyecto.

#### **7.1.6 Agua limpia y saneamiento**

Una característica especial en Costa Rica es la del acceso a agua potable. Aún en zonas rurales se desarrollan acueductos con abastecimiento de agua potable. A nivel nacional no se cuenta con muchas redes de sistemas de saneamiento de aguas negras, pero sí es generalizado la instalación de sistemas de tanque séptico que aseguran el manejo de las heces. Aunque el proyecto no se encuentra relacionado directamente con el tema, pero si se

contabiliza que, en los últimos proyectos hidroeléctricos realizados por el ICE, se han diseñado y construido acueductos completos para las comunidades aledañas (PH Arenal, PH Angostura, PH Peñas Blancas, PH Pirrís, PH Cariblanco, Ampliación Cachí, Los Toros, PH Reventazón), esto como parte de la extensión social considerada en los estudios de impacto ambiental. De esta forma es posible siempre generar apoyo en este tema.

#### **7.1.7 Energía asequible y no contaminante**

En este objetivo de sostenibilidad es donde se puede concentrar el mayor aporte asociado al proyecto. Al ser un proyecto de generación de energía eléctrica de tipo sostenible se cumple con principio de no contaminación. El proyecto será parte del sistema eléctrico nacional, lo cual permitirá cumplir con la responsabilidad de ICE de suministrar energía a toda la población a precios asequibles.

#### **7.1.8 Trabajo decente y crecimiento económico**

Nuevamente el desarrollo del PHFC representa un aporte importante en este objetivo de sostenibilidad. El desarrollo del proyecto desde sus inicios aporta trabajo decente y crecimiento económico, tanto para el personal contratado como también para la empresa pública que lo desarrolla. El proceso constructivo de una obra como esta requiere de un número importante de trabajadores, que, aunque sea de manera temporal aportará trabajo decente y bien remunerado.

#### **7.1.9 Industria, innovación e infraestructura**

Nuevamente el desarrollo de una obra de infraestructura civil de gran tamaño como lo es el PHFC, representa un desarrollo industrial de alto nivel, el cual debe ser ejecutado con innovación. Para este tipo de proyectos, por su complejidad, los procesos de innovación se ven reflejados en un sin número de actividades. Se debe resaltar que la investigación, el diseño, la

construcción y la operación serán realizados por mano de obra nacional. En resumen, este es otro ejemplo de alcance de objetivo sostenible.

#### **7.1.10 Reducción de las desigualdades**

Costa Rica nunca ha sido considerado como país desarrollado, aun así, realiza todos los esfuerzos por ser un referente en algunos temas, por ejemplo, la producción energética sostenible asociado con el desarrollo de obras de infraestructura eficiente, como es el caso del PHFC. Con el desarrollo de este proyecto es posible disminuir desigualdades de algunas poblaciones rurales vulnerables, principalmente mediante el aporte de trabajo remunerado educación técnica y aporte de infraestructura.

#### **7.1.11 Ciudades y comunidades sostenibles**

El desarrollo del PHFC tiene poca relación con las ciudades o zonas urbanas densas, más bien se relaciona con comunidades rurales, asociadas con actividades agropecuarias. Estas comunidades poco pobladas pueden verse afectadas de manera positiva por el desarrollo del proyecto, siendo esto una responsabilidad por parte de los desarrolladores. Ya se han mencionado algunos aportes positivos que contribuyen al mejoramiento de los poblados.

#### **7.1.12 Producción y consumo responsable**

Este tema asociado directamente con la economía mundial y la dependencia del uso del medio ambiente está totalmente relacionado con el desarrollo del PHFC. El desarrollo del proyecto requiere del aprovechamiento del río Reventazón, y para ello generará un impacto en algunos elementos bióticos y sociales del entorno. Es responsabilidad del ICE analizar que dichos impactos no excedan las capacidades de recuperación del medio ambiente. La producción de energía hidroeléctrica es considerada como una energía limpia, pero

indiscutiblemente los procesos constructivos generarán un impacto al medio terrestre y el río. Se deben buscar los procesos que equilibren, disminuyan o eliminen estos impactos.

#### **7.1.13 Acción por el clima**

Este objetivo está dirigido directamente a disminuir los efectos del calentamiento global, los cuales pueden estar asociados con la generación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Con el desarrollo del proyecto hidroeléctrico el cual es considerado como una energía limpia, se realiza directamente una acción por el clima. De no contar con plantas hidroeléctricas las opciones de producción energética estarían asociadas con plantas de tipo térmico, que requieren el consumo de hidrocarburos, y consecuentemente la generación de CO<sub>2</sub>.

#### **7.1.14 Vida submarina**

El desarrollo del proyecto hidroeléctrico no tiene una relación directa con la vida submarina, aun así, existe una estructura aprovechada por el proyecto que puede tener un aporte positivo a la vida marina. La estructura de presa que genere el reservorio para la producción energética genera un embalse que retiene una buena parte de los sedimentos arrastrados por el río y que podrían tener un efecto nocivo sobre la vida submarina.

#### **7.1.15 Vida de ecosistemas terrestres**

El desarrollo del proyecto hidroeléctrico ha sido conceptualizado para desarrollarse de manera lineal y subterránea. En términos generales las áreas de impacto a ecosistemas terrestres son puntuales y se encuentran afectando algunos sectores naturales y otros de uso agrícola, con lo cual se considera un impacto reducido. El ICE siempre considera procesos de reducción de impactos físicos y bióticos y plantea procesos de recuperación de bosque en las

áreas aledañas al proyecto sobre las fincas adquiridas. Lo anterior lo consigue a través del desarrollo de viveros forestales y planes de manejo de cuencas.

#### **7.1.16 Paz, justicia e instituciones sólidas**

Ese objetivo puede enfocarse con el desarrollo del proyecto haciendo referencia al Instituto Costarricense de Electricidad, el cual es el desarrollador y puede considerarse como una institución sólida, capaz de desarrollar importantes proyectos de generación eléctrica. Estos resultados solo pueden ocurrir en un ambiente de paz y justicia como el que cuenta Costa Rica.

#### **7.1.17 Alianzas para lograr los objetivos**

El poder alcanzar con éxito el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico como el PHFC solo es posible mediante alianzas y buenas relaciones interinstitucionales relacionadas con temas de manejo ambiental, temas de manejo minero, asuntos financieros nacionales e internacionales, tenencia de la tierra, municipales y muchas otras más.

### **7.2 Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5**

De acuerdo con Carboni et al (2018, p. 12) “para que un proyecto sea sostenible, los requerimientos y las restricciones deben incluir la mitigación de los impactos ambientales, sociales y económicos negativos y el logro de los beneficios descritos en el caso de negocio”.

La Gestión de Proyectos Verdes o GPM creó el Estándar P5™ Para la Sostenibilidad en la Gestión de Proyectos (GPM Global, 2019), en donde P5 significa Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos y Productos.

El Estándar P5™ (GPM Global, 2019) es una herramienta que permite alinear las carteras los programas y los proyectos con la estrategia para la sostenibilidad y luego se centra en los impactos de procesos y entregables del proyecto en el medio ambiente, la sociedad, el

resultado corporativo y la economía local. Describe además las acciones que debe realizar el director del proyecto.

El P5 es una tabla que registra las medidas de sostenibilidad para un proyecto, además es un vínculo entre el proyecto y los objetivos de sostenibilidad. En resumen, identifica los posibles impactos para la sostenibilidad, tanto positivos como negativos.

La identificación de los impactos es realizada para el producto, los procesos, las personas, al planeta y la prosperidad. En la figura 54 se muestra la ontología de P5.

**Figura 54**

*Ontología P5*

PROYECTO											
Impactos de los Productos											
Impacto de los Procesos (de Gestión de los Proyectos)											
Impactos Sociales (Personas)				Impactos Ambientales (Planeta)				Impactos Económicos (Prosperidad)			
	1. Prácticas Laborales y Trabajo Decente	2. Sociedad y Clientes	3. Derechos Humanos	4. Comportamiento Ético	5. Transporte	6. Energía	7. Agua	8. Consumo	9. Retorno de la Inversión	10. Agilidad de Empresa	11. Estimulación Económica
a	Empleo y Dotación de Personal	Apoyo a la Comunidad	No discriminación	Prácticas de Inversión y Contratación	Adquisiciones Locales	Consumo de Energía	Calidad del Agua	Reciclado	Relación Costo-Beneficio	Flexibilidad/Opcionalidad en el Proyecto	Impacto Económico Local
b	Relaciones Laborales/de Gestión	Políticas Públicas y Cumplimiento	Trabajo Infantil Explotador	Corrupción y Soborno	Comunicación Digital	Emisiones de CO2	Consumo de Agua	Disposición	Beneficios Financieros Directos	Aumento de la Flexibilidad del Negocio	Beneficios Indirectos
c	Salud y Seguridad del Proyecto	Salud y Seguridad del Consumidor	Trabajo Forzado y Obligado	Comportamiento Anticompetitivo	Viajes y Desplazamientos	Retorno de Energía Limpia	Desplazamiento del Agua Sanitaria	Contaminación y Polución	Tasa Externa de Retorno		
d	Capacitación y Educación	Etiquetado de Productos y Servicios			Logística	Energía Renovable		Residuos	Tasa Interna de Retorno		
e	Aprendizaje Organizacional	Publicidad y Comunicación de Venta							Valor Presente Neto		
f	Diversidad e Igualdad de Oportunidades	Privacidad del Consumidor									
g	Desarrollo de Competencia Local										

*Nota.* La figura muestra una ontología de análisis de impactos bajo el concepto de sostenibilidad para la gestión de proyectos. Tomado de *Gestión de Proyectos Sostenibles*, p. 14, 2ª ed, por Carboni et ál, GPM Global, 2018.

Se realizará el análisis de impacto para el desarrollo del PHFC, lo anterior mediante la matriz ontológica del Estándar P5, la cual es aportada por GPM Global.

En la Figura 55 se presenta el desarrollo de la matriz de Análisis de impacto P5.

