

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería
Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Sistema de recuperación de agua a través de
la torre de captación a planta concentradora**

Ricardo Gino Mamani Salamanca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ma. Ever Luis Poma Tintaya
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 12 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación a planta concentradora

Autor:

Ricardo Gino Mamani Salamanca – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 5 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (30): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original (No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DEDICATORIA

A mi padre Tomas y a mi madre Eusebia por ser mi inspiración en mi vida. A mi esposa y mis hijos, muchos de mis logros se los agradezco a ustedes por sus palabras de motivación para alcanzar mis metas profesionales y personales, así como las metas como familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por mi familia bendecida que me dio, por el amor que nos une. A mi esposa Gladys y a mis hijos Zarit e Isael quienes siempre han confiado en mí, mostrándome siempre que todo se puede en la vida con sacrificio, esfuerzo, dedicación y humildad. A ellos les dedico este informe por haber despertado en mí el anhelo de superación y éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	16
1.1. Datos generales	16
1.2. Actividad principal.....	17
1.3. Reseña historica de la empresa.....	18
1.4. Organigrama de la empresa.....	20
1.5. Visión, misión y valores.....	21
1.5.1. Visión.....	21
1.5.2. Misión.....	21
1.5.3. Valores.....	21
1.6. Bases legales y/o documentos administrativos	21
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	25
1.7.1. Organigrama del área de proyectos Anglo American Quellaveco.....	29
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa.	30
1.8.1. Descripción del puesto.....	30
CAPÍTULO II: ACTIVIDADES GENERALES	32
2.1. Antecedentes o diagnostico situacional.....	32
2.2. Identificación de oportunidades o necesidad en el área de la actividad profesional	32
2.3. Objetivos de la actividad profesional.....	36
2.3.1. Objetivo general.....	36
2.3.2. Objetivos específicos	36
2.4. Justificación de la actividad profesional	36
2.4.1. Justificación económica	36
2.4.2. Justificación practica.....	37
2.4.3. Justificación metodológica.....	37
2.5. Resultados esperados	38
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	39
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	39

3.1.1. Bases teóricas.....	39
3.1.2. Bases del cálculo.....	42
3.1.3. Parámetros de diseño	43
3.1.4. Criterios de diseño y método resolutivo	43
3.1.5. Trazado	43
3.1.6. Códigos y normas	44
3.1.7. Consideraciones sobre los equipos y sistema de impulsión.....	45
3.1.8. Calculo hidráulico.....	45
3.1.9. Material tuberías seleccionada para el pipeline	47
3.1.10. Resultados obtenidos en régimen permanente	54
3.1.11. Curva de bomba estación de bombeo torres de captación	56
CAPÍTULO IV: DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	57
4.1. Enfoque de las actividades profesionales.....	57
4.2. Alcance de las actividades profesionales	57
4.3. Entregables de las actividades profesionales	57
4.4. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	58
4.4.1 Metodología	58
4.2.2. Técnicas	58
4.2.3. Instrumentos.....	59
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades.....	59
4.3. Ejecución de las actividades profesionales	59
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.....	59
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	61
4.3.2.1. Elaboración de ingeniería.....	61
4.3.2.2. Elaboración del <i>capex</i>	61
4.3.2.3. Elaboración del <i>sow</i> (alcance del proyecto).....	61
4.3.2.4. Compra de materiales	61
4.3.2.5. Licitación del proyecto	61
4.3.2.6. Proceso de construcción.....	61
4.3.2.7. Puesta en marcha.....	63
4.3.2.8. Entrega del proyecto	64
4.3.2.9. Diagrama de flujo del proceso y secuencia.....	65
CAPÍTULO V: RESULTADOS	66
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	66
5.2. Logros alcanzados.....	66
5.3. Dificultades encontradas	67
5.4. Planteamiento de mejoras	67

5.5. Análisis.....	68
5.6. Aporte del bachiller en la empresa.....	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de tiempo de la construcción del proyecto.....	32
Tabla 2. Cantidad de caudal recuperado y caudal requerido	33
Tabla 3. Resumen de los casos	46
Tabla 4. Resultados obtenidos de los casos	46
Tabla 5. Parámetros de diseño de la tubería de 36.....	47
Tabla 6. Parámetros de diseño de la estación de bombeo	47
Tabla 7. Cálculo de sumergencia mínima de las bombas verticales	51
Tabla 8. Resumen de resultados equipos de bombeo desde la Torre 1	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas de trabajo.....	17
Figura 2. Espesador de relaves.....	18
Figura 3. Organigrama de la empresa.....	20
Figura 4. Política sistema integrado de gestión (SIG).....	23
Figura 5. Reglas de oro.....	24
Figura 6. Proyecto de construcción nuevo corredor de tuberías.....	26
Figura 7. Proyecto de construcción torre de captación.....	27
Figura 8. Proyecto de construcción línea auxiliar de 30” CS.....	27
Figura 9. Proyecto de construcción extensión descarga de tubería lama sur.....	28
Figura 10. Organigrama del área de proyectos.....	29
Figura 11. Maqueta de diseño navisworks del proyecto.....	31
Figura 12. Sistema de recuperación de agua en operación.....	33
Figura 13. Presa de relaves.....	34
Figura 14. Construcción de la torre de captación concluido.....	34
Figura 15. Plano de la torre de captación y líneas de tubería.....	35
Figura 16. torre de captación y bombas verticales.....	40
Figura 17. Tipos de bombas dinámicas (centrífuga y de flujo mixto).....	41
Figura 18. Tipo de bombas de desplazamiento positivo (de engranaje y de lóbulos).....	42
Figura 19. Principales parámetros a considerar en diseño.....	43
Figura 20. Recorrido de la tubería de 36 pulgadas.....	44
Figura 21. Perfil Longitudinal de tubería 36 pulgadas.....	44
Figura 22. Presiones máximas y mínimas durante del proceso desde la torre de captación a estación intermedia.....	48
Figura 23. Presiones máximas y mínimas durante la sobrepresión desde la torre de captación a estación intermedia.....	49
Figura 24. Presión de descargas de bombas.....	49
Figura 25. Curva de presiones de bombas torre de captación 1.....	50
Figura 26. Líneas de llenado de torre de captación.....	52
Figura 27. Modelo AFT para líneas de llenado (Simulación dinámica).....	52
Figura 28. Esquema P&D líneas de llenado.....	53
Figura 29. Tiempo de estimado de llenado de la línea de impulsión.....	54
Figura 30. Velocidad interior del pipeline en función del tiempo.....	54
Figura 31. Curva de bombas vertical.....	56
Figura 32. Cronograma de construcción.....	60
Figura 33. Proceso de construcción de torre de captación.....	62

Figura 34. Proceso de montaje estructuras metálicas	62
Figura 35. Proceso de fabricación.....	63
Figura 36. Pruebas de puesta en marcha.....	64

RESUMEN

El presente informe tiene por finalidad realizar la ingeniería de diseño y la construcción de un sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación mediante bombas verticales. El objetivo principal es la recuperación del agua desde las estaciones de bombeo ubicada sobre la torre de captación hasta el tanque de recuperación de agua TAG TK-4330-TK-005 ubicada en la estación intermedia, tomando en consideración las etapas de ingeniería previas. El agua recuperada desde la represa de relaves es impulsada hasta la estación intermedia mediante un sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación TAG 4320-TW-030, la cual capta el agua de la laguna por medio de tres (3) ventanas tipo vertedero. La impulsión del agua recuperada se realiza a través de un sistema de bombeo constituida por 10 bombas (7 operando en paralelo y 3 en reserva). Estas bombas descargan en un manifold proyectado en la plataforma de acceso a la torre que se une al pipeline de 36" Ø con una longitud de 1.7 km aproximadamente hasta la estación intermedia. Cuando ingresen sólidos en el interior de la cámara de la torre de captación TAG 4320-TW-030, se opera una bomba de impulsión de lodos residuales, la que descargará por medio de una tubería flexible directamente sobre la represa de relaves. A medida que la represa de relaves este en operación, en la torre de captación TAG 4320-TW-030, el agua comenzará a ingresar e iniciará el proceso de impulsión. Como resultado de la ingeniería y construcción del sistema de recuperación de agua, se permite recuperar un 20% del total de agua requerida 5040 m³/h, 120,960 m³/d. Los costos del proyecto. ingeniería, procura, construcción y puesta en marcha suman un total de \$ 29.200,000 (veintinueve millones doscientos mil dólares) y el capex proyectado es \$ 30.000,000 (treinta millones de dólares). Se concluye que la ingeniería y construcción del proyecto sistema de recuperación de agua fue satisfactoria, útil y necesaria, se cumplieron con las expectativas requeridas en tiempo costo calidad y seguridad, no se llegó a superar el capex proyectado, además, en el tiempo y cronograma requerido y necesario, se realizaron las diferentes pruebas requeridas, el pre y comisionamiento hasta la entrega final. En seguridad no se tuvieron accidentes graves ni decesos de personal por accidente de trabajo.

Palabras clave: ingeniería de diseño, sistema de recuperación, torre de captación.

ABSTRACT

The purpose of this report is to carry out the design engineering and construction of a water recovery system through the intake tower using vertical pumps. The main objective is to recover water from the pumping stations located on the intake tower to the water recovery tank TAG TK-4330-TK-005 located at the intermediate station, taking into account the previous engineering stages. The water recovered from the tailings dam is pumped to the intermediate station through a water recovery system through the intake tower TAG 4320-TW-030, which captures water from the lagoon through three (3) spillway windows. The recovered water is pumped through a pumping system consisting of 10 pumps (7 operating in parallel and 3 in reserve). These pumps discharge into a manifold projected on the tower access platform that joins the 36" diameter pipeline with a length of approximately 1.7 km to the intermediate station. When solids enter the interior of the TAG 4320-TW-030 collection tower chamber, a residual sludge drive pump is operated, which will discharge through a flexible pipe directly onto the tailings dam. As the tailings dam is in operation, in the TAG 4320-TW-030 collection tower, water will begin to enter and begin the driving process. As a result of the engineering and construction of the water recovery system, 20% of the total water required is recovered: 5,040 m³/h, 120,960 m³/d. Project costs: engineering, procurement, construction, and start-up total \$29,200,000. (twenty-nine million two hundred thousand dollars) and the projected capex is \$30,000,000 (thirty million dollars). It is concluded that the engineering and construction of the water recovery system project was satisfactory, useful, and necessary. The required expectations in terms of time, cost, quality, and safety were met. The projected capex was not exceeded. Furthermore, the various required tests were performed within the required and necessary timeframe, from pre-commissioning to final delivery. There were no serious accidents or personnel fatalities due to work-related accidents.

Keywords: design engineering, recovery system, intake tower.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación tiene como foco principal la recuperación del agua de relaves y retornarla a la planta de procesamiento de mineral (área de concentradora) a través de una estación de bombeo que opera con siete (7) bombas en forma paralela y tres (3) en *stand by*. El caudal requerido para la operación es de 3542 m³/h.

Para dar inicio al proyecto, se tomaron en cuenta los antecedentes y problemáticas vistos en la operación, el principal problema que se tuvo fue las lamas superficiales de relaves, ocasionando el atascamiento constante en las bombas de las barcazas que se utilizaban en ese momento en la operación.

Teniendo como antecedentes la problemática en mención y siendo el agua el fluido hídrico necesario, se realizó un análisis en tiempo y costo para la construcción del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación y así no se vea afectada la operación minera.

Se expone la experiencia profesional en la supervisión y construcción del proyecto, aplicando las habilidades y técnicas de conocimiento en metodologías para un mejor entendimiento del informe. Este se dividió en capítulos tal como se indica.

Capítulo I, son las partes generales de la empresa, en la que se describe las actividades, su estructura y los trabajos que lleva a cabo en la minería.

En el Capítulo II se presentan los aspectos generales de las tareas asignadas durante la labor profesional, se describe el objetivo principal del proyecto, a que llevó la realización del presente trabajo, la justificación correspondiente y los resultados esperados.

En el Capítulo III se presenta el contexto teórico que sustenta la ingeniería de diseño de la propuesta, la revisión de teorías, presentación de fórmulas y simuladores para una mejor comprensión.

En el Capítulo IV se realiza una presentación completa de las tareas profesionales relacionadas con la ingeniería de diseño y construcción del proyecto, sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación, destinada a la unidad minera, la descripción de las

tareas profesionales, técnicas y la realización de las actividades para lograr con éxito la entrega del proyecto

En el Capítulo V se muestran los resultados obtenidos con la descripción de los logros alcanzados al concluir las actividades realizadas, así como las dificultades encontradas. Por otro lado, se proponen las mejoras posibles y los aportes necesarios para el proyecto tanto en la etapa de ingeniería como en la construcción.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales

Quellaveco es una minera de cobre a tajo abierto y es llevada a cabo en sociedad por Angloamerican (60 % de participación) y la empresa Mitsubishi (40 % de participación)

- Generará molibdeno y concentrado de cobre.
- Quellaveco que iniciará con una vida útil de 30 años y utilizará energía completamente renovable (1).
- Se detalla la siguiente información de la empresa.
 - Razón social: Angloamerican Quellaveco S.A.
 - Ruc: 20137913250
 - Fecha de Inicio de actividades: 20 de enero de 1993
 - Estado de contribuyente: Activo
 - Dirección: Calle Esquilache N°371 piso 10
 - Distrito: San isidro
 - Provincia: Lima
 - Departamento: Lima
- Quellaveco se construye en cinco sectores.



**Figura 1. Áreas de trabajo
Tomada de Angloamerican**

1.2. Actividad principal

La actividad principal de Angloamerican en la mina Quellaveco es la producción de cobre y molibdeno, produciendo cátodos de cobre, y productos secundarios asociados como molibdeno y plata. La mina Quellaveco se encuentra ubicada en la región de Moquegua – Perú.

Quellaveco tiene una duración de 30 años es impulsada por energía completamente renovable, utiliza un promedio de 60 camiones autónomos para la operación, 5 palas eléctricas. Las cuales transportaran el mineral extraído hacia la chancadora primaria y luego será enviado por faja transportadora hacia la planta de procesamiento de mineral (1).

En la planta de procesamiento, se procesa el mineral extraído hasta obtener el cobre y a través de la planta de molienda y flotación se obtendrá el concentrado de cobre tras un proceso de filtrado y secado.

El producto conseguido será trasladado en camiones cerrados hacia puerto de Ilo. De allí se embarcará a distintos países del mundo.

Se estima una producción anual de 300.000 toneladas de cobre, 127.500 toneladas por día. Esta es la capacidad de la planta, cuenta con 1500 personas en toda la operación minera.



Figura 2. Espesador de relaves

1.3. Reseña histórica de la empresa

Quellaveco es una de las minas de cobre más importantes del Perú y el mundo. Se ubica al sur del Perú, en la provincia Mariscal Nieto del departamento de Moquegua y desarrollada por Angloamerican, en asociación con la corporación Mitsubishi (1).

Asimismo, es la primera mina totalmente digital del Perú, con procesos autónomos, cuenta con una sala integrando las operaciones que genera datos en tiempo real que ayudan a mejorar la eficiencia de nuestros procesos y el uso de recursos.

El presidente de Angloamerican es Stuart Cámaras, en Londres

CEO de Angloamerican: Duncan Graham Wanblad, en Londres.

CEO de Angloamerican Quellaveco Perú: Adolfo Heeren.

Desde que recibió la concesión, han ocurrido varios eventos importantes en su historia. Este es un resumen que se detalla.

- Año 1992 – 2000 - Concesión minera

Angloamerican gana la concesión minera de Quellaveco en licitación pública. El yacimiento cuprífero que pertenecía a la estatal de minería Perú.

En 1995, las comunidades adyacentes al yacimiento minero tales como Tala, Coscore, Pocata y Tumulaca realizan la venta de terrenos para llevar a cabo el proyecto Quellaveco, mediante una gestión transparente.

En el año 2000 se autoriza el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de Quellaveco.

- Año 2018

Mitsubishi aumenta a 40% su participación en Quellaveco.

El 28 de julio, aniversario nacional del Perú, se autoriza el desarrollo del proyecto Quellaveco en el Perú, proyecto cuprífero de clase mundial.

En agosto del 2018 se inició la construcción del proyecto Quellaveco. Previamente, ya se habían concluido los trabajos preliminares de protección del río Asana (barrera y túnel de desvío). las aguas de este río no se mezclan ni tienen contacto con la construcción y posterior inicio de operación de la mina.

- Año 2022

En el mes junio, se procesa el primer mineral en la chancadora primaria, logrando un hito en las pruebas, previa al inicio de la operación minera, además el centro integrado de operaciones el “cerebro “que controla todos los procesos productivos de la mina quedo listo para el funcionamiento.

En el mes julio se da a conocer la primera producción de concentrado de cobre dando inicio el periodo de pruebas regulares de la planta de procesamiento con mineral.

En el mes de setiembre, el Ministerio de Energía y Minas procedió dar la autorización para el funcionamiento y operación minera y así poder comercializar la producción de cobre en el mundo.

- Año 2023

La planta de molibdeno dio inicio su producción, luego que se concluyeron las pruebas de puesta en marcha con mucho éxito, las cuales se realizaron en menos de un mes.

Al finalizar el año la producción fue de 319,000 toneladas de cobre fino y 6,500 toneladas de molibdeno (1).

1.4. Organigrama de la empresa



Figura 3. Organigrama de la empresa

1.5. Visión, misión y valores

1.5.1. Visión

Somos Angloamerican y transformamos la minería para el progreso de la vida de las personas. Somos líderes en el sector de la minería mundial al explorar nuevas maneras de extraer y procesar productos que generamos, utilizando innovación, digitalización y tecnología (1).

1.5.2. Misión

Creamos entorno de trabajo y una cultura variada para nuestro personal que inspira y fomenta un gran desempeño y un pensamiento innovador (1).

1.5.3. Valores.

Con el fin de cumplir nuestro propósito y nuestra mayor inspiración como empresa, en Angloamerican hemos creado seis valores que nos permiten tener equipos de gran rendimiento y compromiso (1).

- a) Innovación: fomentamos nuestros pensamientos y descubrir nuevas formas de trabajar.
- b) Colaboración: trabajar todos como un solo equipo para decidir y ser eficientes.
- c) Responsabilidad: aceptamos totalmente la responsabilidad de nuestras acciones, cumplimos lo que prometemos y reconocemos nuestros errores.
- d) Integridad: un enfoque sincero, justo, ético y transparente en todo lo que realizamos, significa hacer siempre lo correcto.
- e) Respeto y preocupación: tratamos a las personas con dignidad, respeto y amabilidad, sin importar clase ni condición social.
- f) Seguridad: es la prioridad principal de nuestros programas, creemos que todos los accidentes e incidentes se pueden prevenir, trabajando en conjunto, podemos hacer de la seguridad un estilo de vida dentro y fuera de nuestro lugar de trabajo.

