

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PLAN DE GESTIÓN PARA EL PROYECTO PERFORACIÓN DE UN POZO
DIRECCIONAL GEOTÉRMICO PARA LA REPOSICIÓN DE VAPOR DE UN CAMPO
GEOTÉRMICO

MARIO ALBERTO SOLANO ORTEGA

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

San José, Costa Rica

Junio, 2020

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

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

Carlos Brenes Vega
PROFESOR TUTOR

James Pérez Céspedes
LECTOR No.1

Fabio Muñoz Jiménez
LECTOR No.2



Mario Alberto Solano Ortega
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mis seres queridos, a mi hija Laura a mi esposa, por todo el apoyo dado durante el desarrollo de esta maestría. A mis padres por estar siempre pendientes de este proceso de aprendizaje y dando aliento a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, sin él nada se podría realizar.

A mis compañeros de trabajo por el apoyo y colaboración durante el desarrollo de la maestría y en la realización de este proyecto final de graduación.

A mi profesor tutor y lectores por sus recomendaciones para la mejora de este proyecto.

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	ix
RESUMEN EJECUTIVO	x
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemática	5
1.3 Justificación del proyecto	6
1.4 Objetivo general	7
1.5 Objetivos específicos	7
2 Marco teórico	9
2.1 Marco institucional	9
2.1.1 Antecedentes de la institución	9
2.1.2 Misión y visión	11
2.1.3 Estructura organizativa	13
2.1.4 Productos que ofrece	14
2.2 Teoría de Administración de Proyectos	15
2.2.1 Proyecto	15
2.2.2 Administración de Proyectos	16
2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto	18
2.2.4 Procesos en la Administración de Proyectos	19
2.2.5 Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos	21
2.3 Energía Geotérmica	30
2.3.1 Reservorio geotérmico	30
2.3.2 Perforación	31
3 Marco metodológico	46
3.1 Fuentes de información	46
3.1.1 Fuentes primarias	47
3.1.2 Fuentes secundarias	48
3.2 Métodos de Investigación	52
3.2.1 Método analítico	53
3.2.2 Método Deductivo	54
3.2.3 Método Investigación Bibliográfico (Documental)	55
3.3 Herramientas	59
3.4 Supuestos y restricciones	61
3.5 Entregables	65
4 Desarrollo	68

4.1	Plan de Gestión del Alcance del Proyecto	68
4.1.1	Recopilar requisitos	69
4.1.2	Definición del alcance	70
4.1.3	Estructura de desglose de trabajo (EDT)	74
4.1.4	Diccionario de la EDT	74
4.1.5	Validar el alcance.....	78
4.1.6	Controlar el alcance	79
4.2	Plan de Gestión del Cronograma del Proyecto	80
4.2.1	Definir las actividades	80
4.2.2	Secuenciar actividades.....	86
4.2.3	Estimar la duración	88
4.2.4	Desarrollar el cronograma	91
4.2.5	Controlar el cronograma	93
4.3	Plan de gestión de costos del proyecto	93
4.3.1	Planificar la gestión de los costos.....	94
4.3.2	Estimar los costos	95
4.3.3	Determinar el presupuesto	98
4.3.4	Línea base de costos	103
4.3.5	Controlar los costos	103
4.4	Plan de gestión de calidad.....	104
4.4.1	Planificar la gestión de la calidad	105
4.4.2	Métricas de calidad	105
4.4.3	Línea base de calidad.....	107
4.4.4	Documentos de prueba y evaluación	109
4.5	Plan de gestión de los recursos del proyecto	110
4.5.1	Matriz de asignación de responsabilidades.....	110
4.5.2	Organigrama del proyecto	112
4.5.3	Estimar y adquirir los recursos	113
4.5.4	Estructura de desglose de recursos	118
4.5.5	Adquirir recursos	119
4.5.6	Calendario de recursos.....	119
4.5.7	Desarrollar el equipo.....	120
4.5.8	Evaluaciones de desempeño	121
4.6	Plan de gestión de las comunicaciones	121
4.6.1	Planificar la gestión de las comunicaciones	122
4.6.2	Matriz de comunicaciones	123
4.6.3	Gestionar las comunicaciones.....	126
4.6.4	Monitorear las comunicaciones	126
4.7	Plan de gestión de los riesgos	127
4.7.1	Planificar la gestión de los riesgos.....	128
4.7.2	Probabilidad e impacto de los riesgos.....	129
4.7.3	Identificar los riesgos.....	131
4.7.4	Análisis cualitativo	133
4.7.5	Planificar la respuesta a los riesgos	138

4.7.6	Monitorear los riesgos	140
4.8	Plan de gestión de las adquisiciones	141
4.8.1	Planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto.....	141
4.8.2	Efectuar las adquisiciones.....	145
4.8.3	Controlar las adquisiciones	146
4.9	Plan de gestión de los interesados.....	147
4.9.1	Identificar a los interesados	147
4.9.2	Planificar el involucramiento de los interesados	151
4.9.3	Gestionar el involucramiento de los interesados	153
5	Conclusiones	155
6	Recomendaciones	158
7	Bibliografía	160
8	Anexos	166
8.1	Anexo 1: ACTA (CHARTER) DEL PFG	166
8.2	Anexo 2: EDT del PFG.....	171
8.3	Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG.....	172
8.4	Anexo 4: ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO.....	173
8.5	Anexo 5: CONTROL DE CAMBIOS	177
8.6	Anexo 6: CUADRO DE GESTION DE VALOR GANADO.....	178

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura Organizacional del Grupo ICE.....	13
Figura 2 Estructura Organizacional del CSRG.....	14
Figura 3 Triángulo de Talentos del PMI®.....	18
Figura 4 Representación genérica del Ciclo de vida de un Proyecto.....	19
Figura 5 Interrelación de los grupos de procesos dentro de un proyecto o fase	21
Figura 6 Grupos de Procesos y áreas del conocimiento de la dirección de proyectos	29
Figura 7 Reservorio geotérmico	31
Figura 8 Esquema de funcionamiento de una planta geotérmica	32
Figura 9 Esquema de equipo de perforación con sus principales componentes	33
Figura 10 Esquema del sistema de levante de un equipo de perforación	35
Figura 11 Componentes del sistema de rotación	36
Figura 12 Componentes del sistema de circulación.....	37
Figura 13 Sistema de potencia, se muestra un generador	38
Figura 14 Sistema de prevención de reventones.....	39
Figura 15 Esquema de perforación direccional	42
Figura 16 Comportamiento de la presión estática y temperatura dinámica PGM-46.....	43
Figura 17 Comportamiento de la presión estática y temperatura dinámica PGM-17.....	44
Figura 18 Tipos de fuentes de información.	47
Figura 19 Estructura de desglose de trabajo (EDT).....	74
Figura 20 Cronograma del proyecto	92
Figura 21 Línea base de costo.....	103
Figura 22 Organigrama del proyecto	113
Figura 23 Estructura de desglose de los recursos	118
Figura 24 Estructura de desglose de los riesgos (RSB).....	129
Figura 25 Criterio SMART.....	144
Figura 26 Categorías de las posiciones.....	149
Figura 27 Matriz poder - interés	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de información utilizadas	49
Tabla 2. Métodos de investigación utilizados.....	56
Tabla 3. Herramientas utilizadas	59
Tabla 4. Supuestos y restricciones	62
Tabla 5. Entregables	65
Tabla 6. Requisitos de interesados.....	69
Tabla 7. Diccionario de la EDT	75
Tabla 8. Lista de actividades e hitos	81
Tabla 9. Secuencia de actividades	86
Tabla 10. Duración de actividades.....	88
Tabla 11. Estimación de los costos	95
Tabla 12. Presupuesto del proyecto	99
Tabla 13. Métricas de calidad	106
Tabla 14. Línea base de calidad.....	108
Tabla 15. Documentos de calidad.....	109
Tabla 16. Matriz RACI.....	111
Tabla 17. Estimación de los recursos del proyecto.....	113
Tabla 18. Matriz de comunicaciones del proyecto	124
Tabla 19. Definición de probabilidad e impacto.....	129
Tabla 20. Escala de impacto	130
Tabla 21. Matriz probabilidad x impacto.....	131
Tabla 22. Identificación de Riesgos.....	131
Tabla 23. Plantilla de registro de riesgos del proyecto.	134
Tabla 24. Plantilla de registro de riesgos del proyecto priorizada.....	136
Tabla 25. Plantilla de plan de respuesta a riesgos del proyecto.....	139
Tabla 26. Tipos de compras	143
Tabla 27. Interesados del proyecto	148
Tabla 28. Valores de Poder/interés	149
Tabla 29. Clasificación de interesados	150
Tabla 30. Estrategia para atención de los interesados	152

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES UTILIZADAS

API	American Petroleum Institute
CAI	Comunidad del área de influencia
CSRG	Centro de Servicio Recursos Geotérmicos
DCG	Director Centro de Generación
DEYG	Desarrollo y Explotación de Yacimientos Geotérmicos
DP	Director de Proyecto
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IOPGY	Ingeniero de Obra Perforación de Yacimientos Geotérmicos
IPYG	Ingeniería Perforación de Yacimientos Geotérmicos
OMMC	Operación Mantenimiento Mecánico de Campo
PAT	Patrocinador
PFG	Proyecto Final de Graduación
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PMIS	Sistemas de información para la administración de proyectos (por sus siglas en inglés)
PROV	Proveedor
PYG	Perforación de Yacimientos Geotérmicos
RSB	Estructura de desglose de riesgos (por sus siglas en inglés)
SICOP	Sistema Integrado de Compras Públicas

RESUMEN EJECUTIVO

Producto de los problemas de escasez de energía eléctrica que se presentaron en el país en la década de los cuarenta, fue que se creó el Instituto Costarricense de Electricidad, mediante el Decreto-Ley No 449 del 8 de abril del año 1949. En el cual se le da el mandato de desarrollar, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país. Desde su creación ha desarrollado proyectos de generación eléctrica, utilizando principalmente fuentes limpias renovables.

Debido a la crisis energética de los años setenta, se iniciaron los estudios de la geotermia en la zona de Guanacaste. Ya para los años noventa, tenía en operación una planta de generación geotermia; siguió creciendo en el desarrollo de este tipo de energía, hasta contar en la actualidad con una capacidad instalada de poco más de 255 MW e incursionado en la perforación de pozos con la técnica de la perforación direccional para la extracción del vapor requerido en las plantas.

Dentro de las principales ventajas de la geotermia, es que es una energía que no se ve afectada por los cambios climáticos. Sin embargo, con los años de operación comercial de los campos geotérmicos, los pozos que lo conforman van disminuyendo la capacidad de producción, por lo que es necesaria la perforación de nuevos pozos para continuar operando las plantas a su capacidad de diseño.

Los proyectos deben estar guiado por las buenas prácticas de la administración de proyectos. Por lo que se planteó para el proyecto de perforación de un pozo direccional de reposición de vapor de un campo geotérmico, la realización del plan de gestión, para tener mayores posibilidades de lograr un proyecto exitoso.

El objetivo general del proyecto fue elaborar un plan de gestión para el proyecto perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico con el propósito de contar con vapor de respaldo para las plantas generadoras. Los objetivos específicos fueron: Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto, elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido, realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto, establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final, definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto, elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan, realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos, desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto y definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.

Para ello se emplearon tres metodologías de investigación, analítica, deductiva y bibliográfica, ya que las tres se complementan muy bien para el desarrollo de este proyecto. Ser muy analítico con la documentación bibliográfica recopilada y el uso de la metodología deductiva para hacer conclusiones de lo general a lo particular fue fundamental en este proyecto.

El desarrollo del trabajo se basó en los objetivos antes descritos, para ello se emplearon las buenas practicas que se detallan en la Guía del PMBOK® 2017, utilizando sus procesos, técnicas y herramientas, con lo cual se logró cubrir todas las áreas del conocimiento en ella descrita. Realizando un proceso iterativo con lo cual se obtuvo el plan de gestión del proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor para la planta de generación.

Lo más relevante en el alcance del proyecto, es la perforación de un pozo direccional a 2500 m de profundidad, en cuatro diferentes diámetros a profundidades definidas. Estableciendo una estructura de desglose de trabajo, que es base para la estimación del cronograma, estableciendo para su ejecución 166 días, con un presupuesto de USD\$ 3 141 043. Se han definido para el proyecto varios parámetros de calidad que serán la base para su control y verificación de su desempeño. Se estableció una estructura de desglose de los recursos necesarios para el proyecto, así como una matriz de comunicación para el proyecto que abarca las necesidades de los interesados. Adicionalmente, se presenta una identificación de riesgos para el proyecto y un plan de respuesta. Se realizó un análisis de hacer o comprar y se definió la metodología para las adquisiciones según los procedimientos y políticas internas de la institución, finalizando con un análisis de los diferentes interesados para el proyecto, definiendo su poder e influencia que es la base para la definición de estrategias a seguir para la atención de cada interesado.

Entre las conclusiones más relevantes para el proyecto están: La definición del alcance del proyecto es clave para su desarrollo, pues es la columna vertebral del proyecto, en el que se incluirá que se incluye en el proyecto y que no se incluye. Las métricas de calidad son de relevancia para el proyecto, son el punto de partida para saber si el trabajo está cumpliendo con los requisitos establecidos. Las comunicaciones son vitales para el éxito del proyecto, por lo que en el plan se debe contemplar las necesidades de todos los interesados.

Las recomendaciones principales al (los) Director(es) de proyecto(s) son: emplear la Guía del PMBOK® 2017 para maximizar el éxito del proyecto. Utilizar este plan de gestión como guía en la ejecución del proyecto. Tener comunicación interactiva con todos los involucrados, para estar seguros que el mensaje emitido sea el que se quiere comunicar. Involucrar a los interesados del proyecto desde las etapas tempranas del proyecto, con el fin de conocer sus necesidades y expectativas del proyecto y poder gestionarlas adecuadamente.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado mediante el Decreto-Ley No 449 del 8 de abril del año 1949, fue el resultado de una larga lucha de varias generaciones de costarricenses que procuraron solucionar, de una vez por todas, los problemas de la escasez de energía eléctrica presentada en los años 40. (GrupoICE, 2019)

Por ello, la razón de ser del ICE se apega (desde 1949) al principio de soberanía nacional y al mandato de desarrollar, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad. (GrupoICE, 2019)

De acuerdo con lo detallado en la página del GrupoICE.com (2019) al momento de la creación del instituto, tan solo el 14% del país contaba con energía eléctrica, hoy días después de setenta años, la cobertura eléctrica a nivel nacional es de prácticamente el 100%.

Dado su éxito en la tarea de electrificación, en 1963 se le confirió al ICE un nuevo objetivo: el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, radiotelegráficas y radiotelefónicas en el territorio nacional. (GrupoICE, 2019)

Tres años más tarde, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron un acelerado desarrollo. (GrupoICE, 2019)

El 13 de agosto de 2008 se formaliza el Grupo ICE –integrado por el ICE, CNFL, RACSA y Cable Visión— mediante la Ley No. 8660 de Fortalecimiento y Modernización de las Empresas del Sector Telecomunicaciones. (GrupoICE, 2019)

Grupo ICE es una Corporación de empresas públicas dedicada a ofrecer servicios de electricidad e infocomunicaciones a los habitantes de Costa Rica. (GrupoICE, 2019)

Es un grupo con gran capacidad en infraestructura, desarrollo tecnológico, capital humano altamente calificado, así como responsabilidad social y ambiental que se refleja en todas las grandes obras que ha desarrollado a lo largo de los años. (GrupoICE, 2019)

La institución se ha convertido en una de las mejores empresas a nivel nacional, tanto el sector privado como en el sector público. Esto ha motivado a que otras instituciones del gobierno la hayan contratado para la realización de trabajos a nivel de supervisión y construcción de obras como caminos y para la reconstrucción de los daños causados por el huracán Otto en su paso por Costa Rica a finales del año 2016.

Para el año 2016 firmó dos contratos con la empresa Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica Del Río Lempa (CEL) para la supervisión en la aplicación de la hidroeléctrica 5 de noviembre y de la supervisión de la construcción de la planta hidroeléctrica denominada El Chaparral.

Adicionalmente, también tiene presencia en Nicaragua con la empresa Te-Comunica, según se puede leer en el diario la Republica.Net (2018) empresa desde la cual ofrece servicios de internet wifi, con lo que esperan poder llevar internet a más de 300 parques en ese país y participar también en servicios empresariales, así como en la incursión de la televisión satelital con la empresa Teco TV.

Para lograr la cobertura eléctrica que cuenta el país al día de hoy, el ICE desde su creación, ha desarrollado múltiples proyectos de generación eléctrica, basados, en su mayoría, fundamentalmente en el uso de fuentes limpias y renovables. Fue así como en la década de los años setenta, debido a la crisis energética del petróleo, que el ICE inició los estudios en una nueva fuente renovable de energía, como lo fue la geotermia. Los estudios se enfocaron en Guanacaste, en las faldas del volcán Miravalles. Productos de esos estudios, se realizaron las perforaciones de varios pozos profundos, lo cuales confirmaron la existencia de un reservorio geotérmico con características comerciales. Fue así como inició el desarrollo geotérmico en el país.

Ya para los años noventa, se tenía la primera planta de generación eléctrica con este tipo de fuente de energía limpia y renovable, con una capacidad instalada de 55 MW, denominada Planta Miravalles I, en el área que se conoció como campo Geotérmico Miravalles, hoy llamado Campo Geotérmico Alfredo Maniere Proti, debido al nombre de unos de los pioneros de este tipo de energía en el país.

Debido al éxito de esta primera unidad y a las bondades de este tipo de recurso que no se ve afectado por las condiciones climáticas, su alto factor de planta y a las proyecciones del crecimiento de la demanda eléctrica nacional, fue que se desarrollaron más plantas con el aprovechamiento de este tipo de fuente de energía. Hoy en día se cuenta con siete plantas que aprovechan este recurso, aportando al sistema eléctrico nacional poco más de 255 MW.

A partir del desarrollo del proyecto geotérmico Pailas I, el ICE incursionó con la perforación de pozos con la técnica de perforación direccional, con la cual el área requerida para las perforaciones, caminos de accesos, construcción de vapor y ductos entre otros, se vio disminuido considerablemente, lo que tuvo un impacto positivo en el ambiente.

Para mediados del 2019, debido al éxito logrado en el desarrollo de campos geotérmicos, el ICE recibió el premio con el mejor proyecto geotérmico de Latinoamérica y el Caribe, destacándose por el manejo socioambiental y el uso de la técnica de perforación direccional.

Si bien este tipo de recurso no se ve afectado por las condiciones climáticas, con el pasar de los años, producto de la explotación comercial, los campos geotérmicos inician con un proceso de disminución de la capacidad de producción de los pozos geotérmicos que lo conforman, viéndose reflejada en una disminución de la presión y temperatura de los pozos.

Debido a lo anterior, es que se hace necesaria la perforación de pozos de reposición de vapor, con el fin de que las plantas generadoras cuenten con el vapor necesario para poder operar a su máxima capacidad y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

1.2 Problemática

Por ley el ICE está obligado a suplir la necesidad de energía eléctrica que requiere el país, por tal motivo la institución debe velar por que sus plantas de generación estén en óptimas condiciones de operación, y que puedan generar la cantidad de energía con la cual fueron diseñadas y construidas.

En el caso de las plantas del campo geotérmico Alfredo Mainieri Proti, por la dinámica de los fluidos durante la fase de explotación, los pozos van disminuyendo la presión de yacimiento y la temperatura del pozo. Esta problemática obliga al ICE a tomar las medidas preventivas para mantener la capacidad de las plantas, por lo que es necesaria la perforación de nuevos pozos profundos para recuperar la pérdida de producción del campo geotérmico.

Mediante la técnica de la perforación de pozos direccionales, se ha visto que la capacidad de producción de los pozos se ve mejorada en comparación con pozos verticales, ya que se pueden alcanzar más de un objetivo geológico. Es por ello que se propone la perforación de este tipo de pozo, para la reposición del vapor perdido en el campo geotérmico. Para ello se propone la elaboración de un plan de gestión de la perforación de un pozo direccional para

la reposición de vapor de un campo geotérmico, siguiendo las mejores prácticas en administración de proyectos que establece la Guía del PMBOK® 2017. De manera tal que se tenga de forma clara y práctica el mejor manejo del proyecto, para lograr los resultados que se esperan del proyecto.

1.3 Justificación del proyecto

El Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Proti cuenta con cinco plantas geotérmicas para la generación de energía eléctrica que requiere el país, aportando una capacidad de cerca de 165 MW. Desde el inicio de la explotación comercial del yacimiento geotérmico con la primera unidad generadora de este campo, han pasado más de veinticinco años, tiempo en el cual la capacidad de producción de algunos de los pozos ha disminuido, esto debido a la evolución natural de un campo geotérmico en explotación comercial, lo que es evidenciado con la disminución de la presión del pozo, así como de la temperatura.

Todo proyecto que se planifique y ejecute, independientemente del tipo que sea, para maximizar su éxito, debe estar guiado por las buenas prácticas de la administración de proyectos. Por tal motivo, se plantea para el proyecto de perforación de un pozo direccional de reposición de vapor de un campo geotérmico, la realización del plan de gestión, de manera tal que, de una forma ágil, práctica y de forma profesional se pueda realizar un manejo adecuado de él, con el fin último de poder tener mayores posibilidades de lograr un proyecto exitoso y se vean beneficiados todos los involucrados.

El contar con una adecuada planificación de la perforación del pozo direccional, será de mucha importancia para poder obtener el vapor requerido para la recuperación de la

capacidad de producción de la planta de generación, sobre todo en la época seca, donde el caudal de los ríos baja considerablemente, y es necesario que las plantas geotérmicas entren en su máxima capacidad de generación eléctrica para no provocar un desabastecimiento de energía en el país.

Si se considera que los últimos veranos se han visto acentuados producto del fenómeno climático del niño, provocando veranos más largos y mucho más secos, y que se espera que producto del cambio climático esta sea la panorámica para los próximos años. Es de suma importancia el poder contar con la máxima capacidad de producción de las plantas geotérmicas, en virtud de que ellas no se ven afectadas por las condiciones climáticas adversas que se están presentando actualmente, por lo que tendrán una participación muy importante en este periodo del año.

1.4 Objetivo general

Elaborar un plan de gestión para el proyecto perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico con el propósito de tener respaldo en las plantas generadoras.

1.5 Objetivos específicos

1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto

2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido.
3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.

2 Marco teórico

2.1 Marco institucional

2.1.1 Antecedentes de la institución.

El desarrollo del trabajo se realizará en el Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Proti, en donde se ubican cuatro plantas de generación eléctrica que aprovechan la energía geotérmica para su producción. El campo está ubicado en Mogote de Bagaces provincia de Guanacaste (conocido como Guayabo). Pertenece al ICE, que como se detalla en GrupoICE.com (2019) el Grupo ICE es una corporación conformada por empresa públicas del gobierno de Costa Rica, cuyo principal giro de negocios son los servicios de electricidad e infocomunicaciones para los pobladores de Costa Rica.

Se puede ver en GrupoICE.com (2019) que el 8 de abril del año 1948 mediante el Decreto - Ley No 449 fue creado el ICE, y fue producto de una larga lucha de generaciones de costarricenses que querían se solucionara los problemas de electrificación que tenía el país en la década de los años cuarenta. En dicha ley se estableció el desarrollar, de forma sostenible las fuentes productoras de energía que se pudiera encontrar en el territorio nacional.

Fue así como inicialmente se desarrollaron las fuentes hidráulicas para la generación de electricidad, no quedándose solamente con este tipo de fuente renovable, sino que incursionó en la geotermia, eólica, biomasa y solar. La mayor fuente de generación

eléctrica lo es con el recurso hidráulico, pero lo geotérmica representa un porcentaje importante, llegando a ser en algunos periodos hasta un 19% de aporte. Por su gran estabilidad y que no se ven afectadas por las variaciones climáticas, su alto factor de planta son la base del sistema nacional de energía.

El primer campo geotérmico desarrollado en el país fue el Campo Alfredo Mainieri Proti (antes campo Miravalles, por estar en las faldas del volcán de ese nombre), posteriormente se desarrolló el campo Las Pailas, del cual en este año fue inaugurada la segunda unidad, y actualmente se está en el desarrollo del campo Borinquen, estos dos últimos en las faldas del volcán Rincón de la Vieja.

Le corresponde al Centro de Servicios Recursos Geotérmicos (CSRG), unidad que depende del Negocio de Ingeniería y Construcción (IC) de la Dirección Corporativa de Electricidad del Grupo ICE, los estudios de reconocimiento, pre-factibilidad, factibilidad, desarrollo y explotación de los recursos geotérmicos del país. Por lo cual define las políticas de explotación de los yacimientos geotérmicos, con el fin de lograr una sostenibilidad de éstos durante la operación comercial de los campos. Cuenta con los equipos, herramientas y el recurso humano requeridos para la perforación de los pozos profundos de donde se extrae el vapor que es conducido a las plantas generadoras para la producción de la electricidad

El Sector Telecomunicaciones del ICE es el responsable de construir y operar redes de transporte y acceso brindando soluciones de telecomunicaciones con redes que satisfacen

los estándares mundiales para soportar los servicios de nueva generación que el entorno está demandando. (GrupoICE, 2019)

Cuenta con una excelente red IP, tecnología móvil GSM, 3G, 3.5G y 4G, acceso a cables submarinos Maya, Arcos y Global Crossing, que conectan el Océano Atlántico con el Pacífico convirtiéndose en una autopista de interconexión internacional. (GrupoICE, 2019)

Ofrece multiservicios de telecomunicaciones con una filosofía dirigida al cliente, donde un adecuado conocimiento de sus necesidades y requerimientos es la base para desarrollar una amplia y oportuna cartera de servicios y soluciones. (GrupoICE, 2019)

Forman parte del Grupo ICE las empresas Cable Visión, Radiográfica Costarricense S. A. (RACSA), la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y la empresa Gestión de Cobro S. A.

2.1.2 Misión y visión.

Producto de la nueva estrategia que guiará al Grupo ICE para los años 2019 al 2023, la Institución replanteó la misión, visión y valores que la habían caracterizado por muchos años. La nueva misión del Grupo ICE es “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” (GrupoICE, 2019)

Mientras que la nueva visión es “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” (GrupoICE, 2019).

Adicionalmente, le fue incorporado un nuevo valor a los tres que la caracterizaban, quedando de la siguiente forma:

- Integridad
- Compromiso
- Excelencia
- Innovación

(GrupoICE, 2019)

2.1.3 Estructura organizativa.

La estructura organizativa del Grupo ICE es la que se muestra en la figura 1.

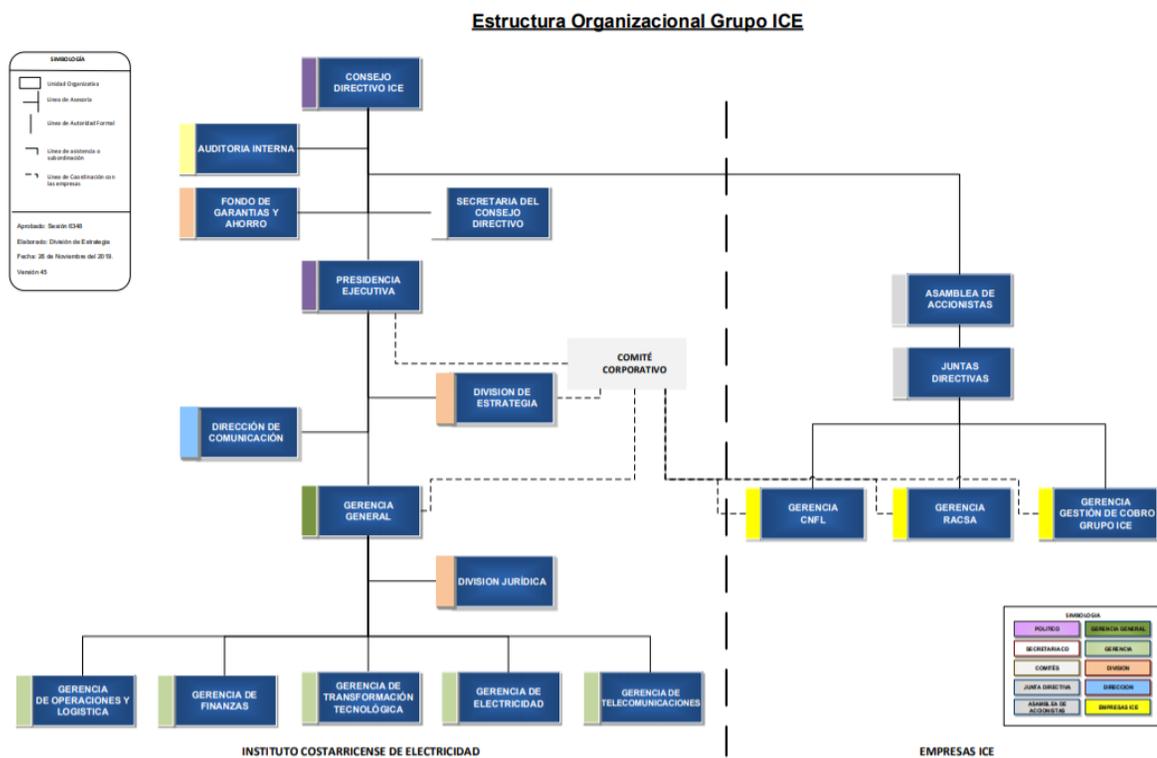


Figura 1 Estructura Organizacional del Grupo ICE
(Grupo ICE, 2020)

El CSRG pertenece al negocio de Ingeniería y Construcción, la cual depende de la Gerencia de Electricidad, en la figura 2 se presenta la estructura del CSRG que es donde se desarrollará el proyecto planteado.

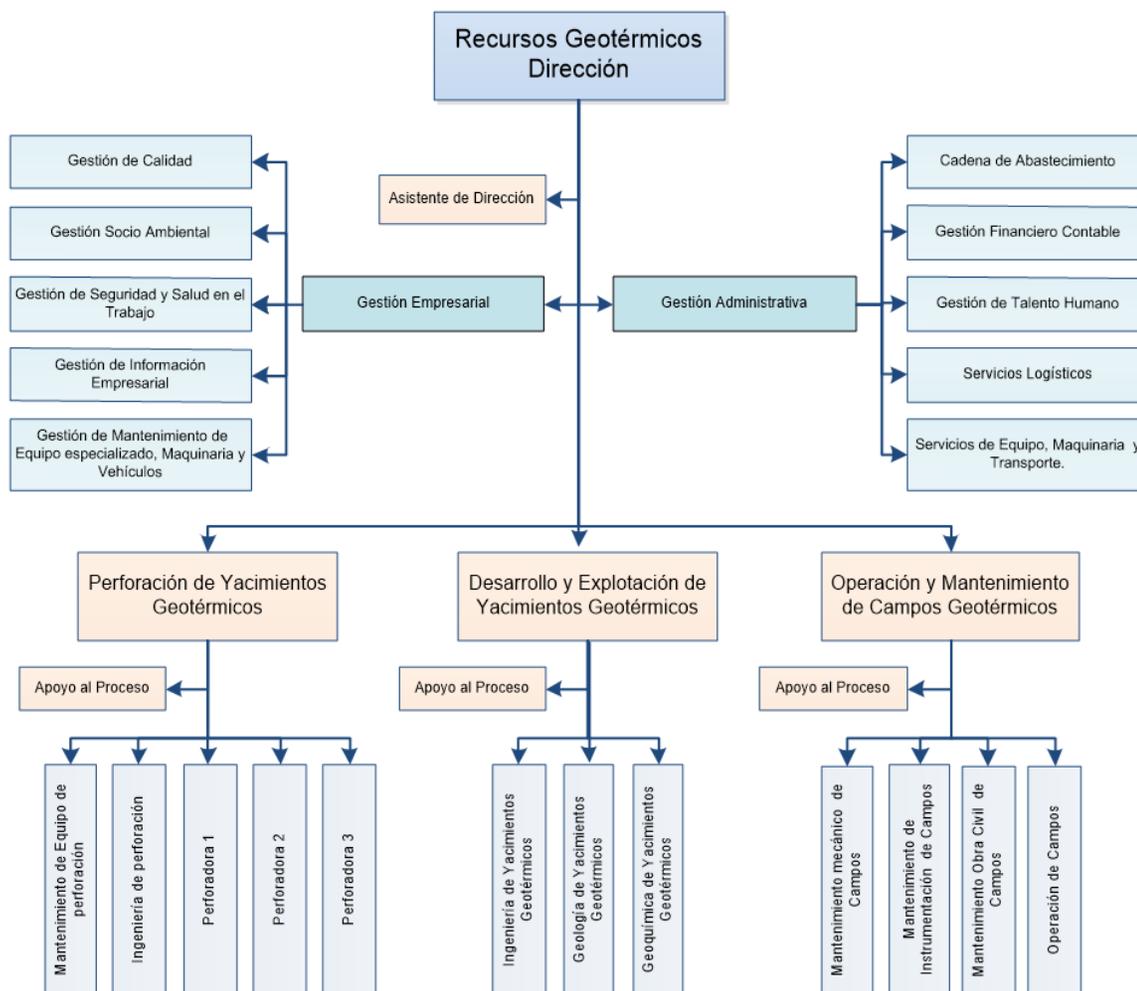


Figura 2 Estructura Organizacional del CSRG, sitio en el cual se desarrollará el trabajo (CSRG, 2019)

2.1.4 Productos que ofrece

Según se puede ver en las páginas del grupo ice.com (2019) y racas.go.cr (2019), los principales productos que ofrece el Grupo ICE, se pueden citar entre otros:

- Servicio de Electricidad residencial, comercial e industrial
- Telefonía fija, móvil e internet

- Servicios de televisión

Internet empresarial, redes privadas virtuales, archivos digitales, entre otros.