**Figura 55**

*Análisis de impacto P5*

**Análisis de Impacto P5**

**Impactos**

*Este impacto mejorará los resultados del proyecto desde una perspectiva de sostenibilidad.*

5 = Totalmente de acuerdo 4 = De acuerdo 3 = Neutral 2 = En desacuerdo 1 = Totalmente en desacuerdo

Categoría	Subcategoría	Elemento	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
<b>2.1 Impactos del Producto</b>								
	2.1.1	Vida útil del producto	Un mínimo de 50 años	Perdida de producción de energía	1	Modernización de la planta para aumentar su vida útil en al menos 40 años más	5	4
	2.1.2	Mantenimiento del producto	Deterioro prematuro de la infraestructura. Salida de operación por fallas en equipos	Pérdida producción de energía. Riesgo alto de accidentes	1	Establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo de la infraestructura y equipos	5	4
<b>2.2 Impactos de los Procesos (de Gestión de Proyectos)</b>								
	2.2.1	Eficacia de los Procesos del Proyecto	Deficiencia en los estudio técnicos induciendo a estimaciones preliminares muy gruesas como base de costos del proyecto	Incremento en los costos del proyecto durante la construcción	1	Establecer de un plan de gestión de la calidad de los productos técnicos del proyecto, además de una presupuestación detallada	5	4
	2.2.2	Eficiencia de los Procesos del Proyecto	Bajos índices de desempeño de avance y costo	Pérdidas económicas y atraso en el cronograma	1	Realizar controles y monitoreo con frecuencia semanal basados en un plan de calidad	5	4
	2.2.3	Equidad de los Procesos del Proyecto	No se considera el involucramiento y criterio de todos los miembros del equipo de proyectos	Poca identificación y arraigo con el proyecto	1	Generar mesas de involucramiento y otros espacios colaborativos con los diferentes actores del proyecto	5	4
<b>Promedio de Producto y Proceso</b>					<b>1.0</b>		<b>5.0</b>	<b>4.0</b>



Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
<b>3 Impactos a las Personas (Sociales)</b>						
<b>3.1 Prácticas Laborales y Trabajo Decente</b>						
3.1.1 Empleo y Dotación de Personal	El proyecto requiere contratar mano de obra para la construcción del proyecto	Se generarán empleos a corto plazo	4	La mano de obra que se contrate debe ser en su mayoría local	5	1
3.1.2 Relaciones Laborales/de Gestión	Involucramiento de los miembros de los equipos del proyecto, trabajadores de obra y patrocinadores	La falta de involucramientos entre los equipos produce conflictos y tensiones en el lugar de trabajo, además de un bajo compromiso y motivación	2	Gestionar las relaciones e involucramiento de equipos del proyecto por medio del plan de comunicación, fomento de trabajo en equipo y buen clima laboral.	5	3
3.1.3 Salud y Seguridad del Proyecto	El proyecto debe cumplir la normativa de salud y seguridad	Si no se cuenta con una estructura de gestión de seguridad y salud laboral, el riesgo a lesiones, enfermedades o muerte son muy altas. Se dará un impacto en la imagen y productividad del proyecto, los costos de seguros aumentarán.	1	Establecer un equipo y los respectivos planes de gestión de seguridad y salud laboral. Se debe desarrollar capacitación y cultura de trabajo seguro.	5	4
3.1.4 Educación y Capacitación	El proyecto requiere personal con experiencia en construcción pesada.	Si no se cuenta con personal profesional y técnico con conocimientos en construcción se podrían generar errores o atrasos, que al final	2	Se deben identificar las habilidades de los contratados y plantear procesos de capacitación de personal para fortalecer los conocimientos. Se debe asegurar con esta capacitación afectada en los	5	3
3.1.5 Aprendizaje Organizacional	El proyecto debe contar con personal de experiencia en proyectos anteriores, en donde ponga en práctica lecciones aprendidas y estrategias de la organización	Si no se toma en cuenta las experiencias o lecciones aprendidas se podrían cometer errores o abordar procesos de manera ineficiente, lo que conduciría a atrasos y/o sobrecostos.	1	Establecer como parte del proceso la contratación de personal que haya laborado en proyectos anteriores, asegurando la aplicación de lecciones aprendidas. Lo anterior debe incluir a los profesionales encargados. Se debe incluir además como parte de los procesos de control y seguimiento el registro de las nuevas lecciones aprendidas	4	3
3.1.6 Diversidad e Igualdad de Oportunidades	El proyecto debe dar igualdad de oportunidades a todos los empleados sin considerar sus orígenes, cultura, género, edad.	La falta de igualdad de oportunidades y consideraciones de diversidad generan insatisfacciones, que desencadenan en poca productividad, poca innovación. Esta acción impactará la imagen del proyecto.	2	Asegurar por medio de políticas claras los principios de diversidad e igualdad de oportunidades al momento de realizar contrataciones y dentro de los procesos.	5	3
3.1.7 Desarrollo de la Competencia Local	El proyecto debe considerar las capacidades técnicas de las comunidades cercanas a la obra con la finalidad de contratar mano de obra local	La no consideración de mano de obra local y sus capacidades generará disconformidades con los pueblos cercanos afectando el desarrollo general del proyecto, detención del proyecto, obstaculación de accesos. Esto impactará el tiempo, el costo y la imagen del proyecto	1	Desarrollar procesos inclusivos con las comunidades cercanas al proyecto, que aseguren la contratación de mano de obra local, la cual pueda tener un desarrollo técnico, con el fin de aportar crecimiento económico de las personas y la región.	5	4

Categoría		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría	Elemento						
	3.2.1 Apoyo de la Comunidad	El proyecto debe generar los espacios para interactuar con las comunidades ubicadas dentro de las área de impacto	habrá inconformidades y desacuerdos con las comunidades, las cuales serán traducidas con acciones negativas hacia el proyecto, esto impactará en el cronograma y los costos del proyecto, además de la imagen	1	Desarrollar políticas y planes de manejo y relación con las comunidades, además de un plan de comunicaciones y gestión de interesados.	5	4
	3.2.2 Cumplimiento de Políticas Públicas	El proyecto cumplirá toda la legislación asociada con la actividad.	De no cumplir con alguna ley o regulación el proyecto podrá ser objeto de suspensiones o sanciones que afectarán el cronograma y el costo	1	Contar con un grupo experto de todos los ambitos del proyecto con un amplio conocimiento de la legislación, además contar con el apoyo del grupo jurídico de la institución	5	4
	3.2.3 Protección para Pueblos Indígenas y Tribales	NA	NA		NA		
	3.2.4 Salud y Seguridad del Consumidor	La infraestructura a construir debe cumplir con los mas altos estándares de calidad, lo cual asegura su desempeño sin poner en riesgo al personal y las comunidades cercanas	Si no se cumplen las normativas de calidad la infraestructura o producto final podría generar contingencias de seguridad, lo cual impactaría la producción energética y a los trabajadores	2	Se debe asegurar la calidad del producto mediante una buena gestión de la calidad. Se debe implementar un sistema de auscultación de obra de las obras construidas	5	3
	3.2.5 Etiquetado de productos y servicios	NA	NA		NA		
	3.2.6 Comunicaciones de Mercadeo y Publicidad	EL proyecto debe publicitar mediante la prensa o su sitio web cual será el producto final. Debe hacerlo con claridad e indicar que se desarrolla de manera sostenible	Si no se publicita el proyecto de forma adecuada la desinformación puede generar un rechazo o mal interpretaciones de los objetivos.	2	Establecer un plan de gestion de comunicación del proyecto que considere la publicidad del objetivo y los mecanismos de desarrollo del proyecto como una obra sostenible.	4	2
	3.2.7 Privacidad del Consumidor	La institución desarrolladora del proyecto debe tener un manejo responsable de la información de sus clientes, siempre acorde con la legislación.	Si no se regula de forma eficiente la información de los clientes, se perderá la credibilidad de la empresa y su reputación.	3	Se cuenta con normativas claras sobre le manejo de datos y de información de clientes, lo que asegura la credibilidad y reputación de la empresa.	5	2
<b>3.3 Derechos Humanos</b>							
	3.3.1 No Discriminación	El proyecto trabajará siempre dentro de un ambiente positivo, sin acoso, sin prejuicios , sin discriminación,	Si no se cumple con el desarrollo de un buen ambiente de trabajo, es probable que los objetivos no se puedan alcanzar, esto representa perdidas por costos y calidad del entregable, además de la reputación de la empresa	1	Establecer políticas y principios institucionales que aseguren el respeto y buen trato hacia todas las personas.	5	4
	3.3.2 Trabajo de acuerdo a la edad	El proyecto no admite de manera contundente la contratación de menores de edad	Ser partícipe del trabajo infantil va en contra de los principios de derechos humanos y atenta contra la salud de los niños y su desarrollo	1	Hacer valer la legislación y los principios éticos de la empresa respecto al tema de trabajo infantil	5	4
	3.3.3 Trabajo Voluntario	El proyecto garantiza que todos sus trabajadores realizan su labor de manera voluntaria.	El trabajo forzoso o el conocimiento de esta acción dentro de la cadena de suministro desvirtúa el proyecto, lo hace tener mala reputación y afecta el apoyo de la comunidad	1	Tener políticas claras respecto a los recursos humanos y cumplir con la legislación de trabajo	5	4

Categoría	Subcategoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Elemento							
<b>3.4 Comportamiento Ético</b>							
3.4.1	Prácticas de Adquisiciones	Las adquisiciones del proyecto consideran la sostenibilidad y es realizada basándose en licitaciones gubernamentales	Procesos largos y minuciosos que de no ser gestionados de forma adecuada puede impactar el tiempo y costo del proyecto.	3	Contar un plan de gestión de las actividades	5	2
3.4.2	Anti-corrupción	El proyecto cumple con la legislación asociada con el proyecto	Los procesos de corrupción, soborno o acciones antiéticas generan mala reputación y problemas legales	1	La empresa cuenta con normativas claras sobre acciones incorrectas o ilegales	5	4
3.4.3	Competencia Leal	NA	NA		NA		
<b>Promedio de las Personas</b>				<b>1.7</b>		<b>4.9</b>	<b>3.2</b>

Categoría	Subcategoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Elemento							
<b>4 Impactos al Planeta (Ambientales)</b>							
<b>4.1 Transporte</b>							
4.1.1	Adquisiciones Locales	Las adquisiciones del proyecto pueden incentivar a los locales para oferten sus servicios o productos	Todos los productos que provengan de lugares lejanos incluyen precios de transporte mas altos, con lo cual se aumentan los costos	1	La empresa es regulada por la legislación, con lo cual existen limitaciones para escoger productos específicos locales	3	2
4.1.2	Comunicación Digital	La comunicación digital en el proyecto es aplicación generalizada	La no utilización de tecnologías digitales vuelven lento los procesos, y obligan a realizar viajes largos	1	El proyecto establece de manera clara un plan de gestión de las comunicaciones en donde considera las tecnologías digitales	5	4
4.1.3	Viajes y Desplazamientos	El proyecto considerará hasta donde sea posible los desplazamiento a los sitios de obra.	El transporte al sitio de obra es necesario para el cumplimiento de los objetivos	5	Para cumplir con los objetivos se debe viajar a los sitios de obra. Se gestionará de manera eficiente el uso de los vehículos,	5	0
4.1.4	Logística	El proyecto estructurará lógicas para la recepción de materiales, el reuso, recuperación o reciclaje.	La no implementación de procesos de lógicas Sostenibles aumentarán los costos y la reputación del proyecto	1	Se deben establecer planes de manejo HD de los materiales del proyecto	5	4