1.6. Bases legales y/o documentos administrativos

Angloamerican Quellaveco cumple y hace cumplir las leyes y normas legales mediante la política de seguridad, salud y medio ambiente (HSE)

Política de seguridad, salud y medio ambiente

En Angloamerican, nuestro objetivo es transformar la minería para el progreso de la vida de las personas. Una de las partes principales de nuestro objetivo y de nuestro Plan Minero, es un compromiso inquebrantable para lograr la excelencia en seguridad, salud y medio ambiente (SHE, por su sigla en inglés).

Nuestra política se basa en nuestros principios de mentalidad cero repeticiones y estándares simples no negociables, y en una cultura positiva donde los principios de SHE están integrados en nuestros valores y en nuestro código de conducta mediante relaciones que se construyen sobre la base del cuidado y la confianza en que cada uno cumplirá con su parte.

Esta política es aplicable a todos los trabajadores y directores, así como a los contratistas, consultores y asesores externos que deberán cumplir con la política de HSE, cuando actúen en nombre de Angloamerican.

La presente es la política del grupo Angloamerican y es aplicable en todo el mundo, salvo que alguna parte de ella no sea permitida por una ley o norma local. Se permite trabajar en forma conjunta con los requisitos legales y reglamentarios locales y con los estándares de cada país (1).

- **Código de conducta en Angloamerican**

Establece cómo debemos comportarnos para reafirmar nuestros valores y qué deberíamos hacer para cuidar el buen nombre de Angloamerican y marcar una diferencia positiva.

Política del Sistema Integrado de Gestión (SIG) de Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SHE)

En Anglo American Quellaveco S.A., titular de la unidad minera Quellaveco, ubicada en la provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, estamos dedicados a la extracción, procesamiento de mineral para la obtención de concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo) y transporte de concentrado de cobre (Cu) hasta el Puerto de Ilo; y la conforman todos los trabajadores de AAQSA, empresas contratistas y proveedores o socios estratégicos que ejecutan sus actividades dentro de los límites permétricos de la unidad minera.

En Anglo American Quellaveco S.A. nos comprometemos a:

-  **Prevenir**
 - Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables, eliminando los peligros y reduciendo los riesgos para la prevención de lesiones, dolencias, enfermedades e incidentes para evitar el deterioro de la salud de nuestros trabajadores, personal de las empresas contratistas, visitantes, y en general, de cualquier persona que tenga acceso a nuestras operaciones, procesos comerciales y actividades administrativas.
 - Proteger el medio ambiente mediante la prevención de la contaminación ambiental y mitigación de los impactos en todas nuestras actividades y procesos.
 - Identificar, evaluar y gestionar los riesgos y oportunidades de SHE.
-  **Integrar**
 - Integrar los requisitos de SHE en el ciclo de vida de todas las actividades operativas; así como en otros sistemas de gestión compatibles con SHE de AAQSA, requiriendo a los proveedores de servicios y productos se adhieran a la política y estándares SHE.
-  **Monitorear**
 - Definir, establecer y monitorear el progreso de los objetivos, garantizando que existan los recursos necesarios para administrar SHE y monitorear constantemente su desempeño.
 - Monitorear, informar y cumplir los requisitos legales previstos en las normas generales y sectoriales pertinentes en materia de seguridad y salud en el trabajo; programas voluntarios; de negociación colectiva en esta materia; y, en general, de cualquier otro requisito o compromiso que suscribimos en materia de SHE.
-  **Capacitar**
 - Capacitar y sensibilizar en SHE a todos nuestros trabajadores para el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades, así como la importancia de sus acciones en el desempeño del SIG SHE. De igual manera, fomentar y fiscalizar que las empresas contratistas cumplan con brindar la formación adecuada en SIG SHE a su personal para la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
 - Garantizar que los trabajadores y sus representantes sean consultados y participen activamente en todos los elementos del SIG SHE.
-  **Mejorar**
 - Comunicar a los niveles de la organización correspondientes cualquier acción, omisión o situación que pudiera provocar un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional.
 - Investigar las causas de los accidentes de trabajo, enfermedades profesionales e incidentes peligrosos para minimizar y/o eliminar su ocurrencia.
 - Mejorar continuamente el desempeño del SIG SHE.

En Anglo American Quellaveco S.A. nos comprometemos a comunicar y difundir esta política a todos los trabajadores y ponerla a disposición de las partes interesadas.

Octubre 2023


Isidro Oyola Mejía
Gerente General de Quellaveco

Figura 4. Política sistema integrado de gestión (SIG)
Tomada de Angloamerican (1)

Nuestras reglas de oro que protegen la vida

Nuestras Reglas de Oro que Protegen la Vida están diseñadas para ayudarnos a lograr nuestro meta de cero daño y mantenemos libres de fatalidades. Estas reglas fueron desarrolladas luego de analizar los incidentes fatales ocurridos en nuestra compañía – donde más del 80% de los casos sucede en áreas cubiertas por las Reglas de Oro que protegen la Vida.

Estos comportamientos protegen nuestra vida y son un requisito básico para acceder al empleo. Todos nosotros – empleados, contratistas, prestadores de servicios y visitantes – como líderes de seguridad, debemos respetar las Reglas de Oro y asegurarnos de que los demás también lo hagan.



1. Aspectos básicos

Solo realiza la tarea si estás entrenado y autorizado para hacerla. Asegúrate de evaluar los riesgos pertinentes y de protegerte contra ellos. Usa siempre EPP y consigue un permiso cuando sea necesario. Si no existen controles o éstos no funcionan adecuadamente, detén la tarea y solo continúa cuando los controles operen de manera apropiada.



2. Operación de minas subterráneas y a cielo abierto

Nunca ingreses en áreas restringidas o minas que no tengas permiso. Solo cruza las cintas transportadoras en las puestas de cruce. Cuando estés en áreas subterráneas no ingreses a zonas no fortificadas, coloca siempre barros de sujeción según tu entrenamiento y no entres en los senderos de los cobertantes que no están aislados.



3. Equipos móviles y vehículos livianos

Siempre sigue las reglas de tránsito, usa el cinturón de seguridad, respeta los límites de velocidad y no hagas llamadas telefónicas mientras conduces. Los peatones siempre deben mantenerse alejados de los equipos móviles y vehículos.



4. Espacios confinados

Nunca ingreses a un espacio confinado sin comprender y seguir el procedimiento para espacios confinados de tu operación.



5. Trabajos en altura

Siempre usa equipos de protección contra caídas al trabajar en altura.



6. Bloqueo de equipos y energía

Todas las fuentes de energía deben haber sido aisladas de forma segura y la energía liberada antes de trabajar en un equipo. Libera Energía, Bloquea, Señaliza y Prueba.



7. Levante y manipulación mecánica

Asegúrate de que el dispositivo de levante es capaz de levantar la carga. Nunca permitas que alguien esté bajo la zona de caída de la carga.



8. Embalse de agua y líquidos

Al trabajar cerca de las instalaciones de almacenamiento de agua y líquidos, siempre utiliza chalecos salvavidas y nunca trabajes solo.



9. Productos químicos o sustancias peligrosas

Asegúrate que sabes cómo manejar, almacenar o desechar cualquier producto químico o sustancia peligrosa con la cual estás trabajando.



10. Materiales fundidos

Sólo personas autorizadas pueden entrar a áreas en las que se manipula material fundido (es decir, metal caliente, escoria metálica o gases relacionados).



11. Derumbes

Nunca entre a un área en la que haya terreno no sostenido.



12. Materiales peligrosos

Siempre consulta las hojas de datos de seguridad antes de trabajar con materiales peligrosos.



13. Protección

Todos los puntos de pellica, así como todas las piezas móviles o giratorias de maquinaria, deben contar con protección.



14. Integridad estructural

Utilice sólo los postes industriales designados y trabaje sólo cerca de estructuras que hayan sido declaradas oficialmente seguras. Comunique de inmediato cualquier inquietud con relación a la integridad estructural.



Figura 5. Reglas de oro
Tomada de Angloamerican (1)

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

El área de proyectos de Anglo American está compuesta por el área de ingeniería, construcción, costos, PMO y procura y está basada básicamente en realizar proyectos (EPCM) ingeniería, procura, construcción y gerenciamiento y/o administración.

- a) Ingeniería: realizar la ingeniería de proyectos desde la ingeniería de detalle hasta la culminación de la ingeniería básica. Para eso el área de proyectos trabaja con empresas contratistas ejecutoras de ingeniería tales como WSP, Cumbra ingeniería, Bisa ingeniería y fluor, etc. en las cuales somos partícipes desde un inicio hasta su culminación.

- b) Procura: en la etapa de ingeniería con la primeras revisiones se solicita como prioridades documentos como es el caso de los metrados de materiales (MTO), las cuales, con la revisión preliminar por parte del área de proyectos, se envía a la respectiva cotización con el apoyo del área de compras de Anglo American (supply chain) realizada la cotización el área de compras envía al área de proyectos las especificaciones técnicas de los materiales y tiempo de llegada cotizaciones por tres empresas como mínimo y cuadro de comparaciones de precios. El área de proyectos de construcción aprueba la mejor cotización, teniendo en cuenta la calidad del material, tiempo de llegada y costo.

- c) Construcción: el área se encarga de la construcción y supervisión del proyecto en ejecución, son responsables de realizar el seguimiento del cronograma de trabajo aprobado, 3W de actividades, procura de materiales, restricciones en el proyecto, evaluar y aprobar los red line, trabajos adicionales si es que ameritan, llevar el control de costo y avance del proyecto, la cual no deberá tener un costo por encima del CAPEX aprobado para el proyecto, ser responsables de las reuniones contractuales del proyecto, seguimiento y control de la procura de materiales por parte de la contratista y el Manpower del personal y equipos.

- d) Gerenciamiento y/o administración: esta actividad es responsabilidad netamente de la gerencia y superintendencia del área. Con el apoyo de las áreas de construcción, ingeniería, PMO y área de compras.

Actualmente, el área de proyectos, se viene realizando varios proyectos electromecánicos y civiles las cuales se detallan.



Figura 6. Proyecto de construcción nuevo corredor de tuberías





Figura 7. Proyecto de construcción torre de captación



Figura 8. Proyecto de construcción línea auxiliar de 30" CS



Figura 9. Proyecto de construcción extensión descarga de tubería lama sur

1.7.1. Organigrama del área de proyectos Anglo American Quellaveco

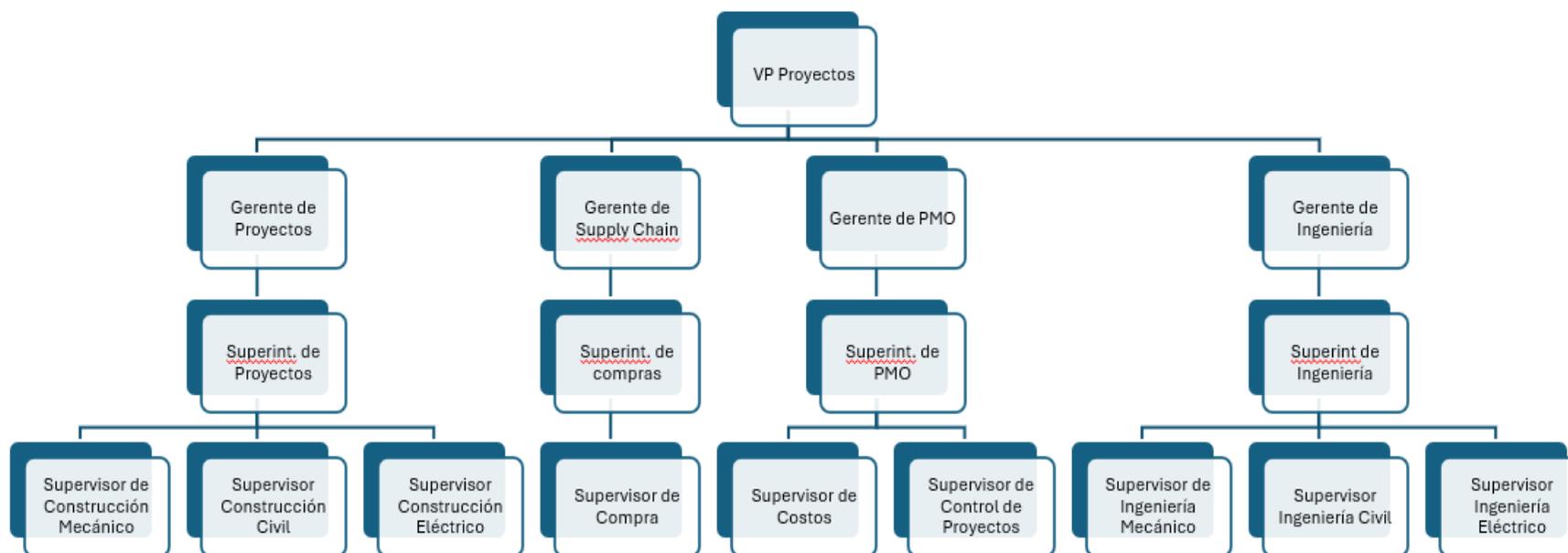


Figura 10. Organigrama del área de proyectos

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa.

1.8.1. Descripción del puesto

El puesto de supervisor mecánico y tubería en el área de Proyectos consiste en dar el soporte necesario para la elaboración de los proyectos desde su inicio hasta su aprobación, desde la ingeniería de detalle hasta la ingeniería básica, desde la construcción hasta la puesta en marcha. En la figura 11 se observa plano 3D de la torre de captación y línea de recuperación de agua a través de bombas verticales. Las actividades correspondientes a mi cargo son las siguientes.

- Supervisión y seguimiento de la ingeniería de la torre de captación desde la ingeniería de detalle hasta la ingeniería básica aprobada para la construcción.
- Elaboración de la documentación Alcance del proyecto (SOW) para la cotización correspondiente de las contratistas postulantes.
- Elaboración del capex del proyecto.
- Realizar los metrados (MTO) correspondientes al proyecto y definir cuál será el alcance como Angloamerican y el alcance de la contratista.
- Remitir al área de compras lista de materiales a comprar por Anglo American, (Tubería, accesorios, válvulas etc.) para la cotización respectiva.
- Responsable de mostrar la visita de campo con las contratistas que postulan y dar respuestas a las consultas del proyecto por parte de las contratistas (quien suministra los materiales, tiempo de ejecución, etc., etc.)
- Enviar la documentación necesarios, Alcance del proyecto (SOW) al área de supply chain para la licitación correspondiente.
- Levantamiento de observaciones de parte del área de supply chain, el monto del presupuesto de las contratistas que liciten nunca deberá superar el capex del proyecto.
- Teniendo conocimiento a la contratista ganadora del proyecto, se da inicio a la ejecución. Seguimiento a la fecha de inicio, la entrega de los suministros de materiales por parte del cliente a la contratista, reuniones contractuales semanales, seguimiento del 3W, seguimiento a los avances real y programados semanalmente, etc.
- Revisión y aprobación de procedimientos constructivos emitidos por la contratista.
- Pruebas de precomisionamiento y comisionamiento.
- Seguimiento de la documentación dossier de calidad y entrega de equipos y áreas.
- Responsable de realizar las caminatas de entrega del proyecto al 90 % y 100 %.
- Entrega del proyecto al área de Operaciones Angloamerican.

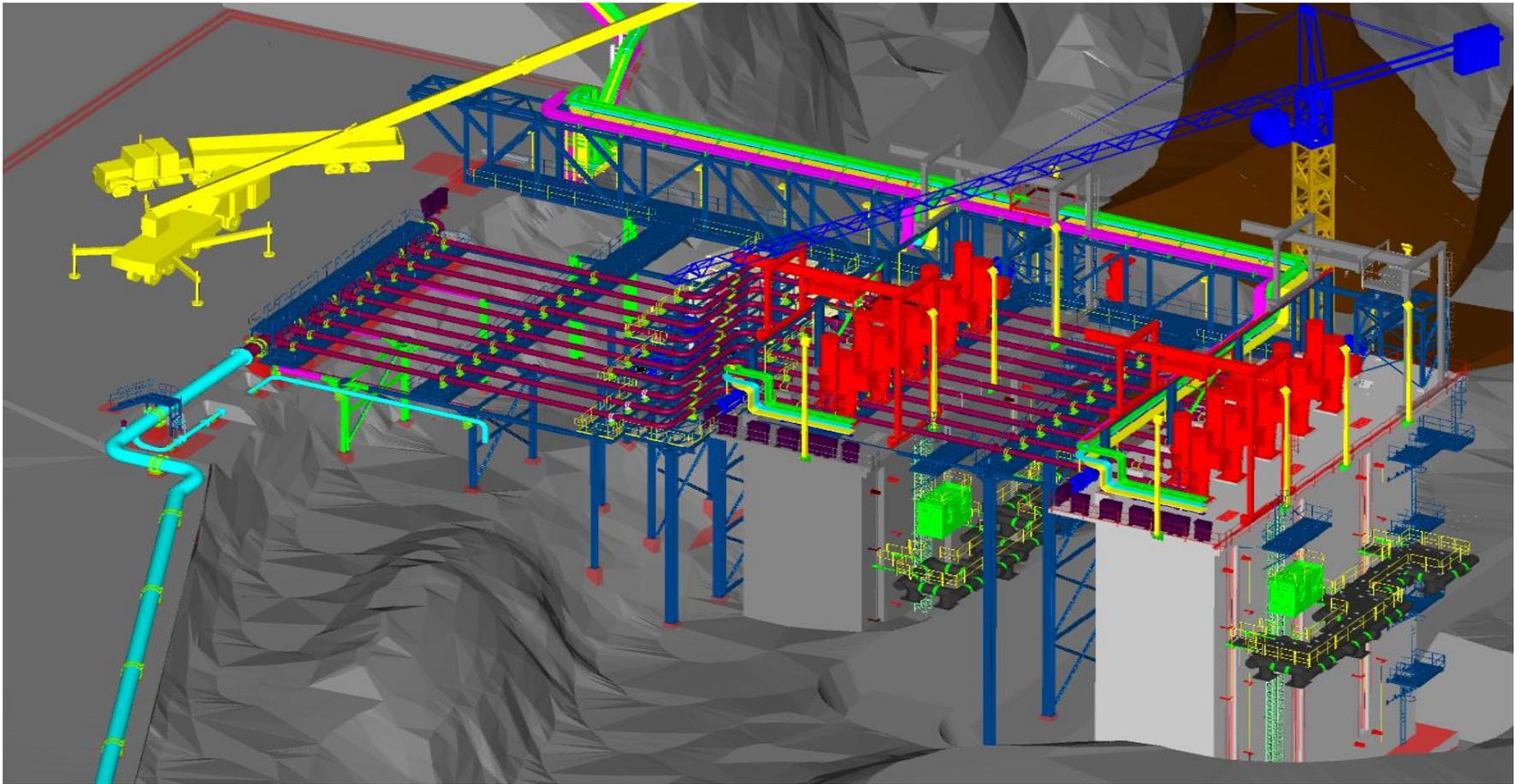


Figura 11. Maqueta de diseño navisworks del proyecto

CAPÍTULO II

ACTIVIDADES GENERALES

2.1. Antecedentes o diagnostico situacional

Como un plan de mejora se inicia el proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación en julio del 2022 con la etapa de ingeniería, teniendo como principal problema las lamas muy superficiales, causando atascamiento en la succión de las bombas de las barcazas. Estos causales fueron muy repetitivos en la operación las cuales se tuvieron como antecedentes para dar inicio al nuevo proyecto. En la actualidad se concluyó la construcción del proyecto: «Sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación». En tabla adjunto se detalla la línea de tiempo de la construcción del proyecto.