2.2 Teoría de Administración de Proyectos

2.2.1 Proyecto

Un proyecto se puede definir como “...un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un proyecto, servicio o resultado único” (PMI, 2017, p. 4).

Adicionalmente “Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables. Un objetivo se define como una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar. Un entregable se define como cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto. Los entregables pueden ser tangibles o intangibles” (PMI, 2017, p. 4)

Según el PMI (2017) cada proyecto cuenta con objetivos específicos, los cuales pueden producir alguno de los entregables que se citan a continuación:

- “Un producto único, que puede ser un componente de otro elemento, una mejora o corrección de un elemento o un nuevo elemento final en sí mismo (p.ej., la corrección de un defecto en un elemento final);

- Un servicio único o la capacidad de realizar un servicio (p.ej., una función de negocio que brinda apoyo a la producción o distribución);
- Un resultado único, tal como una conclusión o un documento (p.ej., un proyecto de investigación que desarrolla conocimientos que se pueden emplear para determinar si existe una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad); y
- Una combinación única de uno o más productos, servicios o resultados (p.ej., una aplicación de software, su documentación asociada y servicios de asistencia al usuario)” (PMI, 2017, p. 4).

2.2.2 Administración de Proyectos

La administración de los proyectos “es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto. La dirección de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente.

Una dirección de proyectos eficaz ayuda a individuos, grupos y organizaciones públicas y privadas a:

- Cumplir los objetivos del negocio;
- Satisfacer las expectativas de los interesados;
- Ser más predecibles;
- Aumentar las posibilidades de éxito

- Entregar los productos adecuados en el momento adecuado;
- Resolver problemas e incidentes;
- Responder a los riesgos de manera oportuna;
- Optimizar el uso de los recursos de la organización;
- Identificar, recuperar o concluir proyectos fallidos;
- Gestionar las restricciones (p.ej., alcance, calidad, cronograma, costos, recursos);
- Equilibrar la influencia de las restricciones en el proyecto (p.ej., un mayor alcance puede aumentar el costo cronograma); y
- Gestionar el cambio de una mejor manera” (PMI, 2017, p. 10)

Por otro lado, aquellos proyectos que no cuenten con una adecuada administración de proyectos, pueden tener variaciones muy importantes en la triple restricción (tiempo, costo, calidad), viéndose disminuida la posibilidad de que el proyecto sea exitoso.

Los directores de proyectos deben contar con una serie de competencias, que de acuerdo con La Guía del PMBOK® sexta edición, se encuentran en el Triángulo de Talentos del PMI® que incluye tres conjuntos de habilidades, las cuales son:

“Dirección técnica de proyectos. Los conocimientos, habilidades y comportamientos relacionados con ámbitos específicos de la dirección de proyectos, programas y portafolios. Los aspectos técnicos de desempeñar el rol propio.

Liderazgo. Los conocimientos, habilidades y comportamientos necesarios para guiar, motivar y dirigir un equipo, para ayudar a una organización a alcanzar sus metas de negocio.

Gestión Estratégica y de Negocios. El conocimiento y la pericia en la industria y la organización que mejora el desempeño y entrega de mejor manera los resultados del negocio” (PMI, 2017, p. 56).

En la figura 3 se muestra gráficamente el conjunto de habilidad que detalla el PMI 2017.



Figura 3 Triángulo de Talentos del PMI® (PMI, 2017)

2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto.

Todos los proyectos se pueden dividir en fases ya preestablecidas, las cuales van a definir el inicio y la conclusión de los proyectos, a esto se le llama el ciclo de vida del proyecto. Se define como “la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto... Las fases

pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas... Los ciclos de vida de los proyectos pueden ser predictivos o adaptativos” (PMI, 2017, p. 19).

En la figura 4 se muestra, de forma gráfica, como se representa el ciclo de vida genérico de los proyectos

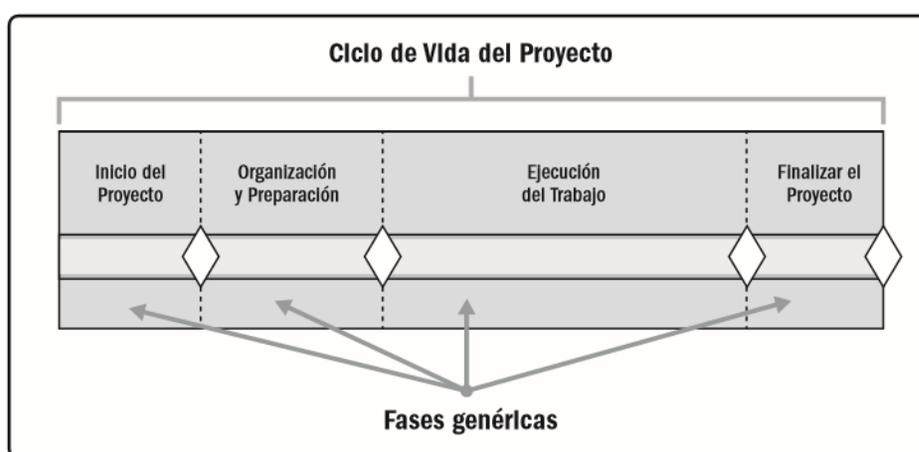


Figura 4 Representación genérica del Ciclo de vida de un Proyecto (PMI, 2017)

2.2.4 Procesos en la Administración de Proyectos.

“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto” (PMI, 2017, p. 10).

Los procesos en la administración de proyectos se clasifican en cinco grupos todos orientados a lograr la realización de los objetivos del proyecto, de acuerdo a la Guía del PMBOK® sexta edición, estos grupos están formados por:

- “Grupo de Procesos de Inicio. Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- Grupo de Procesos de Planificación. Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.
- Grupo de Procesos de Ejecución. Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.
- Grupo de Procesos de Monitoreo y Control. Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- Grupo de Procesos de Cierre. Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente el proyecto, fase o contrato” (PMI, 2017, p. 23).

Estos procesos no están separados, sino que se cierta manera se interrelación, tal como se muestra en la figura 5, es decir, no son procesos separados, en alguna medida todos se relación en algún momento de la fase del ciclo de vida de los proyectos.

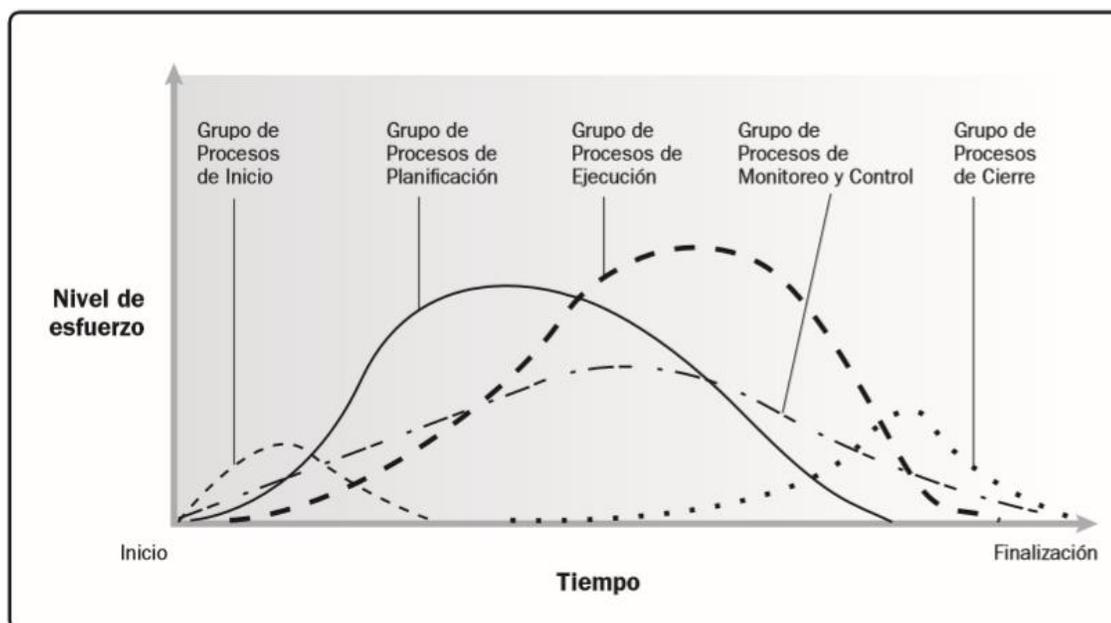


Figura 5 Interrelación de los grupos de procesos dentro de un proyecto o fase (PMI, 2017)

2.2.5 Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos

En los grupos de procesos están presentes las áreas del conocimiento que detalla la Guía del PMBOK®, en total son diez las que se detallan para la dirección de proyectos, pero según las características y necesidades de un proyecto, puede que se requiera de otras más. No necesariamente todas las diez áreas están presentes en cada uno de los grupos de procesos, esto se puede apreciar mejor en la figura 6, en la que se muestra la correspondencia entre los grupos de procesos y las áreas del conocimiento. El PMI (2017) detalla que “un Área de Conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen” (p. 23).

Las diez áreas del conocimiento que describe la Guía del PMBOK® son:

- “Gestión de la Integración del Proyecto. Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.
- Gestión del Alcance del Proyecto. Incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo requerido para completarlo con éxito.
- Gestión del Cronograma del Proyecto. Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.
- Gestión de los Costos del Proyecto. Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
- Gestión de la Calidad del Proyecto. Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados.
- Gestión de los Recursos del Proyecto. Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.

- Gestión de las Comunicaciones del Proyecto. Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.
- Gestión de los Riesgos del Proyecto. Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.
- Gestión de las Adquisiciones del Proyecto. Incluye los procesos necesarios para la compra o adquisición de los productos, servicios o resultados requeridos por fuera del equipo del proyecto.
- Gestión de los Interesados del Proyecto. Incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto” (PMI, 2017, p. 24).

El proyecto se enfocará en los siguientes procesos para cada una de las áreas del conocimiento:

Para la gestión del alcance en los procesos de:

- Recopilar requisitos, proceso en el cual se establecen los requisitos de los interesados para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

- Definir el alcance, en el que se define lo que incluye el proyecto.
- Proceso crear la EDT, en el que se hace una descomposición de los entregables del proyecto en componentes más pequeños, se incluye el diccionario de la EDT
- Validar el alcance, proceso en el cual se da la aceptación de los entregables del proyecto.
- Controlar el alcance, es el proceso de monitorear el estado del proyecto y se gestionan los cambios a la línea base del proyecto.

Para la gestión del cronograma en los procesos de:

- Definir las actividades, es el proceso en el cual se definen y documentan las acciones que se realizarán para la elaboración de los entregables del proyecto.
- Secuenciar actividades, proceso en el cual se identifican y documentan las relaciones entre las actividades del proyecto.
- Proceso de estimar la duración de las actividades, en el cual se emplean diversas herramientas para definir la cantidad de tiempo que demorará una actividad.
- Desarrollar el cronograma, es el proceso en el cual se ven las secuencias de las actividades y crea un modelo del cronograma,
- Proceso de controlar el cronograma, en el cual se lleva el monitoreo del estado del proyecto, realizar las actualizaciones al cronograma y de realizar actualizaciones a la línea base del cronograma del proyecto.

En la gestión del costo en los procesos de:

- Planificar la gestión de los costos, en este proceso se define como se estimarán, presupuestarán, gestionarán, monitorearán y controlarán los costos del proyecto.
- Estimar los costos, en este proceso se realiza una estimación de los montos para la finalización de cada una de las actividades de proyecto.
- Proceso estimar el presupuesto, el cual consiste en realizar una suma de cada uno de los costos de las actividades y paquetes de trabajo en los que se ha dividido el proyecto, de esta forma obtener un alineamiento base de costo para el proyecto.
- Controlar los costos, es el proceso en el cual se lleva el monitoreo del proyecto y de actualizar los costos del proyecto y de realizar actualizaciones a la línea base del costo del proyecto.

Gestión de la calidad se han incluido los procesos de:

- Planificar la gestión de la calidad, en este proceso se identifican los estándares de calidad de los entregables del proyecto y de forma de en qué el proyecto demostrará su cumplimiento, definiendo las métricas y línea base de la calidad y documentos de pruebas y evaluación.
- Gestionar la calidad es el proceso en el cual el plan de calidad es convertido en actividades ejecutables de calidad incorporando las políticas de la institución.

Procesos en la gestión de los recursos:

- Planificar la gestión de los recursos, en este proceso se realiza la definición de la, estimación, adquisición y utilización de los recursos del proyecto.
- Estimar los recursos de las actividades, es el proceso de estimar los recursos físicos y del equipo para la ejecución de los trabajos del proyecto.
- Adquirir recursos, en este proceso se obtienen los recursos físicos y del equipo para la ejecución de los trabajos del proyecto.
- Proceso desarrollar el equipo, este consiste en el mejoramiento de las competencias de los miembros del equipo del proyecto para un mejor desempeño del proyecto.
- Dirigir el equipo, en este proceso se da seguimiento al desempeño de los miembros del equipo del proyecto generando retroalimentación de estas.

Procesos de gestión de las comunicaciones:

- Planificar la gestión de las comunicaciones, es el proceso de desarrollar el enfoque de las comunicaciones según las necesidades de los interesados del proyecto.
- Gestionar las comunicaciones, el proceso garantiza que la comunicación del proyecto sea oportuna y adecuada.
- Proceso de monitoreo de las comunicaciones, asegura que las necesidades de información de los interesados y del proyecto sean satisfechas.

Procesos en la gestión de riesgos

- Planificar la gestión de riesgos, en este proceso se define como realizar las actividades de gestión de riesgos.
- Identificar los riesgos, en este proceso se identifican los riesgos individuales del proyecto, así como su fuente.
- Realizar análisis cualitativo de riesgos, es el proceso en el cual se priorizan los riesgos individuales del proyecto, definiendo probabilidad e impacto de ocurrencia.
- Proceso de planificar respuesta a los riesgos, se seleccionan y definen estrategias para afrontar los riesgos identificados.
- Monitorear los riesgos, en este proceso se monitorea los planes acordados de respuesta a los riesgos y su efectividad, se identifican y analizan nuevos riesgos.

Gestión de las adquisiciones se han incluido los procesos de:

- Planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto, el proceso incluye la decisión de hacer o comprar, definir el enfoque y la identificación de potenciales proveedores.
- Proceso de efectuar las adquisiciones, en el que se tiene respuesta de los proveedores y se realiza la selección y adjudicación.
- Controlar las adquisiciones, es el proceso por medio del cual se realiza el monitorea la gestión de los contratos, de ser necesario realizar cambios y el cierre de los contratos.

Procesos en la gestión de los interesados:

- Identificar a los interesados, es el proceso mediante el cual se hace la identificación de los interesados del proyecto, considerando sus intereses, influencia y posible impacto en el éxito del proyecto
- Planificar el involucramiento de los interesados, en este proceso se desarrollan enfoques con los cuales se involucran a los interesados del proyecto, tomando en cuenta sus necesidades, las expectativas, el interés y el posible impacto en el proyecto.
- Proceso de gestionar el involucramiento de los interesados, en el cual se trabaja con la comunicación con los interesados para la lograr la satisfacción de las necesidades de los interesados, tratando de que estos se involucren en el proyecto.

En la figura 6 se puede ver cómo es la correspondencia de cada uno de los cinco grupos que conforman los proyectos, con las diez áreas del conocimiento que detalla la Guía de PMBOK®

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 EDI/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	

Figura 6 Correspondencia de Grupos de Procesos y áreas del conocimiento de la dirección de proyectos
(PMI, 2017)

2.3 Energía Geotérmica

La energía geotermia se puede definir como la energía almacenada en el subsuelo en forma de calor. “La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor en el interior de la tierra, esta constituye una de las fuentes de energía con mayor potencial debido a que se encuentra en la mayor parte del subsuelo terrestre. (Delgado y Juárez, 2014, p.2). Otra de las grandes ventajas de este tipo de energía, es que es de una fuente renovable, limpia y no se ve afectada por las condiciones climáticas.

2.3.1 Reservorio geotérmico

Se conoce como reservorio geotérmico, a aquellos sitios del subsuelo en los cuales existe una roca permeable en la cual existe un fluido caliente. Para que exista se deben tener varias características, como lo es que se tenga una fuente de calor (en el caso de Costa Rica asociado a un volcán), roca porosa, capa de sello inferior y superior y una zona o sitio de recarga. En la figura 7 se muestra gráficamente un reservorio geotérmico.

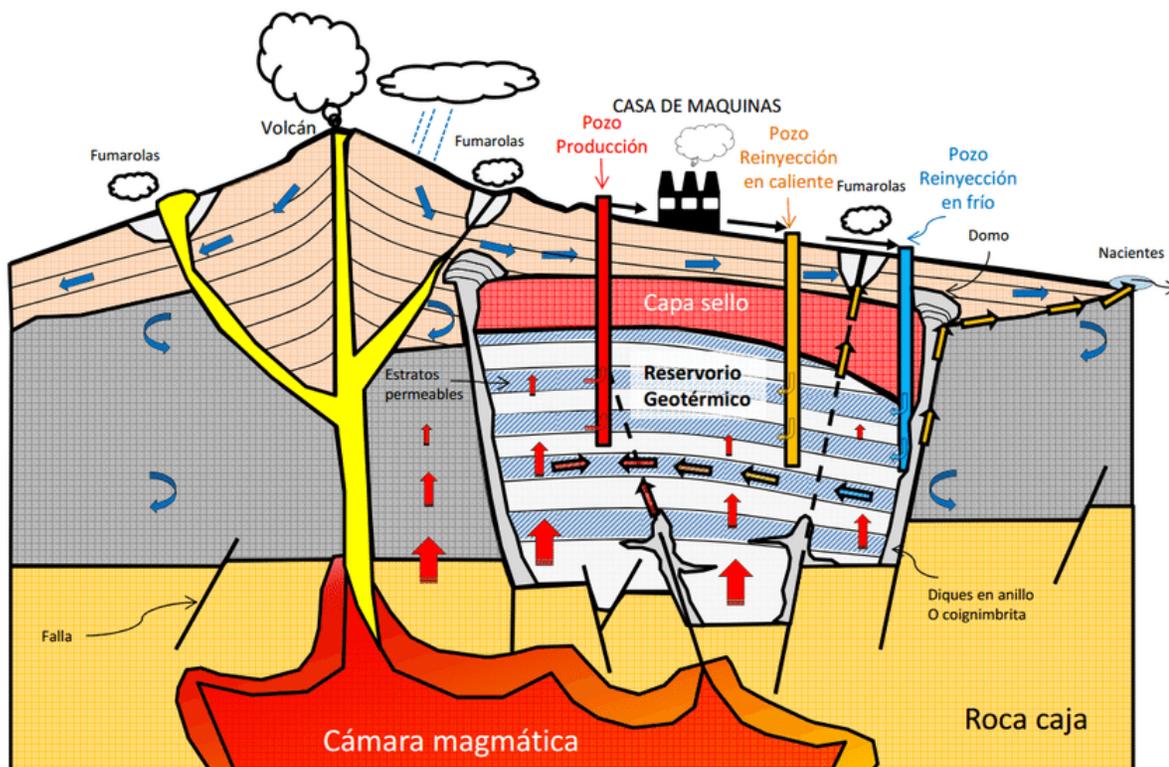


Figura 7 Reservorio geotérmico

(Solís, 2016)

Para la determinación de la existencia de un reservorio geotérmico, intervienen una serie de disciplinas tales como: geólogos, geo-físicos, geoquímicos, ingenieros de reservorios, ingenieros de perforación entre otros.

2.3.2 Perforación

La forma de extraer la energía geotérmica, es mediante la perforación de pozos profundos. Los cuales llegan a la zona de reservorio y conducen el vapor a la superficie y luego por medio de vapor ductos, es conducido a la planta generadora, para transformar esa energía en energía eléctrica. En la figura 8 se muestra el esquema de una planta geotérmica y sus principales componentes.

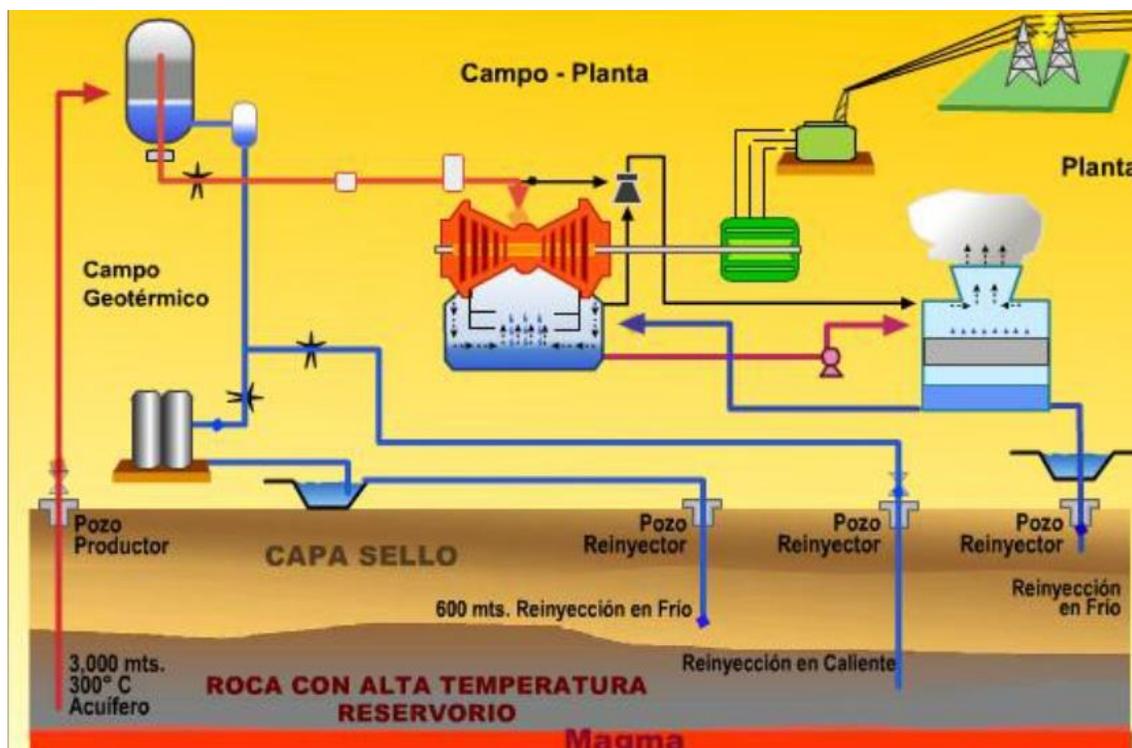


Figura 8 Esquema de funcionamiento de una planta geotérmica
(LaGeo, 2013)

La perforación de un pozo “es definida como el conjunto de operaciones mediante las cuales se crea y acondiciona un ducto (pozo) que servirá como medio para transportar los fluidos geotérmicos desde el subsuelo hasta la superficie” (Delgado y Juárez, 2014, p.67). Estos son conocidos como los pozos productores, pero también están los pozos que son empleados para devolver al subsuelo el agua de condensación antes de llegar a la planta y una vez que el vapor es turbinado y condensado, a estos pozos se les llama pozos reinyectores.

2.3.2.1 Equipos de perforación

Para poder perforar los pozos, es necesario la utilización de maquinaria especializada, llamada equipos de perforación, que las hay de muchas características y van a depender al final de la profundidad a la que se encuentra el recurso (reservorio geotérmico), el máximo diámetro a perforar, los diámetros de las diferentes tuberías de revestimiento a colocar en el pozo. En la figura 9 se presenta un esquema de un equipo de perforación, en el cual se muestran los principales elementos que lo conforman.

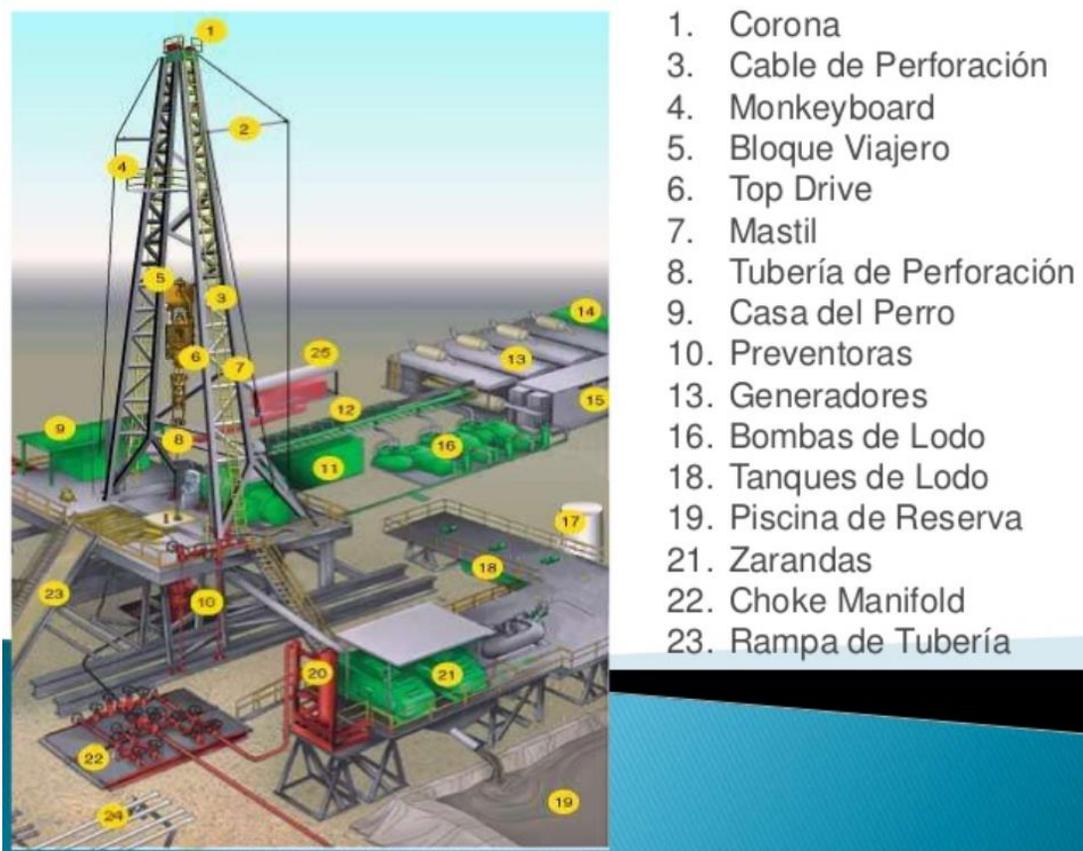


Figura 9 Esquema de equipo de perforación con sus principales componentes (IntiPetrol, 2009)

2.3.2.2 Sistemas de equipos de perforación

Los equipos de perforación están formados por una gran cantidad de componentes, que a su vez se agrupan en diferentes sistemas, según su funcionamiento. Se pueden distinguir cinco sistemas principales, a saber:

- Sistema de levante
- Sistema de rotación
- Sistema de circulación
- Sistema de potencia
- Sistema de prevención de reventones

2.3.2.2.1 Sistema de levante

El sistema de levante o izaje es el de mayores dimensiones en el equipo de perforación, su función principal es el poder sacar y meter dentro del pozo todas las herramientas necesarias para la perforación, así como las tuberías de revestimiento durante las operaciones de la perforación del pozo. Los principales componentes son:

- El malacate
- La subestructura y la torre (mástil)
- Le cable de perforación
- La corona
- Malacates auxiliares.

La figura 10 muestra la ilustración de los principales elementos que conforman el sistema de levante.

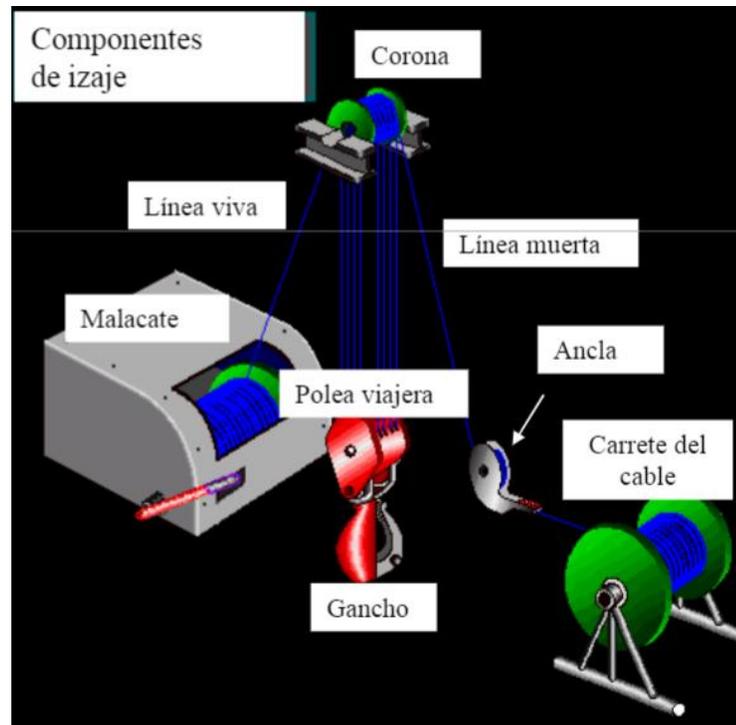


Figura 10 Esquema del sistema de levante de un equipo de perforación (Tebar, 2016)

2.3.2.2.2 Sistema de rotación

“El equipo incluye todos los elementos necesarios para lograr la rotación del equipo, por tanto, su objetivo es el de proporcionar la acción de rotación a la barrena para que esta pueda llevar a cabo la perforación” (Delgado y Juárez, 2014, p.71). Los componentes más importantes de este sistema son:

- “Mesa rotaria
- Buje maestro

- Buje de la flecha de transmisión (Bushing Kelly)
- Flecha de transmisión (kelly)
- Unión giratoria
- Válvulas de seguridad
- Sarta de perforación” (Delgado y Juárez, 2014, p.71).

En la figura 11 se muestra parte de los componentes del sistema de rotación.



Figura 11 Componentes del sistema de rotación, mesa rotaria, buje de la flecha y flecha (Schlumberger, 2019)

2.3.2.2.3 Sistema de circulación

Es el responsable de sacar a superficie el material que es cortado por la barrena conforme se va profundizando el pozo. Los principales componentes son:

- Bombas de lodos

- Tanques de lodos
- Tubería de alta presión
- Sistema de remoción de sólidos
- Torre de enfriamiento

En la figura 12 se aprecia los principales componentes del sistema de circulación.