Categoría	Subcategoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Elemento							
<b>4.2 Energía</b>							
4.2.1	Consumo de Energía	El proyecto debe considerar el uso de materiales y equipos eficientes energéticamente	El uso de equipos de alto consumo hoy aumentan los costos de energía del proyecto	2	A nivel empresarial se debe tener la directriz de utilizar equipos y herramientas eficientes desde el punto de vista energético.	5	3
4.2.2	Emisiones CO2	El proyecto debe considerar procesos y equipos que reduzcan la producción de CO2	Si no se buscan procesos the reducción de CO dos habrá problema de calidad en el aire y aumentos en los costos del proyecto	2	La empresa debe adquirir equipos que reduzcan la producción de CO2	4	2
4.2.3	Retorno de Energía Limpia	El proyecto en sí mismo es una fuente de generación de energía limpia	La no finalización del proyecto incluye que no se pueda generar energía limpia	1	El planteamiento de una gestión eficiente y eficaz del proyecto asegurarán el éxito	5	4
4.2.4	Energía Renovable	El proyecto en sí mismo es una fuente de generación de energía renovable	La no finalización del proyecto incluye que no se pueda generar energía renovable	1	El planteamiento de una gestión eficiente y eficaz del proyecto asegurarán el éxito	5	4
<b>4.3 Tierra, Aire y Agua</b>							
4.3.1	Diversidad Biológica	El proyecto ha sido planteado cumpliendo con la legislación ambiental y respetando la diversidad biológica	El irrespeto a los seres vivos c por el desarrollo del proyecto genera mala reputación e impacta el equilibrio del planeta	1	El proyecto a través de un estudio de impacto ambiental establece lo que impactará y cómo lo gestionará para reducir su impacto.	5	4
4.3.2	Calidad del Aire y el Agua	El proyecto ha sido planteado cumpliendo con la legislación ambiental y respetando la calidad del aire y el agua.	El no cumplimiento de normativas de manejo de la calidad del aire y el agua, generará impactos negativos sobre el medio, mala reputación, problemas legales.	1	El proyecto a través de un estudio de impacto ambiental establece lo que impactará y cómo lo gestionará para reducir su impacto.	5	4
4.3.3	Consumo de Agua	El proyecto gestionará de manera responsable el consumo de agua durante la construcción. Durante la operación su uso será de manera renovable	La no utilización adecuada del agua, generará mala reputación e impctos negativos al ambiente.	1	El proyecto a través de un estudio de impacto ambiental establece lo que impactará y cómo lo gestionará para reducir su impacto.	5	4
4.3.4	Desplazamiento del Agua Sanitaria	El proyecto incluye en sus diseños técnicos los manejos de agua de escorrentía y sanitaria.	El manejo inadecuado de las aguas generará problemas técnicos en la infraestructura y sanitarios en el sitio.	1	El proyecto generará los diseños hidráulicos para el manejo de escorrentía y las aguas sanitarias	5	4

Categoría	Subcategoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Elemento							
<b>4.4 Consumo</b>							
4.4.1	Reciclaje y Reutilización	El proyecto plantea el uso de materiales reciclados, además establece programas de reutilización y reciclaje.	De no implementarse programas de reciclaje en el proyecto se impactaría sobre el medio, se tendría mala reputación y no se podría reducir el desperdicio.	2	El proyecto a través de un estudio de impacto ambiental establece lo que impactará y cómo lo gestionará para reducir su impacto.	5	3
4.4.2	Disposición	El proyecto cuenta con procesos diseñados para una disposición final de los desechos del proyecto y aprovechar lo que se pueda.	El no diseñar la disposición de los desechos del proyecto, principalmente durante la construcción, generará problemas difíciles de resolver y dará mala reputación y sobrecostos .	1	Se debe establecer un plan de gestión de los desechos del proyecto, este plan estará asociado a los compromisos ambientales adquiridos por ley	5	4
4.4.3	Contaminación y Polución	El proyecto cumplirá con las regulaciones establecidas reduciendo el máximo las probabilidades de polución y contaminación	El no cumplimiento de las regulaciones generará problemas complejos resultando en sobrecostos de solución para el proyecto.	1	El proyecto cumplirá con las regulaciones y compromisos del estudio de impacto ambiental	5	4
4.4.4	Generación de Residuos	Los residuos del proyecto son gestionados de manera responsable y respondiendo a un plan	No gestionar el manejo de los residuos generará problemas de contaminación, espacios de disposición, desperdicio y sobrecostos.	1	El proyecto cumplirá con las regulaciones y compromisos del estudio de impacto ambiental	5	4
<b>Promedio del Planeta</b>				<b>1.4</b>		<b>4.8</b>	<b>3.4</b>

Categoría	Subcategoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Elemento							
<b>5 Impactos a la Prosperidad (Económicos)</b>							
<b>5.1 Análisis del Caso de Negocio</b>							
5.1.1	Modelado y Simulación	Los modelos y simulaciones utilizados deben ser los mas cercanos a la realidad.	Si los resultados reales son diferentes negativamente a los modelados, causaría desconfianza en inversionistas y financistas.	2	Utilizar modelos bien fundamentados así como cada escenerios con amplio criterio.	4	2
5.1.2	Valor Presente	El VAN debe ser positivo.	Los flujos netos de efectivos deben ser mayores que los negativos los suficiente para que el indice sea positivo.	1	Los costos de mantenimiento deben estar siempre por encima del punto de equilibrio.	4	3
5.1.3	Beneficios Financieros Directos	La rentabilidad del proyecto reside en el monto obtenido por ingresos de producción energética por encima del punto de equilibrio.	Un problema fisico en la planta puede alterar los ingresos por generación.	1	Asegurar el mantenimiento preventivo en la planta	5	4
5.1.4	Retorno sobre la Inversión	Los accionistas esperan retorno de su inversión.	El retorno sobre la inversión depende de producciones de energia tal y com ofueron proyectadas	2	Apegarse a los programas de generación planteados, asegurando un buen estado de la planta	5	3
5.1.5	Relación Beneficio-Costo	Una política estricta de reducción de costos puede incidir en beneficios.	Si con fin de reducir costos no se mantienen los mantenimientos preventivos puede bajar el estado de eficiencia de la planta.	2	Definir una politica para el mantenimiento y sostenibilidad de de la planta	4	2
5.1.6	Tasa Interna de Retorno	Un TIR equilibrado -no muy alto no bajo- contribuye a la sostenibilidad	Altas tasas de retorno pueden implicar costos altos para la planta	3	Las tarifas de producción están definidas por otros entes estatales	4	1

Categoría	Subcategoría	Elemento	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
<b>5.2 Agilidad del Negocio</b>								
	5.2.1	Flexibilidad/Opcionalidad	Este tipo de proyectos tienen poca flexibilidad y opcionalidad	La reducción en los volúmenes de agua para producir energía será un problema relevante	1	El manejo de la reserva de agua es crucial para la operación de la planta	3	2
	5.2.2	Flexibilidad del Negocio	El negocio es poco flexible y muy específico	La poca flexibilidad del negocio podría ser nocivo para la planta	1	Se podría buscar implementar otras fuentes de ingreso asociadas con planta, como el turismo	3	2
<b>5.3 Estimulación Económica</b>								
	5.3.1	Impacto Económico Local	El proyecto impactará de manera positiva las comunidades locales por medio del empleo y servicios secundarios	El empleo masivo de personal en el proyecto es temporal durante el proceso constructivo	1	Se debe ser claro en cuanto a los beneficios del proyecto en la comunidad, y saber dirigir por medio de programas y compromisos cualquier otro aporte	5	4
	5.3.2	Beneficios Indirectos	Los proyectos ICE incluyen por lo general aportes a la comunidad como mejorar en infraestructura comunal, caminos de acceso, acueductos, programas de capacitaciones específicas.	De no desarrollarse el proyecto algunos beneficios dirigidos a la comunidad no se gestarían	1	El proyecto cuenta con planes de proyección comunal asociados a los programas de compromisos sociales establecidos en el estudio de impacto ambiental	5	4
<b>Promedio de Prosperidad</b>					<b>1.5</b>		<b>4.2</b>	<b>2.7</b>
<b>Promedio General</b>					<b>1.5</b>		<b>4.7</b>	<b>3.2</b>

*Nota.* La figura muestra el desarrollo de la matriz ontológica P5, la cual analiza los impactos del proyecto en los ejes del producto, los procesos, en lo social, lo ambiental y en la economía. Generación propia a partir de la matriz aportada por, GPM Global, 2ª versión, 2018.

La matriz de análisis P5, describe las causas del evento, el impacto potencial de sostenibilidad e identifica posibles respuestas para cada evento, buscando minimizar el impacto negativo y maximizar el impacto positivo.

Los impactos potenciales y su respuesta propuesta son calificados de la siguiente manera:

5 = totalmente de acuerdo.

4 = de acuerdo.

3 = neutral.

2 = en desacuerdo.

1 = totalmente en desacuerdo.

La matriz calcula el cambio entre los valores de la propuesta de impacto potencial y la respuesta propuesta, ósea el antes y el después. Las puntuaciones que muestran una mejora en la sostenibilidad del proyecto tendrán un fondo verde, el cual corresponde con un valor positivo del cambio. Cuando las puntuaciones muestren una reducción en la sostenibilidad tendrán un fondo rojo, correspondiendo con un valor de cambio negativo.

Los resultados obtenidos del análisis de impacto indican que:

- Para los impactos del Producto y los Procesos, la puntuación de impacto antes tiene un promedio de 1, y al aplicar las propuestas el promedio es de 5 obteniendo un promedio de cambio igual a 4. Para este caso las respuestas implementadas producen un proyecto sostenible en este tema.
- Para los impactos sociales, la puntuación del impacto antes tiene un promedio de 1.7, y al implementar las respuestas la puntuación del impacto después es de 4.9, obteniendo un valor de cambio de 3.2. Se

puede concluir que los Impactos de tipo social son sostenibles para este proyecto.