Tabla 1. Línea de tiempo de la construcción del proyecto

Fecha que se Detecta el Problema	Inicio Etapa de Ingenieria del Proyecto	Inicio de Construccion del Proyecto	Termino de Construccion del Proyecto	Capex del Proyecto (\$)	Costo Total del Proyecto Ingenieria y Construccion (\$)	Contratista que Ejecuta el Proyecto	Estatus del Proyecto
Oct-21	Jul-22	May-23	Feb-24	30.000.000	29.200.000	Cosapi	CONCLUIDO

2.2. Identificación de oportunidades o necesidad en el área de la actividad profesional

La construcción del proyecto tiene como foco principal la recuperación del agua y retornarla a la planta de procesamiento de mineral. (área de concentradora)

Tabla 2. Cantidad de caudal recuperado y caudal requerido

ITEM	N° BOMBA	ESTATUS DE BOMBAS	CAUDAL NOMINAL (M3/H)	CAUDAL TOTAL RECUPERADO (M3/H)	CAUDAL ENVIADO A PLANTA (M3/H)	CAUDAL REQUERIDO (M3/H)
1	4320-PU-021	OPERATIVO	720	720	506	506
2	4320-PU-022	OPERATIVO	720	720	506	506
3	4320-PU-023	OPERATIVO	720	720	506	506
4	4320-PU-024	OPERATIVO	720	720	506	506
5	4320-PU-025	OPERATIVO	720	720	506	506
6	4320-PU-026	OPERATIVO	720	720	506	506
7	4320-PU-027	OPERATIVO	720	720	506	506
8	4320-PU-028	RESERVA	720			
9	4320-PU-029	RESERVA	720			
10	4320-PU-030	RESERVA	720			
TOTAL				5040	3542	3542



Figura 12. Sistema de recuperación de agua en operación



Figura 13. Presa de relaves



Figura 14. Construcción de la torre de captación concluido

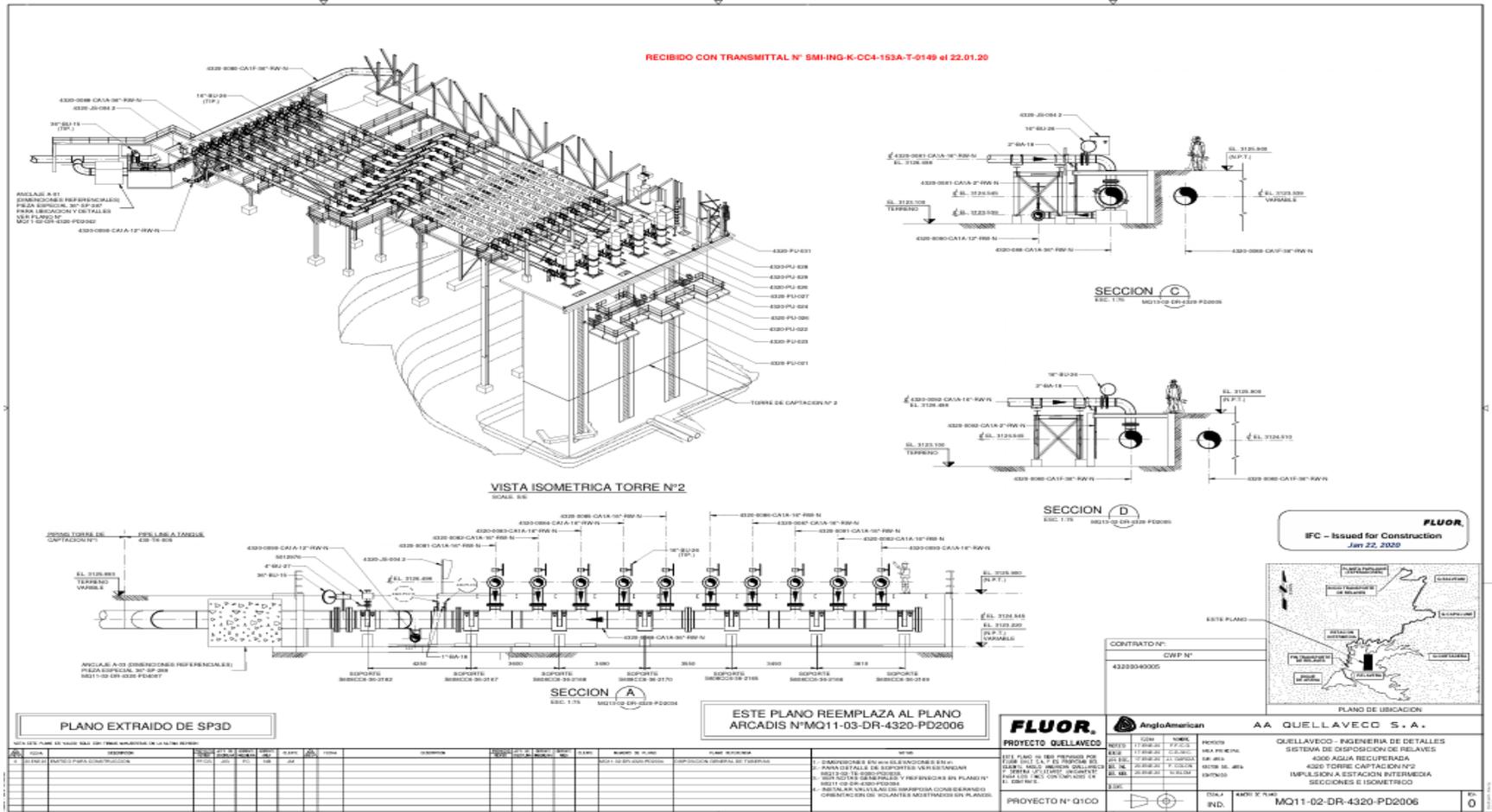


Figura 15. Plano de la torre de captación y líneas de tubería

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de recuperación de agua desde las estaciones de bombeo ubicadas en la torre de captación hasta el tanque de recuperación TAG TK-4330-TK-005, y de allí hasta la planta de procesamiento de mineral, garantizando un caudal continuo y eficiente, de 6480 m³/h caudal de diseño mediante la operación de 9 bombas, superando el caudal promedio requerido de 5040 m³/h para asegurar la continuidad operativa de la planta.

2.3.2. Objetivos específicos

Se detalla los siguientes objetivos específicos planteados en el presente informe.

- Dimensionar las tuberías del sistema de impulsión y verificar los espesores de acuerdo con los códigos ASME B31.3 y B31.4.
- Identificar las líneas de llenado del sistema y definir el proceso operativo correspondiente.
- Determinar la presión de descarga en función de la elevación del estanque de alimentación de la estación de bombeo intermedia.
- Planificar el suministro, compra y llegada anticipada de los materiales necesarios al sitio del proyecto.
- Estimar y controlar el presupuesto económico del diseño y construcción para no exceder el CAPEX de \$30,000,000.
- Fabricar los spools de tubería y estructuras metálicas conforme al cronograma establecido y alineado al plan de término del proyecto.

2.4. Justificación de la actividad profesional

2.4.1. Justificación económica

Desde una perspectiva económica, el presente trabajo adquiere relevancia debido a que la escasez de agua en la operación minera implicaría la paralización de las actividades programadas para la producción diaria, lo cual conllevaría considerables pérdidas económicas. En este contexto, la construcción de un sistema de recuperación de agua mediante una torre de captación se presenta como una solución estratégica que permitirá mantener una producción continua, diaria, mensual y anual sin interrupciones, contribuyendo así a la estabilidad operativa y financiera de la operación.

Asimismo, con la implementación de este sistema se logrará una reducción significativa de los costos operativos, dado que la recuperación y reutilización del agua proveniente de relaves disminuirá la necesidad de emplear agua fresca. Esto, a su vez, representa un ahorro

considerable en el tratamiento y abastecimiento del recurso hídrico, generando una optimización en el uso de los recursos disponibles.

De igual manera, al evitar la extracción adicional de agua de las cuencas y ríos cercanos, se promueve la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos. Este enfoque no solo mejora la rentabilidad del proyecto, sino que también reduce el impacto ambiental asociado al uso excesivo de fuentes naturales de agua.

Finalmente, el presente trabajo responde al objetivo de fomentar una gestión sostenible del agua, lo que evidencia el compromiso de la empresa con la responsabilidad ambiental y el uso racional de los recursos naturales. En conjunto, estas acciones refuerzan tanto la viabilidad económica del proyecto como su alineación con principios de sostenibilidad.

2.4.2. Justificación practica

La presente propuesta parte de la necesidad de reutilizar de manera eficiente el agua proveniente del proceso de relaves. Esta reutilización resulta crucial para reducir la dependencia de fuentes convencionales, como las cuencas y ríos, contribuyendo así a una gestión hídrica más sostenible.

En este sentido, la construcción del sistema propuesto se justifica por los múltiples beneficios que ofrece: mejora la sostenibilidad ambiental, reduce los costos operativos y permite un significativo ahorro de agua. Asimismo, al contar con un sistema controlado, se puede conocer con precisión tanto el origen como el destino del agua recuperada, lo cual mejora la trazabilidad y control del recurso.

Por lo tanto, el objetivo de esta construcción es aprovechar el agua contenida en los relaves para su reutilización, promoviendo al mismo tiempo la protección del medio ambiente y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos.

2.4.3. Justificación metodológica

Desde una perspectiva metodológica, esta propuesta se fundamenta en la necesidad de minimizar tanto el impacto ambiental como el económico, particularmente en lo que respecta al almacenamiento y reutilización del agua en procesos industriales. De esta manera, se busca asegurar la sostenibilidad del proceso a largo plazo.

Además, la metodología elegida permite una reducción significativa de costos en comparación con otras alternativas técnicamente viables, como la utilización de barcazas, el tendido de largas líneas de tuberías o la realización de movimientos de tierra de gran escala. En consecuencia, la propuesta no solo es más eficiente, sino también más viable desde el punto de vista de la ingeniería, la fabricación y la construcción.

2.5. Resultados esperados

Se espera la construcción del proyecto sistema de recuperación de agua a través de torre de captación, la cual cumpla con los requisitos fundamentales expuestos para su operación en la represa de relaves, así mismo se cumpla con las políticas de seguridad, salud y medio ambiente. El proyecto represente un ahorro económico en la ingeniería, suministro y construcción en comparación con otras alternativas propuestas. Además de no superar el capex de presupuesto programado.

Específicamente los resultados que se esperan antes de iniciar el proyecto son:

- Se cuenta con el capex de presupuesto aprobado desde marzo del 2022.
- Capex del proyecto \$ 30,000.000 treinta millones de dólares)
- Fecha tentativa de inicio del proyecto mayo 2023
- Se da inicio de la ingeniería de diseño del proyecto julio del 2022.
- Fechas adelantadas de llegada del suministro de los materiales a site. Bombas, válvulas, tuberías y accesorios, etc.
- Dar inicio en la fabricación de los spool de tuberías acero al carbono, según diseño espesor y diámetro requerido.
- Se espera obtener los planos para construcción del sistema de recuperación de agua a través de torre de captación mediante el autocad y el Navisworks.
- La construcción del sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación no supere el capex programado en tiempo y costo, calidad y seguridad.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Bases teóricas

Torres de captación: son estructuras que se sumergen en el agua y pueden ser parte de un sistema de recolección de agua de ríos, lagos embalses, etc. donde el agua es la principal fuente de la cual se puede aprovechar por gravedad o por bombeo.

Estación de bombeo: son estructuras que transportan líquidos de un lugar a otro, venciendo resistencias como desniveles o tuberías. Se utilizan en diversos campos de industria y la ingeniería, como abastecimiento de agua potable, saneamiento, riego y drenajes.

Las estaciones de bombeo se clasifican en estaciones pequeñas, medianas y estaciones principales y/o grandes.

En la figura 16 se muestra una torre de captación y bombas verticales instalados en la torre.



Figura 16. torre de captación y bombas verticales

Una torre de captación y su sistema de recuperación de agua está conformada por los siguientes elementos.

- Sistema de bombeo
- tuberías de succión.
- tuberías de descarga.
- Válvulas de regulación
- válvulas de venteo.
- Drenajes
- Etc.

- **Equipo de bombeo**

Bomba: una bomba es un dispositivo mecánico que mueve fluidos o lodos de un lugar a otro convirtiendo energía mecánica en energía hidráulica. Son utilizadas en muchas industrias.

Existen diferentes tipos de bombas cada una con características diferentes las cuales se clasifican en dos grupos principales:

- Bombas dinámicas: dependen de componentes rotatorios como impulsores o rotores, para impartir energía cinética al fluido, convirtiéndola en presión, se utilizan para aplicaciones de alto flujo y presión baja moderada se tiene (bombas centrífugas, de flujo axial, de flujo mixto)
- Bombas de desplazamiento positivo: las bombas permiten producir un flujo constante a una velocidad dada sin importar la presión de descarga. (bombas rotativas, de engranajes, de lóbulos).

Algunos tipos de bombas son”

- Bombas centrífugas: las direcciones del flujo cambian 90 grados al pasar sobre un impulsor. Son utilizadas para tener mayores caudales de agua a presiones bajas.
- Bombas periféricas: Se utilizan para elevar el agua a grandes alturas.
- Bombas lobulares: Son bombas volumétricas rotativas que impulsan el líquido al espacio entre el cuerpo y un lóbulo.

La elección de un abomba depende de factores como la presión, la tasa de flujo, y las características del flujo.



Figura 17. Tipos de bombas dinámicas (centrífuga y de flujo mixto)



Figura 18. Tipo de bombas de desplazamiento positivo (de engranaje y de lóbulos)

Tuberías acero al carbono: son conductos huecos y alargados que se utilizan para transportar líquidos, gases, lodos, polvo y sólidos de bajo peso. Se fabrican a partir de una aleación de acero, hierro y carbono, y se caracterizan por su resistencia y capacidad para soportar tensiones (2).

Se fabrican de acuerdo a diferentes normas como ASTM A/ASME SA 106 Grado A, B, C, ASTM A/ASME SA 53 Grado A, B y API 5L – PSL 1 Gr.

Tuberías HDPE: es un tipo de tubería de plástico flexible, fabricados con polietileno de alta densidad (HDPE) su uso es para el transporte de fluidos y gases (2).

3.1.2. Bases del cálculo

La impulsión del sistema de recuperación de agua se efectuará mediante 10 bombas centrífugas verticales (TAG N°4320-021@ 031 de las cuales siete (7) bombas operaran en paralelo simultáneamente y tres (3) bomba se mantendrá en stand by todo esto con el caudal promedio requerido 5005 m³/h (1390 L/s)

La conducción del agua recuperada se llevará a cabo a través de un pipeline de acero al carbono de 36” hasta llegar al tanque de agua recuperada TAG 4330-TK-005 de la estación intermedia. El diseño del pipeline considera el diámetro de la tubería (36 pulg.) pérdidas por fricción, longitud de la tubería (1.7 km) y velocidad del fluido (2.87 m/s) por lo tanto no se están considerando reemplazarlas en el tiempo de la operación.

Por lo anterior mencionado, el diseño hidráulico comprende:

- Dimensionamiento de la tubería y verificación de espesores.

- Verificación del golpe de ariete.
- Llenado de las tuberías de descarga.
- Drenajes de las tuberías.

3.1.3. Parámetros de diseño

En la tabla 2 se presentan los principales parámetros a considerar en diseño

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Tipo de Fluido	-	Agua recuperada del depósito de relaves
Caudal Diseño	m ³ /h (l/s)	6.480 (1.800)
Caudal Promedio	m ³ /h (l/s)	5.005 (1.390)
Densidad	t/m ³	1,0
Viscosidad Dinámica	cP	1,14
Cota centerline bombas en Torre N°1	m.s.n.m	3105,6
Cota nivel mínimo en Torre N°1	m.s.n.m	3.080
Cota máxima bombeo Torres a Intermedia	m.s.n.m	3.375,6
Diferencia altura estática impulsión	m	295,6
Longitud línea de impulsión corregida	km	1+760

Figura 19. Principales parámetros a considerar en diseño

3.1.4. Criterios de diseño y método resolutivo

Para el cálculo del sistema de bombeo en régimen permanente se empleó el software AFT Impulse, el cual resuelve utilizando el método de Colebrook- White y Darcy (3).

Como criterio de transporte hidráulico, se velará por tener velocidades cercanas a 3 m/s, para este sistema de impulsión como condición operacional dada la dimensión de la tubería.

El agua recuperada de presas de relaves es altamente incrustante, por lo que como practica de diseño se seleccionan diámetros mayores al optimo económico. el diámetro seleccionado es de 36” (3).

3.1.5. Trazado

En la figura 19, se indica el recorrido de la tubería 36 pulgadas, línea de impulsión de agua desde la presa de relaves de la torre de captación (4320- TW-030) hasta el estanque de alimentación de agua de la estación de bombeo intermedia (TAG- N°4330-TK-005)

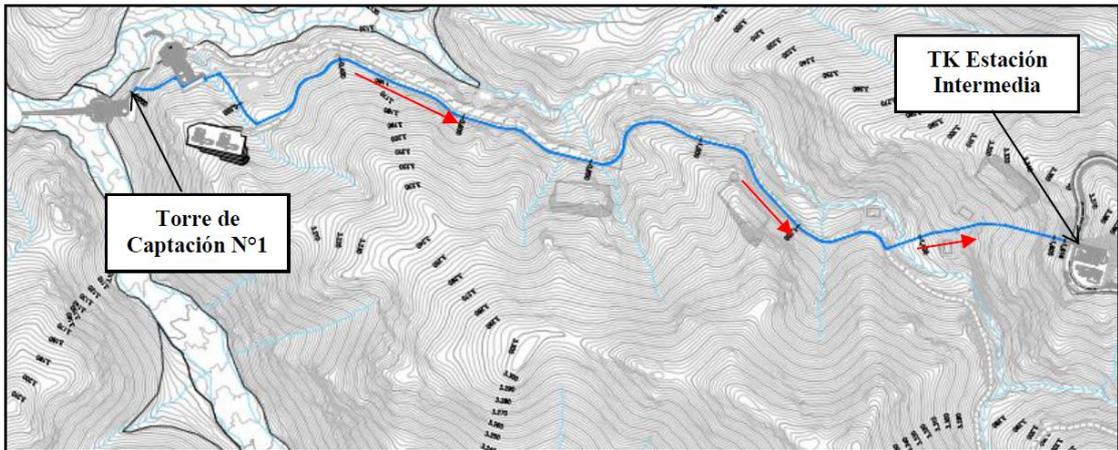


Figura 20. Recorrido de la tubería de 36 pulgadas

A continuación, en la figura 20, se muestra el perfil longitudinal del recorrido de la tubería de 36 pulgadas, que va desde la torre de captación N° 01 hacia el tanque de agua de la estación intermedia.