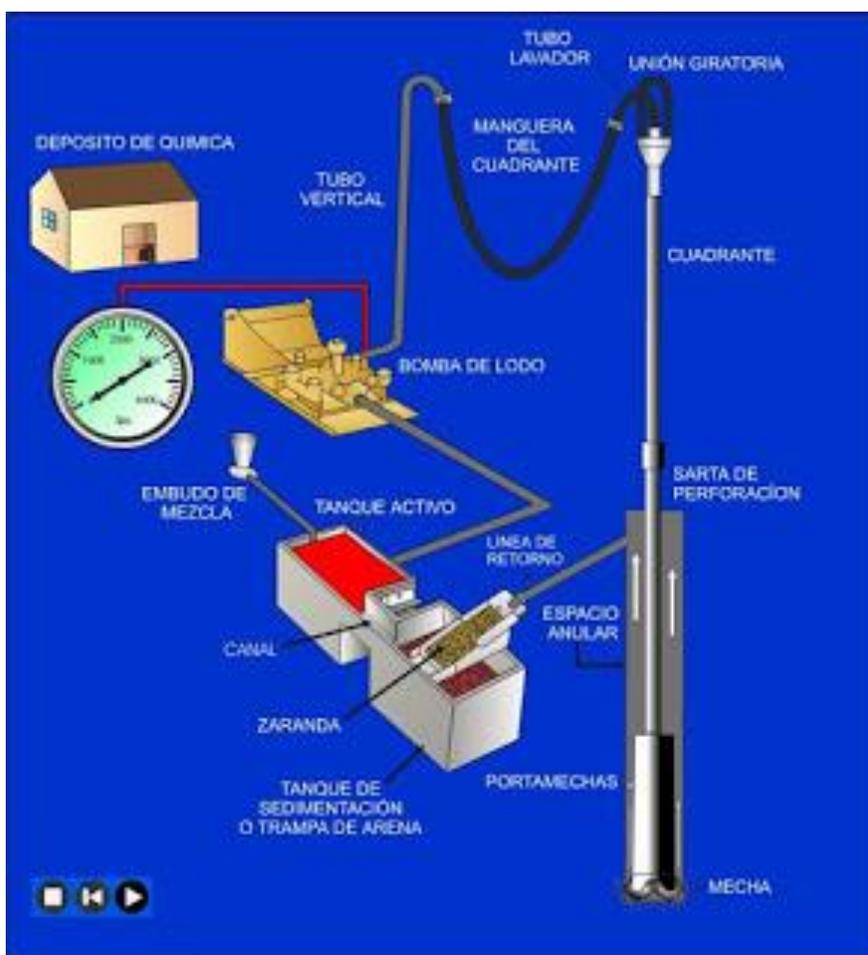


Figura 12 Componentes del sistema de circulación
(PerfoBlogger, 2015)

2.3.2.2.4 Sistema de potencia

Está conformado por los motores de combustión interna, que dan la energía necesaria para la operación de motores eléctricos que a su vez le la transforma en energía mecánica para el funcionamiento de bombas de lodos, malacate, barras de transmisión o cadenas que dan movimiento a otros equipos, así como la energía para el alumbrado y demás componentes eléctricos del equipo de perforación. En la figura 13 se muestra un motor con un generador que es el principal componente del sistema de potencia.



Figura 13 Sistema de potencia, se muestra un generador
(Modificado de Bejarano, 2018)

2.3.2.2.5 Sistema de prevención de reventones

Este sistema está formado por unas válvulas llamadas preventores que son accionados de forma manual cuando hay una sobrepresión en el fondo del pozo y esta se dirige a superficie, generando un sistema de seguridad “en situaciones donde existen estas

aportaciones de fluido de la formación al pozo”. (Delgado y Juárez, 2014, p.72). Los principales componentes de este sistema son:

- Preventor anular
- Preventor de doble martinete
- Acumuladores

La figura 14 muestra los componentes del sistema de prevención de reventones.



Figura 14 Sistema de prevención de reventones, arriba el preventores anular y de doble martinete, abajo los acumuladores.

(Modificado de Bejarano, 2018)

2.3.2.3 Etapas de perforación

Los pozos son perforados en forma telescópica de un diámetro mayor a un diámetro menor, según el diseño de cada pozo. A cada uno de los diámetros perforados se les llama etapa de perforación. En Costa Rica se perforan pozos de cuatro etapas, a saber, en la primera etapa se perfora con un diámetro de 609 mm (24 pulg) llamado agujero de superficie, el cual es ademado y cementado con una tubería de revestimiento de 473 mm (18 5/8 pulg). La segunda etapa es perforada en un diámetro de 444 mm (17 1/2") y es revestida y cementada con una tubería de 340 mm (13 3/8 pulg). La tercera etapa es perforada en un diámetro de 311 mm (12 1/4 pulg) y revestida con una tubería con ranuras de 273 mm (10 3/4 pulg), y finalmente el pozo es perforado con un diámetro de 216 mm (8 1/2 pulg) y revestido con una tubería con ranuras de 193 mm (7 5/8 pulg); las ranuras son para que el vapor pueda ascender a la superficie y sea llevada por el vapor ducto a la planta generadora.

2.3.2.4 Materiales y herramientas de perforación

Para la perforación de los pozos es necesario contar con una gran cantidad de materiales, todos de importación, los cuales están clasificados en cinco grandes grupos, denominados barrenas de perforación, aditivos para fluidos de perforación, aditivos para cementación, tuberías de revestimiento y árbol de válvulas. A parte de estos, es necesario contar con combustible, lubricantes, materiales misceláneos entre otros.

También es necesario para poder perforar el pozo contar con una serie de herramientas, entre las más relevantes, barras de peso de diferentes diámetros, tubería de perforación de pared pesada, tubería de perforación, combinaciones, estabilizadores, rimadores, motores de fondo, amortiguadores y martillos de perforación.

2.3.2.5 Perforación direccional

“La perforación direccional es la técnica de la desviación de la trayectoria del pozo a lo largo de su curso hacía un objetivo que se encuentra en el subsuelo de cuya localización, a una distancia lateral y dirección vertical dada” (Díaz y Téllez, 2016, p. 1). Los motivos de su uso están relacionados con la menor afectación desde el punto de vista ambiental, ya que se debe realizar menos impacto al ambiente, debido a que desde una misma plataforma se puede perforar más de un pozo, condiciones topográficas, incremento en la capacidad de producción del pozo, entre otros factores. En el mundo “El primer pozo direccional fue perforado en Huntington Beach, California” (Frade, 2016, p. 12).

La figura 15 muestra gráficamente lo que es un pozo direccional.

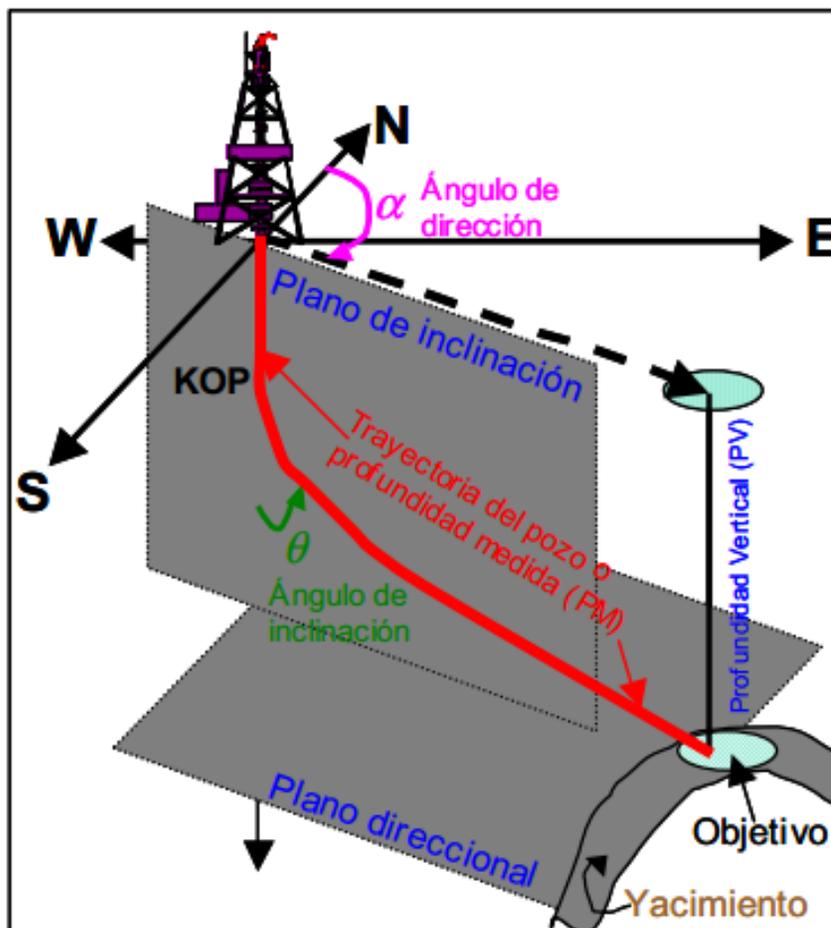


Figura 15 Esquema de perforación direccional, en la parte superior se muestra el equipo de perforación, y la línea rojo representa la trayectoria del pozo (Perforación Direccional, 2017)

2.3.2.6 Explotación del campo geotérmico

El campo Alfredo Mainieri Proti tiene ya más de 25 años de explotación comercial, motivo por el cual, a pesar de las políticas de extracción de vapor que se han definido, el campo, por las características propias de la explotación, algunos pozos han disminuido presión y temperatura, lo que ha generado una disminución en su capacidad de producción. Motivo por el cual es necesario la perforación de pozos de reposición de vapor, con el fin de que las

plantas puedan generar con la potencia de diseño. Por lo que el poder realizar el proyecto de la perforación de un pozo direccional siguiendo las buenas prácticas en dirección de proyectos es de vital importancia.

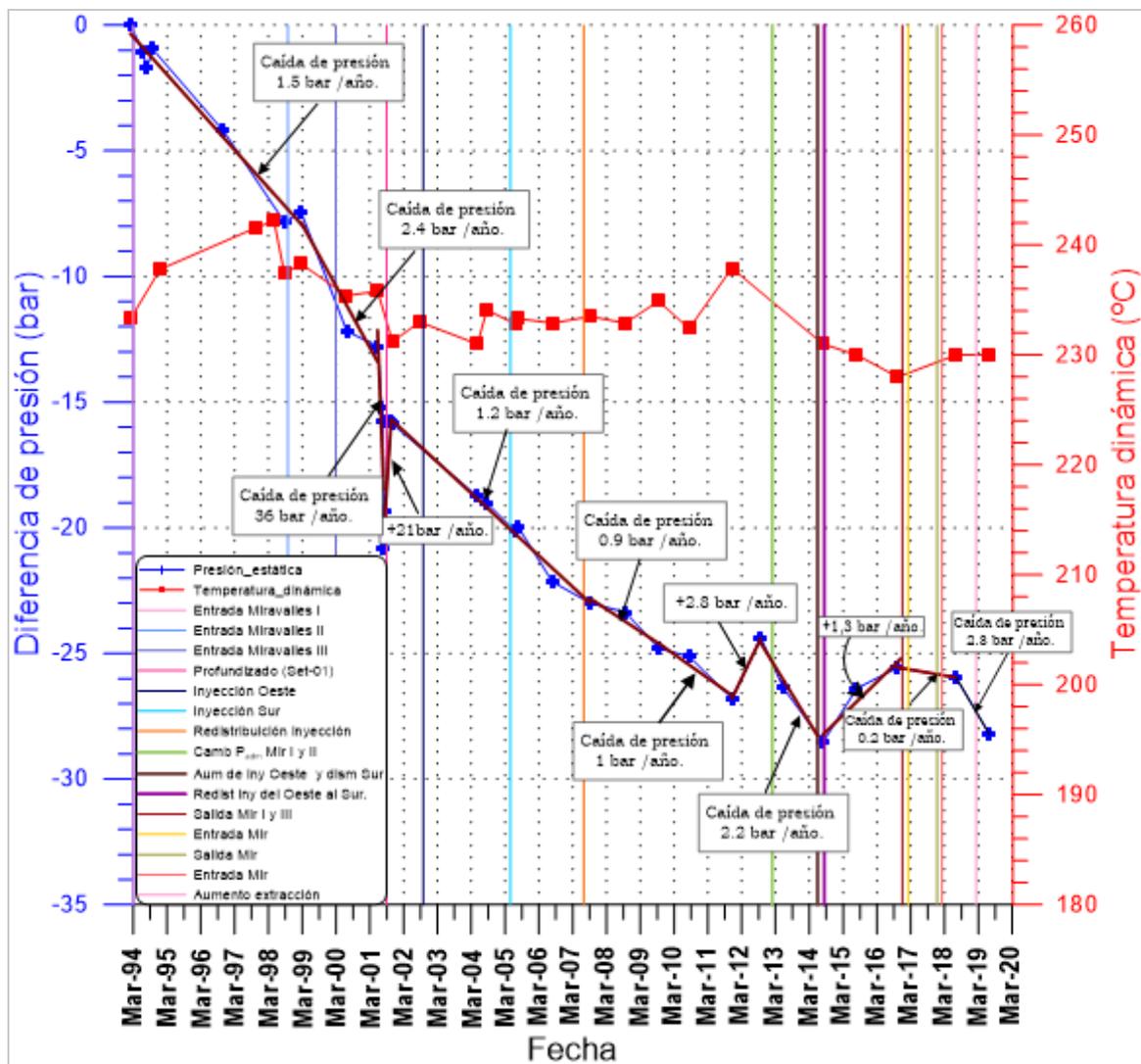


Figura 16 Comportamiento de la presión estática y temperatura dinámica contra el tiempo en el PGM-46. En la línea azul se puede ver el decaimiento de la presión y en rojo la temperatura.

(Garrido, 2019)

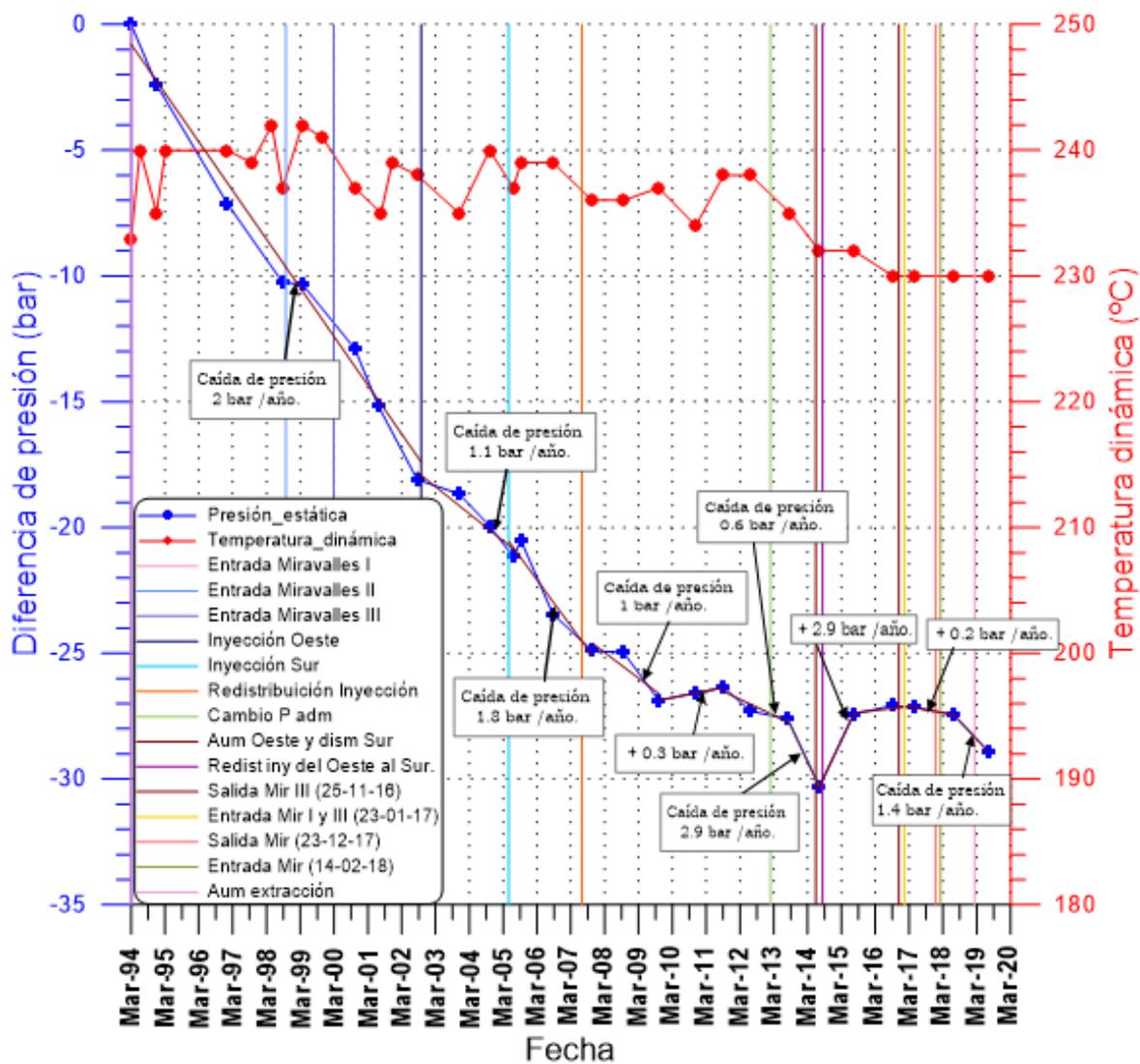


Figura 17 Comportamiento de la presión estática y temperatura dinámica contra el tiempo en el PGM-17. En la línea azul se puede ver el decaimiento de la presión y en rojo la temperatura.

(Garrido, 2019)

En las figuras 16 y 17 se muestra unos gráficos donde se presenta la caída de presión y temperatura de dos de los pozos del campo Alfredo Mainieri Proti, el PGM-46 y el PGM-17 de marzo de 1994 a marzo del 2019.

3 Marco metodológico

Según lo detalla (Castillo, 2019) el marco metodológico es un punto crítico en las investigaciones. Se detalla en él los procedimientos de cómo se desarrolló el estudio y obedece a la estructura seguida para responder a la pregunta de la investigación. También ayuda a valorar la calidad de la investigación.

Por otra parte, según Barrantes (2016) detalla que “es el corazón de la investigación, o sea, bombeará la sangre a todo el cuerpo del documento y ayudará a producir los alimentos que le facilitarán crecer y vivir (p.123).

3.1 Fuentes de información

De acuerdo a Maranto y González (2015) indican que “una fuente de información es todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento.

Las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Encontraremos diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda que hagamos” (párr.1).

“Las fuentes de información pueden ser de muy diverso tipo y pueden brindar datos más o menos fidedignos, lo cual influirá de manera decisiva y determinante en los resultados que vayamos a obtener. Investigar es obtener información, y saber investigar es, por ende, saber cómo recoger la información del modo más confiable posible” (Raffino, 2019, párr. 2).

En el desarrollo de este trabajo, se utilizó la Guía del PMBOK® (PMI, 2017) como base, y adicionalmente se empearon entrevistas a expertos, adicionalmente se utilizaron fuentes de información como documentos de trabajos similares, entrevistas a expertos, búsqueda en sitios de internet, entre otros.

En la figura 18 se muestra un esquema de los tipos de fuentes de información

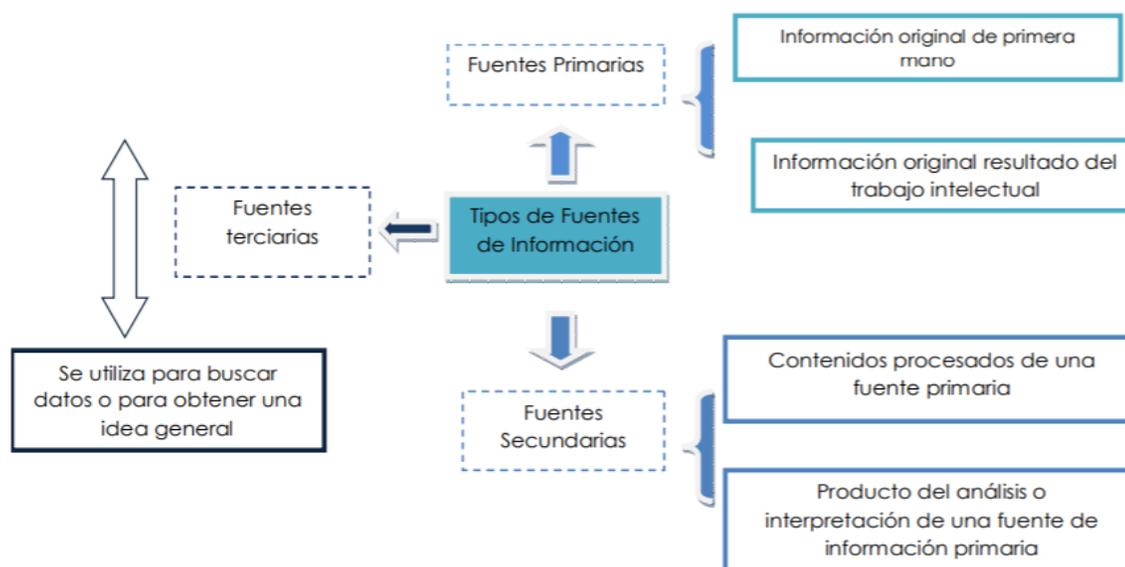


Figura 18 Tipos de fuentes de información.

(Maranto y González, 2015)

3.1.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias son aquellas más cercanas posible al evento que se investiga, es decir, con la menor cantidad posible de intermediaciones. Por ejemplo, si se investiga un

accidente automovilístico, las fuentes primarias serían los testigos directos, que observaron la acción ocurrir. En cambio, si se investiga un evento histórico, la recopilación de testimonios directos sería una fuente primaria posible. (Raffino, 2019, párr. 5).

Este tipo de fuentes contienen información original es decir son 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. (Maranto y González, 2015, párr.2).

Para el desarrollo del presente trabajo se usó las entrevistas a expertos involucrados en el desarrollo del proceso de la perforación de pozos, con el fin de poder desarrollar el plan de gestión para el proyecto de la perforación del pozo.

3.1.2 Fuentes secundarias

Este tipo de fuentes son 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. (Maranto y González, 2015, párr.3).

Se basan en las primarias y les dan algún tipo de tratamiento, ya sea sintético, analítico, interpretativo o evaluativo, para proponer a su vez nuevas formas de información. Por ejemplo, si se investiga un evento histórico, las fuentes secundarias serían aquellos libros

escritos al respecto tiempo después de ocurrido lo ocurrido, basándose en fuentes primarias o directas. Si lo que se investiga, como en el ejemplo anterior, es un accidente, entonces un resumen de los testimonios de los testigos, escritos por la policía, constituye una fuente secundaria. (Raffino, 2019, párr. 6).

En el desarrollo del trabajo se revisó informes de pozos perforados, así como documentación existente en los sistemas informáticos de gestión del sistema, además de emplear libros de texto base sobre la administración de proyectos.

El resumen de las fuentes de información que se utilizarán en este proyecto se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de información utilizadas

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto	Entrevistas a expertos	Guía del PMBOK® 2017, Lledó, P. (2017). Director de Proyectos, Como aprobar el examen del PMP sin morir en el intento. Políticas de la empresa
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para	Entrevistas a expertos, informes de proyectos anteriores	Guía del PMBOK® 2017, Lledó, P. (2017). Director de Proyectos, Como aprobar

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido.		el examen del PMP sin morir en el intento, procedimientos internos.
3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto.	Entrevistas a Director de Proyecto, entrevista a encargado de costos, informes de proyectos anteriores	Guía del PMBOK® 2017, Llédó, P. (2017). Director de Proyectos, Como aprobar el exámen del PMP sin morir en el intento
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Criterio de experto, entrevista a encargado de gestión de la calidad.	Guía del PMBOK® 2017, Llédó, P. (2017). Director de Proyectos, Como aprobar el exámen del PMP sin morir en el intento, tesis de grado, procedimientos internos.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Criterio de experto, entrevistas con Director de Proyecto,	Guía del PMBOK® 2017, Llédó, P. (2017). Director de Proyectos, Como aprobar el exámen del PMP sin morir en el intento, políticas de la empresa
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las	Entrevistas a expertos	Guía del PMBOK® 2017, internet, tesis de grado, estudios de impacto ambiental y social de

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.		proyectos anteriores.
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.	Entrevista Director de Proyecto, entrevista encargado de gestión de calidad.	Guía del PMBOK® 2017, internet, tesis de grado
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.	Informes de Adquisiciones, entrevistas encargado de compras, entrevista con gestión de adquisiciones, entrevista a potenciales proveedores.	Guía del PMBOK® 2017, informes de compras de proyectos anteriores.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los	Entrevistas a expertos, observación del área de influencia.	Guía del PMBOK® 2017, estudios de impacto ambiental y social de proyectos anteriores.

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
mismos.		

La tabla 1 muestra las diferentes fuentes de información usados para el desarrollo del proyecto.

(Elaboración propia).

3.2 Métodos de Investigación

De acuerdo a Campos (2017) detalla “el método es el camino que sigue toda investigación para producir conocimiento sobre el objeto (p. 15).

Por otro lado, Cannan (s.f.) detalla que “Los métodos de investigación son herramientas para la recolección de datos, formular y responder preguntas para llegar a conclusiones a través de un análisis sistemático y teórico aplicado a algún campo de estudio” (párr.1).

Continúa indicando Cannan (s.f.) que “Los métodos de investigación localizan y delimitan un problema, permiten recolectar datos importantes para generar hipótesis que posteriormente sean probadas o respaldadas. De esta forma se pueden tomar las decisiones más acordes al caso de estudio” (párr. 4).

Para este proyecto los métodos de investigación estuvieron enfocados en la realización de un plan de gestión para la perforación de un pozo direccional para un campo geotérmico, aplicando las diez áreas del conocimiento que detalla la Guía del PMBOK® 2017.

Seguidamente se detallan algunos de los diferentes tipos de métodos de investigación que existen.

3.2.1 Método analítico

“Se encarga de desglosar las secciones que conforman la totalidad del caso a estudiar, establece las relaciones de causa, efecto y naturaleza.

En base a los análisis realizados se pueden generar analogías y nuevas teorías para comprender conductas.

Se desarrolla en el entendimiento de lo concreto a lo abstracto, descomponiendo los elementos que constituyen la teoría general para estudiar con mayor profundidad cada elemento por separado y de esta forma conocer la naturaleza del fenómeno de estudio para revelar su esencia” (Cannan, s.f., párr. 23 al 25).

Mientras que Rodríguez (2019) dice “es una forma de estudio que implica habilidades como el pensamiento crítico y la evaluación de hechos e información relativa a la investigación que se está llevando a cabo. La idea es encontrar los elementos principales detrás del tema que se está analizando para comprenderlo en profundidad” (párr. 1).

Esta metodología se aplicó en el desarrollo del proyecto, ya que fue necesario el poder descomponer cada una de las partes que componen el proceso de la perforación de los

pozos profundos para geotermia, y poder realizar un análisis de ellos y de esta manera realizar el plan de gestión del proyecto en cada una de las áreas del conocimiento que detalla la Guía del PMBOK® 2017.

3.2.2 Método Deductivo

“Se refiere a un método que parte de lo general para centrarse en lo específico mediante el razonamiento lógico y las hipótesis que puedan sustentar conclusiones finales.

Este proceso parte de los análisis antes planteados, leyes y principios validados y comprobados para ser aplicados a casos particulares.

En este método todo el empeño de la investigación se basa en las teorías recolectadas, no en lo observado ni experimentado; se parte de una premisa para esquematizar y concluir la situación de estudio, deduciendo el camino a tomar para implementar las soluciones”

(Cannan, s.f., párr. 20 al 22)

Por otra parte, González (2014) detalla “el método deductivo consiste en tomar conclusiones generales para 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” (párr.3).

Este método se empleó debido que fue necesario también el estudio de las metodologías de perforación de pozos y no solamente de lo planteado por los expertos en la materia de la perforación del ICE.

3.2.3 Método Investigación Bibliográfico (Documental)

No se trata solamente de una recopilación de datos contenidos en libros, sino que se centra, más bien, en la reflexión innovadora y crítica sobre determinados textos y los conceptos planteados en ellos. (Campos, 2017, p. 17).

Por otra parte, se define como “el proceso estratégico en donde el investigador busca, a través de la observación, y consulta en distintas fuentes documentales, recabar los datos e información existente sobre el tema que pretende estudiar, a fin de obtener material intelectual y científico en donde pueda descansar el desarrollo de la investigación científica que desea realizar” (El Pensante, 2017, párr.1).

Por otra parte, esta metodología fue aplicada también, ya que se complementa muy bien con las otras dos arriba citadas, la analítica y la deductiva. No solamente se trató de revisar documentación bibliográfica existente, sino que se debió de realizar un análisis de las mismas para poder realizar los planes de gestión.

En la tabla 2, se pueden apreciar los métodos de investigación que se van a emplear para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto

Tabla 2. Métodos de investigación utilizados

Objetivos	Métodos de investigación		
	Analítico	Deductivo	Documental
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto	Análisis de requisitos del proyecto para definir el alcance		En proyectos similares revisar el plan de gestión del alcance
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido.	Análisis de la EDT para la definición de tiempos y definir el cronograma		Revisar en bibliografía métodos para la realización del cronograma
3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del	Con el análisis de la EDT se realiza la estimación de costos del proyecto	Se establece el presupuesto del proyecto con base en históricos	Se revisan costos de proyectos similares

Objetivos	Métodos de investigación		
	Analítico	Deductivo	Documental
proyecto.		.	
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.		Deducir requisitos mínimos de calidad para entregables del proyecto	Mediante el análisis documental se establecen las bases para aseguramiento de la calidad del proyecto.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Mediante el análisis de los procesos de perforación, definir los recursos del proyecto.		Mediante la revisión documental se determinan los recursos del proyecto
6. Crear un plan de comunicaciones que permita asegurar la información efectiva de todos los involucrados del proyecto.	Análisis de comunicación de los involucrados		
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar	Análisis para la definición e identificación de		Revisión documental de riesgos que se

Objetivos	Métodos de investigación		
	Analítico	Deductivo	Documental
la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.	riesgos que puedan afectar el desarrollo del proyecto, así poder realizar la clasificación y poder definir cómo mitigarlos.		presentaron en proyecto similares
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.	Análisis de las capacidades de los potenciales proveedores para el desarrollo del proyecto.		Estudio de informes de compras de proyectos anteriores.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.	Análisis de los diferentes involucrados para definir las necesidades de cada uno		

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

(Elaboración propia).

3.3 Herramientas

“Una herramienta, es algo tangible como una plantilla o un programa de software, utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado” (PMI, 2017, p. 714).

Mientras que Torres y Torres (2014) detallan “las herramientas toman la forma de habilidades o destrezas que posee de forma natural un administrador de proyectos y que son complementadas con el aprendizaje, sea por experiencias previas o mediante la capacitación en el área de administración de proyectos (p. 38).

En la tabla 3, se definen las herramientas por utilizar para cada objetivo propuesto.