- En el caso de los impactos ambientales la puntuación antes tiene un valor de 1.4, y al implementar las respuestas la puntuación del impacto después es de 4.8, teniendo un valor de cambio de 3.4. A partir de estos resultados se puede indicar que los impactos al planeta son sostenibles para el proyecto.
- Para el caso de los impactos a la prosperidad o económicos la puntuación antes es de 1.5, y con las propuestas de respuesta se tiene una puntuación de impacto después igual a 4.2. Para este caso los impactos sobre la economía son también sostenibles para el proyecto.

Una puntuación general de los niveles de impacto del proyecto muestra una puntuación de impacto después de 4.7 y un valor de cambio de 3.2, o sea un valor positivo, reafirmando que el proyecto es sostenible siempre y cuando se implementen las respuestas propuestas.

### **7.3 Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo**

La validación en el campo del Desarrollo Sostenible está asociada con el enfoque que se le debe dar a la solución de los daños que el ser humano le está ocasionando al planeta.

Para esto es necesario trabajar en de manera holística en 6 capas, Mulles (2017):

1. Regeneración de paisajes funcionales.
2. Fortalecimiento social a través de la organización y desarrollo comunitario.
3. Un nuevo paradigma para el desarrollo económico (las personas deben importar más que el dinero).
4. Conservación y valoración de la cultura viva.



5. Repensar y rediseñar las estructuras políticas actuales (verdadera participación democrática).
6. Fomentar estructuras espirituales y de valores profundos basadas en la ética, la transparencia y el bienestar global.

### **7.3.1 Dimensión ambiental**

- ¿Cómo mi proyecto está diseñado para restaurar lo que ya ha sido dañado a nivel ambiental?

Se establecerán programas de mejoramiento de áreas aledañas a las obras constructivas y sitios de escombreras y obras temporales mediante procesos de siembra de árboles. Existen además, programas de compensación que incluyen la donación de árboles a diferentes entidades.

A nivel del río, se realizará un estudio de caudal adaptativo que asegure la persistencia del ambiente acuático.

- ¿Cómo se afectan los límites planetarios con mi proyecto? (biodiversidad, cambio climático, acidificación de los océanos, fósforo y nitrógeno (agroquímicos), agua dulce, cambio en el uso de la tierra y el ozono).

Los límites ambientales que serán afectados con el proyecto se asocian con biodiversidad, cambio del uso de la tierra y agua dulce.

Será necesario retirar un área de 7000 m<sup>2</sup> de bosque secundario para la construcción de la estructura de cámara de carga, y alrededor de 15 Ha de zonas de pastoreo para instalar un embalse de regulación y la casa de máquinas. Será necesario también reutilizar áreas de escombreras, antes utilizadas en el proyecto Reventazón.

El impacto al agua dulce se asocia con la excavación del túnel y el posible drenado del agua subterránea, para lo cual se estarán implementando medidas de impermeabilización al

avance de la excavación. Por otro lado, se interrumpirá una porción del flujo del río a lo largo de 3 km.

### **7.3.2 Dimensión social**

– ¿Cómo mi proyecto promueve una vida digna a todos los habitantes del planeta? según ODS.

1. Reduciendo la pobreza dando trabajo digno a las personas de las comunidades cercanas al proyecto.
2. Mediante el trabajo se podrá tener acceso a una buena alimentación.
3. Al contar con un sueldo digno se puede tener acceso a salud y bienestar.
5. El proyecto garantiza la igualdad de género al momento de contratar al personal.
7. Mediante el desarrollo del proyecto se asegura el acceso a la energía limpia.
8. El desarrollo del proyecto incluye la dotación de trabajo decente y crecimiento económico para las personas.
10. El desarrollo del proyecto dotará de empleos y mejorará la economía reduciendo las desigualdades sociales.

### **7.3.3 Dimensión económica**

– ¿Cómo mi proyecto incorpora desde su diseño la generación de beneficios a las personas menos favorecidas?

Dentro del proceso de construcción del proyecto será necesario la contratación de personal técnico, con lo cual se estará favoreciendo a personas con baja escolaridad y con bajos recursos.

– ¿Cómo mi proyecto disminuye la brecha económica?

La generación de empleos remunerados de manera justa es el principal impulsor para la disminución de las brechas económicas.

- ¿Cómo mi proyecto utiliza medios de intercambio distintos a las monedas tradicionales?

No sólo existe ganancia monetaria al trabajar en el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico, debemos resaltar en las personas las ganancias que tiene nuestro país al desarrollar una planta de generación de energía limpia. Se debe inculcar en los trabajadores el aporte de este tipo de proyectos a la sostenibilidad y la regeneración de nuestro planeta.

#### **7.3.4 Dimensión espiritual**

- ¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con la naturaleza?

El desarrollo del proyecto se da en un ambiente rodeado por la naturaleza, asociado a un ambiente de campo y de zonas de bosque. Sin duda alguna el cambio de uso de la tierra propiciará zonas de protección natural, el cual será un aporte para los seres humanos.

- ¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con otros seres humanos para compartir en condición de iguales, sin juicios y escucha activa el uno del otro?

El desarrollo del proyecto y la necesidad de contratación de personal para trabajar bajo un mismo objetivo, en condiciones de igualdad, respeto y lejos de discriminaciones asegura un contacto especial entre las personas.

- ¿Cómo mi proyecto fomenta espacios de descanso y meditación?

Con la finalización del proyecto, los espacios adquiridos, por lo general son objeto de mejoramiento ambiental, se generan espacios reforestados que fomentan el acercamiento de animales. Todo este ambiente es propicio para el esparcimiento y la meditación.

- ¿Cómo mi proyecto propicia espacios de reflexión para mirar hacia adentro y mejorar mis habilidades esenciales?

La generación de espacios naturales, que se complementan con la infraestructura de la planta, siempre son propicios para la reflexión, la introspección y el alcance de paz y tranquilidad.

### **7.3.5 Dimensión cultural**

- ¿Cómo mi proyecto fortalece o afecta las expresiones artísticas y/o culturales del país o la Región en la que se desarrolla?

Para el desarrollo del proyecto debe haber un análisis del comportamiento cultural de las personas de la región, de esta forma se puede mejorar la comunicación y la relación entre el proyecto y las comunidades.

- ¿Cómo se involucra o excluye el conocimiento de las personas adultas mayores?

Muchas veces ha sido necesario establecer conversaciones con personas adultas oriundas del área de proyecto. Lo anterior se ha realizado con la finalidad de obtener información de algunos procesos históricos, como por ejemplo efectos por inundaciones, deslizamientos, cambio en el uso de la tierra, presencia de vida silvestre, ubicación de nacientes.

- ¿Cómo mi proyecto protege o afecta el entorno visual y auditivo del lugar donde se desarrolla?

Aunque el desarrollo del proyecto generará cambios en el entorno, finalmente se trata de mantener al máximo las condiciones naturales del terreno, y mejorarlo en todo lo que se pueda. Procesos de arborización de potreros y protección de zonas boscosas.

- ¿Cómo mi proyecto respeta o invade costumbres propias de las poblaciones en las que se desarrolla?

Es parte de las políticas de la empresa respetar el entorno de las poblaciones o comunidades en las que se desarrollan los proyectos.

### **7.3.6 Dimensión política**

- ¿Cómo mi proyecto beneficia que los ciudadanos tengan una participación activa en el diseño de su propio futuro?

Mediante los procesos de relaciones sociales con la comunidad, los cuáles han sido establecidos en el estudio de impacto ambiental, se trata siempre de generar una participación activa relacionado con las actividades del proyecto. Esto incluye establecimiento de mejoras en caminos de acceso, infraestructura comunal, acueductos y otros.

- ¿Cómo mi proyecto empodera a mujeres y jóvenes para tomar posiciones de liderazgo?

Como parte de los procesos de capacitación de las personas contratadas, se logra siempre resaltar el liderazgo y el buen desempeño de las personas, las cuales muchas veces terminan constituyéndose como técnicos de alto nivel que pasan a desarrollar otros proyectos.

- ¿Cómo mi proyecto involucra o excluye la voz de las personas autóctonas de la zona en la que se desarrolla sin importar su nivel o clase social?

Una de las premisas en la contratación de personal en los proyectos es no hacer diferencias o discriminaciones de ningún tipo. Las personas son contratadas por sus habilidades demostradas o con miras a ser entrenadas para desarrollar tareas específicas.

## Lista de Referencias

- Arias, F. (2012). *Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica* (5° ed.)  
Caracas: Espíteme.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Arias,+F.+\(2012\).+Proyecto+de+investigaci%C3%B3n:+introducci%C3%B3n+a+la+metodolog%C3%ADa+cient%C3%ADfica+\(5%C2%B0+ed.\)+Caracas:+Esp%C3%ADteme.+&ots=kYqNdjrvh4&sig=zQP\\_Ohbvd796CA-hyoll1v\\_sWVQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Arias,+F.+(2012).+Proyecto+de+investigaci%C3%B3n:+introducci%C3%B3n+a+la+metodolog%C3%ADa+cient%C3%ADfica+(5%C2%B0+ed.)+Caracas:+Esp%C3%ADteme.+&ots=kYqNdjrvh4&sig=zQP_Ohbvd796CA-hyoll1v_sWVQ#v=onepage&q&f=false)
- Arciniega, F (2019). *Suposiciones y restricciones del proyecto*. Sitio web F. Arciniega.  
<https://fernandoarciniega.com/suposiciones-y-restricciones-del-proyecto/#:~:text=Una%20suposici%C3%B3n%20es%20una%20circunstancia,fuera%20de%20su%20control%20total.>
- Arrioliz, Enrique. (01/06/2023). *Ventajas y desventajas de la energía hidráulica*. Tomado de la web Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-hidraulica-1155.html>.
- Azuero, Enrique. (2019). *Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación*. Tomado de Revista Arbitrada interdisciplinaria Koinonia, ISSN-e 2542-3088, Vol. 4, N°8 (julio-diciembre) 2019, pp 110-127.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>.
- Barreda, Brenes y Vega (2018). *Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción, GIPIAC. Colegio de Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica*.
- Bogas Pomares Fernando (31 julio 2019). *Planificación de proyectos Predictivos vs Adaptativos*. Tomado de página Web Adictos al trabajo.  
<https://www.adictosaltrabajo.com/2019/07/31/planificacion-de-proyectos-predictivos-vs-adaptativos/>.