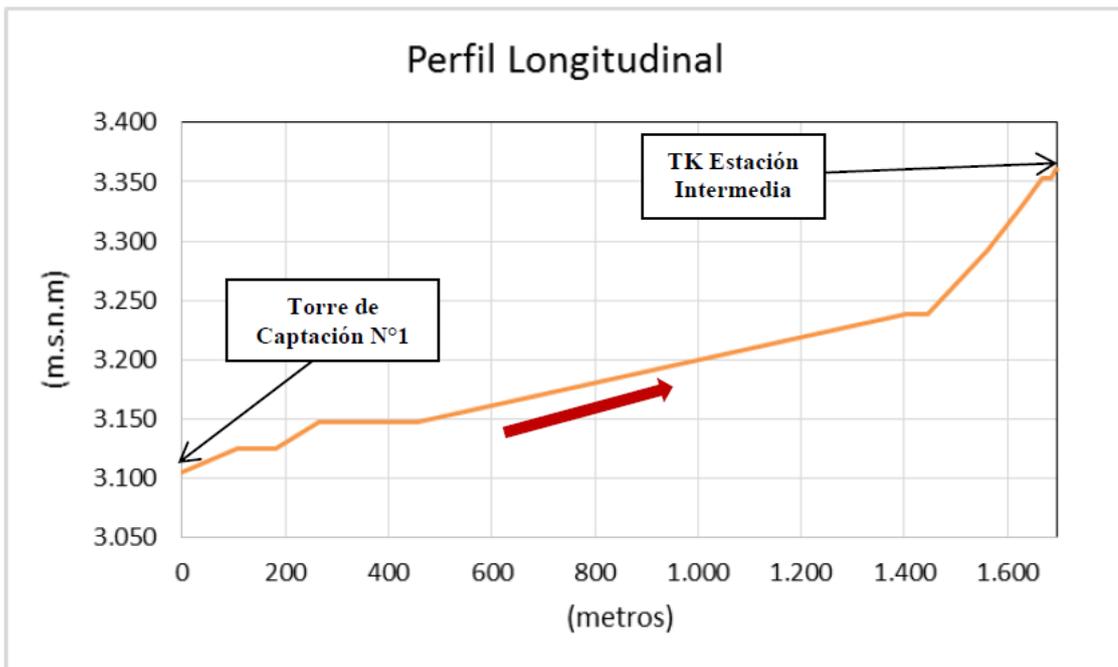


Figura 21. Perfil Longitudinal de tubería 36 pulgadas

3.1.6. Códigos y normas

El diseño de los sistemas de tuberías se ajustará a las practica, códigos y normas de ingeniería generalmente aceptados en su última versión, emitidas por las instituciones (2).

- ANSI Instituto Nacional Americano de Normalización (American National standard Institute)

- API Instituto Americano de Petróleo.
- ASME Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
- ASTM Sociedad Americana de pruebas y materiales.
- AWS Sociedad Americana de Soldadura.
- AWWA Asociación Americana de Obras Hidráulicas.
- CGA Asociación de Gas Comprimido.
- NFPA Asociación de Nacional de Protección contra Incendios.
- HSEC Consultores de Salud Seguridad e Ingeniería.
- OSHA Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- PPI Instituto de Tuberías de Plástico.
- MQ11-02-TE-0000-PD0001 Especificación de Materiales para Tuberías.
- MQ11-02-DC-0000-PD0001 Especificación Criterios de Diseño de Tuberías.

3.1.7. Consideraciones sobre los equipos y sistema de impulsión

- Las bombas seleccionadas y las tuberías deberán cumplir con las condiciones de materialidad en sus componentes, considerando el posible desgaste, al que se verán enfrentados debido a la presencia de fluido (4).
- Para todos los cálculos realizados se utilizará la curva hidráulica de la bomba, la que se incorporará en el modelo simulado en software AFT (5).
- Cada bomba ha sido seleccionada con una caudal nominal de 720 m³/h con siete operativas y tres en reserva, su curva de operación ha sido validado mediante el simulador hidráulico AFT impulse para asegurar la entrega del caudal requerido incluso ante escenarios de alta demanda (3).

3.1.8. Calculo hidráulico

• Selección diámetro de la tubería

Para la selección del diámetro de la tubería, se realizó el análisis hidráulico se consideró siete casos de diseño diferentes. Los casos variaban en función del diámetro exterior de la tubería y del caudal. Se considero el caudal de diseño de 6480 m³/h, en el transcurso de la evaluación se observa que el caudal de diseño tendría un incremento de 17% esto por incremento de la producción de la mina de 127.5 t/d a 150 t/d. En tabla 3. se indica un resumen de cada caso y sus respectivos resultados.

• Resumen por cada caso

El caso 1 representa el diseño con un caudal de 6480 m³/h, los casos 2,3 y 4 representan diámetros de tubería reducidos, manteniendo el caudal original de 6480 m³/h, caso 5 se toma

en cuenta el aumento del caudal en un 17 % del caudal. El caso 6 muestra una reducción del diámetro de la tubería, teniendo en cuenta el aumento del caudal en un 17%. El caso 7 es igual al caso 2 pero con una rugosidad de 0,024 pulgadas y una escala de 25 mm. Manteniendo el caudal de diseño 6480 m³/h

Tabla 3. Resumen de los casos

Parámetro	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
Tamaño de la tubería (NPS)	42	36	34	30	42	36	36
Caudal (m ³ / hr.)	6480	6480	6480	6480	7582	7582	6480
Clasificación ASME	300#	300#	300#	300#	300#	300#	300#
Configuración de la bomba	9 +1	9 +1	9 +1	9 +1	9 +1	9 +1	9 +1
Grado de la tubería	x60						
Longitud del oleoducto (km)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Espesor de pared (mm)	12.7	9.53	12.7	12.7	12.7	9.53	9.53
Escala (mm)	0	0	0	0	0	0	25
Rugosidad (pulgadas)	0	0	0	0	0	0	0.024

En tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de los diferentes casos, en la cual se observa a medida que disminuye el diámetro de la tubería aumenta tanto la velocidad como la potencia del frenado necesario. Además, como se observa en los casos 5 y 6, a medida que aumenta el caudal, aumenta la potencia de frenado. Si se comparan los casos 1 y 2 con los casos 5 y 6, la potencia de frenado necesaria aumenta aproximadamente un 24 %, debido al aumento del caudal.

Además, se observó que la velocidad de descarga puede ser un factor de diseño. Basándose en el análisis hidráulico 2.8 m/s teniendo en cuenta el aumento del caudal de diseño, la velocidad de descarga superaría los límites aceptables si el diseño de la tubería se redujera más allá de NPS 36. Por lo tanto, no se consideraron los casos de menor diámetro de tubería.

Tabla 4. Resultados obtenidos de los casos

Parámetro	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
Tamaño de la tubería (NPS)	42	36	34	30	42	36	36
Caudal (m ³ / hr.)	6480	6480	6480	6480	7582	7582	6480
Velocidad (m/s)	2.13	2.87	3.26	4.24	2.47	3.35	2.87
Presión de descarga (Mpa)	3	3	3	3	3	3	3
TDH (m)	275	280	283	293	279	285	300
Potencia de frenado por bomba (kW)	661	678	682	708	789	812	972.89
Potencia total de frenado necesaria (kW)	5946	6100	6140	6370	7097	7311	8755.2

Se concluye lo siguiente:

El análisis realizado para el caso 7, es él recomendó a utilizar propuso el uso de tuberías NPS 36, API 5L X60 con las siguientes condiciones de diseño.

Potencia de frenado de la bomba: Es la potencia real que se entrega al eje de la bomba para que esta

- El TDH (altura dinámica total) utilizado es 300 metros. Dato del proyecto.
- Potencia de frenado de la bomba: Es la potencia real que se entrega al eje de la bomba para que esta realice su trabajo de mover el fluido La potencia de frenado de la bomba es 972.89 kw.
- Caudal utilizado 6480 m³/h
- Velocidad del fluido 2.87 m/s
- Escala construida – Aproximadamente 1mm /año.
- Rugosidad – 0.024 pulgadas.
- Espesor de pared de tubería – 9.54 mm

3.1.9. Material tuberías seleccionada para el pipeline

En la tabla 5 se indican los parámetros de diseño a utilizar para la tubería de 36 pulgadas.

En tabla 6 se indican los parámetros de diseño de la estación de bombeo.

Tabla 5. Parámetros de diseño de la tubería de 36

Parámetro	Valor
Caudal de diseño (m ³ / h)	6480
Longitud del oleoducto (km)	1.68
Tamaño de la tubería (NPS)	36
Grado de la tubería	API 5L X60
Espesor de pared de la tubería (mm)	9.53
Revestimiento interior de tuberías	Poliuretano
Presión máxima de funcionamiento de la tubería	5.102 kPag (740-psig)

Tabla 6. Parámetros de diseño de la estación de bombeo

Parámetro	Valor
Configuración de la bomba (número de bombas)	9+1
Clasificación ASME de la tubería de descarga de la bomba	300#
Presión máxima de funcionamiento (MOP) de las tuberías de clase CA1F en la descarga de las bombas	5110 kPag (741 psig)

Se procede a realizar la simulación con el funcionamiento de nueve (9) bombas y un caudal combinado de 6480 m³/h, en la figura 21, se indica el perfil de presiones máximas y mínimas, también se muestra los perfiles de presión en estado estacionario, MOP y MASP. las presiones máximas en todos los puntos de la tubería del pipeline, a lo largo de la tubería no supero la MOP (Presión máxima de operación) de la tubería.

Se concluye lo siguiente.

- La MOP de la tubería de la estación de bombeo cumple con los parámetros de diseño indicados.
- La MOP de la tubería no supera con el funcionamiento de las nueve bombas.
- La presión máxima de funcionamiento de las bombas 5110 kpa, se obtiene de la simulación hidráulica con AFT impulse, que incluye caudal de diseño (6480 m³/h), longitud de la tubería (1.7 km), diámetro de la tubería (36 in), Material de la tubería API 5L X60 y verificación del golpe de ariete como presión máxima.
- En la figura 21. Se indica las presiones máximas y mínimas durante el proceso
- En la figura 22. Se indica las presiones máximas y mínimas durante la sobrepresión desde la torre de captación hasta la estación intermedia.
- En la figura 23 y 24, se indican presión de descarga de operación máxima alcanzada aproximadamente 4980 kpa, presión que debe de soportar las bombas y la tubería

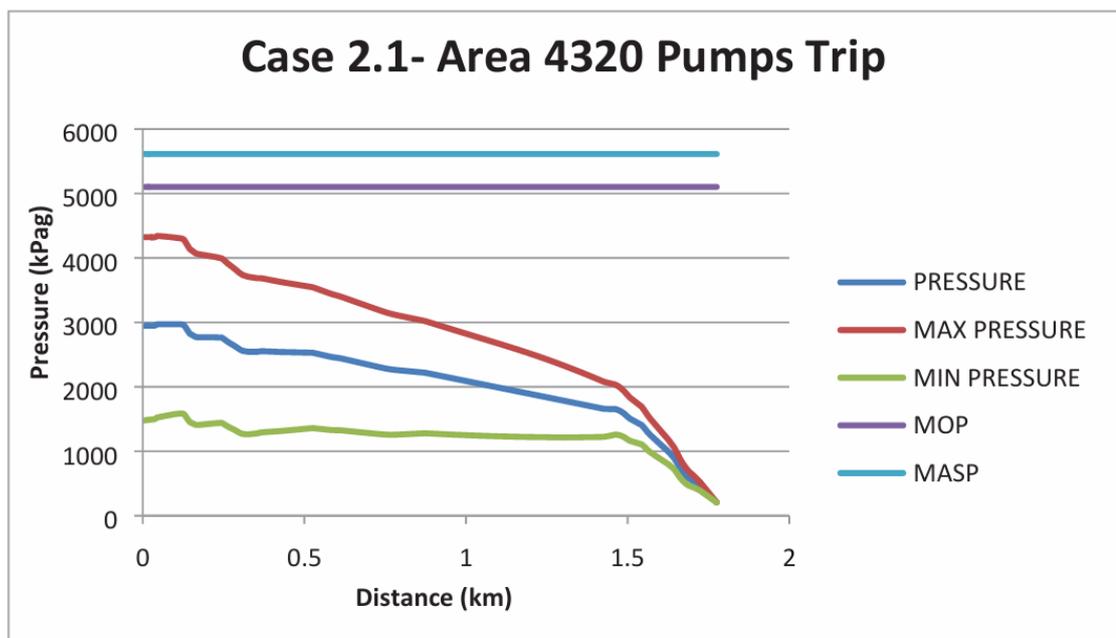


Figura 22. Presiones máximas y mínimas durante el proceso desde la torre de captación a estación intermedia

- **Golpe de ariete**

En este caso, se simula el cierre inadvertido de una válvula de 36", con nueve (9) bombas en funcionamiento y con un caudal de 6480 m³/h, en la figura 28, se muestra el perfil de presiones máximas y mínimas durante la condición de sobrecarga, en esta figura también se muestra los perfiles de presión en estado estacionario, presión de estabilización MOP y MASP. La presión transitoria en todos los puntos y a lo largo de la tubería no supera la MOP de la tubería.

En este caso de simulación se concluye en lo siguiente.

- La MOP de la tubería de clase 300 en toda la estación de bombeo, no se sobrepasaron cuando la válvula mariposa de 36 pulgadas, al final de tubería (4300-TK-005 estación intermedia) se cerró inadvertidamente en condiciones de caudal de diseño. (6480 m³/h) (6) (3).

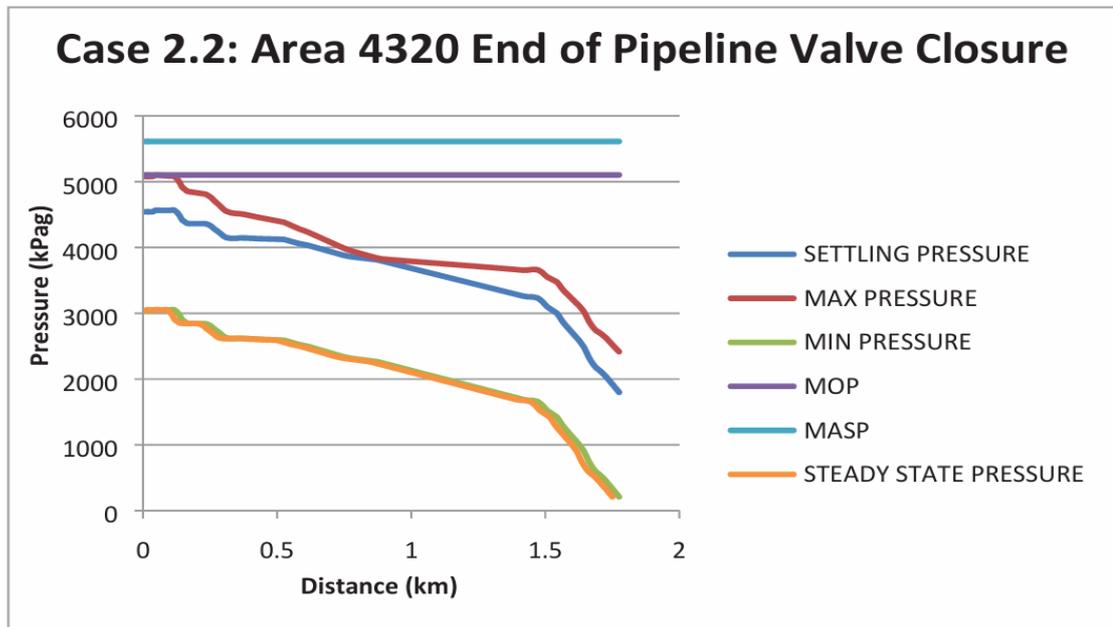


Figura 23. Presiones máximas y mínimas durante la sobrepresión desde la torre de captación a estación intermedia.

- **Presión de descarga de las bombas**

En la figura 24 se muestran las variaciones de presión en la descarga de las bombas, durante el golpe de ariete y las curvas de presión máximas y mínimas del sistema.