Tabla 3. Herramientas utilizadas

Objetivos	Herramientas
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Entrevistas · Reuniones
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido.	<ul style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Análisis de datos · Reuniones · Descomposición · Estimación análoga · Sistemas de información para la

Objetivos	Herramientas
	<p data-bbox="938 323 1230 354">direccion de proyectos</p>
<p data-bbox="277 380 764 520">3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto.</p>	<ul data-bbox="894 380 1349 684" style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Análisis de datos · Lluvia de ideas · Estimación análoga · Sistemas de información para la direccion de proyectos
<p data-bbox="277 711 813 905">4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.</p>	<ul data-bbox="894 711 1166 795" style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Análisis de datos
<p data-bbox="277 932 792 1125">5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.</p>	<ul data-bbox="894 932 1247 1073" style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Reuniones · Representación de datos
<p data-bbox="277 1152 797 1346">6. Crear un plan de comunicaciones que permita asegurar la información efectiva de todos los involucrados del proyecto.</p>	<ul data-bbox="894 1152 1414 1236" style="list-style-type: none"> · Juicio de expertos · Análisis de requisitos de información
<p data-bbox="277 1373 781 1619">7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.</p>	<ul data-bbox="894 1373 1360 1619" style="list-style-type: none"> · Análisis de datos · Reuniones · Matriz de probabilidad e impacto · Estrategia para amenazas y oportunidades
<p data-bbox="277 1656 808 1839">8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del</p>	<ul data-bbox="894 1656 1409 1797" style="list-style-type: none"> · Juicio de experto · Análisis de hacer o comprar · Análisis de selección de proveedores

Objetivos	Herramientas
proyecto.	
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administracion adecuadas para lograr una participacion eficaz de los mismos	<ul style="list-style-type: none"> · Criterios para la clasificación · Análisis de interesados · Clasificación interesados según el poder e interés. · Jucio de experto

La tabla 3 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo.

(Elaboración propia)

3.4 Supuestos y restricciones

En la planificación de cualquier proyecto, siempre se tendrán supuestos y restricciones que en alguna medida podrían afectar el resultado del proyecto. De acuerdo con el PMI (2017) un supuesto es un “factor del proceso de planificación que se considera verdadero, real o cierto sin prueba ni demostración” (p.725). Mientras que una restricción es un “factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso” (PMI, 2017, p. 723).

Mientras que es Arciniega (2018) define los supuestos como “una circunstancia o evento fuera del proyecto que pueden afectar a su éxito y que el equipo de proyecto cree que va a suceder, pero que están fuera de su control total. Es necesario que su identificación se realice durante la planificación, pues en ese momento muchas preguntas rondarán sin respuestas precisas” (párr. 1). Por otro lado, las restricciones “son limitaciones que afectan

el desempeño del proyecto. Las restricciones más populares son el: presupuesto, alcance y tiempo” (Arciniega, 2018, p. 2).

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. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto	Se tiene construida la plataforma, caminos de acceso y acueducto para la perforación del pozo. Se cuenta con los permisos ambientales y legales para la perforación del pozo; así como con la proyección geocientífica. El pozo tendrá una capacidad de producción no menor a 4 MWe.	El trabajo abarca los grupos de procesos de inicio y planificación
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el	El proyecto se podrá ejecutar en 5,5 meses	El tiempo para desarrollar el plan es poco, solo de tres meses.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
proyecto en el tiempo establecido.		
3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto.	Una vez aprobado el presupuesto del proyecto (USD \$3 150 000,00), la Institución contará con los recursos financieros necesarios para girar al proyecto	Los recursos económicos para el desarrollo del proyecto no son ilimitados.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	La empresa cuenta con una política de gestión de la calidad que facilite la realización del plan.	El monitoreo de la calidad se realizará periódicamente durante el desarrollo del proyecto.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Se cuenta con una estructura para la gestión de los recursos que requiere el proyecto. Se cuenta con el personal y equipos especializado para la realización de la perforación del pozo	Se dispone de todos los recursos que el proyecto requiere para su realización.
6. Crear un plan de comunicaciones que permita asegurar la información efectiva de todos los involucrados del	Se empleará comunicación formal e informal en el desarrollo del proyecto.	Toda la información que se genere en el proyecto debe ser en idioma español y utilizando el Sistema Intencional de Unidades

Objetivos	Supuestos	Restricciones
proyecto.		(S.I.).
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.	Se establecerá un plan de respuesta a los riesgos altos y moderados en la matriz de probabilidad e impacto.	No se cuenta con personal especializado en la gestión de riesgos.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.	Se cuenta con una lista de proveedores para el suministro de los requerimientos del proyecto. Se cuenta con los materiales principales que son de importación y no se presentarán contratiempos en las adquisiciones de los materiales locales que serán requeridos	Por ser una institución pública no se puede limitar la cantidad de potenciales oferentes. La gran mayoría de materiales requeridos para el proyecto son de importación.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administracion adecuadas para lograr una participacion eficaz de los mismos	Se tiene buena relación con los interesados de las comunidades del área de influencia del proyecto.	Se cuenta con recursos limitados para atender necesidades de los interesados de las comunidades del área de influencia del proyecto.

La Tabla 4 muestra supuestos y restricciones utilizados, en correspondencia con cada objetivo.

(Elaboración propia).

3.5 Entregables

Un entregable es “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto” (PMI, 2017, p. 708).

Mientras Rabechini (2019) detalla que “pueden ser los productos, la capacidad de prestar servicios, los resultados al interior de la empresa o los documentos que se generan” (Párr. 6).

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

Tabla 5. Entregables

Objetivos	Entregables
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto	Plan de gestión del alcance. Se incluye: Recopilar requisitos, definición del alcance, EDT, diccionario de la EDT, validar el alcance y controlar el alcance.
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades	Plan de gestión del cronograma. Se incluye: Definir las actividades,

Objetivos	Entregables
necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido.	secuenciar actividades, estimar la duración, desarrollar el cronograma y controlar el cronograma.
3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto.	Plan de gestión del costo. Se incluye: Planificar la gestión de los costos, estimar los costos, determinar el presupuesto, línea base de costo y controlar los costos.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Plan de gestión de la calidad. Se incluye: Planificar la gestión de la calidad, métricas de calidad, línea base de la calidad y documentos de pruebas y evaluación.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Plan de gestión de los recursos. Se incluye: Matriz de asignación de responsabilidades, organigrama del proyecto, estimar y adquirir los recursos, estructura de desglose de recursos, adquirir recursos, calendario de recursos, desarrollar el equipo y evaluaciones de desempeño.
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	Plan de gestión de las comunicaciones. Se incluye: Planificar la gestión de las comunicaciones, matriz de comunicaciones, gestionar las comunicaciones, monitorear las comunicaciones.
7. Realizar un plan de gestión de	Plan de gestión del riesgo. Se incluye:

Objetivos	Entregables
riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.	Planificar la gestión de los riesgos, probabilidad e impacto de los riesgos, identificar los riesgos, análisis cualitativo, planificar la respuesta a los riesgos y monitorear los riesgos.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para desarrollar el proyecto.	Plan de gestión de las adquisiciones. Se incluye: Planificar la gestión de las adquisiciones, efectuar las adquisiciones y controlar las adquisiciones
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administracion adecuadas para lograr una participacion eficaz de los mismos.	Plan de gestión de interesados. Se incluye: Identificar a los interesados, planificar el involucramiento de los interesados, gestionar el involucramiento de los interesados

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

(Elaboración propia).

4 Desarrollo

Se plantea en este proyecto la realización de un plan de gestión para el desarrollo del proyecto denominado Perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, siguiendo las mejores prácticas en la administración de proyectos que se establecen en la Guía del PMBOK® 2017. Con el fin de poder tener una mayor probabilidad de éxito del proyecto, de manera tal que se logren los resultados del proyecto.

4.1 Plan de Gestión del Alcance del Proyecto

El PMI (2017) detalla que “La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito” (p.129). Es decir, debe quedar definido que se incluye y que no se incluye en el proyecto.

Tomando en consideración el Acta de Constitución del Proyecto, el cual se incluye en el anexo 4, se procede a realizar la preparación de la Recopilación de Requisitos, el Enunciado del Alcance del Proyecto, la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) y su diccionario, verificar el alcance y finalmente el controlar el alcance. Para ello fue necesario el empleo de herramientas que establece la Guía del PMBOK® 2017, como el juicio de experto y reuniones.

4.1.1 Recopilar requisitos

“Es el proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto” (PMI, 2017, p. 138). El objetivo fundamental del proyecto es el poder perforar un pozo profundo direccional para poder contar con vapor para las unidades generadoras, esto debido al abatimiento normal que sufren los pozos por los años de la explotación comercial de las plantas generadoras. Partiendo de esto, en la tabla 6 se presentan los interesados del proyecto con los requisitos que cada uno de ellos tiene del proyecto, importante detallar que la gestión de interesados será desarrollada más adelante en el punto 4.9.

Tabla 6. Requisitos de interesados

Nombre del interesado	Directo/Indirecto	Requisito
Patrocinador-Director CSRG	Directo	<ul style="list-style-type: none"> • El pozo debe suplir el vapor requerido para la plata de generación • El proyecto debe cumplir con los requerimientos de los interesados
Director de Proyecto	Directo	<ul style="list-style-type: none"> • El alcance de la obra se ejecute cumpliendo el tiempo, costo y calidad
Equipo de proyecto Perforación Yacimientos Geotérmicos	Directo	<ul style="list-style-type: none"> • El alcance de la obra se ejecute cumpliendo el tiempo, costo y calidad. • Equipo de perforación en condiciones de operación • Los fluidos de perforación para la ejecución del proyecto deben cumplir con los parámetros establecidos • Los insumos que son normados por API, deben adquirirse certificados por ese ente internacional • Cada etapa de perforación del pozo se debe llevar a la profundidad programada

Nombre del interesado	Directo/Indirecto	Requisito
		<ul style="list-style-type: none"> • Las tuberías de revestimiento cementadas con lechadas de cemento según los diseños • El inicio de la desviación del pozo se debe hacer a la profundidad planeada al igual que el desarrollo de la curva
Equipo de proyecto Desarrollo y explotación de Yacimientos Geotérmicos	Directo	<ul style="list-style-type: none"> • Se logre llegar al objetivo geológico programado. • Se tenga la recuperación de las muestras cada 5 m perforados • Se logre pasar por los lineamientos geofísicos propuestos • Se logre anclar las tuberías de revestimiento a las profundidades programadas
Equipo de Operación y Mantenimiento Mecánico de Campo	Directo	<ul style="list-style-type: none"> • El pozo debe quedar armado con el árbol de válvulas completo y las válvulas a la altura especificada y con el azimut definido
Director del Centro de Generación Mira valles	Indirecto	<ul style="list-style-type: none"> • El pozos suministre el vapor necesario para llevar las unidades a su máxima capacidad cuando así sea requerido
Comunidad del área de influencia	Indirecto	<ul style="list-style-type: none"> • Empleo a personal de la zona
Proveedores	Indirecto	<ul style="list-style-type: none"> • Información al programa de adquisiciones

La tabla 6 muestra los interesados y los requisitos que cada uno de ellos tiene del proyecto. (Elaboración propia)

4.1.2 Definición del alcance

Después de más de 25 años de entrada en operación la primera planta geotérmica del país, algunos de los pozos que le suplen el vapor, han ido disminuyendo la capacidad de

producción, lo que es reflejado con una disminución en la presión del pozo, así como de un descenso en la temperatura. Para llevar de nuevo la planta a su capacidad de diseño, es necesario la perforación de un pozo productor profundo para contar con el vapor requerido por la planta de generación.

Para ello es importante definir el alcance del proyecto, en el cual se definen los principales entregables del proyecto, criterios de aceptación, las restricciones, exclusiones y supuestos del proyecto. De acuerdo al PMI (2017) la definición del alcance del proyecto “es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto”. (p. 150). Esta definición del alcance será un insumo para la elaboración de la estructura de desglose de trabajo (EDT).

El proyecto consiste en la perforación de un pozo profundo direccional, empleando para ello equipos especializados para la perforación profunda, es necesaria la dirección del proyecto donde se verá que la obra se ejecute según las buenas prácticas de la Guía del PMBOK® 2017, para ello es necesario el traslado y armado del equipo de perforación, posteriormente se inicia la perforación del pozo, el cual se compone de cuatro etapas o diámetros de perforación en forma telescópica. La primera etapa va de los 0 m hasta los 350 m de profundidad, en un diámetro de 609 mm y será revestido con una tubería de 473 mm de diámetro, el espacio anular entre el agujero perforado y la tubería de revestimiento será rellenado con una lechada de cemento. La segunda etapa del pozo será perforada hasta los 900 m de profundidad, con un diámetro de 444 mm y revestido con tubería de 340 mm

desde el fondo hasta la superficie, el espacio anular será relleno con lechada de cemento. Es en esta etapa que se inicia la construcción del pozo en forma direccional, a partir de los 400 m de profundidad, y se construirá 2° cada 30 m perforados, el ángulo de inclinación del pozo será de 30° por lo que el final de la curva del pozo será a los 800 m, el azimut del pozo será 245°. Posteriormente, se perforará una tercera etapa del pozo en un diámetro de 311 mm hasta los 1900 m de profundidad y será colocada una tubería ranurada de 273 mm desde el fondo del pozo y colgada a los 850 m, en esta etapa el pozo seguirá en forma direccional siguiendo el ángulo y azimut de la etapa anterior. La cuarta, y última etapa, será perforada en un diámetro de 216 mm, hasta los 2400 m de profundidad y llevará una tubería de revestimiento ranurada de 193 mm desde el fondo hasta los 1850 m. Cada una de las etapas contempla el diseño de un lodo de perforación. Llegada a la profundidad objetivo, se realizarán una serie de pruebas para la caracterización del pozo, finalizando con el desarme de las herramientas y desmontaje del equipo de perforación.

Los principales entregables son

- Administración del proyecto.
- Diseños.
- Trabajos preliminares.
- Perforación
- Pruebas.
- Trabajos finales.

4.1.2.1 Restricciones

- Se tiene cinco meses y medio para la perforación del pozo.
- El presupuesto no debe sobrepasar los USD\$ 3 150 000,00.

4.1.2.2 Exclusiones

- No se contempla en el proyecto el vapor ducto que lleva el vapor a la estación separadora.
- No se contempla las instalaciones para el sistema de inhibición del pozo.

4.1.2.3 Supuestos

- Una vez aprobado el presupuesto del proyecto, la Institución contará con los recursos financieros necesarios para girar al proyecto
- Se cuenta con los permisos ambientales y legales para la perforación del pozo.
- Ya se tiene lista la plazoleta para la perforación, así como los caminos de acceso y el acueducto.
- Se cuenta con los materiales principales que son de importación y no se presentarán contratiempos en las adquisiciones de los materiales locales que serán requeridos.
- El pozo tendrá una capacidad de producción no menor a 4 MWe.
- Se cuenta con el personal y equipos especializado para la realización de la perforación del pozo.

- Se cuenta con la proyección geocientífica del pozo

4.1.3 Estructura de desglose de trabajo (EDT)

La EDT de un proyecto es el subdividir cada uno de los entregables del proyecto en elementos más pequeños que lo hacen más sencillo de manejar, sin llegar a subdivisiones que por el contrario lo hagan muy complicado. Seguidamente, se presenta la EDT para el proyecto perforación de un pozo direccional para reposición de vapor de un campo geotérmico.

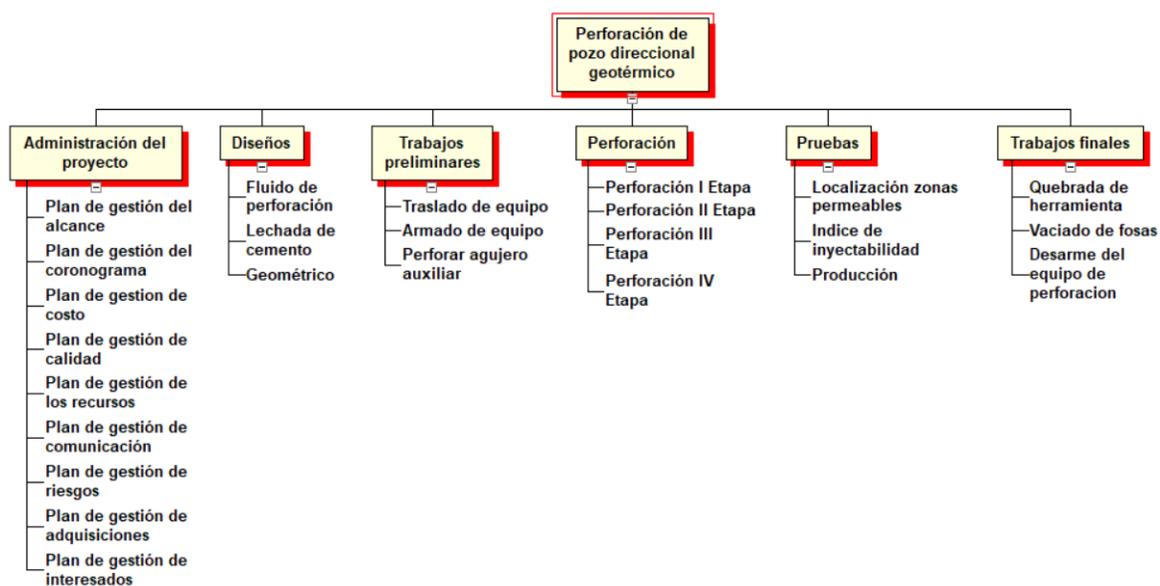


Figura 19 Estructura de desglose de trabajo (EDT)

(Elaboración propia).

4.1.4 Diccionario de la EDT

El diccionario de la EDT es el documento en el cual se presenta información específica de cada uno de los entregables en que se ha descompuesto el proyecto y que ha sido

representada en la EDT, se puede incluir el nombre del entregable, una descripción, el costo, recursos necesarios, entre otra información. En la tabla 7 se muestra el diccionario de la EDT del proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico.

Tabla 7. Diccionario de la EDT

Proyecto: Perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.	
ID del Paquete de Trabajo: 1.1.	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Administración del proyecto	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Contempla los planes de gestión para el desarrollo del proyecto, incluye el alcance del proyecto, el cronograma, el costo, calidad, los recursos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados	
Asignado a: Director de proyecto	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 01/06/2020	Fecha de Entrega: 13/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.2	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Diseños	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Contempla los diseños de los fluidos de perforación que serán empleados en cada una de las etapas del pozo, los diseños de las lechadas de cemento que serán utilizadas en las tuberías de revestimiento de la primera y segunda etapa de perforación, así como el diseño geométrico del pozo detallando las profundidades, diámetros, tipos de acero y peso de las tuberías de revestimiento a emplear.	
Asignado a: Ing. lodos y cementación/ Ing. obra	Departamento: IOPYG, IPYG
Fecha Asignada: 01/06/2020	Fecha de Entrega: 08/06/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.3	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Trabajos preliminares	
Descripción del Paquete de Trabajo:	

Proyecto: Perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.	
Se incluyen la movilización de todos los equipos que conforman la máquina perforadora al sitio donde se perforará el pozo, se incluye el montaje o armado de cada uno de los componentes del equipo de perforación, una vez todo el equipo instalado se procede con la perforación del agujero auxiliar de la perforación	
Asignado a: Ingeniero de perforación	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 08/06/2020	Fecha de Entrega: 23/06/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.4	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Perforación	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Contempla propiamente la perforación del pozo, en sus cuatro etapas o diámetros de perforación, cada una a la profundidad definida y su respectiva tubería de revestimiento, las primeros dos etapas con la tubería de revestimiento cementada, y las otras dos con la tubería de revestimiento ranurado y colgada, así como la preparación de los fluidos de perforación para cada una de las etapas.	
Asignado a: Ing. obra	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 23/06/2020	Fecha de Entrega: 02/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.4.1	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Perforación I etapa	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Contempla la perforación del pozo de los 0 m a los 350 m de profundidad, en un diámetro de 609 mm, la colocación de la tubería de revestimiento de 473 mm su respectiva cementación y la soldadura del cabezal de pozo	
Asignado a: Ing. obra	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 23/06/2020	Fecha de Entrega: 19/07/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.4.2	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Perforación II etapa	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Incluye la colocación del sistema de prevención de explosiones de 540 mm, la perforación en agujero de 444 mm de 350 m. a 900 m, el inicio de la parte direccional del pozo, y la construcción de la curva del pozo, la bajada de la tubería de revestimiento de 340 mm, la cementación, el desmontaje del sistema de prevención de explosiones de 540 mm y el montaje del carrete de expansión.	

Proyecto: Perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.	
Asignado a: Ing. obra/Ing. lodos y cementación	Departamento: PYG/IPYG
Fecha Asignada: 19/07/2020	Fecha de Entrega: 20/08/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.4.3	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Perforación de la III etapa	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Incluye la colocación del sistema de prevención de explosiones de 340 mm, la perforación en agujero de 311 mm de 900 m. a 1600 m, mantener la inclinación y azimut del pozo, la bajada y colgada de la tubería de revestimiento ranurada de 254 mm, pruebas preliminares al pozo.	
Asignado a: Ing. obra	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 20/08/2020	Fecha de Entrega: 07/10/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.4.4	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Perforación de la IV etapa	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Contempla la perforación en agujero de 216 mm de 1600 m. a 2400 m, el mantener la inclinación y azimut del pozo, la bajada y colgada de la tubería de revestimiento ranurada de 194 mm, el montaje del sistema de árbol de válvulas.	
Asignado a: Ing. Obra/Ing. lodos y cementación	Departamento: PYG/IPYG
Fecha Asignada: 07/10/2020	Fecha de Entrega: 02/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.5	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Pruebas	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Aquí se incluye las pruebas finales del pozo, para determinar las propiedades del pozo.	
Asignado a: Ing. Reservorios	Departamento: DEYG
Fecha Asignada: 2/11/2020	Fecha de Entrega: 06/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.5.1	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Localización de zonas permeables	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Registro a fondo de pozo para determinar, mediante la inyección de agua, las	

Proyecto: Perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.	
profundidades donde son localizadas las zonas permeables del pozo	
Asignado a: Ing. Reservorios	Departamento: DEYG
Fecha Asignada: 02/11/2020	Fecha de Entrega: 02/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.5.2	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Prueba de inyectabilidad	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Registro a fondo de pozo para determinar la cantidad de líquido en litros por segundo que puede aceptar el pozo por unidad presión	
Asignado a: Ing. Reservorios	Departamento: DEYG
Fecha Asignada: 02/11/2020	Fecha de Entrega: 03/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.5.3	Nivel: 3
Paquete de Trabajo: Producción	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Prueba para determinar la capacidad de producción del pozo en MWe	
Asignado a: Ing. Reservorios	Departamento: DEYG
Fecha Asignada: 03/11/2020	Fecha de Entrega: 06/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:
ID del Paquete de Trabajo: 1.6	Nivel: 2
Paquete de Trabajo: Trabajos finales	
Descripción del Paquete de Trabajo:	
Se incluye los trabajos finales del pozo, el desarmado de las herramientas empleadas en la perforación y las pruebas de pozo, el vaciado de las fosas y el desarme del equipo de perforación.	
Asignado a: Ing. obra	Departamento: PYG
Fecha Asignada: 06/11/2020	Fecha de Entrega: 13/11/2020
Costo Estimado:	Código del Costo:

(Elaboración propia)

4.1.5 Validar el alcance

Una vez iniciado el proyecto se debe llevar una verificación del alcance, para ello es fundamental que el director del proyecto se apoye en la EDT, así como en el diccionario de la EDT, que son herramientas para la verificación de cada uno de los entregables. Se

realizarán informes de avance diario del proyecto, por lo que oportunamente se podrá determinar entregables que se están alejando del alcance y que se tomen las medidas para su corrección, de manera tal que el proyecto se mantenga dentro del alcance establecido. También se tendrá reuniones mensuales de seguimiento, donde el director de proyecto presentará el avance comparado con el alcance y entregables de la EDT. Será responsabilidad del patrocinador la aceptación de los entregables presentados por el director del proyecto, mediante esto se asegura que el proyecto se está desarrollando y se mantiene según el alcance definido.

4.1.6 Controlar el alcance

“Es el proceso en el cual se monitorea el estado del alcance del proyecto y del producto, y se gestionan cambios a la línea base del alcance. El beneficio clave de este proceso es que la línea base del alcance es mantenida a lo largo del proyecto” (PMI, 2017, p. 167). Como parte de las responsabilidades del equipo del proyecto está el controlar el alcance del proyecto; el director del proyecto debe cerciorar que el proyecto se lleve a cabo bajo lo establecido en la EDT y su diccionario para asegurar que el trabajo se desarrolle según lo planeado; y verificará, junto con su equipo, que se ejecuten solo aquellas modificaciones a la línea base del alcance que se hayan aprobado según lo descrito a continuación.

Cualquier cambio que sea solicitado, por algún interesado del proyecto, deberá quedar documentado y debe contar con la aprobación del patrocinador. Se establecerá un formulario para el control de cambios, en el cual se deberá detallar el cambio propuesto, el

impacto en el tiempo, costo, alcance, fecha de presentación, nombre de quién la realiza, entre otros. Para ello se propone el formulario control de cambios incluido en el anexo 5.

4.2 Plan de Gestión del Cronograma del Proyecto

“La programación del proyecto proporciona un plan detallado que representa el modo y el momento en que el proyecto entregará los productos, servicios y resultados definidos en el alcance del proyecto y sirve como herramienta de comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como base para informar el desempeño” (PMI, 2017, p. 175).

Una vez definido el alcance del proyecto, se continúa con el cronograma, el que incluye las actividades, los entregables y los hitos definidos en el proyecto. De manera que el equipo del proyecto, director de proyecto, patrocinado e interesados del proyecto, puedan saber el desempeño del proyecto en cualquier momento durante el ciclo de vida.

Incluye los procesos de definir las actividades, secuenciar las actividades, estimar la duración de las actividades, desarrollar el cronograma y controlar el cronograma.

4.2.1 Definir las actividades

Para la definición de las actividades el equipo del proyecto tomará como una de las entradas el plan de gestión del alcance, en específico la EDT y el diccionario de la EDT,

para ellos es necesario que se tomen los paquetes de trabajo del proyecto, y mediante la herramienta de descomposición, se determinen la lista de actividades que serán necesarias para el cronograma del proyecto y que posteriormente servirán para la ejecución, monitoreo y control del proyecto. Se detalla en la lista de actividades la identificación, descripción, a quién se ha asignado y se detalla un espacio para comentarios.

Tabla 8. Lista de actividades e hitos

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
1.1	Dirección del proyecto	Contempla todas las actividades de dirección para el desarrollo del proyecto	Patrocinador, Director de proyecto, Equipo de proyecto	
1.2	Diseño			
1.2.1	Fluidos de perforación	Se incluye los diseños de los lodos de perforación a emplear en cada una de las etapas de perforación	IPYG	
1.2.2	Lechadas de cemento	Diseños de las lechadas de cemento para las tuberías de revestimiento	IPYG	
1.2.3	Geométrico	Selección de diámetros, espesores de parad y profundidades de las tuberías de revestimiento	IOPYG	
1.3	Trabajos preliminares			
1.3.1	Traslado de equipo	Corresponde al traslado de cada uno de los componentes del equipo de perforación al sitio de la perforación	Transportes equipo de proyecto	
1.3.2	Armado de	Trabajos necesarios para el	IOPYG	

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
	equipo	armado de todos los componentes del equipo de perforación		
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	Perforación de agujero auxiliar para la funda del kelly	IOPYG	
1.4	Perforar			
1.4.1	Perforar I Etapa			
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	Perforar el agujero de 609 mm de diámetro hasta los 350 m de profundidad	IOPYG	
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	Preparar y mantener en condiciones óptimas el fluido de perforación en esta etapa	IPYG	
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento de 473 mm	Traslado y preparación de la tubería de revestimiento de 473 mm	IOPYG	
1.4.1.4	Tubería de revestimiento de 473 mm	Bajar al pozo la tubería de revestimiento de 473 mm de diámetro	IOPYG	
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	Llenar el espacio anular del agujero de 609 mm y la tubería de revestimiento de 473 mm	IPYG	
1.4.1.6	Cabezal de pozo	Realizar la instalación y soldadura del cabezal de pozo	IOPYG	Hito
1.4.2	Perforar II Etapa		IOPYG	
1.4.2.1	Preventores de explosiones	Instalar y probar preventores de explosiones de 540 mm	IOPYG	
1.4.2.2	Perforar agujero de	Perforar el agujero de 444 mm de diámetro hasta los	IOPYG	

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
	444 mm	400 m de profundidad		
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444 mm	Perforar en forma direccional en agujero de 444 mm de diámetro hasta los 900 m de profundidad	IOPYG	Hito
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	Preparar y mantener en condiciones óptimas el fluido de perforación en esta etapa	IPYG	
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	Traslado y preparación de la tubería de revestimiento de 340 mm	IOPYG	
1.4.2.6	Tubería de revestimiento	Bajar al pozo la tubería de revestimiento de 340 mm de diámetro	IOPYG	
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	Llenar el espacio anular del agujero de 444 mm y la tubería de revestimiento de 340 mm con lechada de cemento	IPYG	
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	IOPYG	
1.4.2.9	Carrete de expansión	Realizar la instalación del carrete de expansión	IOPYG	Hito
1.4.3	Perforar III Etapa			
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	IOPYG	
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm	Perforar el agujero de 311 mm de diámetro hasta los 1500 m de profundidad	IOPYG	
1.4.3.3	Corta núcleo 1	Corta de un núcleo de la formación perforada	IOPYG, IPYG	

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm	Perforar el agujero de 311 mm de diámetro hasta los 1800 m de profundidad	IOPYG	
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	Preparar y mantener en condiciones óptimas el fluido de perforación en esta etapa	IPYG	
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	Traslado y preparación de la tubería de revestimiento de 273 mm	IOPYG	
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	Bajar y colgar en el pozo la tubería de revestimiento de 273 mm de diámetro	IOPYG	Hito
1.4.3.8	Prueba preliminar localización de zonas	Prueba para determinar las zonas que aportan al pozo en esta etapa	DEYG	
1.4.3.9	Prueba preliminar de inyectabilidad	Prueba para determinar la capacidad de aceptación del pozo en esta etapa	DEYG	
1.4.4	Perforar IV Etapa			
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm	Perforar el agujero de 216 mm de diámetro hasta los 2000 m de profundidad	IOPYG	
1.4.4.2	Corta núcleo 2	Corta de un núcleo de la formación perforada	IOPYG, IPYG	
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm	Perforar el agujero de 216 mm de diámetro hasta los 2200 m de profundidad	IOPYG	
1.4.4.4	Corta núcleo 3	Corta de un núcleo de la formación perforada	IOPYG, IPYG	
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm	Perforar el agujero de 216 mm de diámetro hasta los 2400 m de profundidad	IOPYG	

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	Preparar y mantener en condiciones óptimas el fluido de perforación en esta etapa	IPYG	
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	Traslado y preparación de la tubería de revestimiento de 194 mm	IOPYG	
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	Bajar y colgar en el pozo la tubería de revestimiento de 194 mm de diámetro	IOPYG	
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	Instalación de las válvulas de control del pozo	IOPYG	Hito
1.5	Pruebas			
1.5.1	Localización de zonas permeables	Mediante pruebas a fondo de pozo determinar las profundidades de zonas de aporte al pozo	DEYG	
1.5.2	Índice de inyectabilidad	Registro a fondo de pozo para determinar la cantidad de líquido en litros que puede aceptar el pozo en segundos por Bar de presión	DEYG	
1.5.3	Producción	Prueba a fondo de pozo para determinar la capacidad de producción del pozo	DEYG	Hito
1.6	Actividades finales			
1.6.1	Quebrar herramienta	Quebrar las herramientas empleada en la perforación	IOPYG	
1.6.2	Vaciado de fosas	Vaciar las fosas de la plataforma de perforación	IOPYG	
1.6.3	Desarme del equipo de	Desarmado de todos los componentes del equipo de perforación	IOPYG	Hito

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Comentario
	perforación			

(Elaboración propia)

4.2.2 Secuenciar actividades

Una vez identificadas las actividades del proyecto, se debe realizar una relación entre ellas, de manera que se tenga una secuencia lógica de los trabajos a realizar. Entre las entradas para este proyecto están el alcance del proyecto, la lista de actividades y la lista de hitos. Como parte de las herramientas empleadas en esta actividad se pueden citar el juicio de experto, el análisis de datos, reuniones entre otras. En la tabla 9 se muestra la secuencia de las actividades.