Carboni, Duncan, Gonzáles, Milson y Young (2018). *Gestión de Proyectos Sostenibles, Guía de referencia del GPM*. 2ª ed. Publicado por GPM Global, Novi MI 48375, EEUU.

[www.greenprojectmanagement.org](http://www.greenprojectmanagement.org)

Cota C. (2010). *Fundamentos de investigación*. Tomado del sitio web.

<https://sites.google.com/site/fundamentoscota/unidad-ii/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros>.

Cabrera, M. (2010). Introducción a las fuentes de información. Universidad Politécnica de Valencia. Artículo docente. <https://riunet.upv.es/handle/10251/7580>.

Customer Success Center.(revisado el 12/06/2023). *Entregables*. Sitio web.

<https://success.sciforma.com/es/2021.09/topics/usuario/entregables>

De los Ríos, M. (2009). *Plan de Gestión de Riesgos para la Construcción del Túnel de Conducción Superior en el Proyecto Hidroeléctrico El Diquís del ICE*. Proyecto final de graduación. Universidad para la Cooperación Internacional UCI. San José, Costa Rica.

<http://map-tesis.blogspot.com/2009/10/plan-de-gestion-de-riesgos-para-la.html>

Energianufri, (04/06/2023). *El origen de la energía hidráulica*. [https://www.energianufri.com/el-](https://www.energianufri.com/el-origen-de-la-energa-)

[origen-de-la-energa-hidraulica#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica%2C%20conocida%20como,hidr%C3%A1ulicas%20para%20moler%20el%20grano](https://www.energianufri.com/el-origen-de-la-energa-hidraulica#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica%2C%20conocida%20como,hidr%C3%A1ulicas%20para%20moler%20el%20grano).

Ente Nazionale per Lenergia Eléctrica ENEL. (4/6/2023). *La energía Hidroeléctrica*.

<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica>.

Franco, Y (2011) *Research Thesis. Methodological framework*. Venezuela. Available at:

Available: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/marcometodologico-defunción.html> [Consulta 2018/11/22].

Gascón Busio Oscar (revisado el 29/05/2023) *¿Qué es la administración de proyectos?*.

[www.todopmp.com](https://www.todopmp.com/que-es-la-administracion-de-proyectos/). <https://www.todopmp.com/que-es-la-administracion-de-proyectos/>

GPM Global (2019). *El Estándar P5TM de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos*. 2ª versión. GPM®. Estados Unidos de Norteamérica. Web:

[www.greenprojectmanagement.org](http://www.greenprojectmanagement.org)

Carboni, Duncan, Gonzales, Milson e Young (2018). *Gestión de Proyectos Sostenibles: La*

*Guía de Referencia del GPM*. 2ª ed por GPM Global. 23491 Haggery Rd, Novi MI

48375, EEUU. [www.greenprojectmanagement.org](http://www.greenprojectmanagement.org)

Grupo ICE (2023). *Plan de Expansión de la Generación 2022-2040*. Gerencia de Electricidad.

<https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/741c8397-09f0-4109-a444-bed598cb7440/Plan+de+Expansio%CC%81n+de+la+Generacio%CC%81n+2022-2040.pdf?MOD=AJPERES&CVID=osLqnZB>

Grupo ICE (2021). *¿Quiénes somos? Empresa*

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/empresas>

Grupo ICE. (2021). *¿Quiénes Somos? Historia*

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/historia>

Grupo ICE. (2009). *Manual de Procedimiento. Estudio de proyectos de Generación. Fase de Preinversión*. Código 70.00.004.2012. Gerencia Electricidad. Documento de uso interno del ICE.

GPM Global (2019). *El Estándar P5TM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos*.

Versión 2.0. Publicado por GPM®, Estados Unidos de Norteamérica. Web:

[www.greenprojectmanagement.org](http://www.greenprojectmanagement.org)

Herrera Sergio (11/12/2015). *Predictivo vs Adaptativo*. Tomado de la Web de EDAP Busines

School. <https://edap.es/predictivo-vs-adaptativo/>



- Hydropower Sustainability Council, (2017). *Protocolo de Evaluación de la sostenibilidad de la Hidroelectricidad, Etapa de Proyecto. Implementación. Proyecto hidroeléctrico Reventazón, Costa Rica.* <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3b4c145f-95eb-4a11-957a-e40c990c554e/Reventazon+Protocol.pdf?MOD=AJPERES&CVID=msNLBjL>
- Iberdrola (2023). *Central Hidroeléctrica de bombeo.* Tomado de la web Iberdrola <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/central-hidroelectrica-bombeo>
- Maranto, I y Gonzales, M. (2015). *Fuentes de Información.* Universidad Autónoma del Estado del Hidalgo. México. <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Martins, J. (2022). *¿Qué es un entregable en la gestión de proyectos?* Sitio web asana.com. <https://asana.com/es/resources/what-are-project-deliverables>.
- Lledó, P. (2017). *Administración de proyectos: El ABC para un director de proyectos exitoso.* Sexta edición. [www.pablolledo.com](http://www.pablolledo.com).
- ONU (1987), *Nuestro futuro común.* Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente. Asamblea General de la ONU A/42/427. [https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)
- Ortega, Cristina (2023). *Estrategia Empresarial. Qué es, importancia y cómo definirla.* Tomado de página web QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/estrategia-empresarial/>
- Prada Pavel, (29/05/2023). *Una investigación sobre gerencia y términos similares Administración, gerencia y gestión.* Tomada de la web Gurux. <https://www.elgurux.com/diferencias-entre-gerencia-y-gestion.html>

Project Management Institute (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) – Séptima edición y El Estándar para la Dirección de Proyectos.*

Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA.

Project Management Institute (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) – Sexta edición y El Estándar para la Dirección de Proyectos.*

Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA.

Project Management Institute (2023). *Process Groups: A Practice Guide.* Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA.

Project Management Institute (2008). *Organizational Project Management Maturity Model (OPM3).* Segunda Edición. Newtown Square, Pennsylvania, USA.

Puentes Muñoz José Antonio (25/01/2021). *Metodologías y ciclos de vida del proyecto: predictivos, iterativos, incrementales y ágiles.* Ingeniería y Tecnología. La Universidad en Internet. <https://www.unir.net/ingenieria/revista/metodologias-ciclos-proyecto-predictivos-iterativos-incrementales-agiles/>

Pursell, Shelley (2023), *Estrategia empresarial: tipo, implementación y ejemplos.* Tomado de la web HubSpot. <https://blog.hubspot.es/marketing/estrategia-empresarial>

Ramos Chagoya Ena. (2018, julio 1). *Métodos y técnicas de investigación.* Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>

Redondo, Alberto (2017). *¿Conoce Cual es Modelo de Madurez de su organización?.* Universidad para la Cooperación Internacional, 2017. <https://uci.ac.cr/gspm/modelo-de-madurez-direccion-proyectos/>

Redondo, Alberto (2016). *Áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos.* Tomado de la web La Esquina de la Gestión. <http://alredsa.blogspot.com/2016/02/areas-de-conocimiento-de-la-direccion.html>

- Rodríguez y Pérez (2017), *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento*. Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 82, 2017, pp1-26 Universidad EAN, Bogotá Colombia. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rojas José (2015). *El desarrollo de la energía marina para generación eléctrica en Costa Rica*. Planificación y Desarrollo Eléctrico. ICE. Tomado de web. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/da59ea15-5eee-4dc1-a7e5-8e5f63d31532/1-marina+rodrigo+rojas.pdf?MOD=AJPERES&CVID=I1enKHp>
- Sampieri, Fernández y Baptista (2014). *Metodología de la Investigación*. 6° Edición. Editorial McGrawHill, México, <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Siurana,(31/05/2023). *Enfoque híbrido en la gestión de proyectos*. Página web VIEWNEXT. <https://www.viewnext.com/enfoque-hibrido-en-la-gestion-de-proyectos/>
- Steffen et ál (15 enero 2015). *Límites Planetarios: Guiando el desarrollo humano en un planeta cambiante*. Artículo revista Science. Vol. 347. Num 6223. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- SUTEL (12 de diciembre de 2022). *¿Cuál fue el mejor operador de telefonía móvil en los últimos 6 meses?*. Noticias. <https://www.sutel.go.cr/noticias/comunicados-de-prensa/cual-fue-el-mejor-operador-de-telefonía-movil-en-los-ultimos-6-meses>
- Tamayo and Tamayo. (2012) *The Process of Scientific Research*. Limusa Noriega Editors. 4th Edition Mexico. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El\\_proceso\\_\\_de\\_la\\_investigaci\\_n\\_cient\\_fica\\_Mario\\_Tamayo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf)
- Tapias Daniel (2015). *Ciclos de vida de los proyectos*. Escuela Politécnica Superior. Universidad Autónoma de Madrid. [http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4\\_Ciclo%20de%20vida.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4_Ciclo%20de%20vida.pdf)

Técnicas de Investigación (23/03/2023). *Fuentes de información primarias, secundarias y terciarias*. Sitio web Técnicas de Investigación.

<https://www.tecnicasdeinvestigacion.com/?s=fuentes+primarias>

UCI (2022). *Gestión de Programas, Portafolios y modelo de madurez OPM3*. Resumen de temas realizado por la UCI para el curso de Planeación y Análisis Estratégico.

**Anexos****Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG****ACTA DE LA PROPUESTA DE  
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

Jorge Bonilla Morales

2. Nombre del PFG

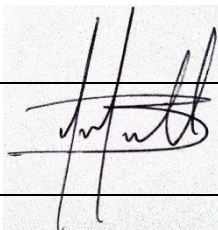
Plan de Gestión de Proyecto para el Desarrollo de la Factibilidad de Diseño y Construcción de un Proyecto Hidroeléctrico

3. Área temática del sector o actividad

Diseño y Construcción Civil

4. Firma de la persona estudiante

Jorge Bonilla Morales



5. Nombre de la persona docente SG

Alvaro Mata Leitón

6. Firma de la persona docente



7. Fecha de la aprobación del Acta:

27 / 06 / 2023

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

15 / 05 / 2023

14 / 11 / 2023

## 9. Pregunta de investigación

¿Qué componentes debe considerar un plan de gestión de proyecto para lograr establecer si el proyecto hidroeléctrico analizado es factible desde el punto de vista de diseño y construcción?

## 10. Hipótesis de investigación

Es posible generar un plan de gestión de proyecto para desarrollar la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff.