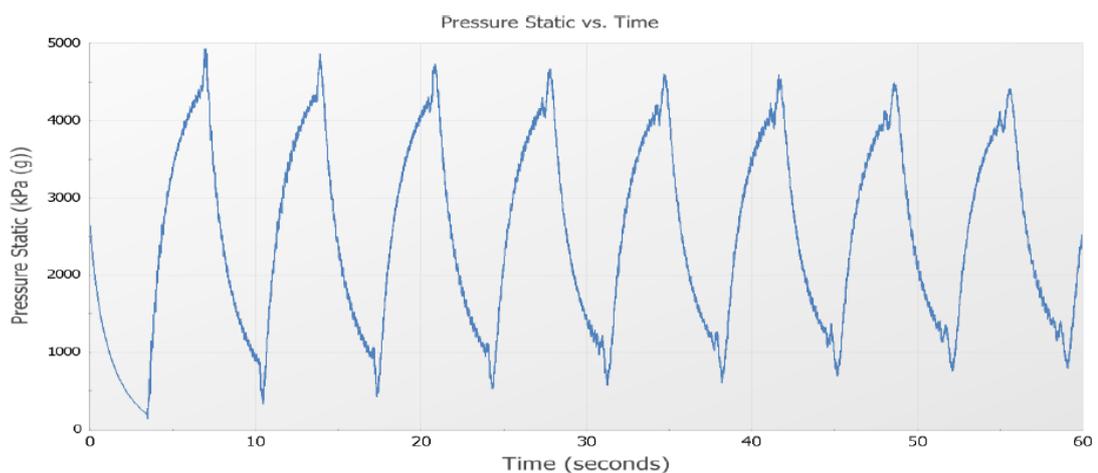


Figura 24. Presión de descargas de bombas

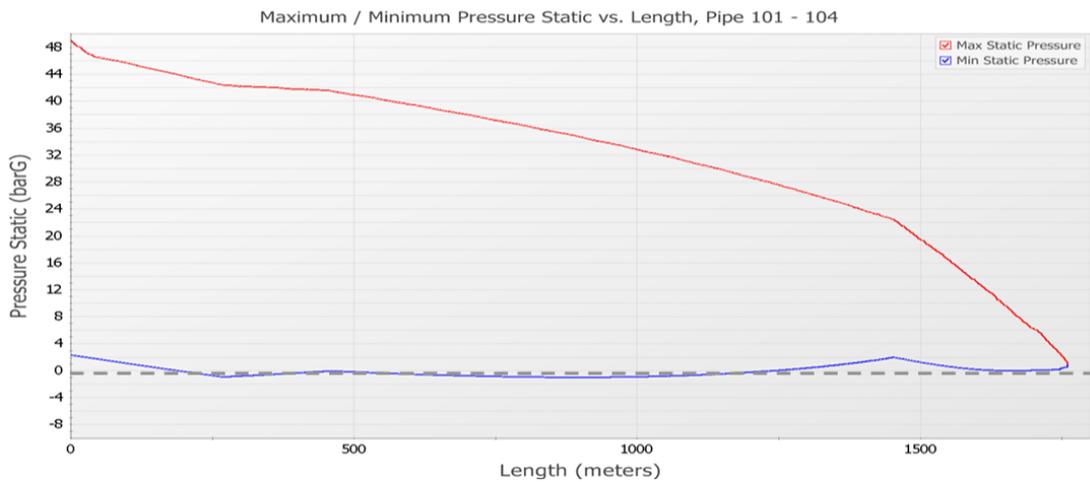


Figura 25. Curva de presiones de bombas torre de captación 1

- **Espesor de la tubería**

El espesor de la tubería se realizará de acuerdo con el código ASME B31.4, el cual establece el siguiente criterio (Párrafo 403.2.1)

$$t_n = t + A$$

$$t = \frac{P_i \times D}{20 \times S} \quad S = 0,72 \times E \times SMYS \quad (7) (8)$$

Donde:

t: Espesor mínimo requerido [mm]

A: Suma de todas las tolerancias [mm]

t: Espesor de diseño por presión [mm]

P_i: Presión interna de diseño [bar]

D: Diámetro exterior de la tubería [mm]

S: Esfuerzo máximo admisible del material [MPa]

E: Factor de soldadura [-]

SMYS: Esfuerzo de fluencia mínima especificada [MPa]

Considerando que la presión máxima en el sistema es de 4.930 kPa (49.3 bar) se tiene que el espesor mínimo requerido para la tubería API 5L X60 es de 7.6 mm.

Para la tubería seleccionada, el espesor contemplado de 9.53 mm cumple con el requerimiento para satisfacer las solicitudes del sistema.

En cuanto al colapso de la tubería, se obtiene como resultado que la tubería es capaz de resistir una presión exterior (o sub presión negativa) de 76.9 bar. No hay riesgo de colapso.

Los ramales de descarga de las bombas, la tubería de recepción principal y las tuberías de diámetro menor como drenajes, arranques para instrumentos, líneas de llenado y otros servicios menores similares que constituyen el manifold de descarga, serán de clase de material CA1A, cuyo calculo, características y especificaciones se detallan en la hoja de materiales de la clase.

- **Verificación de sumergencia en bombas**

El cálculo de la sumergencia mínima en las bombas verticales para evitar succión de aire por generación de vórtice, se determina a partir de la siguiente relación, la cual se obtiene del estándar ANSI /HI9.8

$$S/d = 1 + 2.3 \times Fd$$

Donde:

S: Sumergencia sobre eje de succión de la bomba (Ingreso a campana) (m)

d: Diámetro interior de la succión (m)

Fd: Numero de froude.

En tabla 7 se muestra la sumergencia mínima requerida sobre las bombas verticales de la torre de captación.

Tabla 7. Cálculo de sumergencia mínima de las bombas verticales

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Diámetro succión	m	0,520
Máximo caudal de succión	m ³ /h	736
Número de Froude	-	0,45
Sumergencia mínima calculada	m	1,035
Sumergencia mínima diseño ¹	m	1,25

Notal: Sumergencia mínima diseño considera 20% de factor de seguridad

- **Línea de llenado**

La puesta en marcha de la tubería de conducción se hará mediante el llenado con dos (2) bombas operando simultáneamente a través de *by pass* dedicados para este propósito. (Q=5150 m³/h @ TDH 306.4 m)

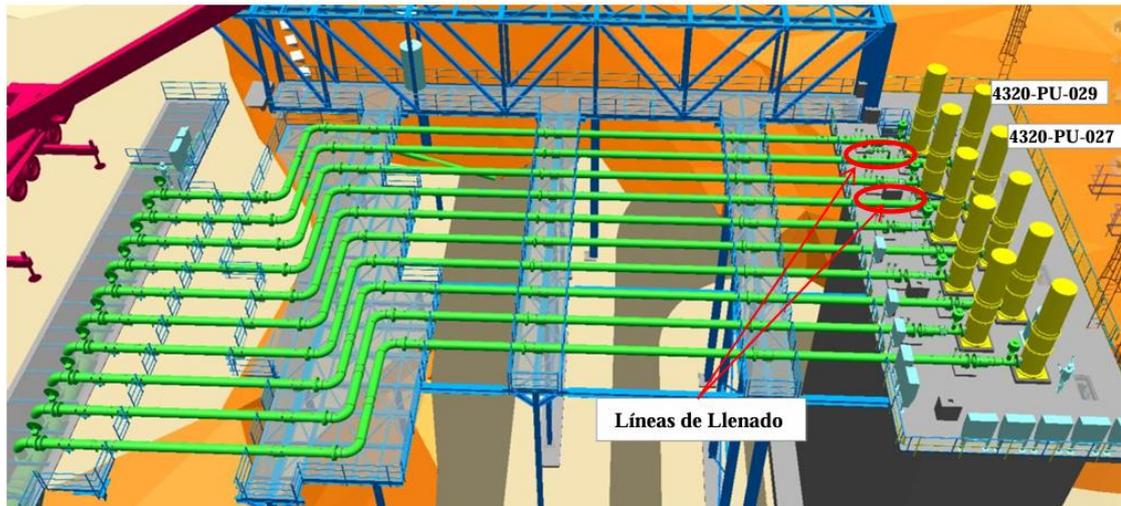


Figura 26. Líneas de llenado de torre de captación

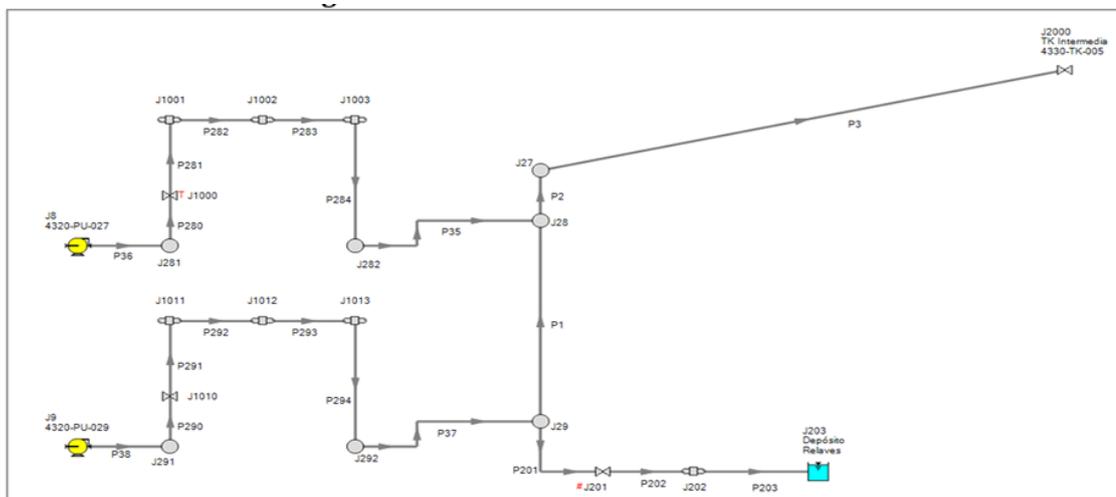


Figura 27. Modelo AFT para líneas de llenado (Simulación dinámica)

Para la puesta en marcha del sistema, las válvulas N 1, N2, N3 y N 4 mostradas en la figura 27 se encontrarán inicialmente cerradas, la válvula N 5 se mantendrá abierta.

Luego, se encenderán la bomba TAG N~ 4320-PU-029 y se procederá a abrir la válvula N~ 4, lentamente, aproximadamente transcurrido un minuto, se procederá a encender la bomba TAG N~ 4320-PU-027 y se abrirá la válvula N3 lentamente un minuto aproximadamente luego se procederá a cerrar la válvula de drenaje N5 lentamente.

Finalmente, cuando se logre llenar el pipeline completamente, se abrirán lentamente las válvulas N1 y N2, y se cerraran las válvulas N3 y N4, el proceso continúa abriendo las válvulas de corte de 16 pulgadas de cada una de las líneas de bombeo e incorporando las siguientes bombas, las cuales deberán ingresar una a una, considerando un desfase de 180 segundos entre ellas.

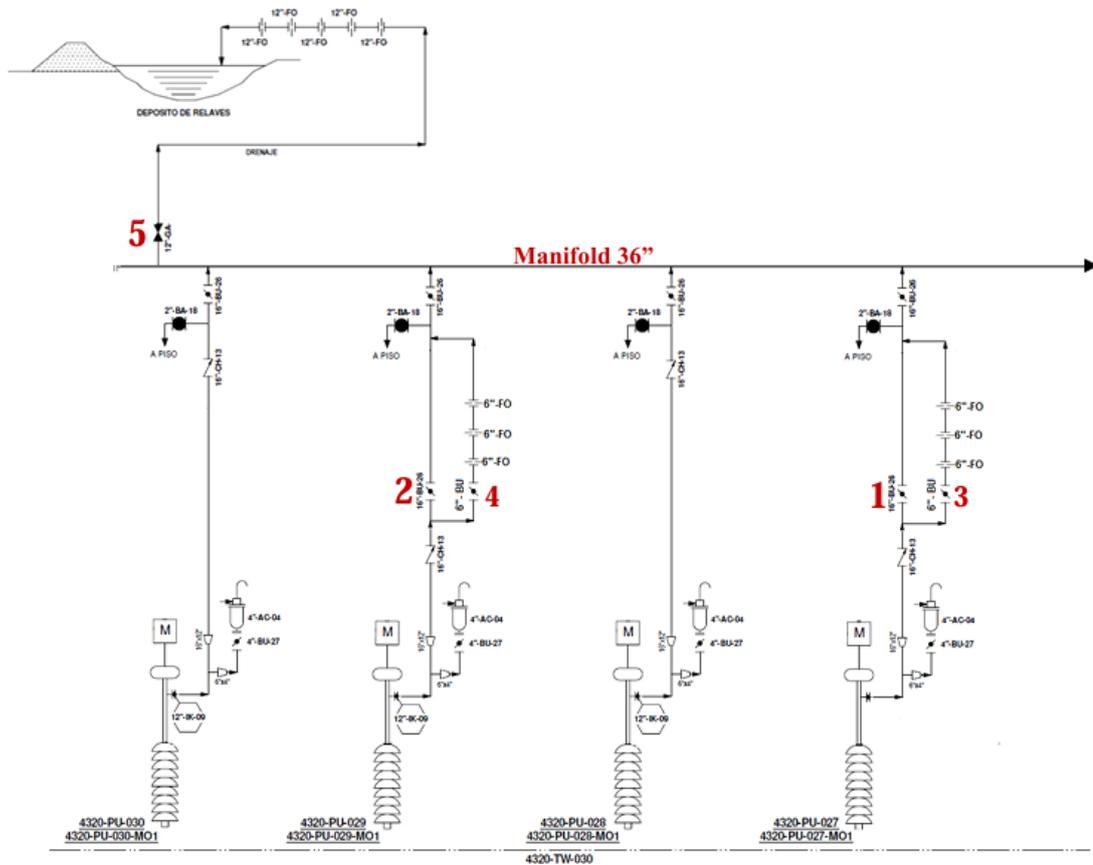


Figura 28. Esquema P&D líneas de llenado

De la figura 28 se concluye que:

- El tiempo de llenado del total de la línea es aproximadamente 1 hora.
- La velocidad de transporte en el llenado se mantiene la mayor parte del tiempo bajo a los 0,6 m/s, recomendación indicada para evitar fenómenos transientes durante esta operación.

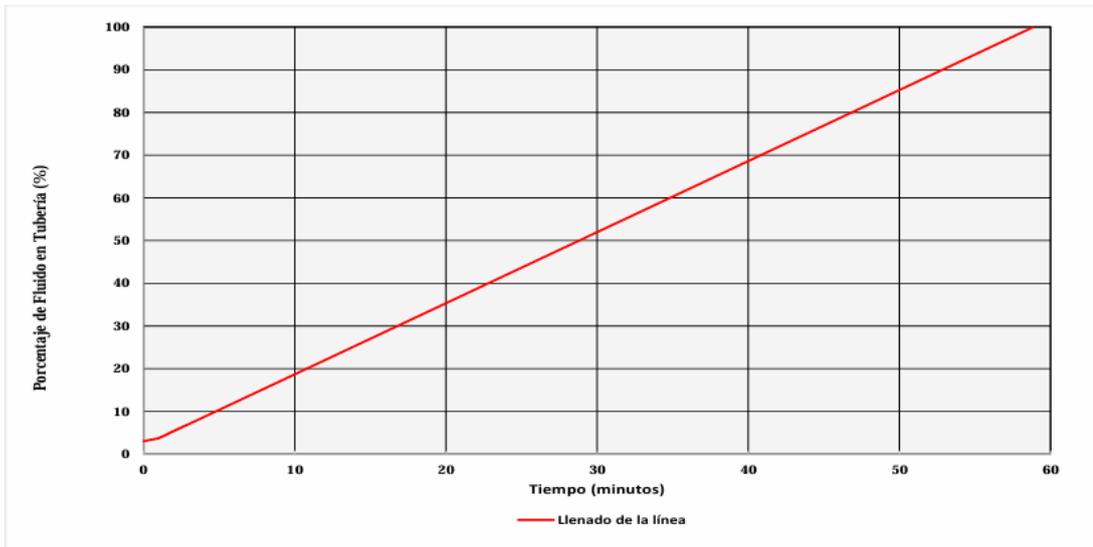


Figura 29. Tiempo de estimado de llenado de la línea de impulsión

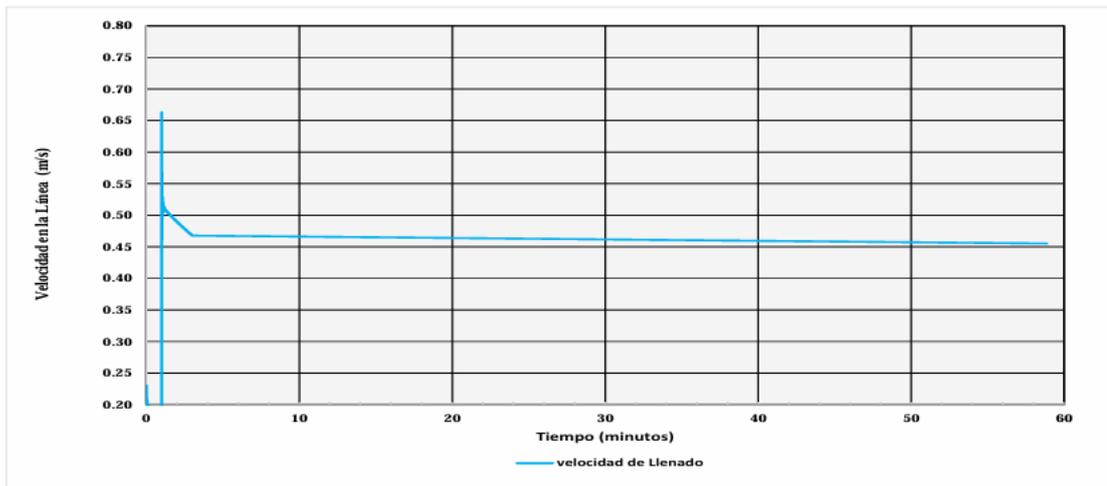


Figura 30. Velocidad interior del pipeline en función del tiempo

3.1.10. Resultados obtenidos en régimen permanente

Los principales resultados obtenidos en el presente informe son:

- En la tabla 8 se indica un resumen de los resultados obtenidos para la impulsión de agua desde la torre de captación N°01 hasta el tanque de agua de la estación intermedia en un régimen permanente de trabajo.
- El caudal efectivo promedio será de 5150 m³/h, escenario que ocurre con siete (7) bombas operando en paralelo. El caudal de diseño (máximo) se logra con la operación de nueve (9) bombas operando en paralelo y cuyo valor es de 6.480 m³/h para el nivel mínimo operacional requerido para la laguna al interior de la torre (torre de captación N~ 1 3080 m s. n. m.) el resumen de los equipos requeridos es el siguiente.