Tabla 9. Secuencia de actividades

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Actividad predecesora
1.1	Dirección del proyecto	
1.2	Diseño	
1.2.1	Fluidos de perforación	Inicio
1.2.2	Lechadas de cemento	2.1
1.2.3	Geométrico	2.2
1.3	Trabajos preliminares	
1.3.1	Traslado de equipo	2.3
1.3.2	Armado de equipo	CC3.1+2d
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	3.3
1.4	Perforar	
1.4.1	Perforar I Etapa	
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	3.3
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	3.3
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento de 473 mm	CC4.1.1+14d
1.4.1.4	Tubería de revestimiento 473 mm	4.1.1; 4.1.2; 4.1.3

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Actividad predecesora
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	4.1.4
1.4.1.6	Cabezal de pozo	4.1.5
1.4.2	Perforar II Etapa	
1.4.2.1	Preventores de explosiones	4.1.6
1.4.2.2	Perforar agujero de 444 mm a 400 m	4.2.1
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444mm a 900 m	4.2.2
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	4.2.1
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	CC4.2.2+13d
1.4.2.6	Tubería de revestimiento	4.2.2; 4.2.3; FC4.2.4+2d
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	4.2.6
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	4.2.7
1.4.2.9	Carrete de expansión	4.2.8
1.4.3	Perforar III Etapa	
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	4.2.9
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm hasta 1500m	4.3.1
1.4.3.3	Corta núcleo 1	4.3.2
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm hasta 1800m	4.3.3
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	4.3.1
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	CC4.3.4+10d
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	4.3.4; 4.3.5; FC 4.3.1-1d
1.4.3.8	Prueba preliminar localización de zonas	4.3.7
1.4.3.9	Prueba preliminar de inyectabilidad	4.3.8
1.4.4	Perforar IV Etapa	
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm a 2000 m	4.3.9
1.4.4.2	Corta núcleo 2	4.4.1
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm a 2200 m	4.4.2
1.4.4.4	Corta núcleo 3	4.4.3
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm a 2400 m	4.4.4
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	4.3.9
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	CC4.4.5+3d
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	4.4.5; 4.4.7
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	4.4.8
1.5	Pruebas	
1.5.1	Localización de zonas permeables	4.4.9
1.5.2	Índice de inyectabilidad	5.1
1.5.3	Producción	5.2
1.6	Actividades finales	
1.6.1	Quebrar herramienta	5.3

Identificación de actividad	Nombre de la actividad	Actividad predecesora
1.6.2	Vaciado de fosas	6.1
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	6.2

(Elaboración propia)

4.2.3 Estimar la duración

Tomando como punto de partida la lista de actividades y la secuencia de actividades, se procede a realizar la estimación de la duración de cada una de las actividades del proyecto. En este caso en particular se emplea la herramienta de la estimación análoga, para lo cual se apoya en proyectos similares que se han desarrollado, así como el empleo de la herramienta del criterio de experto.

Por las características propias de los procesos de perforación de pozos profundos a nivel mundial, se trabaja las 24 horas del día los 7 días de la semana, por tal motivo cuando se cita en este proyecto de días de duración, se entiende que es un día de 24 horas.

En la tabla 10 se muestran las actividades con la estimación de la duración, así como de los recursos necesarios para el desarrollo.

Tabla 10. Duración de actividades

Identificación de actividad	Actividad	Duración (días)
1.1	Dirección del proyecto	166
1.2	Diseño	7

Identificación de actividad	Actividad	Duración (días)
1.2.1	Fluidos de perforación	3
1.2.2	Lechadas de cemento	3
1.2.3	Geométrico	1
1.3	Trabajos preliminares	15
1.3.1	Traslado de equipo	8
1.3.2	Armado de equipo	12
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	1
1.4	Perforar	132
1.4.1	Perforar I Etapa	26
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	17
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	17
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento de 473 mm	2
1.4.1.4	Tubería de revestimiento 473 mm	2
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	6
1.4.1.6	Cabezal de pozo	1
1.4.2	Perforar II Etapa	32
1.4.2.1	Preventores de explosiones	1
1.4.2.2	Perforar agujero de 444 mm a 400 m	2
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444mm a 900 m	17
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	19
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	2
1.4.2.6	Tubería de revestimiento	2
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	6
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	1

Identificación de actividad	Actividad	Duración (días)
1.4.2.9	Carrete de expansión	1
1.4.3	Perforar III Etapa	48
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	1
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm hasta 1500m	27
1.4.3.3	Corta núcleo 1	2
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm hasta 1800m	14
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	44
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	4
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	2
1.4.3.8	Prueba localización de zonas	1
1.4.3.9	Pruebas de inyectabilidad	1
1.4.4	Perforar IV Etapa	26
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm a 2000 m	6
1.4.4.2	Corta núcleo 2	2
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm a 2200 m	6
1.4.4.4	Corta núcleo 3	2
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm a 2400 m	6
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	24
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	3
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	2
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	1
1.5	Pruebas	5
1.5.1	Localización de zonas permeables	1
1.5.2	Índice de inyectabilidad	1

Identificación de actividad	Actividad	Duración (días)
1.5.3	Producción	3
1.6	Actividades finales	7
1.6.1	Quebrar herramienta	1
1.6.2	Vaciado de fosas	1
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	5

(Elaboración propia)

4.2.4 Desarrollar el cronograma

El desarrollar del cronograma del proyecto, es el crear un modelo de programación gráfica, apoyándose en las actividades definidas, la secuenciación de ellas y de la estimación de la duración de cada una de estas actividades. El cronograma es una herramienta de mucha relevancia para el control y monitoreo del proyecto, de manera que el Director del Proyecto, como el Patrocinador o el equipo del proyecto, puedan ver fácilmente de forma gráfica el avance que se lleva del proyecto. En la figura 20 se muestra el cronograma para el proyecto Perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.

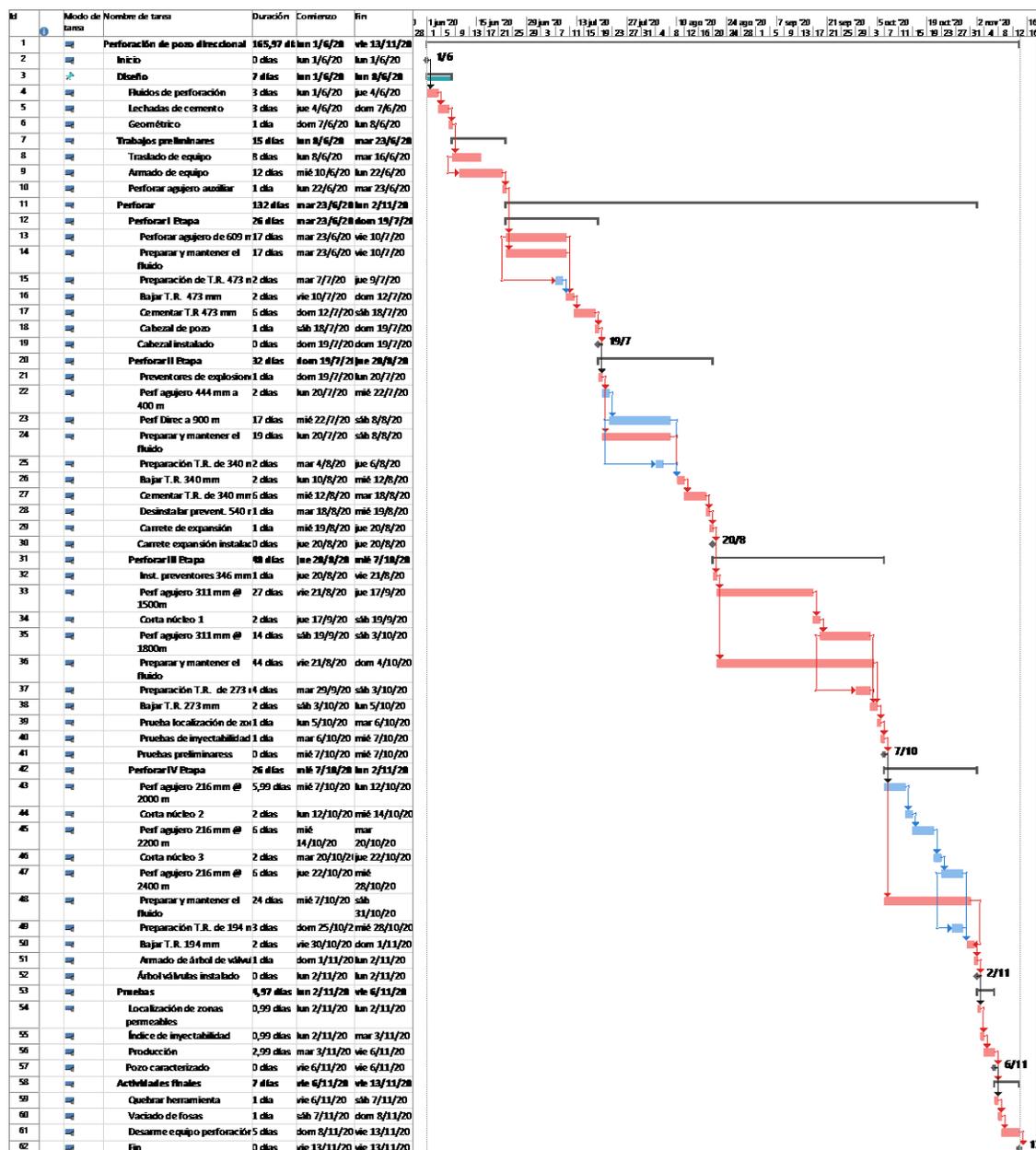


Figura 20 Cronograma del proyecto
(Elaboración propia)

En la figura 20, se puede ver en color rojo que se destaca la ruta crítica del proyecto, siendo estas las actividades que consumen mayor tiempo y que no tiene holguras en el proyecto.

Para este proyecto en particular, se puede ver que la ruta crítica es casi la totalidad del cronograma, por lo que será fundamental el monitoreo y control que se tenga del proyecto, ya que cualquier retraso en alguna de las actividades representará un atraso en la finalización del proyecto.

4.2.5 Controlar el cronograma

Una de las herramientas para el control del cronograma con que cuenta el Director del Proyecto es el análisis de la gestión del valor ganado, mediante la cual se puede medir el trabajo realizado, el indicador para la medición del cronograma, o la eficiencia de la planificación del cronograma es el índice de rendimiento del cronograma (SPI, por sus siglas en inglés), se deberá obtener valores arriba de 1, para asegurar que el proyecto no va retrasado según lo planificado en el cronograma. Se vuelve muy importante el cronograma, ya que será la línea base para la medición de este indicador de desempeño. Si el valor del índice es menor que 1, el Director del Proyecto deberá realizar las gestiones necesarias para tratar de que el proyecto nuevamente esté en el cronograma establecido, o proceder con el control de cambios para la respectiva aprobación por parte del patrocinador. En el anexo 6 se presentan un cuadro con indicadores de la gestión del valor ganado.

4.3 Plan de gestión de costos del proyecto

Según el PMI (2017) detalla que la gestión de costos del proyecto “incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento,

gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado”. (p. 231).

Se incluyen cuatro procesos en la gestión de los costos, que son: planificar la gestión de los costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos.

4.3.1 Planificar la gestión de los costos.

Una de las tareas del Directos del Proyecto es el de administrar e informar a los interesados lo relacionado con el costo del proyecto. Como se citó anteriormente en el punto 4.2.3, por el tipo de trabajo del proyecto, se hace necesario el trabajar 24/7, esto debido a que es impráctico el tener que sacar del pozo las herramientas empleadas en la perforación y luego al siguiente día volver a meterlas para reanudar la construcción del pozo, máxime que día con día el pozo será más profundo, por lo que se tomaría la mayor parte del tiempo laborable en sacar y meter las herramientas de perforación, dejando una fracción mínima del tiempo para el avance de la perforación.

Para la estimación de costo del proyecto, se empleará la unidad de media para el tiempo el día, esto para la estimación del recurso humano, mientras que para los recursos materiales se empleará el metro lineal, metro cúbico y la unidad de cada uno según sea el recurso requerido. Se empleará las herramientas de estimación paramétrica, el criterio de experto, y se calculará de forma de abajo hacia arriba para determinar costos de las actividades de la EDT. Se emplea para los cálculos el dólar americano (USD\$). Se aplicará el redondeo a

USD \$1. El presupuesto se determinará empleando la agregación de los costos para cada uno de los paquetes de trabajo y llegar a las cuentas de control. Mientras que, para el monitoreo y control, se empleará la herramienta del análisis del valor ganado empleando el porcentaje completado.

4.3.2 Estimar los costos

En este proceso, el equipo del proyecto, realiza una estimación de los recursos que serán necesarios para la construcción del proyecto, para lo cual se debe basar en la EDT del proyecto. Para el proyecto de la perforación del pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico, se utilizaron las siguientes herramientas para la determinación de los costos, el juicio de experto, se aprovechó la experiencia de profesionales en la perforación para la definición de algunos de los costos; al igual que la estimación paramétrica, tomando información de proyectos similares para la estimación de los costos del proyecto, y también para algunas de las actividades se empleó la estimación análoga. En la tabla 11 se muestra la estimación de los costos del proyecto

Tabla 11. Estimación de los costos

EDT	Tarea	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD\$)	Costo total (USD\$)
1	Perforación de pozo direccional				2 614 679
1.1	Dirección del proyecto	1	c.u	15 000	15 000
1.2	Diseño				2 500
1.2.1	Fluidos de perforación	1	c.u	1 000	1 000

EDT	Tarea	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD\$)	Costo total (USD\$)
1.2.2	Lechadas de cemento	1	c.u	1 000	1 000
1.2.3	Geométrico	1	c.u	500	500
1.3	Trabajos preliminares				145 300
1.3.1	Traslado de equipo	8	Día	6 900	55 200
1.3.2	Armado de equipo	12	Día	7 100	85 200
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	1	Día	4 900	4 900
1.4	Perforar				2 276 290
1.4.1	Perforar I Etapa	26	Día	18 520	500 113
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	350	m	604	211 446
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	17	Día	4 325	73 530
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento de 473 mm	1	c.u	2 434	2 434
1.4.1.4	Tubería de revestimiento 473 mm	350	m	252	88 244
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	350	m	302	105 861
1.4.1.6	Cabezal de pozo	1	c.u	18 598	18 598
1.4.2	Perforar II Etapa	32			643 069
1.4.2.1	Preventores de explosiones	1	Día	9 144	9 144
1.4.2.2	Perforar agujero de 444 mm a 400 m	50	m	436	21 811
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444mm a 900 m	500	m	481	240 675
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	19	Día	2 931	55 691
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	1	c.u	2 434	2 434
1.4.2.6	Tubería de	900	m	159	143 090

EDT	Tarea	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD\$)	Costo total (USD\$)
	revestimiento				
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	900	m	134	120 861
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	1	Día	9 144	9 144
1.4.2.9	Carrete de expansión	1	Día	40 220	40 220
1.4.3	Perforar III Etapa				701 157
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	1	Día	9 144	9 144
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm hasta 1500m	600	m	464	278 384
1.4.3.3	Corta núcleo 1	1	c.u	33 288	33 288
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm hasta 1800m	300	m	479	143 764
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	44	Día	1 666	73 305
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	1	c.u	2 434	2 434
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	900	m	156	140 550
1.4.3.8	Prueba localización de zonas	1	c.u	10 144	10 144
1.4.3.9	Pruebas de inyectabilidad	1	c.u	10 144	10 144
1.4.4	Perforar IV Etapa				431 951
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm a 2000 m	400	m	197	78 759
1.4.4.2	Corta núcleo 2	1	c.u	33 288	33 288
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm a 2200 m	200	m	334	66 811
1.4.4.4	Corta núcleo 3	1	c.u	33 288	33 288

EDT	Tarea	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD\$)	Costo total (USD\$)
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm a 2400 m	200	m	334	66 811
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	24	Día	1 780	42 719
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	1	c.u	2 434	2 434
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	600	m	82	49 400
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	1	c.u	58 440	58 440
1.5	Pruebas				111 582
1.5.1	Localización de zonas permeables	1	c.u	10 144	10 144
1.5.2	Índice de inyectabilidad	1	c.u	10 144	10 144
1.5.3	Producción	3	c.u	30 432	91 295
1.6	Actividades finales				64 007
1.6.1	Quebrar herramienta	1	c.u	9 144	9 144
1.6.2	Vaciado de fosas	1	c.u	9 144	9 144
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	1	c.u	45 719	45 719

(Elaboración propia)

4.3.3 Determinar el presupuesto

“Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada” (PMI, 2017, p. 248). En la tabla 12 se presenta la estimación de presupuesto para el proyecto, al cual se le ha adicionado un porcentaje para reservas de contingencia para cubrir los riesgos conocidos empleando para ello la herramienta del criterio de experto, apoyado en proyectos similares anteriores, y que puedan impactar el proyecto; se ha considerado un 2% para los

entregables de la EDT 1.1 y 1.2, ya que se consideran de bajo riesgo, un 4% para el entregable 1.3, 1.5 y el 1.6, mientras que para el entregable 1.4 se estimó un 10% ya que por el tipo de actividad tiene un alto nivel de incertidumbre debido al riesgo geológico.

Tabla 12. Presupuesto del proyecto

EDT	Tarea	Costo (USD\$)	% Resv. Contingencia	Reserva de contingencia	Costo total (USD\$)
1	Perforación de pozo direccional	2 614 679		240 815	2 855 494
1.1	Dirección del proyecto	15 000	2	300	15 300
1.2	Diseño	2 500	2	50	2 550
1.2.1	Fluidos de perforación	1 000	2	20	1 020
1.2.2	Lechadas de cemento	1 000	2	20	1 020
1.2.3	Geométrico	500	2	10	510
1.3	Trabajos preliminares	145 300	4	5 812	151 112
1.3.1	Traslado de equipo	55 200	4	2 208	57 408
1.3.2	Armado de equipo	85 200	4	3 408	88 608
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	4 900	4	196	5 096
1.4	Perforar	2 276 290	10	227 629	2 503 919
1.4.1	Perforar I Etapa	500 113	10	50 011	550 124
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	211 446	10	21 145	232 590
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	73 530	10	7 353	80 883
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento	2 434	10	243	2 678

EDT	Tarea	Costo (USD\$)	% Resv. Contingencia	Resera de contingencia	Costo total (USD\$)
	de 473 mm				
1.4.1.4	Tubería de revestimiento 473 mm	88 244	10	8 824	97 068
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	105 861	10	10 586	116 447
1.4.1.6	Cabezal de pozo	18 598	10	1 860	20 458
1.4.2	Perforar II Etapa	643 069	10	64 307	707 376
1.4.2.1	Preventores de explosiones	9 144	10	914	10 058
1.4.2.2	Perforar agujero de 444 mm a 400 m	21 811	10	2 181	23 992
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444mm a 900 m	240 675	10	24 067	264 742
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	55 691	10	5 569	61 260
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	2 434	10	243	2 678
1.4.2.6	Tubería de revestimiento	143 090	10	14 309	157 399
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	120 861	10	12 086	132 947
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	9 144	10	914	10 058
1.4.2.9	Carrete de expansión	40 220	10	4 022	44 242

EDT	Tarea	Costo (USD\$)	% Resv. Contingencia	Resera de contingencia	Costo total (USD\$)
1.4.3	Perforar III Etapa	701 157	10	70 116	771 273
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	9 144	10	914	10 058
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm hasta 1500m	278 384	10	27 838	306 223
1.4.3.3	Corta núcleo 1	33 288	10	3 329	36 616
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm hasta 1800m	143 764	10	14 376	158 140
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	73 305	10	7 331	80 636
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	2 434	10	243	2 678
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	140 550	10	14 055	154 605
1.4.3.8	Prueba localización de zonas	10 144	10	1 014	11 158
1.4.3.9	Pruebas de inyectabilidad	10 144	10	1 014	11 158
1.4.4	Perforar IV Etapa	431 951	10	43 195	475 146
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm a 2000 m	78 759	10	7 876	86 635
1.4.4.2	Corta núcleo 2	33 288	10	3 329	36 616
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm a 2200 m	66 811	10	6 681	73 492
1.4.4.4	Corta núcleo 3	33 288	10	3 329	36 616
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm a 2400 m	66 811	10	6 681	73 492

EDT	Tarea	Costo (USD\$)	% Resv. Contingencia	Reserva de contingencia	Costo total (USD\$)
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	42 719	10	4 272	46 991
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	2 434	10	243	2 678
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	49 400	10	4 940	54 340
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	58 440	10	5 844	64 284
1.5	Pruebas	111 582	4	4 463	116 046
1.5.1	Localización de zonas permeables	10 144	4	406	10 550
1.5.2	Índice de inyectabilidad	10 144	4	406	10 550
1.5.3	Producción	91 295	4	3 652	94 947
1.6	Actividades finales	64 007	4	2 560	66 567
1.6.1	Quebrar herramienta	9 144	4	366	9 510
1.6.2	Vaciado de fosas	9 144	4	366	9 510
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	45 719	4	1 829	47 548

(Elaboración propia)

Adicionalmente, se ha contemplado un 10% (USD \$ 285 549) como reserva de gestión “para cubrir trabajo no planificado” (PMI, 2017, p. 246), pero este monto no se deberá considerar como parte de la línea base del costo, pero si “forma parte del presupuesto total y de los requisitos de financiamiento del proyecto” (PMI, 2017, p. 252). Por lo que el monto total de presupuesto del proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico es de USD\$ 3 141 043

4.3.4 Línea base de costos

La línea base del costo es el monto del presupuesto aprobado para el desarrollo del proyecto en el tiempo definido, como se citó anteriormente, en la línea base no se debe considerar el monto de la reserva de gestión. Es la base para la medición del desempeño del proyecto, aplicando la herramienta del valor ganado. En la figura 21 se muestra la gráfica de la línea base de costo para el proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico.

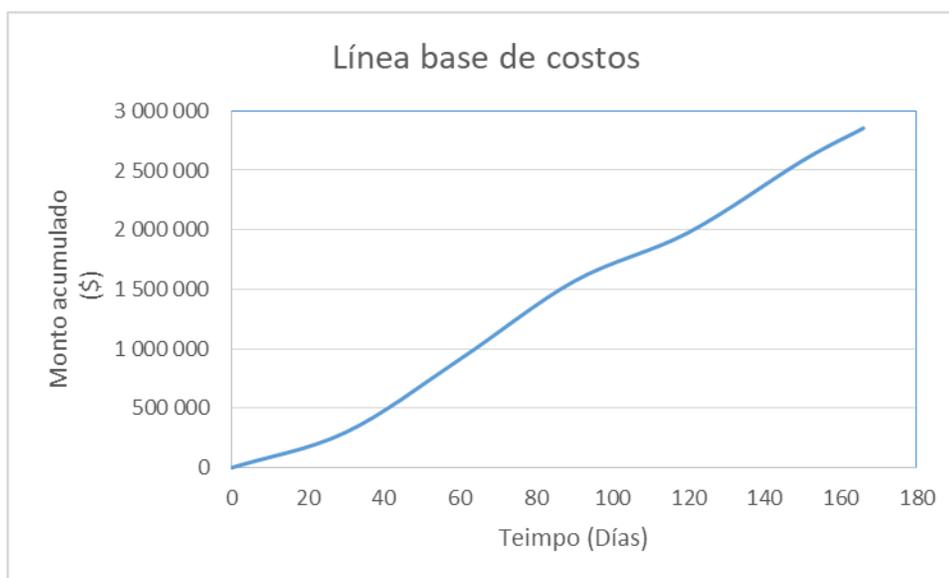


Figura 21 Línea base de costo
(Elaboración propia)

4.3.5 Controlar los costos

En el proceso de ejecución del proyecto se debe llevar un monitoreo de los costos, para saber cómo va el proyecto. Para ello es importante el empleo de la herramienta de la gestión del valor ganado, el cual suministrará información del estado del proyecto mediante indicadores de desempeño, que ayudaran al Director del Proyecto a la toma de decisiones, y

en caso de variaciones en la línea base, se realice el respectivo control de cambios para la aprobación correspondiente.

Se empleará el índice de la medida de eficacia del costo de los recursos presupuestados (CPI por sus siglas en inglés), valores inferiores a 1 indicaran que el proyecto está consumiendo más recursos que los presupuesto, lo cual es un riesgo para el proyecto, ya que el proyecto se podría quedar sin presupuesto antes de que el proyecto finalice. Por el contrario, valores de CPI mayores a 1 indicaran que el proyecto está consumiendo menos presupuesto del programado. En el anexo 6 se presentan un cuadro con indicadores de la gestión del valor ganado

4.4 Plan de gestión de calidad

De acuerdo con el PMI (2017) el plan de gestión de calidad “incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados” (p. 271). También va de la mano con el proceso de la mejora continua que pueda aplicar la empresa, y que se traduce en procesos de implementación de acciones para la prevención, de manera tal que, se minimicen costos por la no realización de re-trabajos. Para el proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, el objetivo del plan de calidad es definir cómo será gestionada la calidad durante el ciclo de vida del proyecto, definiendo actividades, procedimientos que garanticen la calidad del proyecto. Donde se definirá los estándares de calidad que serán aceptados para los diferentes entregables del proyecto, le

corresponderá al Director del Proyecto junto con su equipo de proyecto la definición de este plan apoyándose en proyectos similares y en normativa internacional como son las normas del Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés).

4.4.1 Planificar la gestión de la calidad

La calidad de proyecto es una forma de garantizar la satisfacción de los interesados del proyecto, mediante los requisitos que se definirán de cada uno de los entregables, mediante los procedimientos definidos. La planificación de la calidad es “identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento de los mismos” (PMI, 2017 p. 271). Como se citó anteriormente, para la definición de la calidad el equipo del proyecto se apoyará en proyectos similares para las definiciones de la calidad, empleando procedimientos internos de la institución, así como de procedimientos establecidos internacionalmente para la perforación de pozos profundos definidos en las normas API. Durante la ejecución del proyecto, se podrán realizar variaciones a la calidad, pero estas deberán pasar por el control integrado de cambios y deberá ser aprobada por el patrocinador.

4.4.2 Métricas de calidad

Una métrica de calidad describe un atributo del producto o del proyecto y de cómo será verificado y monitoreado el cumplimiento de dicha métrica en la fase de ejecución del proyecto. Para el proyecto de la perforación del pozo direccional, se consideran las siguientes métricas de calidad que se enlistan en la tabla siguiente.

Tabla 13. Métricas de calidad

Factor	Métrica (s)	Definición de métrica	Resultado esperado	Responsable
Avance de la perforación	Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) e índice de desempeño de costos (CPI)	Mediante la herramienta del valor ganado, se realiza una medición de la eficiencia con que el equipo del proyecto está utilizando su tiempo (SPI), y la medición de la eficiencia del costo para el trabajo completado (CPI)	SPI > 0,90 CPI > 0,90	IOPGY
Calidad del fluido de perforación	Viscosidad de embudo, filtrado, % de arenas, densidad, reología, sólidos totales, espesor de enjarre	Realización de pruebas fisicoquímicas al fluido de perforación, siguiendo los procedimientos internos establecidos para ello	Valores de acuerdo a los diseños de los fluidos de perforación según el tipo de lodo empleado	IPYG
Calidad de la lechada de cemento	Resistencia a la compresión, agua libre, filtrado, tiempo bombeable, densidad, reología	Realización de pruebas físicas a las lechadas de cemento, siguiendo las metodologías de la norma API 10A y 10B	Valores de acuerdo a los diferentes diseños de las lechadas de cemento	IPYG

Factor	Métrica (s)	Definición de métrica	Resultado esperado	Responsable
Control direccional	Ángulo de inclinación y azimut	Medición de la construcción del ángulo de inclinación y dirección del pozo	Ángulo de inclinación 2-3°/30 m. Azimut según diseño del pozo.	IOPYG
Montaje de cabezal de pozo	Cumplimiento de procedimiento de montaje de cabezal	Aplicación del procedimiento para la soldadura del cabezal de pozo	Cabezal instalado y probado	IOPYG
Pruebas a pozo	Localización de zonas, índice de inyectabilidad, producción de pozo	Método para la determinación de zonas permeables, índice de inyectabilidad y producción de pozo	Pruebas realizadas	DEYG

(Elaboración propia)

En el anexo 6 se muestra en mayor detalle la metodología de cálculo de los índices de desempeño del cronograma y del costo (SPI y CPI), así como el significado de los valores obtenidos.

4.4.3 Línea base de calidad

La línea base de calidad para el proyecto, se ve representada en la tabla 14, en la que se muestra los factores de calidad, los objetivos de calidad, las métricas, las frecuencias de medición y de los reportes

Tabla 14. Línea base de calidad

Factor	Objetivo de calidad	Métrica	Frecuencia / Momento de Medición	Frecuencia / Momento de Reporte
Avance de la perforación	SPI > 0,90 CPI > 0,90	Herramienta del valor ganado para el índice de Desempeño del Cronograma e índice de desempeño de costos	Lunes cada 15 días	Martes cada 15 días
Calidad del fluido de perforación	Valores de acuerdo a los diseños de los fluidos de perforación según el tipo de lodo empleado	Mediante el uso de los procedimientos establecidos se determina la viscosidad de embudo, filtrado, % de arenas, densidad, reología, sólidos totales, espesor de enjarre	Cada hora	Diario
Calidad de la lechada de cemento	Valores de acuerdo a los diferentes diseños de las lechadas de cemento	Mediante los procedimientos establecidos se mide la resistencia a la compresión, agua libre, filtrado, tiempo bombeable, densidad, reología	Cada vez que se realiza la cementación de una tubería de revestimiento	Cada vez que se realiza la cementación de una tubería de revestimiento
Control direccional	Ángulo de inclinación 2-3°/30 m. Azimut según diseño del pozo.	Medición del ángulo de inclinación y azimut	A partir de 400 m y hasta los 900m a cada 30 m perforados, posteriormente cada 50 m perforados hasta el final del pozo	Diario
Montaje de cabezal de pozo	Cabezal instalado y probado	Cumplimiento de procedimiento de montaje de cabezal	Al montar el cabezal	Finalizado el montaje del cabezal de pozo
Pruebas a pozo	Ubicación de zonas	Método para localización de zonas,	Posterior a la bajada de la	Dos días después de

Factor	Objetivo de calidad	Métrica	Frecuencia / Momento de Medición	Frecuencia / Momento de Reporte
	permeables, determinación del índice de inyectabilidad y producción del pozo	índice de inyectabilidad y producción de pozo	tubería de revestimiento de la tercera y cuarta etapa de perforación	finalizadas las pruebas

(Elaboración propia)

4.4.4 Documentos de prueba y evaluación

Con el fin de darle trazabilidad a las métricas establecidas y poder validar la calidad de los procesos del proyecto, se aplicarán durante la ejecución del proyecto los métodos que se detallan a continuación.

Tabla 15. Documentos de calidad

Documento No.	Descripción
RG-PP-MG-01	Perforación de pozos geotérmicos
RG-PP-MG-03	Corrida de tubería de revestimiento
RG-PP-MG-09	Análisis de lodos de perforación
RG-PP-MG-10	Preparación de lodos de perforación
RG-PP-MG-11	Fluidos de perforación para la primera etapa
RG-PP-MG-12	Fluidos de perforación para la segunda etapa
RG-PP-MG-13	Fluidos de perforación para la tercera Etapa
RG-PP-MG-14	Cementación de tubería de revestimiento
RG-PP-MG-14-F01	Tabla de dato técnicos de cementación
API-10B	Prácticas recomendadas de laboratorio para realización de lechadas de cemento
RG-PP-MG-24-F01	Registro de desviación

Documento No.	Descripción
RG-PP-MG-22	Montaje de cabezal
RG-GO-MG-11	Registro de temperatura horner
RG-GO-MG-10	Apertura de pozos, prueba de producción y curvas de evaluación
RG-GO-MG-09 ^a -01	Flujograma método de localización de zonas permeables

(Elaboración propia)

4.5 Plan de gestión de los recursos del proyecto

“Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto” (PMI, 2017, p. 307). Con lo cual el director del proyecto se asegura el poder contar en el momento adecuado con los recursos que el proyecto requiere, minimizando los retrasos y costos en la ejecución del proyecto. Se incluyen los recursos del equipo (recursos humanos) así como los recursos físicos (equipos, materiales, instalaciones e infraestructura). La adecuada planificación de estos recursos será de mucha importancia para ayudar en el éxito del proyecto.