## 11. Objetivo general

Generar un plan de gestión para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff que permita establecer, estructurar, organizar y dar seguimiento y control al trabajo que se requiere llevar a cabo.

## 12. Objetivos específicos

8. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.
9. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo
10. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus principales interesados.
11. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto.
12. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto.
13. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido
14. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada.

### 13. Justificación del PFG

Dentro de la organización, una mayoría de proyectos en etapas de factibilidad que realizan investigación y diseño básico no aplican buenas prácticas de administración de proyectos, lo que ha conllevado algunas veces a la realización de cambios por omisión de actividades o aumento de plazos, terminando así en incrementos de los costos del proyecto. Debido a lo anterior, se plantea la generación de un plan de gestión que muestre de manera clara los procedimientos y herramientas que deben ser aplicados en las investigaciones y diseños. Con este plan se puede asegurar el éxito en tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto.

### 14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-.

1. PFG
  - 1.1 Seminario Graduación
    - 1.1.1 Inicio
    - 1.1.2 Desarrollo PFG
      - 1.1.2.1 Acta PFG-Invest. Bibliográfica
      - 1.1.2.2 Acta PFG-EDT- Cronograma
      - 1.1.2.3 Marco Teórico I
      - 1.1.2.4 Marco Teórico II
      - 1.1.2.5 Marco Metodológico
      - 1.1.2.6 Introducción
      - 1.1.2.7 Abstract Resumen
    - 1.1.3 Revisión Documento
    - 1.1.4 Aprobación del Seminario Graduación
  - 1.2 Tutoría de Desarrollo
    - 1.2.1 Tutoría
      - 1.2.1.1 Asignación
      - 1.2.1.2 Comunicación

## 1.2.2 Desarrollo del PFG

### 1.2.2.1 Análisis de nivel de conocimientos en AP del área

#### 1.2.2.1.1 Evaluación y análisis de madurez

#### 1.2.2.1.2 Definición del nivel de conocimientos de AP

### 1.2.2.2 Descripción del proyecto hidroeléctrico

#### 1.2.2.2.1 Ubicación geográfica del proyecto

#### 1.2.2.2.2 Descripción de las obras del proyecto

### 1.2.2.3 Elaboración de Procesos de inicio

#### 1.2.2.3.1 Acta de constitución del proyecto

#### 1.2.2.3.2 Análisis de involucrados del proyecto

### 1.2.2.4 Procesos de planificación del proyecto

#### 1.2.2.4.1 Planificar la gestión del alcance

#### 1.2.2.4.2 Recopilación de requisitos

#### 1.2.2.4.3 Definición de alcance y creación de EDT

#### 1.2.2.4.4 Definición actividades, secuenciación y duración

#### 1.2.2.4.5 Desarrollo del Cronograma

#### 1.2.2.4.6 Determinación de costos y presupuesto

#### 1.2.2.4.7 Procesos de planificación de la Gestión de calidad

#### 1.2.2.4.8 Estimación de Recursos de las Actividades

#### 1.2.2.4.9 Procesos de planificación de la Gestión de Comunicaciones

#### 1.2.2.4.10 Procesos de planificación de la gestión, identificación, análisis cualitativo y respuesta de los riesgos

#### 1.2.2.4.11 Procesos de planificación de la gestión de las adquisiciones

#### 1.2.2.4.12 Procesos de planificación de la participación de los interesados

### 1.2.2.5 Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto

#### 1.2.2.5.1 Dirección y gestión del trabajo

#### 1.2.2.5.2 Gestión del conocimiento y dirección equipo

#### 1.2.2.5.3 Adquisición de recursos

#### 1.2.2.5.4 Administración de las comunicaciones

#### 1.2.2.5.5 Implementación respuesta riesgos

#### 1.2.2.5.6 Ejecución de las adquisiciones

#### 1.2.2.5.7 Gestión involucramiento interesados

### 1.2.2.6 Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto

#### 1.2.2.6.1 Validación y control del alcance

#### 1.2.2.6.2 Monitoreo del involucramiento de interesados

#### 1.2.2.6.3 Control del cronograma

#### 1.2.2.6.4 Control de los costos

#### 1.2.2.6.5 Control de las adquisiciones

#### 1.2.2.6.6 Control de la calidad

#### 1.2.2.6.7 Control de los riesgos

#### 1.2.2.6.8 Control de los recursos

#### 1.2.2.6.9 Monitoreo de las comunicaciones

#### 1.2.2.6.10 Realización de control de cambios



- 1.2.2.7 Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto
    - 1.2.2.6.1 Transición final del producto
    - 1.2.2.6.2 Registro de lecciones aprendidas
    - 1.2.2.6.3 Informe final
  - 1.2.2.8 Conclusiones
  - 1.2.2.9 Recomendaciones
  - 1.2.2.10 Listas de referencias
  - 1.2.2.11 Anexos
  - 1.2.2.12 Aprobación del tutor para lectura
- 1.3 Lectores
- 1.3.1 Solicitud de Asignación
    - 1.3.1.1 Asignación
    - 1.3.1.2 Comunicado de asignación
    - 1.3.1.3 Envío PFG a lectores
  - 1.3.2 Trabajo de lectores
    - 1.3.2.1 Lector 1
      - 1.3.2.1.1 Revisión PFG
      - 1.3.2.1.2 Envío de informe de lectura
    - 1.3.2.2 Lector 2
      - 1.3.2.2.1 Revisión PFG
      - 1.3.2.2.2 Envío de informe de lectura
- 1.4 Tutorías de Ajuste
- 1.4.1 Mejoras al PFG e Informe de revisión
  - 1.4.2 Calificación del Tribunal
  - 1.4.3 Segunda revisión de lectores
- 1.5 Evaluación
- 1.5.1 Aprobación lectores
  - 1.5.2 Calificación del Tribunal
  - 1.5.3 Aprobación Final del PFG

## 15. Presupuesto del PFG

Para el desarrollo del PFG se requerirá únicamente servicios de revisión filológica y gastos de impresión, los cuales se presentan seguidamente.

DETALLE	COSTO
Revisión filológica	¢150,000.00
Impresión documento final	¢25,000.00
Empastado	¢10,000.00
<b>Presupuesto total</b>	<b>¢185,000.00</b>

## 16. Supuestos para la elaboración del PFG

Se contará con los respectivos permisos de uso de información por parte de la empresa que desarrollará el proyecto.

Se tendrá acceso a la información técnica y de gestión de proyectos de la empresa.

Podrá haber comunicación directa con los involucrados directos del proyecto.

Para el desarrollo del PFG el sustentante contará con los conocimientos y el nivel técnicos adecuado en AP.

## 17. Restricciones para la elaboración del PFG

El tiempo para desarrollar el PFG es de tan sólo tres meses, lo cual puede ser un tiempo ajustado.

Existe información confidencial a nivel de empresa que no es posible incluir el PFG.

La complejidad del tipo de proyecto analizado (P. Hidroeléctrico) y el poco tiempo de análisis no permitirá ahondar en algunos temas técnicos.

Para algunas actividades técnicas es posible que no se cuente con procedimientos de ejecución, seguimiento y control.

## 18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

Si no se cumplen las actividades de planificación con calidad suficiente para aplicarlas durante la ejecución por falta de capacidades técnicas, es probable que se den atrasos y sobrecostos en el proyecto.

Si no se consigue obtener información relevante de los procesos técnicos del proyecto, por restricciones de confidencialidad o falta de gestión eficaz, puede que no se logre alcanzar los objetivos planteados.

Si no se cubren todas las actividades planteadas en el cronograma, por falta de dedicación, restricciones de tiempo, o falta de información, es posible que no cubran los alcances del proyecto con la calidad adecuada.

Si no se asiste a las clases en vivo y tutorías personalizadas debido a cargas de trabajo o asuntos personales puede que no se cuente con toda la información de procedimientos o direccionamientos sobre la ejecución del PFG generando problemas de calidad de los documentos.

## 19. Principales hitos del PFG

<b>Entregable</b>	<b>Fecha estimada de finalización</b>
1.1 1. Inicio	09/05/2023
1.1.4 Aprobación Seminario Graduación	29/06/2023
1.2.2.1 Análisis nivel conocimientos AP	07/07/2023
1.2.2.2 Descripción del proyecto hidroeléctrico	14/07/2023
1.2.2.3 Elaboración de Procesos de inicio	20/07/2023
1.2.2.4 Procesos de planificación del proyecto	21/08/2023
1.2.2.5 Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto	30/08/2023
1.2.2.6 Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto	20/09/2023
1.2.2.7 Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto	25/09/2023
1.2.2.10 Aprobación del tutor para lectura	09/10/2023
1.3.1.3 Envío PFG a lectores	04/10/2023
1.5.1 Aprobación lectores	10/11/2023
1.5.3 Aprobación Final del PFG	14/11/2023

## 20. Marco teórico

### 20.1 Estado de la cuestión

El proyecto analizado consiste en el desarrollo de la factibilidad del proyecto hidroeléctrico Fourth Cliff. El objeto del PFG se enfoca en un plan de gestión de la factibilidad del proyecto, que busca establecer los lineamientos para un buen desempeño de la fase. La fase de factibilidad pretende generar la información base para justificar la ejecución del proyecto, de esta manera se establece las mejores prácticas para el desarrollo del proyecto en las áreas técnicas, en la planificación, ejecución y cierre del proyecto. Se ha realizado una investigación documental para respaldar la investigación del PFG. Los documentos recopilados se enfocan en trabajos de tesis de posgrados, asociadas con administración de proyectos de generación hidroeléctrica. Otro tipo de trabajos se encuentran asociados a proyectos de investigación en etapas de factibilidad, también desarrollados en el ámbito de generación hidroeléctrica. Los documentos de referencia establecen un fuerte apoyo en cuanto a temas relacionados con gestión de recursos, gestión de riesgos, gestión de calidad, recursos profesionales requeridos, gestión de requisitos y varios temas esenciales asociados con el tema de AP hidroeléctricos.