Tabla 8. Resumen de resultados equipos de bombeo desde la Torre 1

PARÁMETRO	UN	VALOR	
Línea de Transporte	-	Agua recuperada Torre N°1 a Estación Intermedia	
Pipeline	-	DN 36" API 5L X60 Sch.Std	
Condición	-	Diseño (6.480 m ³ /h)	Promedio (5.005 m ³ /h)
Caudal efectivo ¹	m ³ /h	6.480	5.150
N° Bombas	#	9 operando + 1 stand-by	7 operando + 3 stand-by
Velocidad de Transporte	m/s	2,8	2,2
J	%	0,5	0,35
Longitud pipeline corregido	km	1,76	
ΔH Estática	m	295,6	
TDH	mcf	310	306
Potencia al Eje	kW (HP)	769 (1.031)	772 (1.035)
Motor Preliminar	kW (HP)	932(1.250)	
Potencia Instalada Estimada	kW (HP)	9.320 (12.500)	

- El análisis permite concluir que las presiones admisibles del sistema (estructural de la tubería) permiten soportar las sobrepresiones causadas por el golpe de ariete máximo con holgura. No se presentan sub presiones transitorias que sobrepasen la presión del fluido, por lo que el sistema no cavita.
- Se verificó el espesor de las tuberías seleccionadas, cumpliendo con el requerimiento ASME D/t
- Se diseño el sistema de llenado para puesta en marcha de la tubería de conducción en vacío. Para estos efectos se han considerado dos (2) líneas de dedicación exclusiva, las cuales afloran como by-pass en la descarga de las bombas TAG N~ 4320-PU-027 / 029. El tiempo de llenado es aproximadamente 1 hora.
- Se diseño el sistema de drenaje para vaciar en forma controlada la tubería de conducción. El drenaje consta de una válvula de corte de agua arriba de la misma todas dispuestas en una tubería de 12 pulgadas.
- Los accesorios a ser instalados deben de respetar la clase de material de la tubería seleccionada, es decir ASME clase 300. La presión máxima del sistema es de 4.930kpa (49.3 bar) (7)

3.1.11. Curva de bomba estación de bombeo torres de captación



Global Proposal System 18.4.8.0

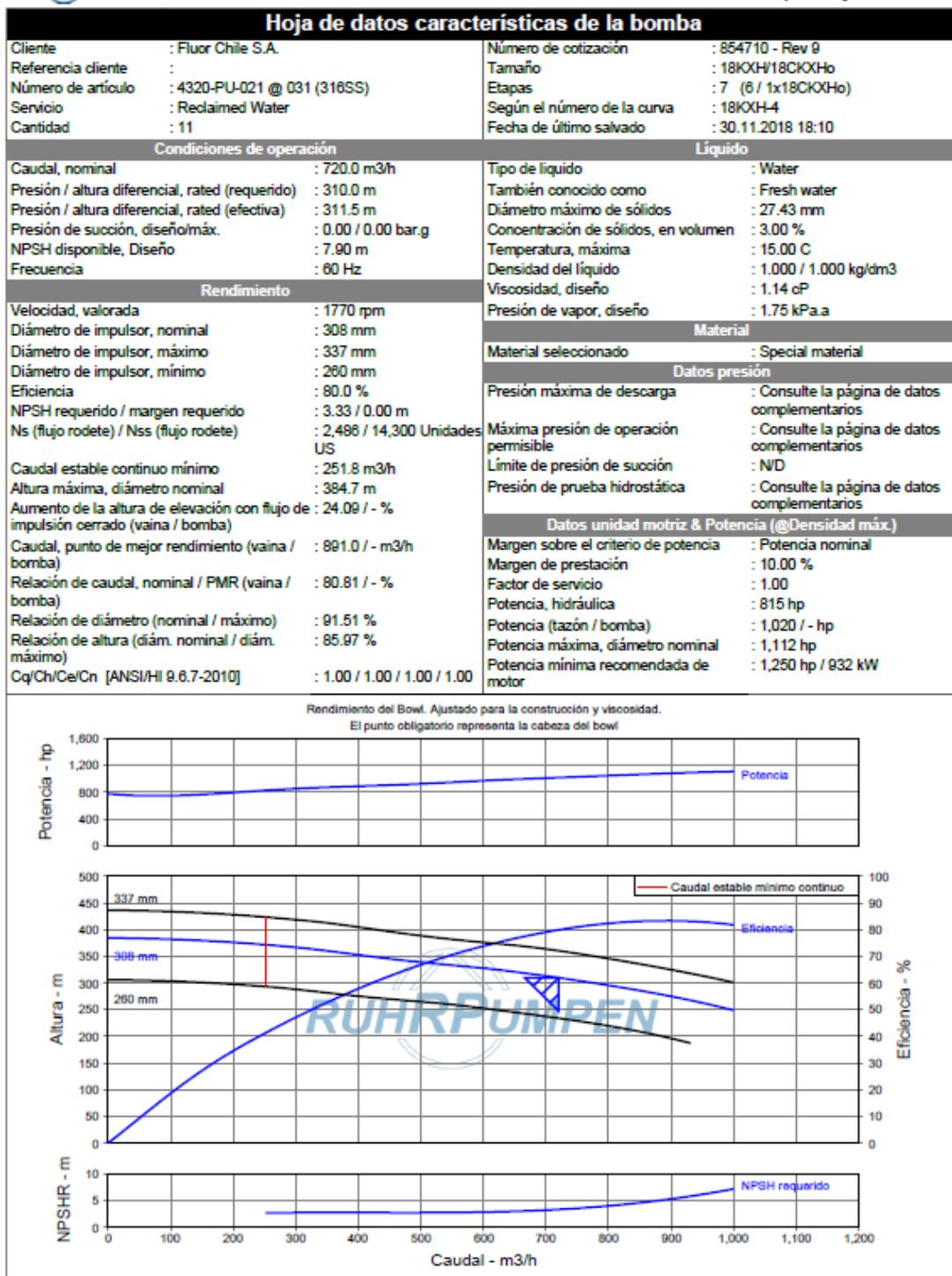


Figura 31. Curva de bombas vertical.
Tomada de Ruhrpumpen (4)

CAPÍTULO IV

DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Enfoque de las actividades profesionales

El proyecto de recuperación de agua a través de torres de captación utiliza bombas verticales de marca Ruhrpumpen de 1250 HP y con un caudal nominal de 720 m³/h. Se describe los pasos técnicos para la elaboración de la ingeniería de diseño del proyecto, tales como recursos, cronograma de trabajo, entregables. Así como procedimientos constructivos, plan de calidad, los procesos de las diferentes fabricaciones a realizar.

4.2. Alcance de las actividades profesionales

- Se menciona los siguientes alcances realizada en la actividad profesional.
- Elaboración del capex del proyecto. Correspondiente al área mecánica
 - Supervisión y control en la elaboración de la ingeniería del proyecto.
 - Elaboración del SOW alcance del proyecto.
 - Gestión y control en la compra de materiales. por parte del cliente
 - Responsable de las entregas de materiales por parte del cliente, así como por parte de la contratista.
 - Gestión para inicio de licitación del proyecto.
 - Supervisión en la construcción y puesta en marcha del proyecto.
 - Responsable de puesta en marcha y entrega del proyecto.

4.3. Entregables de las actividades profesionales

Parte de los resultados de las actividades laborales realizadas son los entregables con la información técnica del proyecto

- Planos para la construcción mecánicos y tubería (Ver pág. 70)
- Emisión de SOW (alcance del proyecto) (ver pág. 70)

- Fecha de término del proyecto.
- Plan de gestión de calidad. (Ver pág. 70)
- Actas de entrega del proyecto. (Ver pág.70)

4.4. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.4.1 Metodología

Para lograr los objetivos principales del proyecto se indica lo siguientes metodologías.

- Determinación de los parámetros de diseño: consistió en calcular las variables principales que influyen en el diseño del proyecto de recuperación de agua a través de las torres de captación las cuales son: altura de la torre de captación, capacidad de bomba vertical, las tuberías de succión y descarga.
- Diseño: el diseño consistió en el caudal promedio requerido por la mina.
- Fabricación: la fabricación de las estructuras, Spool de tubería, barandas, fabricación de las bombas verticales se realizaron de acuerdo a los planos de fabricación del proyecto.
- Evaluación técnica – económica: se llevó a cabo la evaluación de los costos de HH y suministro de materiales, supervisión del proyecto, realización de la ingeniería, etc. El costo total del proyecto no deberá ser superior al capex del proyecto programado.
- Puesta en marcha: la operación del sistema de recuperación de agua a través de torres de captación. Pruebas de funcionamiento, pruebas con carga de operación.

4.2.2. Técnicas

Las técnicas aplicadas para el proyecto de recuperación de agua a través de la torre de captación fueron las siguientes:

- Ingeniería de diseño: consiste en la elaborar de los cálculos de ingeniería de diseño, como la construcción de torre de captación, dimensionamiento de las bombas verticales, selección del diámetro del a tubería y espesor a utilizar, plataforma de estructuras metálica, etc.
- Fabricación: el proceso de fabricación se lleva a cabo mediante el uso de equipos y suministro de materiales, mano de obra, uso de herramientas y procesos químicos. En el proyecto se fabricarán estructuras metálicas, spool de tuberías, barandas, grating, etc.
- Construcción: es la ejecución del proyecto, montaje de equipos mecánicos, montaje de spool de tuberías y válvulas, vaciados de concreto, movimiento de tierra, etc.

- Puesta en marcha: proceso de funcionamiento después de la construcción pruebas de precomisionamiento y comisionamiento de los equipos con cargas respectivas.

4.2.3. Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la elaboración del proyecto son:

- Autocad: es un software de diseño por computadora (CAD), es utilizada para crear y editar planos diseñados en 2D y 3D. Es una herramienta fundamental para diseñadores gráficos para y profesionales de la construcción. Fue utilizado para la elaboración de los planos para la construcción y elaboración de la red line.
- solidworks: es un software de diseño por computadora (CAD) en 3D que permite crear modelos, piezas, ensambles y dibujos. Se trata de una herramienta que se utiliza para agilizar el proceso de diseño y fabricación, y que cuenta con una interfaz intuitiva y personalizable. Este software fue utilizado para la fabricación de elementos estructurales.
- Navisworks: es un software de autodesk que se utiliza para revisar modelos 3D en el sector de la construcción permite a abrir y combinar modelos 3D, navegar por los modelos en tiempo real, integrar modelos 3D con datos de otras disciplinas, detectar interferencias, simular la construcción en 4D, generar representaciones fotorrealistas, publicar en formato PDF. Este software fue utilizado para visualizar interferencias en la etapa de la construcción.

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

- LAPTOP
- Computadoras de escritorio
- Impresora

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

En la figura 31 se presenta el cronograma de actividades para la construcción del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación.

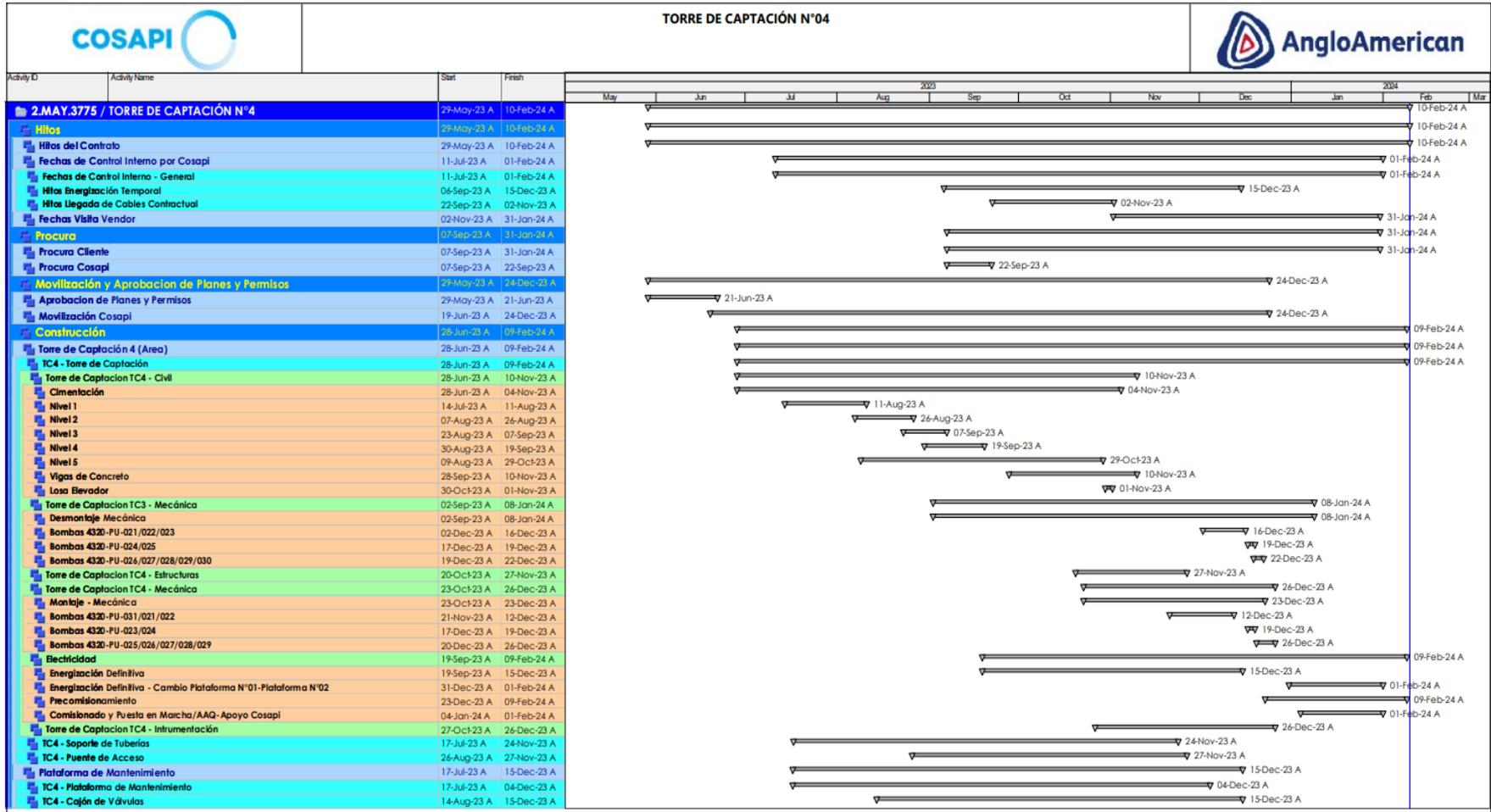


Figura 32. Cronograma de construcción

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Se desarrolla la secuencia llevada para la construcción del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación. El proceso y secuencia sigue la siguiente orden:

4.3.2.1. Elaboración de ingeniería

Se realizan la ingeniería de detalle y básica de diferentes proyectos en cartela del presente año, con el apoyo de contratistas especialistas en realizar ingeniería tales como Fluor Corporación, Ausenco, Bisa Ingeniería, WSP Ingeniería, etc. Ingeniería de proyecto desde el inicio hasta su término.

4.3.2.2. Elaboración del *capex*

En esta etapa del proyecto se realiza el costo total. Se incluyen contingencia del 15 %, adicionales donde no se contemplan en los planos, costo de supervisión, etc.

4.3.2.3. Elaboración del *sow* (alcance del proyecto)

Es el documento que detalla con claridad los objetivos, entregables, plazos, responsabilidades, alcances y presupuesto del proyecto. Cronograma de actividades indicando el inicio y fin del proyecto.

4.3.2.4. Compra de materiales

Con la lista de materiales ya confirmados de los metrados, se envía al área de compras para la respectiva cotización, aprobación y compra.

4.3.2.5. Licitación del proyecto

En esta etapa con el apoyo del área de *supply chain* ingresa a licitación del proyecto invitando a diferentes contratistas, realizando la visita de campo con las contratistas, respuestas a las consultas y seguimiento hasta la adjudicación.

4.3.2.6. Proceso de construcción

Supervisión constante en la construcción del proyecto del proyecto, liderar las reuniones contractuales, entrega de áreas, entrega de suministro de materiales, controlen las HH y equipos a usar. Coordinaciones de definiciones en terreno, seguimiento del 3W y cronograma de trabajo.



Figura 33. Proceso de construcción de torre de captación



Figura 34. Proceso de montaje estructuras metálicas



Figura 35. Proceso de fabricación

4.3.2.7. Puesta en marcha

Al término de la construcción se procede a la puesta en marcha del proyecto, el precomisionamiento y comisionamiento, pruebas con carga al 25 %, 50 %, 75 % y al 100%



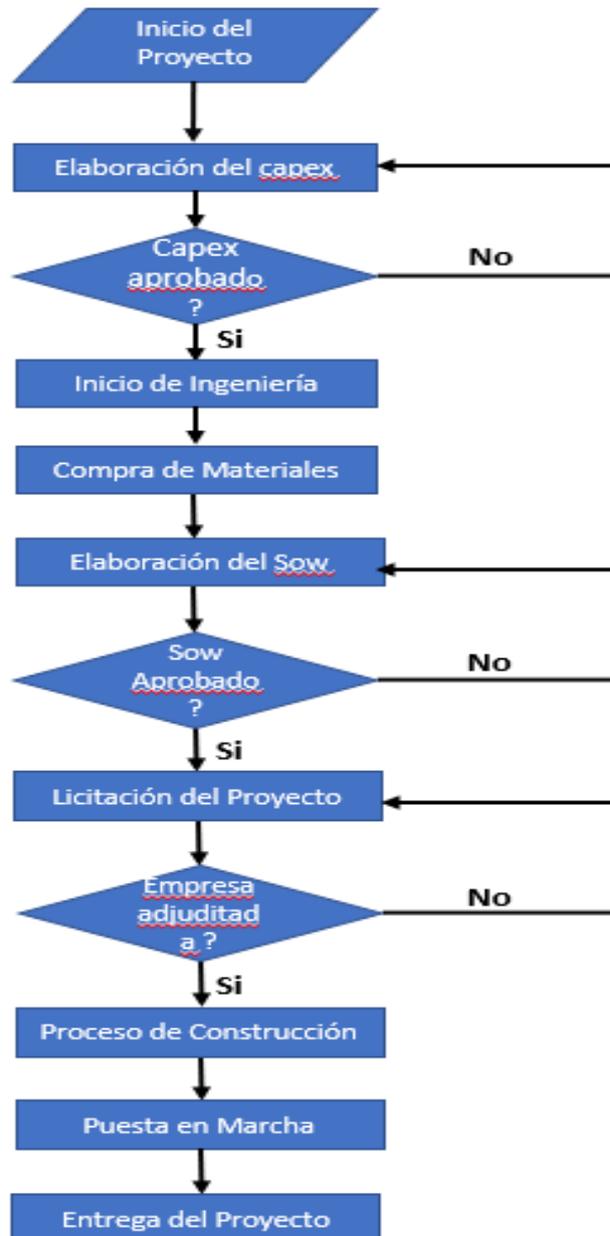


Figura 36. Pruebas de puesta en marcha

4.3.2.8. Entrega del proyecto

Una vez concluidas las diferentes pruebas, se realiza el acta de entrega del proyecto a operaciones.

4.3.2.9. Diagrama de flujo del proceso y secuencia



CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

- Se determinaron los parámetros de diseño para el dimensionamiento del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación, los parámetros principales que intervinieron en los cálculos fueron, el volumen promedio requerido para las operaciones, dimensionamiento de las bombas vertical, diámetro y espesor de la tubería.
- Se realizaron los planos para la construcción, planos civiles, mecánicos, tuberías, eléctricos e instrumentación.
- Se realizó el SOW (alcance del proyecto), indicando el alcance del proyecto, los entregables, plazos, responsabilidades y el contrato de servicio.
- Se indicó a la contratista quien realizara la construcción del proyecto. Presupuesto de ejecución a suma alzada.
- Se realizó el análisis de costo del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación. El costo total de ejecución de ingeniería, suministro y construcción asciende a \$ 29,200.000

5.2. Logros alcanzados

Se logró realizar la ingeniería de diseño, construcción y puesta en marcha del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación, para un caudal de diseño de 6480 m³/h requerido para la operación minera.