En este plan se incluirá roles y responsabilidades, el organigrama del equipo de trabajo del proyecto, la estimación de los recursos, la adquisición de los recursos, el momento en el cual los recursos serán necesarios y requisitos de capacitación, para lo cual se emplearon herramientas como las reuniones, la representación de datos y el criterio de experto.

4.5.1 Matriz de asignación de responsabilidades

Se describen en la tabla 16 la matriz de los roles y responsabilidades de los miembros del equipo del proyecto y de las partes interesadas para el proyecto, para lo cual se emplea la herramienta de la matriz RACI.

Tabla 16. Matriz RACI

ID EDT	Actividad	Patrocinador	DP	IOPYG	IPYG	OMMC	DEYG	DCG
1.1	Dirección del proyecto	I-C	A-R	I-C	I-C	I	I-C	I
1.2	Diseño							
1.2.1	Fluidos de perforación	I	A	C	R	I	I	I
1.2.2	Lechadas de cemento	I	A	C	R	I	I	I
1.2.3	Geométrico	I	A	R	C	I	I	I
1.3	Trabajos preliminares							
1.3.1	Traslado de equipo	I	A	R-C	I	I	I	I
1.3.2	Armado de equipo	I	A	R-C	I-C	I	I	I
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	I	A	R	C	I	I	I
1.4	Perforar							
1.4.1	Perforar I Etapa	I	A	R-C	R-C	I-C	I	I
1.4.2	Perforar II Etapa	I	A	R-C	R-C	I	I	I
1.4.3	Perforar III Etapa	I-C	A	R-C	R-C	I	R-1	I
1.4.4	Perforar IV Etapa	I-C	A	R-C	R-C	I-C	R-1	I
1.5	Pruebas							
1.5.1	Localiza	I	A	C	I	I	R	I

ID EDT	Actividad	Patrocinador	DP	IOPYG	IPYG	OMMC	DEYG	DCG
	ción de zonas permeables							
1.5.2	Índice de inyectabilidad	I	A	C	I	I	R	I
1.5.3	Producción	I	A	C	I	I	R	I
1.6	Actividades finales							
1.6.1	Quebrar herramienta	I	A	R	I	I	I	I
1.6.2	Vaciado de fosas	I	A	R	I	I	I	I
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	I	A	R	C	I	I	I
R: Responsable - A: Aprobador - C: Consultado - I: Informado								

(Elaboración propia)

4.5.2 Organigrama del proyecto

En la figura 22 se muestra el organigrama de trabajo propuesto para el proyecto, el cual pertenece, dentro de la estructura del ICE, al Centro de Servicios Recursos Geotérmicos.

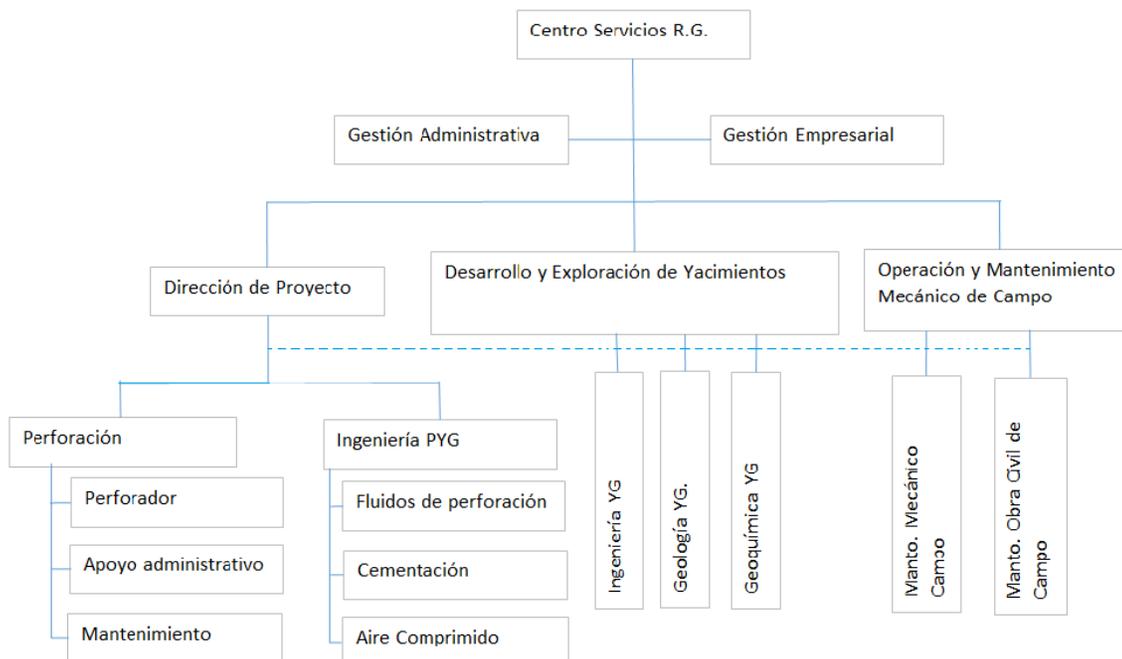


Figura 22 Organigrama del proyecto
(Modificado CSRG, 2019)

4.5.3 Estimar y adquirir los recursos

Se define en este proceso los recursos del equipo, así como los recursos físicos que serán necesarios en cada una de las actividades en que está constituido el proyecto. En la tabla 17 se representa la estimación de cada uno de estos recursos.

Tabla 17. Estimación de los recursos del proyecto

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
1.1	Dirección del proyecto	Equipo de proyecto-Equipo de computo	15 000
1.2	Diseño		2 500
1.2.1	Fluidos de perforación	IPYG-Equipo de computo	1 000
1.2.2	Lechadas de cemento	IPYG-Equipo de computo	1 000
1.2.3	Geométrico	IOPYG-Equipo de computo	500

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
1.3	Trabajos preliminares		145 300
1.3.1	Traslado de equipo	IOPYG-Personal de perforación-Máquina perforadora-Camiones-Grúas-Montacargas-Vehículo	55 200
1.3.2	Armado de equipo	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Grúas-Montacargas-Vehículo	85 200
1.3.3	Perforar agujero auxiliar	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Herramientas de perforación	4 900
1.4	Perforar		2 276 290
1.4.1	Perforar I Etapa		500 113
1.4.1.1	Perforar agujero de 609 mm	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Herramientas de perforación-Barrenas-Vehículo-Montacargas	211 446
1.4.1.2	Preparar y mantener el fluido	IPYG-Máquina de perforación-Montacargas-Materiales para lodos	73 530
1.4.1.3	Preparación de tubería de revestimiento de 473 mm	Personal de perforación -Tubería de revestimiento-Montacargas	2 434
1.4.1.4	Tubería de revestimiento 473 mm	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Tubería de revestimiento-Montacargas	88 244
1.4.1.5	Cementar tubería de revestimiento de 473 mm	IOPYG-IPYG-Personal de perforación – Unidad de cementación-Cemento y aditivos	105 861
1.4.1.6	Cabezal de pozo	IOPYG-Personal de perforación – OMMC-Máquina perforadora-Montacargas-Equipo de soldar-Cabezal de pozo	18 598
1.4.2	Perforar II Etapa		643 069
1.4.2.1	Preventores de explosiones	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Preventor de explosiones	9 144
1.4.2.2	Perforar agujero de 444 mm a 400 m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-	21 811

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
		Herramientas de perforación- Barrenas-Vehículo-Montacargas	
1.4.2.3	Perforación direccional agujero de 444mm a 900 m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas	240 675
1.4.2.4	Preparar y mantener el fluido	IPYG-Máquina de perforación- Materiales para lodos- Montacargas	55 691
1.4.2.5	Preparación de tubería de revestimiento de 340 mm	Personal de perforación -Tubería de revestimiento-Montacargas	2 434
1.4.2.6	Tubería de revestimiento	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Tubería de revestimiento-Montacargas	143 090
1.4.2.7	Cementar tubería de revestimiento de 340 mm	IOPYG-IPYG-Personal de perforación – Unidad de cementación-Cemento y aditivos	120 861
1.4.2.8	Desinstalar preventores de explosiones de 540 mm	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Preventor de explosiones-Montacargas	9 144
1.4.2.9	Carrete de expansión	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Equipo de soldar-Carrete de expansión-Montacargas	40 220
1.4.3	Perforar III Etapa		701 157
1.4.3.1	Instalar preventores de explosiones de 346 mm	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Preventor de explosiones-montacargas	9 144
1.4.3.2	Perforar agujero de 311 mm hasta 1500m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas-Vehículo-Montacargas	278 384
1.4.3.3	Corta núcleo 1	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-	33 288

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
		Herramientas de perforación- Herramienta corta núcleo- Corona	
1.4.3.4	Perforar agujero de 311 mm hasta 1800m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas-Vehículo-Montacargas	143 764
1.4.3.5	Preparar y mantener el fluido	IPYG-Máquina de perforación- Materiales para lodos- Montacargas	73 305
1.4.3.6	Preparación de tubería de revestimiento de 273 mm	Personal de perforación -Tubería de revestimiento-Montacargas	2 434
1.4.3.7	Tubería de revestimiento	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Tubería de revestimiento-Montacargas	140 550
1.4.3.8	Prueba localización de zonas	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas	10 144
1.4.3.9	Pruebas de inyectabilidad	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Equipo de medición	10 144
1.4.4	Perforar IV Etapa		431 951
1.4.4.1	Perforar agujero de 216 mm a 2000 m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas-Vehículo-Montacargas	78 759
1.4.4.2	Corta núcleo 2	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta corta núcleo- Corona	33 288
1.4.4.3	Perforar agujero de 216 mm a 2200 m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-	66 811

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
		Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas-Vehículo-Montacargas	
1.4.4.4	Corta núcleo 3	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta corta núcleo- Corona	33 288
1.4.4.5	Perforar agujero de 216 mm a 2400 m	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora- Herramientas de perforación- Herramienta direccional- Barrenas-Vehículo-Montacargas	66 811
1.4.4.6	Preparar y mantener el fluido	IPYG-Máquina de perforación- Materiales para lodos- Montacargas	42 719
1.4.4.7	Preparación de tubería de revestimiento de 194 mm	Personal de perforación -Tubería de revestimiento-Montacargas	2 434
1.4.4.8	Tubería de revestimiento	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Tubería de revestimiento-Montacargas	49 400
1.4.4.9	Armado de árbol de válvulas	IOPYG-OMMC-Personal de perforación - Máquina perforadora-Válvulas-Cruz- Ensamble superior-Montacargas	58 440
1.5	Pruebas		111 582
1.5.1	Localización de zonas permeables	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Tubería de perforación-Equipo de medición	10 144
1.5.2	Índice de inyectabilidad	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Tubería de perforación-Equipo de medición	10 144
1.5.3	Producción	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Tubería de perforación-Equipo de medición	91 295

EDT	Actividad	Recursos	Costo estimado (\$)
1.6	Actividades finales		64 007
1.6.1	Quebrar herramienta	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Herramienta de perforación- Montacargas	9 144
1.6.2	Vaciado de fosas	IOPYG-Personal de perforación- DEYG- Máquina perforadora- Bombas	9 144
1.6.3	Desarme del equipo de perforación	IOPYG-Personal de perforación - Máquina perforadora-Grúas- Montacargas-	45 719

(Elaboración propia)

4.5.4 Estructura de desglose de recursos

En la figura 23 se muestra la representación jerárquica de los principales recursos que el proyecto demandará en su ciclo de vida, los que se han clasificados por categoría y tipo.

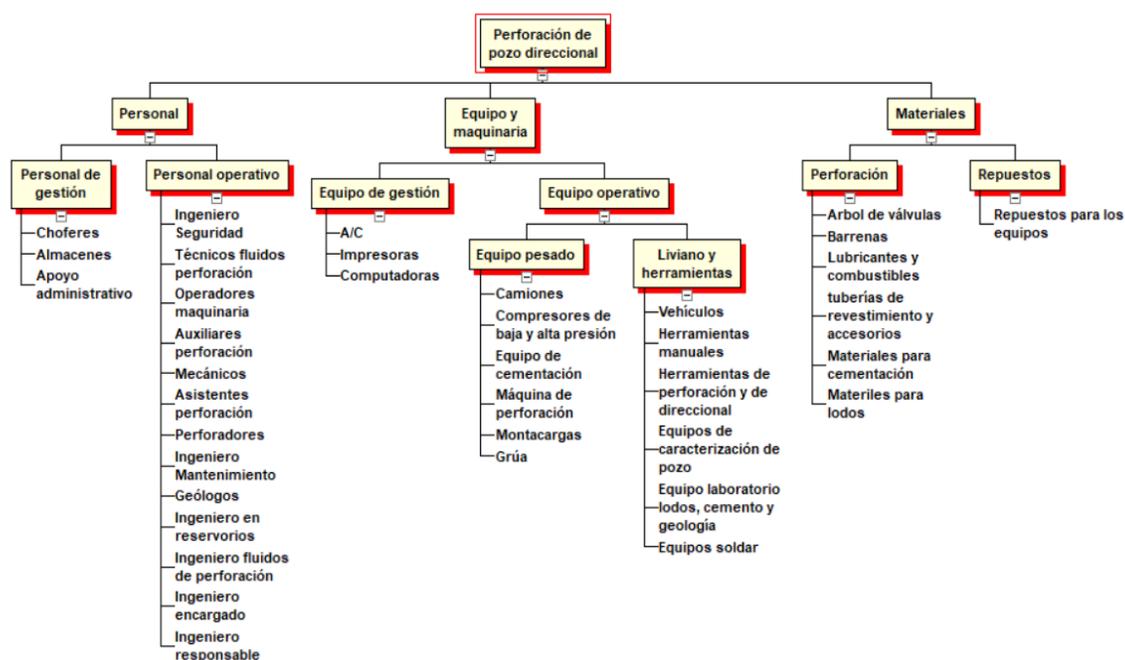


Figura 23 Estructura de desglose de los recursos
(Elaboración propia)

4.5.5 Adquirir recursos

El proyecto pertenece al CSRG, que cuenta con los recursos de equipo que son necesarios para la ejecución del proyecto. En el caso que se requiera de algún recurso y no se cuente, se podrá negociar con otra estructura a lo interno del ICE, y de no ser posible el préstamo o no se cuenta con él, se procederá con la contratación de ese recurso. En cuanto a los recursos físicos, en su gran mayoría se trata de materiales que son de importación y una pequeña porción se pueden localizar en el mercado nacional. Por tratarse de una empresa del gobierno, se debe proceder para la adquisición de los recursos físicos, con lo que las leyes definen, se emplea la ley de la Contratación Administrativa (Ley 7940) y su reglamento, por lo que se debe tener presente los plazos que se establecen según el tipo de compra, el cual está definido por el monto de la compra, que se tenga que realizar, para no generar retrasos en el proyecto. En cuanto a equipos, el proyecto cuenta con el equipo de perforación y equipos complementarios asociados que son requeridos para la perforación del pozo. De igual manera cuenta con las facilidades de infraestructura requerida para la realización del proyecto.

4.5.6 Calendario de recursos

El proyecto se estima sea realizado en un plazo de 5,5 meses, el personal asociado a la perforación labora 24/7 para ello se tiene cuatro equipos de trabajo (perforador, asistente, auxiliares, mecánicos, personal de lodos), que se distribuyen en jordanas de 10 horas, 8 horas y 6 horas en turnos rotativos, manteniendo siempre una cuadrilla libre. Se tiene dos profesionales responsables del proceso de perforación y dos geólogos, que laboran en

jornada bisemanal intercambiada, de lunes a martes, 10 horas cada día. El equipo de proyecto labora una jornada semanal de 10 horas de lunes a jueves y 8 horas los viernes. Todo este personal esta de inicio a fin del proyecto.

En cuanto a los recursos materiales, como se mencionó anteriormente, la gran mayoría de ellos son de importación, por lo que se deben contar con los mismos en el tiempo justo para no generar retrasos en la ejecución de la obra. Adicionalmente, por su precio son adquiridos mediante procesos licitatorios, mismos que son realizados con suficiente antelación, considerando los tiempos que este tipo de proceso conlleva y el tiempo de entrega de los suministros.

4.5.7 Desarrollar el equipo

El personal destinado para la ejecución del proyecto cuenta con experiencia en los trabajos a desarrollar, aun así, se plantea la necesidad de reforzar la capacitación en temas ambientales y de seguridad ocupacional, por lo que se realizan reuniones cada quince días para el reforzamiento de estos temas. Por otra parte, se plantea realizar reuniones pequeñas por parte del ingeniero de obra o perforador, al inicio de la jornada laboral, donde se reforzará los procedimientos de trabajo y cuidados especiales que se deba tener en alguna actividad en particular. En el caso que, durante la ejecución del proyecto, se deba sustituir algún colaborador, se realizará una inducción del puesto de trabajo, y se le asignará otro colaborador para que haga un entrenamiento en los trabajos a realizar, poniendo especial

atención a temas de seguridad y temas de acatamiento de la normativa establecida por la empresa.

El trabajo en equipo es fundamental, por lo que se propone mantener una comunicación asertiva, desarrollar objetivos comunes, tener confianza en los colaboradores, todo ello conducirá a que los colaboradores se sientan a gusto mejorando su desempeño en el trabajo. Se propone hacer un reconocimiento verbal a los colaboradores una vez alcanzado cada uno de los hitos del proyecto. Si alguno de los colaboradores realiza alguna mejora o propone alguna mejora, se sugiere el hacer un reconocimiento por escrito con el fin de motivar a los demás en la cultura de la mejora continua.

4.5.8 Evaluaciones de desempeño

Al inicio del proyecto se establecerá las métricas para la evaluación del desempeño del equipo de trabajo, las cuales deberán ser evaluadas cada mes, con el fin de medir el nivel de cumplimiento y hacer los planes de acción en el caso que no se esté cumpliendo con las metas establecidas. Se sugiere el avance diario como una métrica para la medición del desempeño, así como el tiempo en que se realizan los viajes de las herramientas al fondo del pozo, duración de la bajada de las tuberías de revestimiento y cementación de estas.

4.6 Plan de gestión de las comunicaciones

La comunicación es de suma importancia, ya que el “75% de las veces la comunicación es la causa de los errores”. (UCI, 2019, p. 6), por lo que una buena gestión de las

comunicaciones tendrá un efecto positivo en los proyectos. De acuerdo con PMI (2017), “incluye los procesos necesarios para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de sus interesados se satisfagan a través del desarrollo de objetivos y de la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información”. (p. 359). Se debe realizar una estrategia que satisfaga las necesidades de los interesados y luego poder implementar esa estrategia planteada.

El plan de comunicaciones propuesto para la perforación de un pozo direccional para reposición de vapor de un campo geotérmico, tendrá la función de comunicar información del proyecto entre el equipo del proyecto y las partes interesadas. Se definirán los roles de las partes interesadas, una matriz de comunicación en la que se reúne los requisitos de comunicación de cada una de las partes interesadas.

4.6.1 Planificar la gestión de las comunicaciones

Se definen las necesidades de comunicación del proyecto perforación de pozo direccional para reposición de vapor de un campo geotérmico, para lo cual el Director de Proyecto con su equipo de proyecto definirá la matriz de comunicación, donde se reflejará las necesidades de comunicación durante el ciclo de vida del proyecto de cada interesado. Para este proyecto se propone una comunicación interactiva, la cual “reconoce la necesidad de asegurar que el mensaje haya sido comprendido” (PMI, 2017, p. 372). Con este modelo se logra que el interesado de una confirmación de la recepción del mensaje, logrando así, el poder recibir una retroalimentación o repuesta, mediante la cual se puede confirmar que lo

comunicado cumplió su objetivo y sea una comunicación efectiva, se da una comunicación en dos vías, asegurando que lo comunicado ha sido claro, completo y confirmado que el mensaje ha tenido la interpretación correcta.

Se propone también una comunicación tipo push, empleando para ello el correo electrónico, herramienta muy común en estos momentos, también se propone para el cierre del proyecto, la colocación del informe final, así como toda la información del proyecto, en la intranet con que cuenta la Institución, en la cual tienen acceso un grupo previamente establecido, grupo de interesados del proyecto, por las políticas de la empresa (comunicación tipo pull). Toda la información del proyecto deberá escrita en idioma español.

4.6.2 Matriz de comunicaciones

Se presenta en la tabla 18 la matriz de comunicaciones del proyecto perforación de un pozo direccional para reposición de vapor de un campo geotérmico, la cual se elaboró considerando las necesidades de comunicación de cada uno de los interesados, empleando para ello la herramienta de juicio de experto y análisis de requisitos de información.

Tabla 18. Matriz de comunicaciones del proyecto

Comunicación	Responsable	Audiencia	Frecuencia	Descripción	Recurso de comunicación
Acta de constitución del proyecto	Director del proyecto	Patrocinador Equipo de proyecto	Una vez antes del inicio del proyecto	Se presenta el acta de constitución del proyecto, detallando el alcance, objetivos, principales involucrados, roles y responsabilidades	Presentación en Power Point
Reunión de inicio de proyecto	Director de proyecto	Equipo de proyecto OMMC DCG DEYG	Una vez al inicio del proyecto	Se realiza una descripción del proyecto detallando los principales entregables, fechas para alanzar hitos principales, presentación de los miembros del equipo de proyecto	Presentación en Power Point Minuta de reunión
Reunión de proyección geo-científica del pozo	Responsable de DEYG	DP Equipo de proyecto	Una vez antes del inicio del proyecto	Se realiza presentación de la proyección geológica, geoquímica, de yacimientos, geofísica del pozo. Definición de profundidad de pozo según los objetivos propuestos. Profundidad de inicio de desviación, azimut y desplazamiento requerido	Presentación en Power Point Informe de proyección geocientífica
Reunión de diseño de lechadas de cemento	Responsable de IPYG	DP Equipo de proyecto interesados	Antes de cada cementación de tuberías de revestimiento	Se detalla el procedimiento según las condiciones del pozo para la	Presentación en Power Point Resumen de pruebas realizadas en

Comunicación	Responsable	Audiencia	Frecuencia	Descripción	Recurso de comunicación
				cementación, los diferentes diseños de lechadas a emplear	laboratorio Minuta de reunión
Informe de avance de obra	IOPYG	DP Equipo de proyecto Involucrados	Diariamente	Se realiza una presentación sobre el avance del proyecto en el día, hitos alcanzados y actividades más relevantes acontecidas	Informe por correo electrónico
Reunión avance de obra	DP	Equipo de proyecto	Mensualmente	Se presenta por parte del equipo de proyecto el avance de la obra	Minuta de reunión e informe del avance de obra
Informe mensual	DP	Patrocinador	Mensualmente	Se realiza un informe del avance mensual del proyecto	Informe de avance
Informe de pruebas	Responsable DEYG	Patrocinador DP Equipo de proyecto	Cada vez que se realizan pruebas en el pozo	Se presenta los resultados de las pruebas realizadas	Informe por correo electrónico
Reunión con líderes comunales	DP	Líderes comunales del área de influencia	Mensualmente	Se presenta el avance del proyecto	Presentación en Power Point
Reunión de lecciones aprendidas	DP	Equipo de proyecto	Antes de finalizar el proyecto	Se presenta las cosas que salieron bien y las que no tan bien, como se afrontaron y se valora las oportunidades de mejora	Presentación Power Point
Cierre de proyecto	DP	Patrocinador Equipo de proyecto Interesados	Al final de proyecto	Se presenta el producto terminado, el cumplimiento de los hitos establecidos y los beneficios que se obtienen con el proyecto	Presentación en Power Point

(Adaptación UCI, 2019)

4.6.3 Gestionar las comunicaciones

En este proceso se garantiza “que la recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunas y adecuadas” (PMI, 2017, p. 379). Para el proyecto de la perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico, se establece que las reuniones e informes establecidos en la matriz de comunicación (tabla 18), la invitación será comunicada mediante el correo electrónico con verificación de lectura, en caso de que alguno de los interesados no lea la invitación, se le comunicara vía telefónica. En las reuniones se suministrará a los participantes la información impresa; una vez realizada la reunión, toda la documentación será ingresada a la intranet de la Institución, por parte del Director de proyecto, para que quede disponible a los interesados, se incluirán también la lista de asistencia, así como las minutas de las reuniones.

4.6.4 Monitorear las comunicaciones

En este proceso se establece que la información que sea transmitida a los interesados, satisfaga su necesidad de información y “determina si los objetivos y actividades de comunicación planificado han tenido el efecto deseado de aumentar o mantener el apoyo de los interesados a los entregables y los resultados esperados del proyecto” (PMI, 2017, p. 389). Una manera de monitorear las comunicaciones es mediante la evaluación del desempeño de las comunicaciones, se debe dar seguimiento a la cantidad de comunicaciones planificadas en la matriz de comunicaciones y compararla con la cantidad de comunicaciones realizadas, con lo cual se obtiene un índice de cumplimiento o

evaluación de desempeño. Es importante que se dé una retroalimentación de la información recibida, que puede ser mediante comunicación interactiva y la escucha activa, podrá además, implementarse encuestas que midan la satisfacción de la información recibida, de manera tal que se puedan implementar cambios en la información presentada en futuras reuniones; para lo cual será necesario la realización del proceso de control integrado de cambios.

Todas las comunicaciones deben quedar documentadas e incorporadas en el PMIS, que posee la institución en la intranet, de manera que puedan tener acceso los interesados del proyecto en el momento que lo consideren sea necesario.

4.7 Plan de gestión de los riesgos

El objetivo principal de este plan es que el Director del Proyecto y su equipo puedan “aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos y disminuir la probabilidad y/o impacto de los riesgos negativos, a fin de optimizar las posibilidades de éxito del proyecto” (PMI, 2017, p. 395). No existe proyecto que no tenga riesgos, estos van a depender de la magnitud y complejidad del proyecto, así sean proyectos similares, cada uno va a tener diferentes riesgos y van a depender, entre otros, de los supuestos, de las restricciones, de las necesidades de los interesados. La idea es el poder identificarlos y enfrentarlos, de manera tal que, el riesgo general del proyecto esté en un rango que sea aceptado; potenciando los riesgos positivos y minimizar los riesgos negativos.

4.7.1 Planificar la gestión de los riesgos

“Es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto” (PMI, 2017, p. 401). Para este proceso se empleó el criterio de experto mediante reuniones para la identificación de los riesgos que puede tener el proyecto de la perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, definiendo los riesgos que se consideraron para el proyecto. Para ello se definió una RSB para su clasificación.

El Director del Proyecto y su equipo una vez definidos los riesgos, procederán a realizar el análisis cuantitativo, cualitativo, planificar e implementar la respuesta a los riesgos identificados y monitorear los riesgos. Se debe estar evaluando durante todo el ciclo de vida del proyecto estos riesgos y se determinará si se han presentado nuevos riesgos y serán incluidos en el registro de riesgos para proponer la respuesta a los mismos. Para ello será necesario realizar el control integrado de cambios para su inclusión. Empleando para ello las buenas prácticas en gestión de proyectos descritas en la Guía del PMBOK® 2017. En la figura 24 se presenta la RSB para el proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico.



Figura 24 Estructura de desglose de los riesgos (RSB)
(Elaboración propia)

4.7.2 Probabilidad e impacto de los riesgos

El proyecto no cuenta con plantillas para la probabilidad e impacto de los riesgos que afecten los objetivos principales del proyecto, por lo que se propone la plantilla mostrada en la tabla 19 para la definición de la probabilidad e impacto para el proyecto, el cual es realizado empleando la herramienta del criterio de experto.

Tabla 19. Definición de probabilidad e impacto

Escala	Probabilidad	+/- Impacto sobre los objetivos del proyecto		
		Tiempo	Costo	Calidad
Muy alto	0,9	Variación del calendario > 20%	Incremento del costo > 20%	El producto final del proyecto es inservible
Alto	0,7	Variación del calendario entre 12% a 20%	Incremento del costo entre 12% a 20%	Reducción de la calidad inaceptable para el cliente
Moderado	0,5	Variación del calendario entre 6 % a 12%	Incremento del costo entre 6% a 12%	La reducción de la calidad demanda la aprobación del cliente
Bajo	0,3	Variación del calendario entre 1% a 6%	Incremento del costo entre 1% a 6%	Solo aplicaciones muy específicas son afectadas
Muy bajo	0,1	Variación del calendario < 1%	Insignificante incremento del costo <	Degradación de la calidad apenas

Escala	Probabilidad	+/- Impacto sobre los objetivos del proyecto		
		Tiempo	Costo	Calidad
			1%	perceptible

(Modificado PMI, 2017)

Para el caso del valor numérico para el impacto se detalla la plantilla de la tabla 20, que junto con los datos de la tabla 19, serán empleadas para la determinación de la matriz probabilidad-impacto para el proyecto.

Tabla 20. Escala de impacto

Criterio	Porcentaje
Muy alto	0,8
Alto	0,5
Moderado	0,2
Bajo	0,1
Muy bajo	0,05

(Modificado PMI, 2017)

A partir de los datos de las tablas 19 y 20 se procede a realizar matriz de probabilidad por impacto, la cual se muestra en la tabla 21, para lo cual se ha definido de alto riesgo los valores entre 0,99 a 0,18 que se han representado en color rojo; los valores entre 0,17 a 0,06 se han definido de moderado riesgo y se representan de color amarillo; mientras que los valores entre 0,05 a 0,01 representados en color verde se han definido de bajo riesgo para el proyecto.

Como parte de la estrategia para afrontar los riesgos, aquellos riesgos que sean catalogados como de bajo riesgo, no se aplicará ninguna medida de repuesta a ellos, ya que se consideran que están dentro del grado de riesgos de la institución, se acepta el riesgo en forma pasiva.

Tabla 21. Matriz probabilidad x impacto

Marcador de riesgo para un riesgo específico (P x I)					
Impacto \ Probabilidad	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80
0,90	0,05	0,09	0,18	0,45	0,72
0,70	0,04	0,07	0,14	0,35	0,56
0,50	0,03	0,05	0,10	0,25	0,40
0,30	0,02	0,03	0,06	0,15	0,24
0,10	0,01	0,01	0,02	0,05	0,08

Rojo: alto riesgo – Amarillo moderado riesgo – Verde bajo riesgo

(Modificación PMI, 2017)

4.7.3 Identificar los riesgos

Seguidamente se presenta los riesgos que se han identificado para el proyecto de la perforación de un pozo direccional geotérmicos para la reposición de vapor de un campo geotérmico, para ello se aplicó la herramienta de lluvia de ideas, el juicio de experto y reuniones. En la tabla 22 se presenta la lista de riesgos identificados para el proyecto.