### 20.2 Marco conceptual básico

Plan de gestión,  
proyecto hidroeléctrico,  
factibilidad,  
sostenibilidad,  
diseño,  
construcción,  
áreas de conocimiento,  
enfoque predictivo,  
grupos de proceso,  
obras de proyecto

## 21. Marco metodológico

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
1. Evaluar el nivel de conocimientos en AP en el área de diseño de obras de la empresa con el fin de recomendar los nuevos procedimientos de trabajo.	Análisis del nivel de conocimientos en AP del área	Primarias: Entrevistas con gerentes de proyectos e ingenieros del PHFC. Secundaria: Documentación del curso de Análisis estratégico.	Inductivo Se recopilaron y analizaron datos individuales de procesos de gestión de la empresa para luego concluir de manera general un estado de madurez.	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, hojas de verificación, análisis de datos	Se cuenta con 6 días para elaborar esta tarea, finaliza el 7/07/2023 Falta de información para completar el análisis. El análisis debe cumplir con criterios de calidad
2. Describir detalladamente el proyecto hidroeléctrico con el fin de tener claros los requisitos del trabajo	Descripción del proyecto hidroeléctrico	Primaria: Bases de datos del proyecto: informes, planos, mapas. Secundaria: Bases de datos cartográficos del Instituto geográfico Nacional (sitio web)	Analítico-sintético Se analizan en detalle cada una de las obras del proyecto para obtener un resultado de requisitos generales del proyecto como una planta hidroeléctrica.	Reuniones, entrevistas, diagramas de Flujo, juicio de experto, Análisis de documentos	Para el desarrollo de este tema se cuenta con 7 días, fecha límite 14/07/2023. Limitaciones de software de visualización de planos. Limitación de detalles técnicos de diseño
3. Elaborar los procesos de inicio que incluyen el acta de constitución y el análisis de los involucrados del proyecto para hacer una descripción de alto nivel del proyecto y sus	Elaboración de Procesos de inicio	Primaria: Bases de datos del proyecto Secundaria: Bases institucionales. PMBOK 6ª y 7ª ed.	Inductivo: Los datos recopilados son revisados, analizados y a partir de ellos se establece un resultado final de actividades y documento de acta	Reuniones, Entrevistas, Juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, Inteligencia emocional, análisis de supuestos y restricciones,	Se cuenta con 9 días para desarrollar este tema, fecha límite 20/07/2023.

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
principales interesados				análisis de documentos, análisis de interesados.	
4. Desarrollar los procesos de planificación del proyecto con el fin de estructurar su ejecución y definir las líneas base para el control del proyecto	Procesos de planificación del proyecto	Primaria: Entrevista con gerente de proyecto. Secundaria: PMBOK 6ª y 7ª ed.	Analítico-Sintético Se definieron y analizaron por separado los procesos de planificación de proyectos desarrollados por la empresa para finalmente interrelacionar y sintetizar en la planificación del proyecto	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos, descomposición, análisis de la red del cronograma, evaluación de riesgos, matriz de probabilidad impacto, matriz de asignación de responsabilidades, gestión de la información	Se cuenta con 19 días para el desarrollo de este proceso, fecha límite 21/08/2023. Limitaciones para gestionar reuniones de trabajo con los expertos del proyecto. Limitaciones de información por confidencialidad.
5. Proponer procedimientos, técnicas y herramientas para la ejecución del Proyecto de manera que se logre el seguimiento de los procesos de planificación y los objetivos del proyecto	Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto	Primaria: Entrevista con ingenieros constructores y de calidad. Secundaria: PMBOK 6º y 7º ed.	Inductivo La documentación recopilada, incluyendo documentos de proyectos anteriores de la empresa fue analizada para obtener las herramientas para la ejecución del proyecto	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos	Se tienen 8 días para cumplir con este entregable. Fecha límite 30/08/2023. La complejidad del tipo de proyecto permitirá hacer recomendaciones generales

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
6. Diseñar procedimientos y herramientas de monitoreo y control del proyecto con el fin de determinar si se presentan desviaciones de las líneas base, seguir, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, así como generar cambios al plan en caso de ser requerido	Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto	Primaria: Entrevista con ingenieros de control de calidad Secundaria: PMBOK 6ª y 7ª ed.	Deductivo Se dedujo de proyectos anteriores, con resultados óptimos, que se puede gestionar de buena manera el desempeño, de esta forma se podrán usar de forma específica herramientas similares a las aplicadas	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos, planificación de pruebas e inspección	Se debe finalizar este entregable el 20/09/2023. Limitaciones en la ubicación de todas las normativas de control por la complejidad del proyecto
7. Recomendar procedimientos, técnicas y herramientas para el cierre del proyecto, de manera que se logre de forma ordenada	Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto	Primaria: Entrevista con el gerente de proyecto. Secundaria: PMBOK 6ª Ed (PMI, 2017)	Deductivo Considerando las experiencias de proyecto similares y sus resultados, se ha considerado emplear técnicas similares para el cierre de este proyecto	Reuniones, entrevistas, juicio de experto, análisis de datos, retroalimentación, análisis de documentos.	Se debe finalizar este entregable el 25/09/2023.

## 22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible

Los conceptos del desarrollo regenerativo y/o sostenible serán incluidos en el PFG considerando que el buen desarrollo de un plan de gestión ayudará al buen desarrollo y éxito del proyecto. El planteamiento de una planificación eficiente asegurará que los procesos para cada una de las fases del proyecto se ejecuten considerando la sostenibilidad y la regeneración. Acciones como la planificación de la comunicación con los representantes comunales, la definición de personal de contratación local, la planificación del proceso constructivo que considere la reducción de impactos en el suelo, el aire y el agua, o el adecuado manejo de los desechos son parte de los principios de sostenibilidad. La consideración de mejorar áreas mediante la reforestación o el mejoramiento de la infraestructura comunal como escuelas y acueductos, disminución de la pobreza mediante trabajo digno, son aportes al desarrollo regenerativo.

Algunos indicadores de procesos de sostenibilidad y regeneración pueden ser:

- Medición y control de ruido y gases en los frentes de obra
- Seguimiento y control de la accidentabilidad laboral
- Volúmenes de desechos, y materiales reutilizados y reciclados
- Manejo y control de sedimentos en las aguas de procesos industriales como quebradores y plantas de concreto
- Reducción del agua de infiltración en la excavación del túnel mediante inyección.

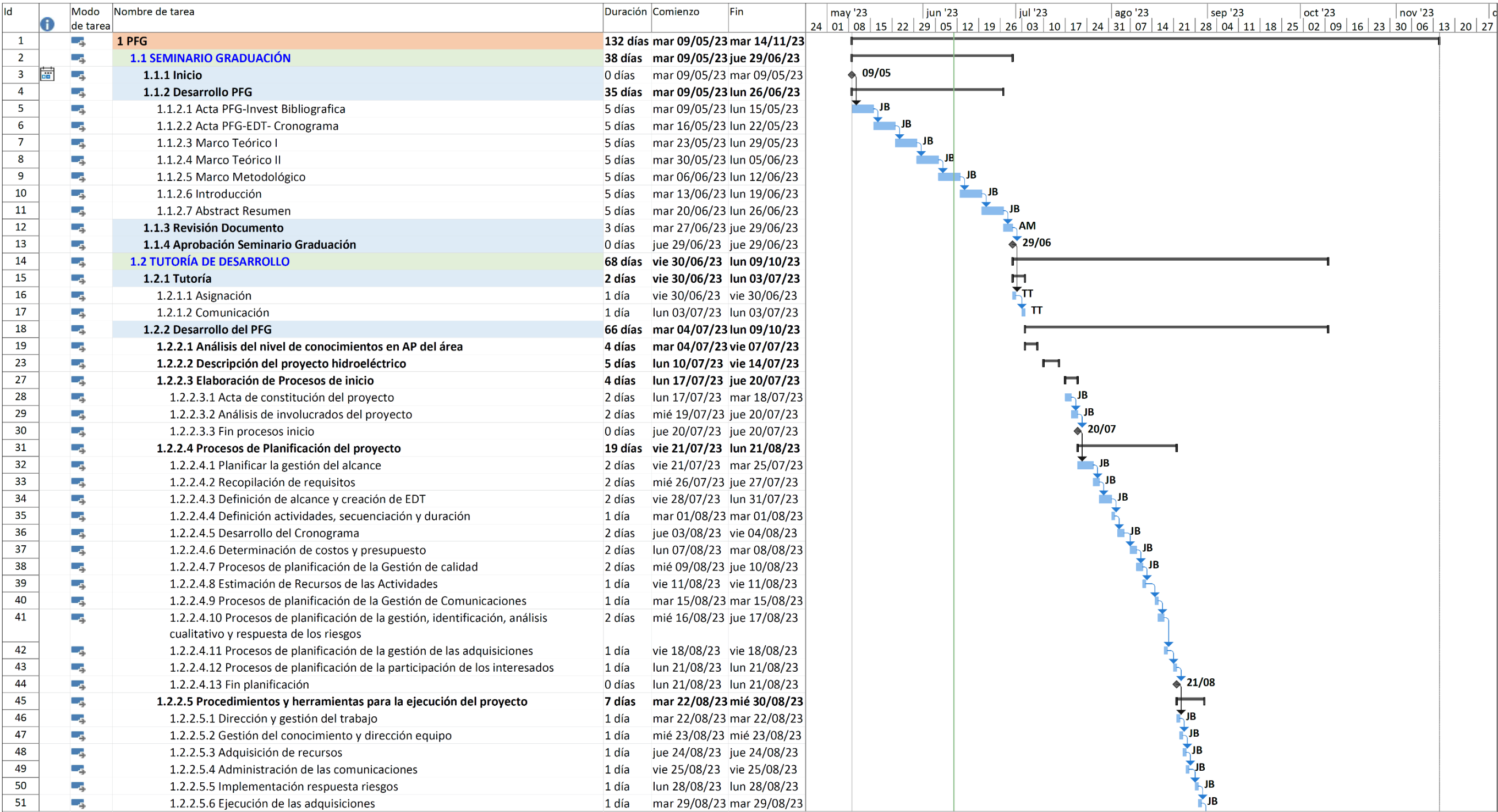


## Anexo 2: EDT del PFG

<b>1</b>	<b>PFG</b>
<b>1.1</b>	<b>SEMINARIO GRADUACIÓN</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Inicio</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Desarrollo PFG</b>
1.1.2.1	Acta PFG-Invest Bibliografica
1.1.2.2	Acta PFG-EDT- Cronograma
1.1.2.3	Marco Teórico I
1.1.2.4	Marco Teórico II
1.1.2.5	Marco Metodológico
1.1.2.6	Introducción
1.1.2.7	Abstract Resumen
<b>1.1.3</b>	<b>Revisión Documento</b>
<b>1.1.4</b>	<b>Aprobación Seminario Graduación</b>
<b>1.2</b>	<b>TUTORÍA DE DESARROLLO</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Tutoría</b>
1.2.1.1	Asignación
1.2.1.2	Comunicación
<b>1.2.2</b>	<b>Desarrollo del PFG</b>
1.2.2.1	Análisis del nivel de conocimientos en AP del área
1.2.2.1.1	Evaluación y análisis de madurez
1.2.2.1.2	Definición del nivel de conocimientos de AP
1.2.2.2	Descripción del proyecto hidroeléctrico
1.2.2.2.1	Ubicación geográfica del proyecto
1.2.2.2.2	Descripción de las obras del proyecto
1.2.2.3	Elaboración de Procesos de inicio
1.2.2.3.1	Acta de constitución del proyecto
1.2.2.3.2	Análisis de involucrados del proyecto
1.2.2.4	Procesos de planificación del proyecto
1.2.2.4.1	Planificar la gestión del alcance
1.2.2.4.2	Recopilación de requisitos
1.2.2.4.3	Definición de alcance y creación de EDT
1.2.2.4.4	Definición actividades, secuenciación y duración
1.2.2.4.5	Desarrollo del Cronograma
1.2.2.4.6	Determinación de costos y presupuesto
1.2.2.4.7	Proceso de planificación de la Gestión de calidad
1.2.2.4.8	Estimación de Recursos de las Actividades
1.2.2.4.9	Procesos de planificación de la Gestión de Comunicaciones
1.2.2.4.10	Procesos de planificación de la gestión, identificación, análisis cualitativo y respuesta de los riesgos
1.2.2.4.11	Procesos de planificación de la gestión de las adquisiciones
1.2.2.4.12	Procesos de planificación de la participación de los interesados