- Se logró concluir la ingeniería de detalle y básica del dimensionamiento de las bombas verticales a utilizar, según caudal de agua requerido, así como el diámetro y espesor de tubería a utilizar.
- Realización del y *capex* del proyecto, antes de inicio de actividades.
- Se logró realizar la cotización y compra de los suministros de los materiales tales bombas verticales, tuberías y accesorios, válvulas. Antes de inicio del proyecto.
- Se logró realizar los procesos de fabricación de los soportes y estructuras metálica, spool de tuberías, y traslados a site, antes de que inicie el proyecto. Cabe mencionar que los cálculos de estrés y tipos de soportes y estructuras metálicas no forman parte del objetivo de la tesis presentada.
- Se logró realizar la licitación del proyecto con diferentes contratistas, y se indicó a la contratista ganadora quien realizara el proyecto. Presupuesto a suma alzada.
- Se concluyó con el proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación, en tiempo, costo, calidad y seguridad.

5.3. Dificultades encontradas

Una de las dificultades principales del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación fue la fecha de término del proyecto, fecha inamovible, la cual era la fecha de inicio de toda la operación minera.

El proceso de chancado y refine de mineral ya se contaba con la fecha de inicio, y el agua para el proceso es de suma importancia. Se tenía que realizar un seguimiento semanal, mensual en la construcción, suministro de materiales, equipos y personal, etc, para el termino en la fecha programada.

5.4. Planteamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

- Se sugiere la instalación de una bomba más adicional de lodos, en los planos de construcción solo indica una sola bomba y la propuesta es que se tenga dos bombas de lodo una en cada extremo.

- La instalación de válvulas de 16 pulgadas en cada línea de descarga, válvulas adicionales a los que ya se indican en los planos.

5.4.2. Descripción de la implementación

- En el caso de incrementar una bomba de lodos en un extremo tal como se indica en plano donde se detalla, se eliminaría los lodos a la par en la cámara de succión de la torre de captación y no solo en una determinada área.
- En cuanto a la instalación de válvulas de 16 en las líneas de descarga de las bombas, en los planos indica válvulas al ingreso del manifold, pero si una de las válvulas se malogre se tendría que parar el funcionamiento de todo el sistema para realizar el cambio, es por eso la petición y si se incremente la instalación de la válvula las líneas serían más independientes en caso de inconvenientes.

5.5. Análisis

El proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación partió con la ingeniería de diseño y dimensionamiento de las bombas verticales, diámetro y espesor de las tuberías a utilizar succión y descarga y pipeline. Todo esto según el caudal requerido para la operación minera.

Para la construcción del proyecto se siguió procedimientos tales como ejecución de la ingeniería, suministro de materiales, fabricación, construcción y puesta en marcha, logrando concluir el proyecto para los fines propuestos y requeridos para la operación minera.

5.6. Aporte del bachiller en la empresa

Como supervisor del área de proyectos mecánico y tuberías en la empresa mis aportes se indica a continuación.

- Elaboración del *sow* y *capex* del proyecto.
- Elaboración de un plan de constructibilidad y restricciones antes de dar inicio al proyecto.
- Supervisión y revisión de los planos en la etapa de elaboración de la ingeniería del proyecto.
- Supervisión y seguimiento al suministro de los materiales por parte del cliente, en fechas de llegadas a site.
- Supervisión y seguimiento en el proceso de construcción, participación en las reuniones contractuales, seguimiento de 3W, HH ganadas, seguimiento a los avances semanales.
- Supervisión y puesta en marcha del proyecto.
- Entrega del proyecto en tiempo, costo, calidad y seguridad.

CONCLUSIONES

Se determinaron los parámetros principales para la ingeniería de diseño del proyecto sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación, la cual se detalla a continuación.

1. Se realizó el cálculo del diámetro y espesor de tubería necesario para el caudal de diseño máximo que es 6480 m³/h. El sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación funcionara con siete (7) bombas en forma paralela y tres (3) en *stand bye*. Las tuberías de descarga de las bombas verticales son de 16 pulgadas con un espesor de 9.5 mm, y el pipeline tubería de carbón steel con un diámetro de 36 pulgadas y un espesor de 9.5 mm. Caudal nominal de la bomba vertical 720 m³/h.
2. Se realizó el cálculo y procedimiento de llenado de las líneas de tuberías del sistema de recuperación de agua a través de la torre de captación por dos líneas de tubería correspondientes a las bombas 27 y 29, y el tiempo de duración de llenado es de una hora.
3. Se consideró una presión atmosférica en la descarga del pipeline de 36 pulgadas llegada al TK-005 de la estación intermedia, presión cero para que inicie el siguiente proceso de recircular el agua hacia la planta de operación minera. En el diseño no contempla ninguna válvula en la salida del pipeline.
4. Se realizaron el seguimiento del suministro y llegada de los materiales a site, se cumplieron las fechas de llegadas y no se tuvo retrasos en el proceso de la construcción. Todo esto con el hito de fecha de inicio del proyecto.
5. Al término de la construcción el presupuesto total de la ingeniería y construcción resultó ser \$29,200.000 (veintinueve millones doscientos mil dólares) se cumplió con el *capex* proyectado que es \$ 30.000.000. (treinta millones de dólares). Esto se logró con el seguimiento al cronograma de actividades, seguimiento a los informes semanal y mensual emitido por el área de costo sobre el proyecto, seguimiento al suministro de los materiales por parte del cliente y contratista, seguimiento a las diferentes fabricaciones de tubería y estructuras metálicas programadas.
6. La contratista realizó la fabricación en tres (3) talleres diferentes para realizar la fabricación de spool de tubería, soportaría, y estructuras metálicas para llegar a las fechas involucradas al término del proyecto. La fabricación contempla habilitado de material, armado, soldeo y pintado. Con el seguimiento realizado, se cumplieron las fechas de entrega y llegada a site.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la instalación de una bomba de lodos adicional a la que se indica en los planos para eliminar las lamas que ingresan a la cámara de succión de la torre de captación y así evitar el atascamiento de las bombas al momento de la succión.
2. Para evitar el ingreso de lamas en la cámara de succión de la torre de captación, se recomienda la colocación de boyas con geomembrana que servirá como filtro.
3. Se recomienda realizar la batimetría y así tener presente la profundidad de lamas cerca de la torre de captación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGLOAMERICAN. ¡Quellaveco avanza! Innovación y sostenibilidad para Moquegua y el Perú. [En línea] angloamerican, 23 de septiembre de 2022. [Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2024.] <https://peru.angloamerican.com/>.
2. MINISTERIO DE ENERGÍA – GOBIERNO DE CHILE. Norma técnica y calidad de servicio.[En línea]Santiago de Chile, mayo 2018. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2024.] https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/NTSyCS_May18.pdf
3. SOFTWARE. 2015. Modelador de tubería synerg pipeline simulator v.10sps. .[En línea] Veracity, Chile, 2015. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2024.] <https://www.dnv.com/software/services/pipeline/synergi-pipeline-simulator-index/>
4. RUHRPUMPEN. *Manual de instalación y operación de las bombas verticales vct (kx)*. Santiago de Chile, Chile, 2019. p. 149.
5. TECNEX, INGENIEROS LTDS. 1993. *Curso de transporte hidráulico de sólidos*. 1 edición. Santiago de Chile : Codelco Chile División El Teniente, 1993. pág. 90. Curso.
6. MENDILUCE ROSICH, Enrique. 1987. *Golpe de ariete en impulsiones*. Santiago de Chile : Bellisco, 1987.
7. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME),. 2023. *ASME B31.3 Tubería de procesos*. Lima : Merma, 2023. 9780791876725.
8. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *ASME B31.4. Sistema de transporte por tuberías para líquidos y lodos*. .[En línea] 2022. [Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2024.] https://corgasa.pe/wp-content/uploads/2024/08/ASME-B31.4-2022-Tuberia-Transporte-Sistemas-para-Liquidos-y-Lodos.pdf?srsId=AfmBOoquww8BxuVgVXYNi6YkzN5Hkru89_79kY8GVuIOwoCiP_YPjvHn

ANEXOS

Anexos 1

Hoja de cálculo del colapso de la tubería

	Material	E [Mpa]	SMYS (Mpa)	μ
Acero	API 5LX 60	199,948	413	0.3

Fórmula de Timoshenko

El sigma admisible (esfuerzo), es el que admite la norma de diseño (B31.4, B31.3, etc) que se utiliza para la cañería.

D en estricto rigor es hasta la fibra neutra, pero Di y De son casi iguales para pared delgada.

El dato de Dmáx y Dmín puede ser adoptado por el diseñador o ver la norma dimensional de fabricación de la cañería.

D max	918.4	mm
D min	910.4	mm
D	914.4	mm
δn	9.53	mm
G	1.60	mm
δ	7.93	mm
E	199,948	Mpa
μ	0.3	-
σ	413	Mpa

fo	0.00874891	-
P e1	0.29	Mpa
P p	7.23	Mpa
D m	906.47	mm

A	1	-
B	-8.0	-
C	2.1	-

Pc1	7.69	Mpa
Pc2	0.28	Mpa

76.89 bar

784.831 mca

Pc1	7.689	kPa
Pc2	276.5	kPa
Pc2	40.1	psi

$$p_c^2 - \left[p_p + \left(1 + \frac{1.5 * f_0 * D}{\delta} \right) * p_{e1} \right] * p_c + p_{e1} * p_p = 0$$

$$\delta = \delta_n - A$$

$$D_m = D - \delta$$

$$p_{e1} = \frac{2 * E}{(1 - \mu^2)} * \left(\frac{\delta}{D_m} \right)^3$$

$$p_p = 2 * SMYS * \left(\frac{\delta}{D_m} \right) \quad f_0 = \frac{D_{max} - D_{min}}{D}$$

- Pc Presión de colapso [Mpa].
- Pe1 Presión tórica de colapso
- Pp Presión de colapso por ovalidad [Mpa].
- E Módulo de Young del material [Mpa]
- SMYS Tensión de fluencia del acero [Mpa]
- μ Módulo de Poisson del material [-].
- δ Espesor de cañería [mm].
- δn Espesor nominal de cañería [mm].
- G Tolerancias por norma o diseño [mm].
- S Esfuerzo admisible según norma de diseño [Mpa]
- Dm Diámetro promedio [mm].
- D Diámetro nominal exterior de cañería [mm].
- Dmáx Diámetro promedio mas tolerancia según ASME B36.10
- Dmín Diámetro promedio menos tolerancia según ASME B36.10

Anexo 2
Hoja de materiales de la tubería

Pipe: schedule strength check ASME B31.4 Pipeline																						
NomOD Inch	Sch	Material	T °C	DP N/mm ²	F	E	Symin N/mm ²	S N/mm ²	Ref. S (B31.3) N/mm ²	D mm	A (allow) mm	tn mm	t mm	tr mm	MAOP N/mm ²	MASP N/mm	mTP bar	MATP bar	D/t	Msg	Remarks	
0.5	XS	A-106-GR.B	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	21.30	1.60	3.73	0.27	2.13	34.75	38.22	5.60	43.44	5.71			
0.75	XS	A-106-GR.B	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	26.70	1.60	3.91	0.34	2.31	30.06	33.07	5.60	37.58	6.83			
1	XS	A-106-GR.B	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	33.40	1.60	4.55	0.43	2.95	30.69	33.76	5.60	38.36	7.34			
1.5	XS	A-106-GR.B	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	48.30	1.60	5.08	0.62	3.48	25.04	27.54	5.60	31.30	9.51			
2	XS	A-106-GR.B	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	60.30	1.60	5.54	0.78	3.94	22.71	24.98	5.60	28.38	10.88			
3	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	88.90	1.60	5.49	1.15	3.89	15.21	16.73	5.60	19.01	16.19			
4	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	114.30	1.60	6.02	1.47	4.42	13.44	14.78	5.60	16.80	18.99			
6	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	168.30	1.60	7.11	2.17	5.51	11.38	12.51	5.60	14.22	23.67			
8	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	219.10	1.60	8.18	2.82	6.58	10.44	11.48	5.60	13.04	26.78			
10	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	273.00	1.60	9.27	3.52	7.67	9.76	10.74	5.60	12.20	29.45			
12	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	323.80	1.60	9.53	4.17	7.93	8.51	9.36	5.60	10.64	33.98			
14	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	355.60	1.60	9.53	4.58	7.93	7.75	8.52	5.60	9.69	37.31			
16	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	406.40	1.60	9.53	5.24	7.93	6.78	7.46	5.60	8.48	42.64			
18	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	457.20	1.60	9.53	5.89	7.93	6.03	6.63	5.60	7.53	47.97			
20	STD	A-53-GR.B Type E	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	508.00	1.60	9.53	6.55	7.93	5.42	5.97	5.60	6.78	53.31			
24	XS	API 5L GR.B DSAW	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	609.60	1.60	12.70	7.86	11.10	6.33	6.96	5.60	7.91	48.00			
28	XS	API 5L GR.B DSAW	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	711.20	1.60	12.70	9.17	11.10	5.42	5.97	5.60	6.78	56.00			
32	XS	API 5L GR.B DSAW	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	812.80	1.60	12.70	10.48	11.10	4.75	5.22	5.60	5.93	64.00			
34	XS	API 5L GR.B DSAW	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	863.60	0.80	12.70	11.13	11.90	4.79	5.27	5.60	5.99	68.00		Corrosion Allowance 0.8 mm	
36	XS	API 5L GR.B DSAW	37	4.48	0.72	1.00	241.32	173.75	137.90	914.40	0.80	12.70	11.79	11.90	4.52	4.97	5.60	5.65	72.00		Corrosion Allowance 0.8 mm	
Flange Group Material			1.1																			
ASME Class			300																			
Full Flange Rating			5.11 MPa																			
Line Class Rating			4.48 MPa																			
Corrosion Allowance			1.6 mm																			
Erosion Allowance			0 mm																			
User	Mariano Campos																		Project	Q1CO		
Client	Anglo-American																		Pipe class	CA1A		
Location	Peru																		Revision	0		
Release	4.0.1.1068																		Code	ASME B31.4		
Print date																			Page	1 of 1		

Anexo 3
Entregables

Entregable 1. Plan de calidad

	Plan PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:		Versión: 0
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006				Página: 1 de 1

COSAPI. SA

CONTRATO
CW142658

"CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE DE CAPTACIÓN DE AGUAS NRO 4 Y
PLATAFORMA DE LA SALA ELÉCTRICA NRO 2"

PLAN DE CALIDAD

NRO. REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	APROBACIONES	FIRMAS	FECHA
0	Tipo de Emisión (Para revisión)	ELABORADO POR: Frank Hinojosa R. Jefe de Calidad		20-06-2023
		REVISADO POR: Jaime Huanca Jefe de SSOMA		20-06-2023
		REVISADO POR: Christian Ratto Gerente de Construcción		20-06-2023
		APROBADO POR: Carlos Espinoza Gerente de Proyecto		20-06-2023
		Revisión por AAQSA (Sello Electrónico)		Digitally signed by Cruz Guevara, Giancarlo Date: 2023.06.21 15:55:35 -05'00'

RECT-142658-SITS-PLN-0006						
Participante	Resultado del paso	Estado del paso	Correcciones en línea añadidas	Archivo reemplazado	Comentarios	Fecha
Oscar Figueroa Beltrán Anglo American Quellaveco S.A.	Aprobado	Finalizado		SI		21-jun-2023




Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro Contrato: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 1 de 48	

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PROPÓSITO.....	4
3.	DEFINICIONES	4
4.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	5
5.	REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	6
6.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
7.	ELEMENTOS DE ENTRADA PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO	7
	7.1. COMPROMISO DE LA GERENCIA DEL PROYECTO	7
	7.2. POLÍTICA	8
	7.3. PARTES INTERESADAS.....	9
	7.4. MAPA DE PROCESOS DEL PROYECTO	10
	7.5. RECURSOS.....	10
	7.5.1. PERSONAS	10
	7.5.2. INFRAESTRUCTURA	15
	7.5.3. EQUIPOS DE PRODUCCIÓN	15
	7.5.4. AMBIENTE DE TRABAJO	15
	7.5.5. RECURSOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	16
	7.5.6. INFORMACIÓN DOCUMENTADA.....	16
8.	IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN EL PROYECTO.....	17
	8.1. Planificación (pLanificar la gestión de calidad).....	18
	8.1.1. OBJETIVOS DE CALIDAD	19
	8.1.2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	20
	8.1.3. PLANIFICACIÓN DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	21
	8.1.4. REVISIÓN DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL CLIENTE	21
	8.1.5. COMUNICACIÓN	22
	8.1.6. PRODUCTOS Y/O SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE	23
	8.2. Aseguramiento (gestionar la calidad).....	24
	8.2.1. PRODUCCIÓN Y PROVISIÓN DEL SERVICIO	24
	8.2.2. IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD.....	25
	8.2.3. PROPIEDAD DEL CLIENTE	25
	8.2.4. PRESERVACIÓN DEL PRODUCTO	25
	8.2.1. CONTROL DE CAMBIOS.....	26
	8.3. SEGUIMIENTO Y Control (CONTROL de Calidad)	26
	8.3.1. CONTROL DE CALIDAD	27

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 2 de 48	

8.3.2. CONTROL DE LAS SALIDAS NO CONFORMES	31
8.4. evaluación de desempeño.....	31
8.4.1. SEGUIMIENTO Y MEDICION (PROCESOS Y PRODUCTOS).....	32
8.4.2. SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	32
8.4.3. AUDITORÍA INTERNA.....	32
8.4.4. ANÁLISIS DE DATOS.....	33
8.5. Mejora de la Calidad.....	33
8.5.1. NO CONFORMIDADES Y ACCIONES CORRECTIVAS	34
8.5.2. MEJORA CONTINUA	34
9. CIERRE DE OBRA.....	35
9.1. CAMINATA (PUNCH LIST).....	35
9.2. DOSSIER DE CALIDAD/ CARPETAS TOP	35
9.3. PRE COMISIONAMIENTO/comisionamiento	35
9.4. CIERRE Y ACEPTACIÓN DEL PROYECTO.....	36
10. ANEXOS	36
10.1. RELACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SGC DE COSAPI.....	36
10.2. MAPA DE PROCESOS DEL PROYECTO	36
10.3. LISTADO DE PLANES DE puntos de INSPECCIÓN (Ppi's)	36
10.4. LISTADO de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TRABAJO	36
10.5. Organigrama de calidad	36

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 4 de 48	

PLAN DE CALIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla el Plan de Calidad propuesto por COSAPI S.A (en adelante, COSAPI) para el correcto aseguramiento, control y gestión de la calidad como parte de los servicios del proyecto "TORRE DE CAPTACIÓN N°4 y PLATAFORMA N°2" (en adelante, el Proyecto), para ANGLOAMERICAN QUELLAVECO S.A. (En adelante, el Cliente).

2. PROPÓSITO

El propósito del presente Programa de control de Calidad es establecer la manera de planificar, asegurar, controlar, registrar y mejorar los trabajos que se ejecuten en el Proyecto para obtener un trabajo que cumpla con las especificaciones técnicas, los requisitos del Cliente, la legislación vigente y los estándares de calidad de COSAPI.