Tabla 22. Identificación de Riesgos

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia
RT-1.1.2	Mal funcionamiento de equipo de control direccional	Desconocer la inclinación y azimut del pozo	Cambios bruscos en azimut e inclinación, teniendo que re-perforar zona con un incremento en el costo y tiempo de un 4%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5
RT-1.2.1	Diseño inadecuado del lodo de perforación	Descontrol en las paredes del pozo	Derrumbes de las paredes del pozo o el pozo se cierra, lo que genera un retraso	EDT 1.2.1 1.4.1.2 1.4.2.4 1.4.3.5 1.4.4.6

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia
			de 5 días en el cronograma	
RT-1.2.1	Diseño inadecuado de lechadas de cemento	Colapso de la tubería de revestimiento	Retraso en el cronograma de 15 días y un incremento en el costo de un 15%	EDT 1.2.2 1.4.1.5 1.4.27
RG-2.2.1	Selección inadecuada de las herramientas de perforación	Falla en uno de los elementos de las herramientas de perforación	Retraso en el cronograma en 3 días e incremento en el costo en 0,7%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5
RG-2.2.1	Falta de equipo para trasladar y armar el equipo	No se puede trasladar y armar el equipo de perforación	Retraso en el cronograma del proyecto en 5 días e incremento del costo en costo de 0,6%	EDT 1.3.1
RT-1.2.1	Objetivo geológico no se localiza	Baja producción del pozo	No se logra el alcance, el pozo produce el 50% de lo esperado. La recuperación de la inversión tomará el doble de tiempo	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3
RT-1.2.2	Inspección inadecuada en el cable de registro de pozos	Falla en el cable de registros de pruebas finales de pozo	Aumento en el cronograma en 3 días e incremento en costo de un 0.7%	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3
RG-2.1.1	Mala planeación presupuestaria	Costos finales del proyecto más altos de lo esperado	Incremento en el costo del proyecto puede ser mayor al 30%	Gestión de alcance y del costo
RG-2.2.2	Deficiente selección del personal responsable	El personal contratado no tiene la suficiente experiencia para el desarrollo del proyecto	El avance de la obra no es el planificado, retraso en el cronograma de 10 días e incremento	Acta de constitución del proyecto. Restricciones

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia
			en el costo de un 3%	
RC-3.1.2	Calidad deficiente de los materiales entregados por los proveedores	No poder emplear los materiales por el no cumplimiento de especificaciones técnicas	Se puede presentar retrasos en el cronograma de hasta 3 meses	EDT 1.4
RE-4.2.1	Aumentos económicos en los costos de los materiales de perforación	Exceder el presupuesto	Disminuir la calidad del proyecto. Incremento en el costo del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto
RE-4.1.2	Fuertes vientos	Detener el proceso de la perforación	Se puede generar retrasos en el cronograma de 3 días e incremento en el costo de 0,7%	Gestión del alcance Supuestos del proyecto
RO-5.1	Reorganización en la estructura organizacional de la Institución	Retrasos en aprobaciones internas para la ejecución del proyecto	El proyecto no inicia por falta de aprobaciones	Gestión del alcance Supuestos del proyecto
RO-5.2	Recorte en el presupuesto	No contar con los recursos necesarios para poder iniciar el proyecto	Retraso en el inicio del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto

(Elaboración propia)

4.7.4 Análisis cualitativo

Una vez identificado los riesgos del proyecto, se procede a realizar el análisis cualitativo de los riesgos. Para ello es necesario la utilización de los datos de las tablas 19, 20 y 21 del proceso de planificación de los riesgos, mediante este análisis se obtendrán los riesgos

individuales y el riesgo general del proyecto. Posteriormente, se realizará una priorización, con la ayuda del código de colores de la tabla 21.

En la tabla 23 se presenta la plantilla de registro de riesgos del proyecto con la probabilidad e impacto, así como la categorización de los riesgos con código de colores, al final se ha calculado el riesgo general del proyecto, que para este caso es de 0,11 que de acuerdo con los criterios definidos en la tabla 21, sería de color amarillo lo que lo categoriza como un proyecto de riesgo moderado.

Tabla 23. Plantilla de registro de riesgos del proyecto.

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
RT-1.1.2	Mal funcionamiento de equipo de control direccional	Desconocer la inclinación y azimut del pozo	Cambios bruscos en azimut e inclinación, teniendo que re-perforar zona con un incremento en el costo y tiempo de un 4%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5	0,3	0,1	0,03
RT-1.2.1	Diseño inadecuado del lodo de perforación	Descontrol en las paredes del pozo	Derrumbes de las paredes del pozo o el pozo se cierra, lo que genera un retraso de 5 días en el cronograma	EDT 1.2.1 1.4.1.2 1.4.2.4 1.4.3.5 1.4.4.6	0,3	0,2	0,06
RT-1.2.1	Diseño inadecuado de lechadas de cemento	Colapso de la tubería de revestimiento	Retraso en el cronograma de 15 días y un incremento en el costo de un 15%	EDT 1.2.2 1.4.1.5 1.4.2.7	0,3	0,7	0,21
RG-2.2.1	Selección inadecuada de las herramientas de perforación	Falla en uno de los elementos de las herramientas de perforación	Retraso en el cronograma en 3 días e incremento en el costo en 0,7%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5	0,3	0,5	0,15

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
RG-2.2.1	Falta de equipo para trasladar y armar el equipo	No se puede trasladar y armar el equipo de perforación	Retraso en el cronograma del proyecto en 5 días e incremento del costo en costo de 0,6%	EDT 1.3.1	0,5	0,1	0,05
RT-1.2.1	Objetivo geológico no se localiza	Baja producción del pozo	No se logra el alcance, el pozo produce el 50% de lo esperado. La recuperación de la inversión tomará el doble de tiempo	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3	0,5	0,5	0,25
RT-1.2.2	Inspección inadecuada en el cable de registro de pozos	Falla en el cable de registros de pruebas finales de pozo	Aumento en el cronograma en 3 días e incremento en costo de un 0.7%	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3	0,1	0,1	0,01
RG-2.1.1	Mala planeación presupuestaria	Costos finales del proyecto más altos de lo esperado	Incremento en el costo del proyecto puede ser mayor al 30%	Gestión de alcance y del costo	0,1	0,8	0,08
RG-2.2.2	Deficiente selección del personal responsable	El personal contratado no tiene la suficiente experiencia para el desarrollo del proyecto	El avance de la obra no es el planificado, retraso en el cronograma de 10 días e incremento en el costo de un 3%	Acta de constitución del proyecto. Restricciones	0,3	0,2	0,06
RC-3.1.2	Calidad deficiente de los materiales entregados por los proveedores	No poder emplear los materiales por el no cumplimiento de especificaciones técnicas	Se puede presentar retrasos en el cronograma de hasta 3 meses	EDT 1.4	0,5	0,8	0,4
RE-4.2.1	Aumentos económicos en los costos de los materiales de perforación	Exceder el presupuesto	Disminuir la calidad del proyecto. Incremento en el costo del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,3	0,5	0,15
RE-4.1.2	Fuertes vientos	Detener el proceso de la perforación	Se puede generar retrasos en el cronograma de 3	Gestión del alcance Supuestos	0,1	0,1	0,01

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
			días e incremento en el costo de 0,7%	del proyecto			
RO-5.1	Reorganización en la estructura organizacional de la Institución	Retrasos en aprobaciones internas para la ejecución del proyecto	El proyecto no inicia por falta de aprobaciones	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,1	0,8	0,08
RO-5.2	Recorte en el presupuesto	No contar con los recursos necesarios para poder iniciar el proyecto	Retraso en el inicio del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,1	0,5	0,05
Riesgo General del Proyecto							0,11

(Elaboración propia)

En la tabla 24 se presenta la misma información de la tabla 23, solamente que se ha priorizado de mayor a menor riesgo, según el código de colores descrito en la tabla 23, con el fin de priorizar y resaltar la clasificación de los riesgos.

Tabla 24. Plantilla de registro de riesgos del proyecto priorizada.

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
RC-3.1.2	Calidad deficiente de los materiales entregados por los proveedores	No poder emplear los materiales por el no cumplimiento de especificaciones técnicas	Se puede presentar retrasos en el cronograma de hasta 3 meses	EDT 1.4	0,5	0,8	0,4
RT-1.2.1	Objetivo geológico no se localiza	Baja producción del pozo	No se logra el alcance, el pozo produce el 50% de lo esperado. La recuperación de la inversión tomará el doble de tiempo	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3	0,5	0,5	0,25

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
RT-1.2.1	Diseño inadecuado de lechadas de cemento	Colapso de la tubería de revestimiento	Retraso en el cronograma de 15 días y un incremento en el costo de un 15%	EDT 1.2.2 1.4.1.5 1.4.2.7	0,3	0,7	0,21
RG-2.2.1	Selección inadecuada de las herramientas de perforación	Falla en uno de los elementos de las herramientas de perforación	Retraso en el cronograma en 3 días e incremento en el costo en 0,7%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5	0,3	0,5	0,15
RE-4.2.1	Aumentos económicos en los costos de los materiales de perforación	Exceder el presupuesto	Disminuir la calidad del proyecto. Incremento en el costo del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,3	0,5	0,15
RG-2.1.1	Mala planeación presupuestaria	Costos finales del proyecto más altos de lo esperado	Incremento en el costo del proyecto puede ser mayor al 30%	Gestión de alcance y del costo	0,1	0,8	0,08
RO-5.1	Reorganización en la estructura organizacional de la Institución	Retrasos en aprobaciones internas para la ejecución del proyecto	El proyecto no inicia por falta de aprobaciones	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,1	0,8	0,08
RT-1.2.1	Diseño inadecuado del lodo de perforación	Descontrol en las paredes del pozo	Derrumbes de las paredes del pozo o el pozo se cierra, lo que genera un retraso de 5 días en el cronograma	EDT 1.2.1 1.4.1.2 1.4.2.4 1.4.3.5 1.4.4.6	0,3	0,2	0,06
RG-2.2.2	Deficiente selección del personal responsable	El personal contratado no tiene la suficiente experiencia para el desarrollo del proyecto	El avance de la obra no es el planificado, retraso en el cronograma de 10 días e incremento en el costo de un 3%	Acta de constitución del proyecto. Restricciones	0,3	0,2	0,06
RG-2.2.1	Falta de equipo para trasladar y armar el equipo	No se puede trasladar y armar el equipo de perforación	Retraso en el cronograma del proyecto en 5 días e incremento del costo en costo de 0,6%	EDT 1.3.1	0,5	0,1	0,05
RO-5.2	Recorte en el presupuesto	No contar con los recursos necesarios para poder iniciar el proyecto	Retraso en el inicio del proyecto	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,1	0,5	0,05

Código	Causa	Riesgo	Consecuencia	Referencia	Prob.	Imp.	Rango
RT-1.1.2	Mal funcionamiento de equipo de control direccional	Desconocer la inclinación y azimut del pozo	Cambios bruscos en azimut e inclinación, teniendo que re-perforar zona con un incremento en el costo y tiempo de un 4%	EDT 1.4.2.3 1.4.3.2 1.4.3.4 1.4.4.1 1.4.4.3 1.4.4.5	0,3	0,1	0,03
RT-1.2.2	Inspección inadecuada en el cable de registro de pozos	Falla en el cable de registros de pruebas finales de pozo	Aumento en el cronograma en 3 días e incremento en costo de un 0.7%	EDT 1.5.1 1.5.2 1.5.3	0,1	0,1	0,01
RE-4.1.2	Fuertes vientos	Detener el proceso de la perforación	Se puede generar retrasos en el cronograma de 3 días e incremento en el costo de 0,7%	Gestión del alcance Supuestos del proyecto	0,1	0,1	0,01
Riesgo General del Proyecto							0,11

(Elaboración propia)

4.7.5 Planificar la respuesta a los riesgos

Una vez realizado el análisis cuantitativo, se analizan las estrategias para dar respuesta a los riesgos identificados, como se citó en la parte de la planificación de los riesgos, para aquellos riesgos que fuesen identificados como de bajo riesgo, no se realizará una planificación de respuesta a ellos. El análisis se centrará en los riesgos altos y moderados (rojos y amarillos). La respuesta va orientada a tomar medidas para bajar la probabilidad e impacto de los riesgos identificados. En la tabla 25 se muestra la respuesta a los riesgos.

Tabla 25. Plantilla de plan de respuesta a riesgos del proyecto

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Responsable	Prob. post-plan	Imp. post-plan	Rango post-plan
RC-3.1.2	0,4	Mitigar	Selección previa de proveedores. Mantener una muy buena comunicación con los proveedores Definir claramente las especificaciones en el cartel de compra	Equipo de adquisiciones del proyecto	0,1	0,8	0,08
RT-1.2.1	0,25	Mitigar	Revisión de toda la información con todos los involucrados del DEYG y contratación de un consultor experto para la revisión de la información geocientífica	DEYG	0,3	0,5	0,15
RT-1.2.1	0,21	Mitigar	Selección de aditivo reductor de agua libre, realizar la cementación entre tubería de revestimiento con un solo tipo de diseño de lechada de cemento	IPYG	0,1	0,7	0,07
RG-2.2.1	0,15	Mitigar	Establece un estricto control de calidad en todas las herramientas que son medidas dentro del pozo	IOPYG	0,1	0,5	0,05
RE-4.2.1	0,15	Mitigar	Realizar estudios de mercado y comportamiento del mercado del petróleo. Contar con reservas de materiales de por lo menos un 25% de lo requerido por un pozo	IOPYG	0,1	0,5	0,05
RG-2.1.1	0,08	Mitigar	Se debe integrar un grupo interdisciplinario que revise históricos de otros proyectos, en el que se incluya expertos en costos y en administración de proyectos	DP	0,1	0,5	0,05
RO-	0,08	Escalar	Al ser algo fuera del control	Patrocinador	0,1	0,8	0,08

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Responsable	Prob. post-plan	Imp. post-plan	Rango post-plan
5.1			del proyecto se escala al patrocinador				
RT-1.2.1	0,06	Mitigar	Revisión de geología de pozos cercanos para definir el tipo de aditivo a emplear en el lodo de perforación. Estar en estrecha comunicación con el geólogo del pozo para ir viendo oportunamente cambios en la formación perforada que amerite un diseño de lodo diferente	IPYG	0,1	0,2	0,02
RG-2.2.2	0,06	Mitigar	Levantar listado de personal con amplia experiencia que puede ser contratado para el proyecto	DP	0,1	0,2	0,02
Riesgo General del Proyecto							0,06

(Elaboración propia)

Con el plan de respuesta, se logra disminuir de 0,11 a 0,06 el nivel general de riesgo del proyecto, si bien aún sigue estando en categoría de riesgo moderado, su valoración bajó al límite inferior de ese rango.

4.7.6 Monitorear los riesgos

Una vez que el DP y su equipo del proyecto han definido la respuesta a los riesgos, deberá cada uno de los responsables de los riesgos identificados, darle seguimiento y controlarlos, e informar oportunamente si el riesgo se materializa, para lo cual el DP en las reuniones de seguimiento del proyecto, deberá estar pendiente de los informes no solo del avance del proyecto si no que de los riesgos y demás planes del proyecto, con lo cual evalúa la efectividad de las respuestas que se implementaron. En caso de ser necesario realizar

nuevas estrategias de respuestas a los riesgos. Si el riesgo se materializa y el plan de respuesta preparado es satisfactorio, se deberá registrar el riesgo y se cerrará ese riesgo.

Es importante que, en las reuniones de seguimiento, o cuando se presente un riesgo que no ha sido identificado por el equipo del proyecto en la etapa de la identificación de los riesgos, que sea notificado al DP, con el fin de realizar una respuesta al riesgo si está al alcance de él, o por el contrario, proceder a escalar ese nuevo riesgo presentado.

4.8 Plan de gestión de las adquisiciones

Para la realización del proyecto de la perforación del pozo profundo direccional, al igual que en la realización de cualquier tipo de proyecto, será necesario la adquisición de bienes y servicios con los cuales se pueden satisfacer las necesidades de los interesados del proyecto. En el plan de las adquisiciones se establecen las estrategias para la realización de las adquisiciones de esos bienes y servicios fuera de la Institución. De manera que se puedan tener en el momento justo cuando el proyecto los va a requerir. Se “incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto” (PMI, 2017, p. 459).

4.8.1 Planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto

De acuerdo con lo que detalla el PMI (2017) “es el proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar los proveedores potenciales” (p. 459). Las adquisiciones de bienes y servicios para el proyecto, serán manejadas de

acuerdo a la ley de contratación administrativa y la ley 8660, esto debido a que la empresa donde se desarrollara el proyecto pertenece al gobierno, por lo que debe aplicar los procedimientos establecidos en las leyes y reglamentos. Se establecen tres tipos de compras, según el monto máximo que se puede usar:

- Fondo de trabajo (< USD \$ 3000)
- Compra directa (USD \$ 3000 a \$ 170 000)
- Licitación (>USD \$ 170 000)

En cuanto a hacer o comprar, la Institución cuenta con amplia experiencia en la perforación, fluidos de perforación, corrida de tuberías de revestimiento, montaje de preventores y árbol de válvulas, cementación de tuberías de revestimiento, traslado y montaje del equipo, para los cuales posee los equipos, herramientas y el personal calificado, por lo que para ellas aplica hacer. Adicionalmente, en el pasado fueron realizadas mediante la modalidad comprar, pero le sale más barato a la Institución el hacer que el comprar. Por otro lado, los materiales y repuestos que se requiere en la perforación del pozo, aplica el comprar; y según su precio, se empleará alguno de los procedimientos de compra descritos anteriormente, de los cuales se disponen de procedimientos internos definidos para su aplicación según sea el caso. En la tabla 26 se presenta el tipo de contratación y el o los materiales que serán adquiridos por esa modalidad de compra. En el caso del proyecto de la perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, el Director del Proyecto cuenta con un grupo de expertos de la Institución en materia de contratación administrativa, si bien el director del proyecto no firma los

contratos de compras, (para ello existen los procedimientos internos que definen quien adjudica y quien firma en la estructura del ICE) todo trámite de compra lleva el visto bueno del Director del proyecto.

Tabla 26. Tipos de compras

Modalidad de compra	Tipo de material
Fondo de trabajo	Papelería, tintas para impresora, algunos repuestos de urgencia, lijas, brochas, misceláneos.
Contratación directa	Combustible, lubricantes y grasas, pinturas, repuestos, soldaduras, material ferretero, herramientas manuales
Licitación	Tuberías de revestimiento y accesorios, barrenas de perforación y accesorios, productos para fluidos de perforación, productos para cementación de tuberías de revestimiento, materiales para árbol de válvulas, herramientas de perforación

(Elaboración propia)

Por ley la Institución no puede realizar una escogencia de proveedores, si puede realizar una preselección de proveedores y establecer una lista de empresas precalificadas, pero este registro de empresa debe quedar abierto para que cualquier empresa que desee pueda formar parte de él. Por ello es que para la selección de la empresa proveedora, se establecen requisitos de carácter legal y se da especial atención a las características técnicas de lo que se requiere, solicitando los criterios de calidad mínimos que el proyecto requiere, detallando tolerancias, normas nacionales e internacionales según corresponda que debe cumplir, materiales empleados, pruebas de control de calidad realizadas a los productos,

información financiera del oferente, entre otros. Para ello se estable una descripción de los productos con criterio SMART (ver figura 25), y se emplea el criterio de experto para ello.



Figura 25 Criterio SMART
(Questionpro, s.f.)

Para el criterio de selección de la empresa que se le adjudicará el contrato, no se ha establecido ninguna metodología de selección con pesos relativos, como el dar puntaje a tiempo de entrega, experiencia de la empresa, transporte, entre otros. Esos datos se incluyen como requisitos de admisibilidad; se adjudica a la empresa que cumpla técnica y legalmente los requisitos establecidos en el cartel de compra, y que sea la de menor precio. Por otro lado, ahora la ley faculta a la Institución a pedir descuento, lo que es llamado ronda de descuento, y se invita a las tres ofertas de menor precio y que hayan cumplido técnica y legalmente; luego de la ronda de descuento se seleccionará la oferta de menor precio. Por otro lado, se establece que todos los contratos serán por precio fijo cerrado. Toda la información referente a las adquisiciones queda en la plataforma digital SICOP

Para la estimación de los precios el equipo de proyecto realiza un estudio de mercado que, puede incluir cotizaciones y precios de históricos de compras anteriores.

4.8.2 Efectuar las adquisiciones

Se define como “el proceso de obtener respuesta de los proveedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato” (PMI, 2017, p. 482). Para esta etapa, el equipo de proyecto cuenta con la ayuda del área de compras del ICE, los carteles de las adquisiciones son subidos a la plataforma del gobierno SICOP, de esta forma se da publicidad a las adquisiciones.

Una vez que los proveedores suben sus ofertas en la fecha establecida, estas son analizadas por el equipo del proyecto, se procede a revisar que cumplan técnicamente, para ello se establece un cuadro comparativo entre todas las ofertas que participan, se enlistan cada uno de los requisitos técnicos y de calidad que se solicitaron en el cartel de la licitación. Por otra parte, la asesoría legal de la institución revisa que las ofertas cumplan con los términos legales solicitados. Como se citó anteriormente, las tres primeras ofertas que cumpla técnica y legalmente se les pide la realización de un descuento, siendo la empresa que se le adjudicará la adquisición la de menor precio. Toda esta información es transparente y queda documentada en la plataforma SICOP, donde puede ser revisada por cualquier interesado.

En el cartel de la adquisición quedan plasmadas todos los aspectos legales, tiempo de entrega, forma de pago, lugar de la entrega, tiempo para la entrega, garantía de los productos, clausula penal por entrega tardía, montos de garantías de participación y de cumplimiento para la empresa adjudicada.

Se emite una recomendación técnica con el visto bueno del director del proyecto, luego esta información del análisis técnico es subida a la plataforma SICOP, dependiendo de los montos de la compra, ya se tienen establecidos los procedimientos internos de que funcionario de la Institución le corresponderá realizar la adjudicación de la compra. Si bien no le corresponde al DP realizar las adjudicaciones, él cuanta con el equipo de proyecto que le da seguimiento al estado de las adquisiciones y le informa, de manera tal que se pueda saber si alguna de las adquisiciones tendrá algún retraso que pueda impactar el cronograma del proyecto, y poder tomar medidas para minimizar el impacto en el cronograma.

4.8.3 Controlar las adquisiciones

Tal como lo detalla el PMI (2017) “es el proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y efectuar cambios y correcciones, según corresponda; y cerrar los contratos” (p. 492). En esta etapa se llevan procesos de control de seguimiento al proceso de las adquisiciones, financiero y de pagos, por parte del equipo de proyecto, quienes deberán en las reuniones mensuales rendir informes del estado de las adquisiciones, de existir algún componente legal, el equipo del proyecto se debe apoyar en la parte legal de la institución.

Dentro de la información que debe rendir el equipo del proyecto en las reuniones mensuales de siguiendo está: proveedores adjudicados, los montos estimados contra lo adjudicado, reclamos que se tengan por adquisiciones recibidas, estado de pagos de las adquisidores,

contratos finiquitados, el avance de las adquisidores que han sido adjudicadas, si las entregas están según lo pactado; de manera tal que, el Director del Proyecto pueda tomar acciones para minimizar el efecto que pueda tener una entrega tardía en el cronograma y que pueda afectar el costo, calidad y el alcance del proyecto. Se debe llevar un archivo con cada una de las adquisiciones del proyecto, en el que se incorpore todo lo acontecido en esa compra, para que luego forme parte de los archivos finales del proyecto.

4.9 Plan de gestión de los interesados

En gran medida el éxito que se puede tener en un proyecto es la correcta identificación de los interesados del proyecto, que son “las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto” (PMI, 2017, p. 503). Del seguimiento que se le dé a cada uno de ellos, considerando que el interés y el poder de los interesados puede variar durante el ciclo de vida del proyecto, inclusive que aparezcan nuevos interesados. Por lo que, el DP y su equipo deben establecer estrategias para el correcto involucramiento de ellos para garantizar que sus expectativas sean satisfechas y se logren los objetivos del proyecto. Para la realización de este plan, es importante el empleo de las herramientas de juicio de experto, habilidades de comunicación, análisis de interesados, entre otras.

4.9.1 Identificar a los interesados

Este proceso consiste en la identificación de todos aquellos interesados que se puedan ver afectados positivamente o negativamente con el desarrollo del proyecto, para lo cual se ha creado la tabla 27 en la cual se han incluido a todos los involucrados para el proyecto de

perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, en la que se identifican interesados internos y externos.

Tabla 27. Interesados del proyecto

Nombre del interesado	Interno/Externo	Abreviatura
Patrocinador-Director CSRG	Interno	PAT
Director de Proyecto	Interno	DP
Equipo de proyecto Perforación Yacimientos Geotérmicos	Interno	IOPYG
Equipo de proyecto Ingeniería de Perforación Yacimientos Geotérmicos	Interno	IPYG
Desarrollo y Explotación de Yacimientos Geotérmicos	Interno	DEYG
Operación y Mantenimiento Mecánico de Campo	Interno	OMMC
Director del Centro de Generación Mira valles	Externo	DCGM
Comunidad del área de influencia	Externo	CAI
Proveedores	Externo	PROV

(Elaboración propia)

Con la información de la tabla 27, se procede con la definición del poder y el interés de cada uno de los interesados del proyecto, para ello se apoya en los valores de la tabla 28, en la cual se muestra una clasificación del poder e interés, con una escala de 5 a 1, siendo el 5 la escala de mayor valor y 1 la de menor valor, tanto para el poder como para el interés.

En cuanto a la posición de los interesados, en su clasificación, respecto al proyecto, se emplea el signo “+” cuando el interesado apoya el proyecto y el signo “-” cuando el interesado se opone al proyecto.

Tabla 28. Valores de Poder/interés

Descripción	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Poder	5	4	3	2	1
Interés	5	4	3	2	1

(Modificado Muñoz, 2012)

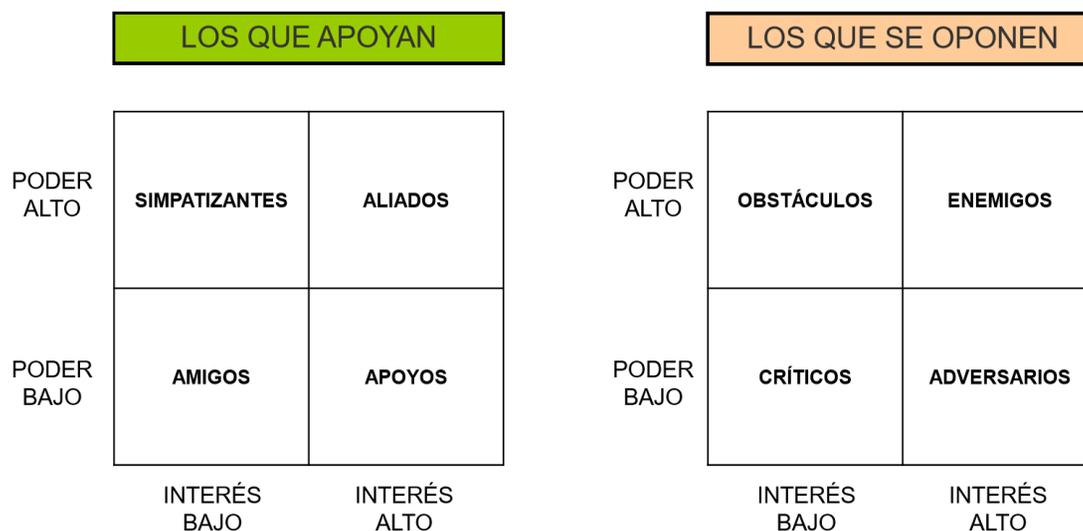


Figura 26 Categorías de las posiciones (Muñoz, 2012)

En la tabla 29 se muestra la clasificación de los interesados del proyecto, se ha calculado el producto de poder e interés para determinar a los interesados de mayor relevancia para el

proyecto, y se han clasificado también según el criterio de la figura 26 en la que se muestra la categoría según la posición de poder e interés de los involucrados

Tabla 29. Clasificación de interesados

Identificación	Interesado	Posición	Poder	Interés	Producto	Clasificación
1	PAT	+	5	5	25	Aliado
2	DP	+	5	5	25	Aliado
3	IOPYG	+	4	5	20	Aliado
4	IPYG	+	3	5	15	Aliado- Apoyo
5	DEYG	+	3	4	12	Aliado- Apoyo
6	OMMC	+	1	3	3	Amigo- Apoyo
7	DCGM	+	1	5	5	Apoyo
8	CAI	+	1	3	3	Amigo- Apoyo
9	PROV	+	1	4	4	Apoyo

(Elaboración propia)

Como se puede ver en la tabla 29, todos los interesados identificados están a favor del proyecto. En la figura 27 se muestra la matriz de poder - interés de los involucrados del proyecto perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, y que muestra visualmente la ubicación de cada uno de los interesados con relación a su poder e interés.

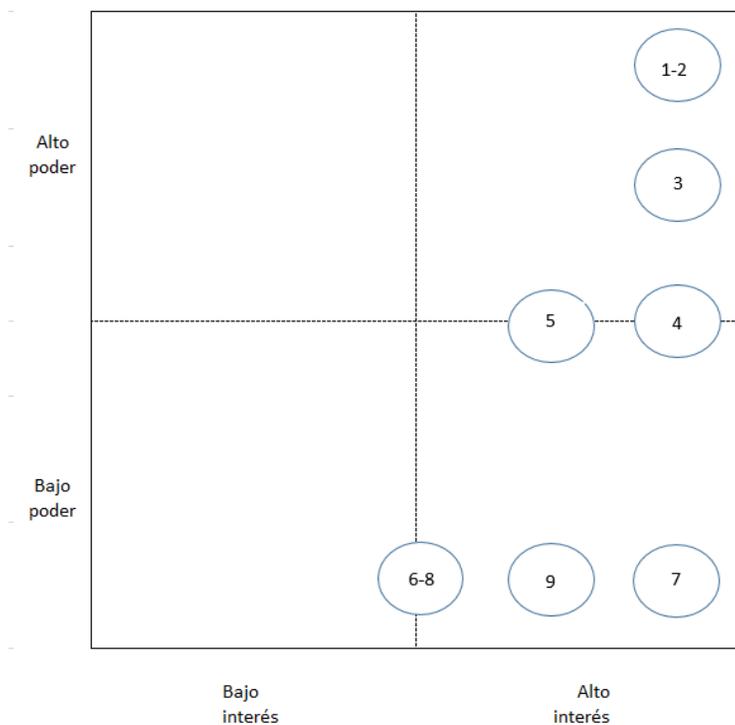


Figura 27 Matriz poder - interés
(Elaboración propia)

4.9.2 Planificar el involucramiento de los interesados

El DP debe asegurarse que desde las etapas tempranas del proyecto se dé un involucramiento de los interesados, ya que cada uno tendrá necesidades y expectativas del proyecto, estrategia que ayudará al éxito del proyecto. En la tabla 30 se presentan las estrategias a desarrollar en cada grupo de interesados.

Tabla 30. Estrategia para atención de los interesados

Número	Interesado	Cuadrante	Estrategia
1	PAT	Aliado	Dar el apoyo total al desarrollo del proyecto. Mantenerse informado del avance del proyecto con informes mensuales del avance de la obra detallando los principales hitos logrados, de ser necesario se realizaran reuniones vía telefónica o comunicación mediante correo electrónico
2	DP	Aliado	Mantener su interés. Se deberá definir al DP desde las fases tempranas del ciclo de vida del proyecto. Deberá mantener motivado al equipo del proyecto durante todo el ciclo de vida. Se mantendrá informado del avance del proyecto con los avances diarios que se presentan, adicionalmente; con las reuniones mensuales del equipo de proyecto, y solicitar reuniones cuando lo considere conveniente
3	IOPYG	Aliado	Mantener su interés seguir muy de cerca. Reuniones para la definición de las expectativas del proyecto, así como de conocer sus necesidades durante el ciclo de vida del proyecto
4	IPYG	Aliado-Apoyo	Gestionar para mantener implicados y satisfechos. Mantener reuniones para la definición de los objetivos del proyecto, así como de conocer sus necesidades durante el ciclo de vida del proyecto
5	DEYG	Aliado-Apoyo	Gestionar para mantener implicados y satisfechos. Realizar reuniones para informar de las

Número	Interesado	Cuadrante	Estrategia
			expectativas del proyecto, y conocer sus necesidades de información durante el ciclo de vida del proyecto
6	OMMC	Amigo-Apoyo	Informar mensualmente el avance del proyecto, reuniones para conocer sus necesidades y expectativas del proyecto, se atenderán sus consultas en reuniones mensuales o mediante correo electrónico
7	DCGM	Apoyo	Informar bimensualmente el avance del proyecto, reuniones para conocer sus necesidades y expectativas del proyecto, se atenderán sus consultas mediante correo electrónico
8	CAI	Amigo-Apoyo	Mantener comunicación desde el inicio del proyecto para conocer sus expectativas y necesidades. Hacerles ver la importancia y el impacto que generará el proyecto
9	PROV	Apoyo	Mantener comunicación desde el inicio del proyecto para conocer sus expectativas y necesidades. Hacer reunión para que conozcan la magnitud del proyecto, y tratar de tener una posición ganar-ganar

(Elaboración propia)

4.9.3 Gestionar el involucramiento de los interesados

En este proceso es de mucha importancia que el DP y su equipo, tengan pleno conocimiento de las necesidades y las expectativas que tienen los interesados del proyecto, de manera que puedan dar trámite a nuevas solicitudes que planten y se les suministre una

retroalimentación de las mismas, con el fin de mantener o aumentar su nivel de interés para el proyecto, se vuelve muy importante la comunicación interactiva entre las partes. Si producto de ellas se debe realizar alguna modificación a alguno de los planes del proyecto, estos se realizarán mediante el control integrado de cambios para su respectiva inclusión.