1.2.2.5	Procedimientos y herramientas para la ejecución del proyecto
1.2.2.5.1	Dirección y gestión del trabajo
1.2.2.5.2	Gestión del conocimiento y dirección equipo
1.2.2.5.3	Adquisición de recursos
1.2.2.5.4	Administración de las comunicaciones
1.2.2.5.5	Implementación respuesta riesgos
1.2.2.5.6	Ejecución de las adquisiciones
1.2.2.5.7	Gestión involucramiento interesados
1.2.2.6	Procedimientos y técnicas para el monitoreo y control del proyecto
1.2.2.6.1	Validación y control del alcance
1.2.2.6.2	Monitoreo del involucramiento de interesados
1.2.2.6.3	Control del cronograma
1.2.2.6.4	Control de los costos
1.2.2.6.5	Control de las adquisiciones
1.2.2.6.6	Control de la calidad
1.2.2.6.7	Control de los riesgos
1.2.2.6.8	Control de los recursos
1.2.2.6.9	Monitoreo de las comunicaciones
1.2.2.6.10	Realización de control de cambios
1.2.2.7	Recomendación de Procedimientos para el cierre del proyecto
1.2.2.7.1	Transición final del producto
1.2.2.7.2	Registro de lecciones aprendidas
1.2.2.7.3	Informe final
1.2.2.8	Conclusiones
1.2.2.9	Recomendaciones
1.2.2.10	Listas de referencias
1.2.2.11	Anexos
1.2.2.12	Aprobación del tutor para lectura
<b>1.3</b>	<b>LECTORES</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Solicitud de Asignación</b>
1.3.1.1	Asignación
1.3.1.2	Comunicado de asignación
1.3.1.3	Envío PFG a lectores
<b>1.3.2</b>	<b>Trabajo de lectores</b>
1.3.2.1	Lector 1
1.3.2.1.1	Revisión PFG
1.3.2.1.2	Envío de informe de lectura
1.3.2.2	Lector 2
1.3.2.2.1	Revisión PFG
1.3.2.2.2	Envío de informe de lectura
<b>1.4</b>	<b>TUTORÍAS DE AJUSTE</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Mejoras al PFG e Informe de revisión</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Calificación del Tribunal</b>
<b>1.4.3</b>	<b>Segunda revisión de lectores</b>
<b>1.5</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<b>1.5.1</b>	<b>Aprobación lectores</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Calificación del Tribunal</b>
<b>1.5.3</b>	<b>Aprobación Final del PFG</b>

Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG





#### **Anexo 4: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PRELIMINAR**

De los Ríos, M. (2009). *Plan de Gestión de Riesgos para la Construcción del Túnel de Conducción Superior en el Proyecto Hidroeléctrico El Diquís del ICE*. Proyecto final de graduación. Universidad para la Cooperación Internacional UCI. San José, Costa Rica.

<http://map-tesis.blogspot.com/2009/10/plan-de-gestion-de-riesgos-para-la.html>

EL trabajo, además de describir en detalle el proyecto Diquís, aborda la ejecución de la gestión de los riesgos asociados con la construcción de un túnel de conducción hidráulica. El análisis de riesgos es cualitativo y cuantitativo. Para el caso de estudio interesa las bases de los respectivos análisis cuantitativos y sus listas de riesgos en el túnel. El proyecto por desarrollar presenta también la construcción de un túnel de conducción, en donde se debe abordar el análisis de riesgos. El documento presenta listas de riesgos que pueden ser utilizados para los análisis a realizar.

Chaves, A. (2012). *Plan de Gestión de Calidad para la rehabilitación del Proyecto Hidroeléctrico de Tacaes*. Proyecto final de graduación Licenciatura Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El documento desarrolla un plan de gestión de calidad en donde se recomiendan las normas y especificaciones para la inspección y supervisión del proyecto de rehabilitación del proyecto hidroeléctrico. Está basado en normativas ISO. Esta tesis puede ser de ayuda para el establecimiento de normativas de ejecución de algunos de los procesos de estudio y mejorar la calidad de estos.

Terra y Schenze. (2013). *Factibilidad de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Presas Multipropósito*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Fundación Julio Ricaldoni. Uruguay. Facultad de Ingeniería Universidad de la República.

Se trata de un estudio de análisis de varios proyectos en donde las obras presentan un doble propósito: riego y generación hidroeléctrica. En el estudio se consideran 6 elementos de análisis, caracterización de cuenca, disponibilidad energética media, aspectos socioambientales, prediseño de obra civil, estimación de costos de inversión y análisis de retorno de la inversión. El estudio presenta buenos ejemplos de cómo analizar proyectos dentro de un portafolio y cómo hacer una escogencia técnica económica.

Montalto, A. (2015). *Plan de Gestión de riesgos del Proyecto Hidroeléctrico Capulín - San Pablo*. Proyecto Final de Graduación. Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El documento plantea las herramientas para el análisis de riesgos en un proyecto hidroeléctrico. Se empleó una matriz de riesgos y sus respectivos calificativos de probabilidad, impacto y plazo. Se presenta flujograma de la metodología de trabajo, además de listas de riesgos. Del trabajo se pueden tener buenos ejemplos de aplicación del método de gestión de riesgos. Estos pueden ser aplicados en el plan del proyecto que se va a desarrollar.

ENDE COORPORACIÓN, (2016). *Estudio de Diseño Técnico de Pre-inversión - Proyecto Hidroeléctrico El Bala*. Código ENDE N° CDSPP-ENDE-2016-045

El documento presenta gran detalle sobre los temas asociados a estudios básicos para una planta hidroeléctrica. Desarrolla con sumo detalle el tema de gestión ambiental y resalta además normativas de diseño. Para el estudio a realizar, el documento puede aportar información valiosa en temas ambientales, de calidad y estudios técnicos.

Moll Candia, Erik, (2017), *Diseño de un sistema de control para una empresa de Generación de energía Eléctrica de fuentes renovables*. Tesis de Grado. Economía y Negocios Universidad de Chile.

El documento desarrolla un plan dirigido a la alta dirección, el cual le permite visualizar áreas críticas de estrategia de negocio de construcción de nuevas plantas hidroeléctricas. El sistema de control se aplica a plantas pequeñas a medianas. Es un buen ejemplo para el establecimiento de controles en procesos económicos y financieros en proyectos hidroeléctricos.

Hydropower Sustainability Council, (2017). *Protocolo de Evaluación de la sostenibilidad de la Hidroelectricidad, Etapa de Proyecto. Implementación. Proyecto hidroeléctrico Reventazón, Costa Rica*. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3b4c145f-95eb-4a11-957a-e40c990c554e/Reventazon+Protocol.pdf?MOD=AJPERES&CVID=msNLBJL>

El documento desarrolla una evaluación sobre la sustentabilidad del proyecto hidroeléctrico Reventazón. Evalúa 20 indicadores de sostenibilidad asociados con impactos ambientales tanto físicos como sociales. Evalúa también temas económicos y de gestión del proyecto. Los temas que fueron evaluados serán básicos para considerar en los estudios de impacto del proyecto a estudiar.

Toledo, A. (2017). *Estudio Preliminar de viabilidad técnico económica para un aprovechamiento hidroeléctrico*. Estudio de graduación en Ingeniería Eléctrica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Eléctrica. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/48158/>

La tesis desarrolla en detalle los diseños preliminares de tipo electromecánico para una central hidroeléctrica, además del resto de componentes civiles del proyecto. EL documento

ayudará a establecer los requerimientos de gestión en el tema de diseño electromecánico del proyecto

Arguello et al, (Abril - Junio 2019). *Actualización y aplicación de la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica*. Revista electrónica ISSN:1390-938x, N°18. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. <https://yura.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/04/18.4-Actualizaci%C3%B3n-y-aplicaci%C3%B3n-de-la-Gu%C3%ADa-Pr%C3%A1ctica-para-el-Desarrollo-de-Estudios-de-Inventario-Prefactibilidad-Factibilidad-y-Dise%C3%B1o-Definitivo-de-Proyectos-de-Generaci%C3%B3n-Hidroel%C3%A9ctrica.pdf>

Guía usada para establecer las etapas del desarrollo de estudios de proyecto hidroeléctricos. Usada para definir y sustentar la decisión de ejecutarlos asociada a las razonabilidad económica, social y ambiental. El documento presenta las estructuras de elementos de investigación y etapas asociadas a proyectos hidroeléctricos, lo cual será un buen aporte para el trabajo de tesis.

Hidroeléctrica Ituango SA, 2022. *Proyecto Hidroeléctrico Ituango - Plan de gestión de riesgos*. Antioquia, Colombia. <https://cu.epm.com.co/Portals/institucional/epm-hidroituango/pgrd/contexto-interno.pdf>

Se trata de un resumen ejecutivo de cómo desarrollaron el plan de gestión de riesgos del proyecto PHI. Muestra esquema de flujo de trabajo para el análisis. Este documento presenta una buena base para la homologación de los planes para el análisis de riesgos en un proyecto hidroeléctrico. Puede ser de mucha ayuda.