5 Conclusiones

Seguidamente se presentan las conclusiones del proyecto final de graduación

1. Una vez que el patrocinador del proyecto ha firmado el acta de constitución del proyecto, el DP junto con su equipo de proyecto, realizan la declaración del alcance. Esta y el control de cambios debe ser aprobadas por el patrocinador para iniciar con la ejecución.
2. Una buena medida del desempeño en la gestión del cronograma para los proyectos es el índice de desempeño del cronograma (SPI); con el que se podrá medir si el avance del proyecto va según lo planeado, lleva retraso o si va adelantado según lo programado en el momento de realizar la medición.
3. Una excelente herramienta informática para mostrar gráficamente el cronograma del proyecto es el MS Project.
4. Las herramientas empleadas para la definición del costo del proyecto fueron la estimación paramétrica, combinado con el criterio de experto y se calculó de abajo hacia arriba para la determinación de costo de cada una de las actividades de la EDT.
5. Una buena medida del desempeño en la gestión del costo para los proyectos es el índice de desempeño del costo (CPI); con el que se podrá medir si el monto invertido va según lo planeado, lleva un sobre costo o si se está gastando menos de lo estimado en el momento de realizar la medición.
6. Todo proyecto una vez definidos los costos de cada una de sus actividades, se deberá considerar un monto de reservas de contingencia para afrontar los riesgos

que pueda tener el proyecto en su ciclo de vida; así como reservas de gestión, estas últimas no deben formar parte de la línea base de los costos del proyecto.

7. Se deben definir para cada proyecto métricas de calidad, con las cuales se pueda medir el desempeño de cómo se va ejecutando el trabajo en el proyecto, de manera tal que se tenga una trazabilidad de todos los trabajos realizados según las normas o parámetros que se han establecido o definido.
8. Es necesario que en la gestión de los recursos del proyecto sean considerados tanto los recursos físicos como los recursos del equipo del proyecto, ya que ellos tendrán un impacto directo en la gestión de los costos del proyecto para cada una de las actividades definidas en la EDT.
9. Uno de los mayores desaciertos en los proyectos es la gestión de las comunicaciones, por lo que un buen plan de comunicaciones en la que se incluya las necesidades de cada uno de los interesados, le dará una mayor probabilidad de éxito al proyecto, y no solo que quede documentada, si no que se le dé el siguiente y control necesario para lograr que sea implementada.
10. Los riesgos identificados del proyecto se deberán estar revisando constantemente durante el ciclo de vida del proyecto, ya que podrían aparecer riesgos no identificados en la etapa de la planeación del proyecto que ameriten una atención inmediata para definir la o las estrategias para afrontarlo.
11. En la gestión de las adquisiciones, si los recursos del equipo cuentan con suficiente experiencia y si los trabajos le cuestan al proyecto menos que el contratarlos, se

debe optar por “hacer” en vez de “comprar”. Por el contrario, si al proyecto le sale más caro el “hacer” que contratar externamente, se debe optar por el “comprar”.

12. Es indispensable para el proyecto que el DP y su equipo puedan realizar una buena identificación de las partes interesadas, identificar sus necesidades y expectativas del proyecto, para poder realizar las estrategias adecuadas para la atención de estas partes interesadas.
13. El empleo de la Guía del PMBOK® 2017 para la gestión de proyectos es de mucha ayuda para los directores de proyecto con el fin de maximizar el éxito de los proyectos ya que presenta las mejores prácticas en gestión de proyectos.

6 Recomendaciones

A continuación, se presentan unas recomendaciones generales para los directores de proyecto, así como para la ejecución del proyecto planteado en este PFG.

1. Se recomienda a los directores de proyecto el emplear la Guía del PMBOK® 2017, en la gestión de los proyectos, de manera tal que puedan aplicar las técnicas y herramientas en ella plasmada, con la finalidad de aumentar las posibilidades de éxito de los proyectos.
2. Se recomienda al DP perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico el empleo de este plan de gestión como guía para la ejecución del proyecto.
3. Se recomienda al DP director perforación de un pozo direccional geotérmico para la reposición de vapor de un campo geotérmico, que en la gestión de las comunicaciones sea empleada la comunicación interactiva con todos los interesados con lo que se logra el poder saber que el mensaje emitido sea el que se quiere transmitir.
4. Se recomienda al DP y a su equipo de trabajo en empleo de la herramienta del EVM mensualmente para llevar el pulso del desempeño del proyecto y poder tomar decisiones oportunas para llevar a buen término el proyecto.
5. Se recomienda al DP que cualquier cambio que se presente en el proyecto, sea gestionado mediante el control integrado de cambios, antes de proceder a realizar algún cambio que le competa como director del proyecto.

6. Se recomienda al DP el involucramiento de los interesados desde las etapas tempranas del proyecto, con el fin de poder determinar cuáles serán sus expectativas y necesidades respecto al proyecto, de manera que puedan ser incluidas en las estrategias desarrolladas en el ciclo de vida del proyecto.
7. Se recomienda al DP y su equipo el seguimiento y control del plan de gestión propuesto en este PFG, con el objetivo de poder determinar cualquier variación y poder tomar las medidas correctivas que sean necesarias.

7 Bibliografía

- Arciniega, F. (2018). *Suposiciones y restricciones del proyecto*. Recuperado de <https://fernandoarciniega.com/suposiciones-y-restricciones-del-proyecto/>
- Agüero, S (2018). *ICE competirá con Claro y Movistar en Centroamérica*. Recuperado de <https://www.larepublica.net/noticia/ice-competira-con-claro-y-movistar-en-centroamerica>
- Barrantes, R. (2016). *Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. San José, Costa Rica: Editorial UNED
- Bejarano, M. (2018). *Iera Presentación FET Program*. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/13922515/>
- Campos, M. (2017). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN ACADÉMICA*. San Ramón, Costa Rica. Recuperado de http://www.icomoscr.org/m/investigacion/%5BMETODOS%5DFolleto_v.1.1.pdf
- Cannan, R. (s.f.). *Los 8 Tipos de Métodos de Investigación Más Habituales*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/tipos-metodos-de-investigacion/>
- Castillo, I. (2019). *Marco Metodológico: Características y Estructura*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/marco-metodologico/>
- Centro de Escritura Javeriano. (2018). *Normas APA, sexta edición*. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, seccional Cali. Recuperado de <http://www.ucipfg.com/REP/00IVU/DG/01.pdf>

Centro de Servicio Recursos Geotérmicos. (2019). *Organización interna del CSRG*.

Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica. (Inf. Interno)

Delgado, D., & Juárez, R. (2014). *Procesos de Perforación y terminación de pozos*

geotérmicos (tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, D.F,

México. Recuperado de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3579/tesis.pdf?sequence=1>

Díaz, D., & Téllez, K. (2016). *Perforación I*. Recuperado de

<https://www.slideshare.net/katiatellez/perforacin-direccional-63797216>

El Pensante. (2017). *La información documental, qué es y en qué consiste*. Recuperado de

<https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-documental-que-es-y-en-que-consiste/>

Frade, S. (2016). *Creación de un Programa para el Planeamiento y Control Direccional en*

Pozos Petroleros. (Tesis de grado). Universidad Privada Boliviana. Bolivia.

Recuperado de <https://www.academia.edu/29736788/TESIS-4b>

Garrido, Y. (2019). *Informe de Producción del PGM-46*. Instituto Costarricense de

Electricidad Guayabo de Bagaces.

Garrido, Y. (2019). *Informe de Producción del PGM-17*. Instituto Costarricense de

Electricidad Guayabo de Bagaces.

Gestión de Proyectos Master. (2016). *Project Charter o Acta de Constitución-Plantilla*.

Recuperado de <http://gestiondeproyectos-master.com/project-charter-o-acta-de-constitucion/>

González, A. (2014). *Fundamentos de Investigación*. Recuperado de

<https://fundamentosdeinvestigacion206-1b.blogspot.com/2014/12/metodologia.html>

Grupo Editorial. (2019) *El Método Observacional o Experimental*. Recuperado de

<https://www.psicologia-online.com/el-metodo-observacional-o-experimental-1980.html>

GrupoICE (2019). *Quienes Somos*. Recuperado de

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/acercadelgrupoice/quienes-somos/mision-vision-valores>

Grupo ICE. (2020). *Organigrama*. Recuperado de

<https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/2679b952-2e51-44c7-b884-87d6a7249db7/OrganigramageneralGrupoICE.pdf?MOD=AJPERES>

Información de Negocios. (2016). *El Salvador: Contrato directo para supervisar*

hidroeléctrica. Recuperado de

https://www.centralamericadata.com/es/article/home/El_Salvador_Contrato_directo_para_supervisar_hidroelctrica

InstiPetro. (2009). *Introducción al petróleo. Componentes del equipo de perforación y*

distribución de áreas. Recuperado de

<https://es.slideshare.net/daviddesing/componentes-del-equipo-de-perforacion-y-distribucion-de-areas>

- LaGeo. (2013). *¿Cómo funciona una central geotérmica?* Recuperado de <http://www.lageo.com.sv/?cat=1009>
- Lledo, P. (2017). *Director de Proyectos, Como aprobar el examen del PMP sin morir en el intento* (Sexta Ed. ed.). (P. Lledo, Ed.) Estados Unidos. doi:ISBN-10: 0-9864096-8-5
- Maranto, M., y González, M. (2015). *Fuentes de Información*. Recuperado del sitio de internet de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf?sequence=1>
- Muñoz, A. (2014). *Guía Básica de Perforación Direccional con Aplicación en un Pozo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, D.F, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3711/TESIS.pdf?sequence=1>
- Muñoz, F. (2012). *Análisis de involucrados*. Recuperado de http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD-07/UNIDADES-APRENDIZAJE/UNIDAD_4/Analisis_de_Involucrados.pdf
- Okdatos. (2019). *Conoce el método de observación directa*. Recuperado de <https://okdiario.com/curiosidades/conoce-metodo-observacion-directa-3628568>
- PerfoBlogger. (2015). *Componentes del Sistema de Circulación del Taladro*. Recuperado de <http://perfob.blogspot.com/2015/08/componentes-del-sistema-de-circulacion.html>

- Perforación Direccional. (2017). *Ángulos a tener en cuenta*. (Mensaje en un blog).
Recuperado de <http://perforaciondireccional2017.blogspot.com/2017/05/angulos-tener-en-cuenta.html>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*, (Guía del PMBOK®). Pennsylvania, EE.UU: Project Management Institute Inc.
- Project Management Institute Inc. (2006). *Practice Standard for Work Breakdown Structures*. Newton Square, Pennsylvania, EEUU: Project Management Institute.
- QuestionPro. (s.f.). *¿Qué son los objetivos SMART y cómo ayudan en el crecimiento de una empresa?*. Recuperado de <https://www.questionpro.com/blog/es/que-son-los-objetivos-smart/>
- Rabechini, R. (2019). *Gestión del alcance de los proyectos: ¿cómo organizar los entregables?* Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2019/02/26/gestion-del-alcance-de-los-proyectos-como-organizar-los-entregables/>
- Raffino, M. (2019). *Concepto Fuentes de Información*. Recuperado de <https://concepto.de/fuentes-de-informacion/>
- Rodríguez, A. (2019). *Método analítico de investigación: características y ejemplos*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/metodo-analitico-sintetico/>
- Schlumberger. (2019). Oilfield Glossary. Buje de la mesa rotaria. Recuperado de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/r/rotary_bushing.aspx

- Solis, L (2016). *Propuesta de modelo conceptual para el reservorio del Proyecto Geotérmico Borinquen, basado en análisis unidimensional de la técnica magnetoteléurica. Liberia, Guanacaste, Costa Rica.* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Tebar, E. (2016). *Principales Componentes del Equipo de Perforación.* Recuperado de <https://docplayer.es/18553021-Tema-2-principales-componentes-del-equipo-de-peroracion.html>
- Torres, Z, y Torres, H. (2014). *Administración de Proyectos.* México: Editorial Patria.
Recuperado de [https://books.google.co.cr/books?id=r9jhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=in author:%22Zacarias+Torres+Hernandez%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigwMmOq5LmAhUlW1kKHaqxD_YQ6AEIPzAD#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=r9jhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=in+author:%22Zacarias+Torres+Hernandez%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigwMmOq5LmAhUlW1kKHaqxD_YQ6AEIPzAD#v=onepage&q&f=false)
- UCI. (2018). Introducción a la administración de proyectos. Recuperado de http://www.ucipfg.com/REP/152/1522/01IAP/U4/semana_4.pdf
- UCI. (2019). Plan de gestión de las comunicaciones. Versión 1. Actividad tarea.
Recuperado de <https://campusuci2.com/gspm/moodle3/mod/assign/view.php?id=18003>

8 Anexos

8.1 Anexo 1: ACTA (CHARTER) DEL PFG

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
10 de noviembre del 2019	Plan de gestión para el proyecto perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
Grupos de Procesos: Inicio, planeación. Áreas de Conocimiento: Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicación, riesgo, adquisiciones e involucrados.	Sector: Construcción/Energía. Actividad: Perforación de pozo profundo.
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
10 de noviembre del 2019	12 de julio del 2020
Objetivos del proyecto	
<p>Objetivo general Elaborar un plan de gestión para el proyecto perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico con el propósito de tener respaldo en las plantas generadoras.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para identificar las actividades necesarias de ejecución del proyecto. 2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para controlar las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido. 3. Realizar un plan de gestión del costo para establecer el presupuesto necesario del proyecto. 4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final. 5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto. 6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan. 	

7. Realizar un plan de gestión de riesgos para planificar la respuesta ante ellos, minimizar sus consecuencias negativas, así como maximizar sus efectos positivos.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones con el fin de gestionar los procesos de adquisición de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.

Justificación o propósito del proyecto

El Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Proti cuenta con tres plantas geotérmicas para la generación de la energía eléctrica que requiere el país. Desde el inicio de la explotación comercial del yacimiento geotérmico, han pasado más de veinticinco años, tiempo en el cual la capacidad de producción de algunos de los pozos ha disminuido, sustentado en reducciones de presión del pozo y descenso en la temperatura.

Con el fin de poder contar con las plantas de generación con la cantidad de vapor requerido para su operación a plena carga en la época de verano, donde los caudales de los ríos bajan, lo que obliga a bajar carga en las plantas de generación hidroeléctricas; es necesaria la perforación de un pozo direccional, con el fin de contar con vapor de respaldo para garantizar la capacidad de producción de las unidades generadoras.

La perforación de un pozo direccional requiere el involucramiento de muchas disciplinas y es un proceso complejo y que demanda una inversión importante, por lo que un plan de gestión del proyecto tendrá un impacto positivo en el tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

El producto final de este proyecto consiste en la elaboración de un documento integral que contiene el plan de gestión de proyecto, el cual contempla las diez áreas del conocimiento, incluyendo el plan de gestión del alcance, del cronograma, de los costos, de la calidad, de los recursos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones, y de los interesados.

Supuestos

El inicio del desarrollo del plan de gestión del proyecto será la primera semana de febrero
 El director del Centro de Servicios Recursos Geotérmicos será el patrocinador del proyecto.
 El ingeniero encargado del equipo de perforación será el director del proyecto.
 Se contará con la información necesaria y suficiente por parte del Centro de Servicios Recursos Geotérmico del ICE para realizar el proyecto.

El sitio de perforación se encuentra construido y con todas las facilidades que el proceso de perforación requiere.			
Restricciones			
No se cuenta con información bibliográfica reciente sobre perforación de pozos. Se dispone de tres meses para la realización del PFG.			
Identificación de riesgos			
No contar con información suficiente para la realización del PFG. Que la realización del PFG se haga muy extensa y no se pueda finalizar en el tiempo establecido. Se cuenta con profesionales de mucha experiencia en la perforación de pozos profundos que pueden ayudar en el desarrollo del PFG.			
Presupuesto			
El presupuesto estimado para el PFG es de:			
Recurso (\$)	Tiempo (hr)	Monto (\$/hr)	Total
Horas estudiante	560	7	3 920
Horas tutor UCI	80	30	2 400
Total			6 320
Principales hitos y fechas			

Nombre hito	Fecha inicio	Fecha final
Entrega del Chárter, EDT y bibliografía del Proyecto Final de Graduación (PFG)	03/11/2019	10/11/2019
Entrega de la Introducción y del Cronograma del PFG	11/11/2019	17/11/2019
Presentación del Marco Teórico del PFG	18/11/2019	24/11/2019
Presentación del Marco Metodológico del PFG	25/11/2019	01/12/2019
Entrega del Resumen Ejecutivo e integración del documento del PFG	02/12/2019	08/12/2019
Tutorías de Desarrollo de los avances del PFG	03/02/2020	10/05/2020
Revisión del Proyecto Final de Graduación por parte de los Lectores	11/05/2020	07/06/2020
Tutorías de ajuste al PFG	08/06//2020	05/07/2020
Evaluación Proyecto Final de Graduación	06/07/2020	12/07/2020

Información histórica relevante

En el año 1949, mediante la Ley No 449 fue creado el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). A este se le encomendó el desarrollo eléctrico nacional. Posteriormente, debido a su éxito, en el año 1963 se le encargó todo lo relacionado con el desarrollo del sistema nacional de telecomunicaciones.

Actualmente, el sector eléctrico cuenta con una cobertura del 99,4% del territorio nacional, ubicándose de segundo en penetración y el más limpio de Latinoamérica. En un alto porcentaje la generación es realizada con fuentes renovables, entre las que se destaca la energía geotérmica. La cual se inició a desarrollar en la década de los años

70, debido a los incrementos que se dieron en ese momento en los derivados del petróleo. A la fecha el ICE cuenta con seis plantas de generación eléctrica con ese tipo de fuente de energía. Lo que le ha permitido realizar un excelente desarrollo de este tipo de energía, iniciando primeramente con la extracción del vapor del subsuelo con la perforación de pozos profundos verticales y a partir del año 2009 con la técnica de perforación direccional.

Identificación de grupos de interés (involucrados)

Involucrados Directos:

Patrocinador - Director del Centro de Servicios Recursos Geotérmicos (CSRG).
 Director de Proyecto, ingeniero encargo del equipo de perforación
 Gerencia de Electricidad del ICE
 Equipo de Perforación Profunda del CSRG.

Involucrados Indirectos:

Proveedores
 Comunidad del área de influencia
 Director del Centro de Generación Miravalles

Director de proyecto:

Mario Alberto Solano Ortega

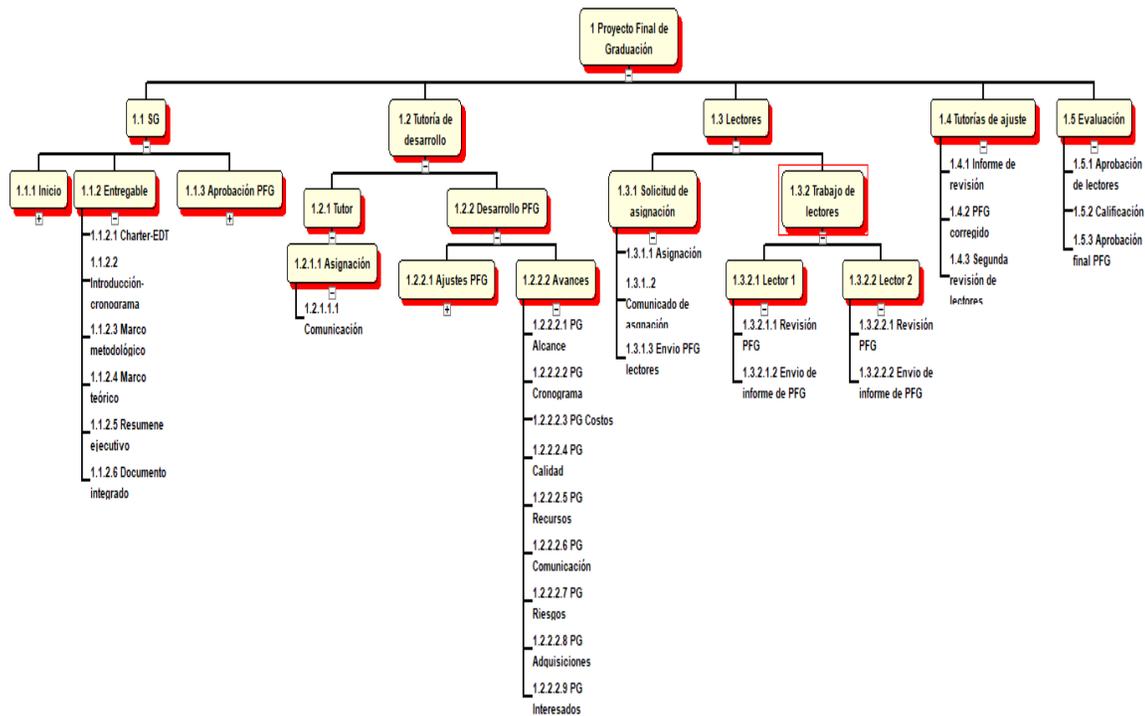
Firma:

Autorización de:

Fabio Muñoz Jiménez

Firma:

8.2 Anexo 2: EDT del PFG



8.4 Anexo 4: ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
15 de febrero del 2020	Plan de gestión para el proyecto perforación de un pozo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
Grupos de Procesos: Inicio, planeación. Áreas de Conocimiento: Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicación, riesgo, adquisiciones e involucrados.	Sector: Construcción/Energía. Actividad: Perforación de pozo profundo.
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
01 de junio del 2020	13 de noviembre del 2020
Objetivos del proyecto	
<p>Objetivo general Perforar un pozo profundo direccional para la reposición de vapor de un campo geotérmico con el propósito de tener respaldo en las plantas generadoras.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con los recursos para realizar la administración del proyecto. 2. Contar con el equipo de perforación en óptimas condiciones para la perforación del pozo. 3. Preparar el diseño de los fluidos de perforación para garantizar la limpieza del pozo. 4. Preparar los diseños de las lechadas de cemento para anclar las tuberías de revestimiento. 5. Perforar el pozo en sus diferentes etapas para llegar a las zonas de interés definidas por los estudios geocientíficos. 6. Realizar pruebas al pozo para su respectiva caracterización. 7. Proceder con los trabajos finales para desarmar el equipo de perforación 	
Justificación o propósito del proyecto	

El Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Proti cuenta con tres plantas geotérmicas para la generación de la energía eléctrica que requiere el país. Desde el inicio de la explotación comercial del yacimiento geotérmico, han pasado más de veinticinco años, tiempo en el cual la capacidad de producción de algunos de los pozos ha disminuido, sustentado en reducciones de presión del pozo y descenso en la temperatura.

Con el fin de poder contar con las plantas de generación con la cantidad de vapor requerido para su operación a plena carga en la época de verano, donde los caudales de los ríos bajan, lo que obliga a bajar carga en las plantas de generación hidroeléctricas; es necesaria la perforación de un pozo direccional, con el fin de contar con vapor de respaldo para garantizar la capacidad de producción de las unidades generadoras.

La perforación de un pozo direccional requiere el involucramiento de muchas disciplinas y es un proceso complejo y que demanda una inversión importante, por lo que un plan de gestión del proyecto tendrá un impacto positivo en el tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

El proyecto consiste en la perforación de un pozo direccional construido en cuatro etapas de forma telescópica, la primera etapa va hasta los 350 m de profundidad en un diámetro de 609 mm y será revestido con una tubería de 473 mm de diámetro, el espacio anular entre el agujero perforado y la tubería será rellenada con una lechada de cemento. La segunda etapa del pozo será hasta los 900 m de profundidad con un diámetro de 444 mm y revestido con tubería de 340 mm y el espacio anular será relleno con lechada de cemento. Posteriormente se perforará la tercera etapa del pozo en un diámetro de 311 mm hasta los 1900 m de profundidad y será revestido con tubería ranurada de 273 mm; la cuarta y última etapa será perforada en un diámetro de 216 mm, hasta los 2400 m de profundidad y llevará una tubería de revestimiento ranurada de 193 mm. El inicio de la desviación del pozo será a los 400 m y se construirá 2° cada 30 m perforados, el ángulo de inclinación del pozo será de 30° con un azimut de 245°

Los principales entregables del proyecto son:

- Administración del proyecto.
- Diseños.
- Trabajos preliminares.
- Perforación
- Pruebas.
- Trabajos finales.

Supuestos		
<p>Se cuenta con los permisos ambientales y legales para la perforación del pozo Ya se tiene lista la plazoleta para la perforación, los caminos de acceso y el acueducto No se presentarán contratiempos en las adquisiciones de los materiales requeridos El pozo tendrá una capacidad de producción no menor a 4 MWe Se cuenta con el personal y equipos especializado para la realización de la perforación del pozo No se contempla las tuberías de conexión del pozo a la casa de máquinas Se cuenta con la proyección geocientífica del pozo</p>		
Restricciones		
<p>El pozo debe estar perforado en cinco meses y medio El presupuesto para el pozo es de \$3 150 000,00 USD.</p>		
Identificación de riesgos		
<p>Si la proyección geocientífica no es correcta, entonces el alcance del proyecto se verá afectado Si se presentan colapsos en las tuberías de revestimiento entonces se tendrá un impacto en el costo y cronograma del proyecto Si hay formaciones inestables entonces se pueden presentar derrumbes de las paredes del pozo que pueden generar atrapamientos de las herramientas de perforación, provocando impacto en tiempo y costo Si en las primeras etapas de la perforación se pueden presentar zonas de pérdidas de circulación entonces se generará impacto en tiempo y costo Si se produce una quebradura en las herramientas de perforación entonces se tendrá un retraso en el cronograma</p>		
Presupuesto		
<p>El presupuesto estimado para la perforación del pozo es de \$ 3 150 000,00</p>		
Principales hitos y fechas		
Nombre hito	Fecha	
Cabezal instalado	19/07/2020	
Instalación del carrete de expansión	20/08/2020	
Pruebas preliminares	7/10/2020	
Instalación de válvula maestra	2/11/2020	
Pruebas finales de pozo	06/11/2020	
Fin de pozo	13/11/2020	

Información histórica relevante	
<p>En el año 1949, mediante la Ley No 449 fue creado el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). A este se le encomendó el desarrollo eléctrico nacional. Posteriormente, debido a su éxito, en el año 1963 se le encargó todo lo relacionado con el desarrollo del sistema nacional de telecomunicaciones.</p> <p>Actualmente, el sector eléctrico cuenta con una cobertura del 99,4% del territorio nacional, ubicándose de segundo en penetración y el más limpio de Latinoamérica. En un alto porcentaje la generación es realizada con fuentes renovables, entre las que se destaca la energía geotérmica, la cual se inició a desarrollar en la década de los años 70, debido a los incrementos que se dieron en ese momento en los derivados del petróleo. A la fecha el ICE cuenta con seis plantas de generación eléctrica con ese tipo de fuente de energía. Lo que le ha permitido realizar un excelente desarrollo de este tipo de energía, iniciando primeramente con la extracción del vapor del subsuelo con la perforación de pozos profundos verticales y a partir del año 2009 con la técnica de perforación direccional.</p>	
Identificación de grupos de interés (involucrados)	
<p>Involucrados Directos: Patrocinador – Director del Centro de Servicios Recursos Geotérmicos Director de Proyecto- Coordinador PYG Equipo de proyecto- Ingeniero de obra PYG del CSRG, equipo de Desarrollo y Explotación de Yacimientos Geotérmicos, equipo de Operación y Mantenimiento Mecánico de campo</p> <p>Involucrados Indirectos: Proveedores Comunidad del área de influencia Director del Centro de Generación Miravalles</p>	
<p>Director de proyecto: Coordinador PYG</p>	<p>Firma:</p>
<p>Autorización de: Director del Centro de Servicios Recursos Geotérmicos</p>	<p>Firma:</p>

8.5 Anexo 5: CONTROL DE CAMBIOS

SOLICITUD DE CAMBIO		
Nombre del Proyecto <Nombre del proyecto>	Nombre de DP <Nombre y apellidos>	Cambio No <xxxxx>
Nombre del solicitante <Nombre y apellidos>	Fecha	<de/mm/aaaa>
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD/TAREA/OTRO <Nombre de la tarea o actividad que se verá afectada por la solicitud de cambio>		
DESCRIPCION DEL CAMBIO <Breve descripción del cambio solicitado: alcance, costo, cronograma, recursos, calidad>		
JUSTIFICACION DEL CAMBIO <Justificar la causa del cambio>		
ANALISIS DE IMPACTO		
IMPACTO TÉCNICO <Breve descripción>	IMPACTO EN ALCANCE <Breve descripción>	
IMPACTO EN PRESUPUESTO <Breve descripción>	IMPACTO EN RECURSOS <Breve descripción>	
IMPACTO EN CRONOGRAMA <Breve descripción>	IMPACTO EN RENDIMIENTOS <Breve descripción>	
SE JUSTIFICA EL CMBIO SI ____ NO ____ <Indicar motivos por lo que se acepta o no el cambio propuesto>		
RESPONSABLE DE IMPLEMENTAR		
FECHA <dd/mm/aaaa>	NOMBRE DE DIRECTOR <Nombre y apellidos>	FIRMA <Firma>
APROBACION DE LA SOLICITUD		
FECHA <dd/mm/aaaa>	NOMBRE DE PATROCINADOR <Nombre y apellido>	FIRMA <Firma>

(Modificado de UCI, 2018)

8.6 Anexo 6: CUADRO DE GESTION DE VALOR GANADO

Nombre	Abreviatura	Significado	Fórmula	Interpretación
Gestión del Valor Ganado	EVM	Es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto	--	--
Valor Ganado	EV	Es la medida del trabajo realizado en términos del presupuesto autorizado para dicho trabajo	--	--
Costo Real	AC	Es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo específico		
Valor Planificado	PV	Es el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo planificado	--	--
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	Es la suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a realizar en el proyecto	--	--
Variación del Cronograma	SV	Medida del desempeño del cronograma, determina en qué medida el proyecto está adelantado o retrasado con relación a la fecha e entrega en un momento determinado	$SV=EV-PV$	SV>0 Adelantado SV<0 Retrasado SV=0 En tiempo
Variación del Costo	CV	Es la medida del desempeño en costo de un proyecto. Es el monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado.	$CV= EV-AC$	CV>0 Costo menor a lo presupuestado CV<0 Costo mayor a lo presupuestado CV=0 Costo va según presupuesto
Índice de Desempeño del Cronograma	SPI	Es una medida de eficiencia del cronograma. Refleja la medida de la eficiencia con que el equipo del proyecto está utilizando su tiempo	$SPI=EV/PV$	SPI>0 Trabajo realizado es mayor a lo previsto SPI<0 Trabajo realizado es menor a lo previsto SPI=0 Trabajo realizado igual a lo previsto
Índice de Desempeño del Costo	CPI	Es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados. Se considera la métrica más crítica del EVM y mide la eficiencia del costo para el trabajo completado	$CPI=EV/AC$	CPI>0 Costo inferior al planificado con respecto al trabajo completado CPI<0 Costo superior al planificado con respecto al trabajo completado CPI=0 Costo igual al planificado con respecto al trabajo completado
Valor a la conclusión	VAC	Proyección del monto del déficit o superávit presupuestario	$VAC=BAC-EAC$	VAC>0 Se espera concluir con menos costos que lo presupuestado VAC<0 Se espera concluir con mayores costos que lo presupuestado VAC=0 Se espera concluir con los costos presupuestado
Estimación a la Conclusión	EAC	El costo total previsto de completar todo el trabajo, expresado como la suma del costo real a la fecha y la estimación hasta la conclusión	$EAC=BAC/CPI$ $EAC=AC+BAC-EV$ $EAC=AC+(BAC-EV) / CPI$	¿Cuánto costará el proyecto al final?
Estimación para Completar	ETC	El costo previsto para terminar todo el trabajo restante del proyecto	$ETC=EAC-AC$ $ETC=(EAC-EV) / CPI$	¿Cuánto dinero a partir de hoy se necesita para terminar el proyecto?

(Modificado de PMI, 2017)