El Plan además aplica a los siguientes procesos:

- ✓ Documentación (planes, procedimientos y registros)
- ✓ Adquisición y suministro de materiales y principales equipos a utilizar
- ✓ Auditorías internas
- ✓ Tratamiento del Producto No Conforme
- ✓ Análisis de datos

COSAPI, el enfoque de la Política de la Calidad (detallado en apartado **7.2 POLÍTICA**) es brindar a nuestros clientes servicios de construcción cumpliendo compromisos legales y contractuales para satisfacer sus requisitos en cuanto a plazo, costo previsto, calidad, seguridad y medio ambiente.

Para el cumplimiento de estos objetivos, utilizamos herramientas de gestión que nos ayudan a controlar y asegurar nuestros procesos en los proyectos y áreas de la organización, bajo un mismo estándar enfocado a la mejora continua e innovación.

El Sistema de Gestión de la Calidad de COSAPI cuenta con una certificación basada en la Norma ISO 9001:2015 vigente, la cual nos brinda una ventaja competitiva en el mercado, estableciendo un compromiso con la calidad del servicio y el Cliente.

3. DEFINICIONES

Esta sección ha sido incluida para definir los términos de COSAPI para el presente Plan.

- ✓ **Cliente:** Se entiende por ANGLOAMERICAN QUELLAVECO S.A.
- ✓ **Supervisión:** Es el representante designado por el Cliente para la supervisión de los trabajos.
- ✓ **Proyecto:** Es un esfuerzo temporal realizado por COSAPI, que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.
- ✓ **Construcción:** Comprende a la ejecución de las obras, como parte del alcance del trabajo.
- ✓ **Contratista:** Es la entidad que suscribe un contrato con el Cliente; el contratista del presente contrato de COSAPI.
- ✓ **Organización:** Se refiere a COSAPI.

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 6 de 48	

5. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL PLAN DE CALIDAD SOLICITADO	
Aspecto a abordar	Ítem del Plan
1. Plan para el control de Calidad.	6.3 Descripción del Sistema de Gestión de Calidad de Cosapi 7. Elementos de entrada para el sistema de gestión de Calidad 8. Implementación del sistema de gestión de Calidad en el proyecto.
2. Principales actividades de calidad	8.3 Aseguramiento y control (Control de Calidad) 10.3 Anexo: Listado de Planes de Puntos de Inspección 10.4 Anexo: Listado de procedimientos constructivos de trabajo
3. Personal asignado y sus funciones	7.5.1 Personas

Tabla 1: Información contenida en el Plan de Calidad

6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el Distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, a una elevación entre los 3,500 a 4,000 m.s.n.m.

Quellaveco es uno de los cinco yacimientos de cobre más grandes del mundo. Las principales instalaciones del proceso de esta minera, además del tajo de la mina y el chancador primario, son la planta de beneficio en la quebrada Papujune y la relavera en la quebrada Cortadera ubicada aproximadamente a 8 km al sur de la planta en Papujune.

En el Área 4000, Tailings Dam/Presas de Relaves, se encuentra el sistema de conducción de relaves que irá de la planta de Papujune hacia una presa de arranques. El sistema, diseñado con un concepto de descarga cero, permitirá reutilizar el agua que se recibe en la presa y retornarla a la planta de procesamiento del mineral. En el proceso de recuperación de aguas desde la laguna de clarificación se vienen construyendo las Torres de Captación N°1, N°2 y N°3.

El alcance de la licitación contempla la proyección de la construcción de la Torre de Captación N°4 y Plataforma de Sala Eléctrica N°2. Para la ejecución de este proyecto se describe los principales alcances:

Tuberías	Mecánica	Civil- Estructuras	Eléctrica	Instrumentación
- 10 bombas verticales tipo turbina, las cuales son 4320-PU-021 @ 4320-PU-024 y de 4320-PU-026 @ 4320-PU-031. (Aguas arriba) - Tie-Ins 001 y 002, que se une	La torre de captación N°4 con todos los equipos que lo compone.	- Excavación Localizada - Accesos - Drenajes - Concreto Armado - Soportes, plataformas de	- Conexión a estructura existente LT2-3, tipo A2+3, derivación de línea doble terna en 60 kV hasta el patio 60 kV en la Plataforma N° 2. - Suministro eléctrico y facilidades a la Torre N° 4.	- El límite del alcance aguas arriba es la interconexión de la Plataforma N°2 a la red de control y supervisión existente, mediante cajas de empalme. - El límite de alcance aguas abajo

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 9 de 48	

POLÍTICA DE LA CALIDAD

"Cosapi S.A. Ingeniería y Construcción brinda servicios de ingeniería, procura y construcción de obras civiles y electromecánicas a nivel nacional e internacional creando soluciones innovadoras para alcanzar los objetivos de los proyectos que ejecutamos, de nuestros Clientes y de las partes interesadas.

A través de nuestro propósito "Construimos confianza para transformar vidas" y nuestras estrategias, hemos definido lineamientos para mantener los estándares de nuestro Sistema de Gestión de Calidad que es aplicado en todos los proyectos que participamos.

Para garantizar a nuestros Clientes y Partes Interesadas los servicios que satisfagan sus expectativas, estamos comprometidos a:

- Cumplir con los requisitos asociados a la prestación del servicio, requisitos legales, reglamentarios y otros aplicables a la organización
- Desarrollar proyectos con estándares de calidad que aseguren el cumplimiento del alcance contratado
- Promover el desarrollo personal y profesional de nuestra gente formando líderes cuyos logros trasciendan en la empresa y en la sociedad
- Mantener una cultura que fomenta la innovación y la mejora continua de los procesos del Sistema de Gestión de Calidad
- Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos colaborativos de alto desempeño

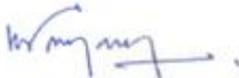

 Gerardo Luis Freire
 Gerente General

Figura 2: Política de Calidad del COSAPI

7.3. PARTES INTERESADAS

COSAPI determinará:

- ✓ Las partes interesadas que son pertinentes al proyecto
- ✓ Los requisitos pertinentes de estas partes interesadas para el sistema de gestión de calidad

Para el seguimiento y revisión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas pertinente al SGC, se empleará el "Registro de Necesidades y Expectativas de las Partes Interesadas" (PG-SG-01-F13), este documento será específico para el proyecto y será elaborado por el Equipo de Dirección del Proyecto (EDP).

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 19 de 48	

- Los recursos (¿Cómo lo haremos?)
 - Las responsabilidades (¿Quién?)
 - La programación de la implementación del Plan de Calidad (¿Cuándo?)
- ✓ Realizar la difusión de los objetivos del Proyecto

8.1.1. OBJETIVOS DE CALIDAD

La Gerencia del Proyecto se asegurará que los Objetivos de la Calidad (ver PLT-CAL-01, "Política y Objetivos de la Calidad"), incluyendo aquellos que sean necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes del Proyecto. Los Objetivos de la Calidad son medibles y coherentes con la Política de la Calidad.

El logro de estos objetivos tendrá un impacto positivo sobre la calidad del producto, en la eficacia operativa y el desempeño de los costos, y en consecuencia, sobre la satisfacción y confianza del Cliente.

Nuestro compromiso en todas las etapas del Proyecto está expresado de la siguiente manera.

OBJETIVOS DE LA CALIDAD

Para el cumplimiento de nuestra Política de la Calidad se han definido los siguientes Objetivos:

- Lograr la satisfacción del Cliente mejorando continuamente nuestros procesos con innovación, mejora de procesos y nuevas metodologías
- Mejorar los resultados de los proyectos en plazo, calidad y costo
- Desarrollar y mantener a nuestro personal constantemente calificado en todos los niveles de la organización
- Mantener una cultura de calidad en la organización
- Minimizar reprocesos y/o desviaciones



Gerardo Luis Freire
Gerente General

Figura 4: Objetivos de Calidad del COSAPI

Los objetivos del Sistema de Gestión de Calidad establecen indicadores (KPI's), los cuales serán controlados y monitoreados a nivel organizacional.

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:		Versión: 0
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006				Página: 26 de 48

8.2.1. CONTROL DE CAMBIOS

Cuando el contrato no especifique los requerimientos con suficiente detalle o no haga referencia alguna a cuál es el procedimiento que debe seguirse para los Cambios, COSAPI sugerirá que previo al inicio de actividades se genere un Plan de Gestión de Cambios y este sea aprobado por el Cliente, para asegurar que todas las partes tengan un entendimiento común de cómo serán gestionados los cambios.

El proceso de gestión de cambios será controlado y canalizado a fin de lograr su comunicación completa a todas las partes involucradas, asegurando que los posibles impactos producto de los cambios sean plenamente identificados, dimensionados, e incorporados en el proyecto, habiendo sido mitigados cuando fuera necesario. Todo cambio deberá ser aprobado por las personas asignadas.

8.3. SEGUIMIENTO Y CONTROL (CONTROL DE CALIDAD)

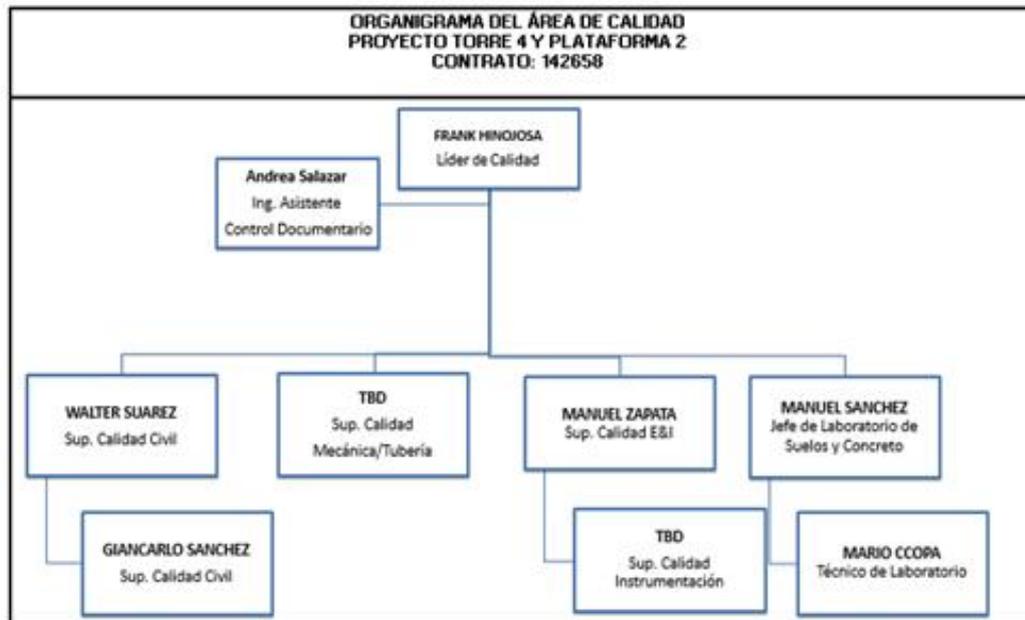


Figura 5: Diagrama del Control de la Calidad en el Proyecto

Entregable 1. Plan de calidad

	PLAN DE CALIDAD				
	Nro: CW142658	Área: Calidad	Código:	Versión: 0	
	DIRECT-142658-SITS-PLN-0006			Página: 48 de 48	

ANEXO 10.5 – ORGANIGRAMA DE CALIDAD



Entregable 2. Alcance del proyecto

Solo para uso interno



QUELLAVECO

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1
Renovación: 0

Código del CDI	AA-QLL-SITS-TDR-0001	F. Revisión	23 Aug 2022 15:09 BST
Código del DCO	No Aplica	F. Aprobación	29 Aug 2022 18:28 BST
Propietario del CDI	Gallardo Zumaeta, Jorge Luis (jgallard1)	F. Liberación	29 Aug 2022 18:28 BST
Tipo	Alcance de los Trabajos	F. Renovación	No Aplica
Subtipo	SI-Construcción TSF	F. Obsoleto	No Aplica
Sección / Gerencia	SI-Proyectos SIB y Gobernanza		
Plantilla base	No Aplica		
Autores	No Aplica		

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

Revisado por

Claros Jacinto, Evelyn Milagros (eclaros) 23 Aug 2022 15:09

Aprobado por

Garcia Ruiz, Jorge Antonio (jogarcia) 23 Aug 2022 16:10
Lindley Mannarelli, Aldo Alfredo Martin (alindley) 23 Aug 2022 17:38
Montero Alvarado, Fernando Gabriel (fmonter1) 24 Aug 2022 00:50
Hurtado Bustamante, Fatima Candelaria (fhurtado) 24 Aug 2022 22:48
Guzman Urrunaga, Julio Enrique (eguzman) 27 Aug 2022 00:29
Solorzano Huerta, Luz Fabiola (lusolor) 27 Aug 2022 17:16
Cruz Campos, Alan (acruz) 29 Aug 2022 16:22
Porteous, Michael (mporteu) 29 Aug 2022 18:25

Códigos relacionados

No Aplica

Razón del cambio

Alcance de Trabajo

Entregable 2. Alcance del proyecto

TORRE DE CAPTACIÓN N°4 Y PLATAFORMA N°2

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVO.	3
1.1.	GENERAL.	3
1.2.	ESPECÍFICOS.	3
1.3.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	3
1.3.1.	UBICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3.2.	INFORMACIÓN DEL TERRENO Y CONDICIONES CLIMÁTICAS	5
1.3.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS/SERVICIOS A REALIZAR.	7
2.1.	METRADO.	7
2.2.	TRABAJO A INCLUIR - GENERAL.	7
2.2.1.	CONSTRUCCION	9
2.2.2.	LIMITE DE BATERIA.	11
2.3.	TRABAJO A INCLUIR ESPECIFICO – MECANICA Y TUBERIAS.	14
2.3.1.	INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.	17
2.3.2.	INCORPORACIÓN AL TRABAJO ESPECÍFICO -TUBERÍAS	17
2.3.3.	MONTAJE DE EQUIPOS.	19
2.3.4.	MONTAJE DE PLATEWORKS	22
2.3.5.	MONTAJE - TUBERÍAS	22
2.4.	TRABAJO A INCLUIR ESPECÍFICO – MOVIMIENTO DE TIERRA	24
2.4.1.	OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRA.	25
2.5.	TRABAJO A INCLUIR ESPECÍFICO – CIVILES	30
2.5.1.	OBRAS CIVILES - CONCRETO	31
2.6.	TRABAJO A INCLUIR ESPECIFICO – ESTRUCTURAS.	37
2.6.1.	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES MODULARES.	38
2.6.2.	CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS	40
2.6.3.	MONTAJE DE ESTRUCTURAS.	43
2.7.	TRABAJO A INCLUIR ESPECIFICO – ELECTRICA E INSTRUMENTACION.	45
2.7.1.	TRABAJOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE CONTROL.	45
2.7.2.	TRABAJOS ESPECIFICO DE ELECTRICIDAD	49
2.7.3.	TRABAJOS ESPECIFICO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE CONTROL.	53
2.8.	SUMINISTROS MECANICO Y TUBERIAS.	58
2.8.1.	SUMINISTROS MECANICO POR EL PROPIETARIO.	58
2.8.2.	SUMINISTROS TUBERIAS POR EL PROPIETARIO.	59
2.8.3.	SUMINISTROS TUBERIAS POR EL CONTRATISTA.	60
2.9.	SUMINISTROS MOVIMIENTO DE TIERRA.	62
2.9.1.	SUMINISTROS MOVIMIENTO DE TIERRA POR EL PROPIETARIO.	62
2.9.2.	SUMINISTROS MOVIMIENTO DE TIERRA POR EL CONTRATISTA.	62
2.10.	SUMINISTROS CIVILES.	63
2.10.1.	SUMINISTROS CIVILES POR EL PROPIETARIO.	63
2.10.2.	SUMINISTROS CIVILES POR EL CONTRATISTA.	63
2.11.	SUMINISTROS ESTRUCTURAS.	64
2.11.1.	SUMINISTROS ESTRUCTURAS POR EL PROPIETARIO.	64
2.11.2.	SUMINISTROS ESTRUCTURAS POR EL CONTRATISTA.	64
2.12.	SUMINISTROS ELECTRICO.	66
2.12.1.	SUMINISTROS POR EL PROPIETARIO – TRABAJOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	66
2.12.2.	SUMINISTROS POR EL CONTRATISTA – TRABAJOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	67

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

Entregable 2. Alcance del proyecto



Copia NO Controlada

[OFFICE]

AA-QLL-SITS-TDR-0001

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1

Vigente

Fecha: 29/08/2022

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

2.13.	SUMINISTROS DE INSTRUMENTACION.	68
2.13.1.	SUMINISTROS POR EL PROPIETARIO – TRABAJOS DE INSTRUMENTACION Y SISTEMA DE CONTROL.	68
2.13.2.	SUMINISTROS POR EL CONTRATISTA – TRABAJOS DE INSTRUMENTACION Y SISTEMA DE CONTROL.	70
2.14.	HITOS DEL PROYECTO.	70
3.	ENTREGABLES.	78
3.1.	ALCANCES DE TRABAJO.	78
3.2.	CANTIDADES.	78
3.3.	COSTOS.	78
3.4.	CRONOGRAMAS.	78
3.5.	LISTA DE MATERIALES.	79
4.	EXCEPCIONES DEL SERVICIO.	80
4.1.	TRABAJOS EXCLUIDOS.	80
5.	CRITERIOS PARA EJECUCIÓN.	80
5.1.	PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA.	80
5.1.1.	HORARIO DE TRABAJO Y ROTACIONES	81
5.1.2.	PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	81
5.1.3.	ACTUALIZACIONES DEL PROGRESO	81
5.2.	RECURSOS.	82
5.2.1.	STAFF.	82
5.2.2.	EQUIPOS.	83
5.3.	SEGURIDAD Y SALUD.	83
5.3.1.	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	83
5.3.2.	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE TRABAJO	84
5.3.3.	ANÁLISIS DE RIESGOS	84
5.3.4.	CHARLAS DE SEGURIDAD	84
5.3.5.	PERMISO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS)	84
5.3.6.	SEÑALES Y CERCOS TEMPORALES	84
5.3.7.	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	84
5.4.	MEDIO AMBIENTE.	85
5.5.	RELACIONES COMUNITARIAS/ GESTIÓN SOCIAL.	86
5.6.	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.	86
5.7.	PERMISOS.	87
6.	INFORMACIÓN ADICIONAL.	87
6.1.	SERVICIOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.	87
6.2.	FACILIDADES TEMPORALES Y UTILIDADES	89
6.3.	MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO	90
6.3.1.	MODALIDAD DE CONTRATACIÓN	90
6.3.2.	PLANILLA DE PRECIOS	90
6.3.3.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	90
6.3.4.	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	91
6.4.	CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES.	146
6.4.1.	NORMAS CÓDIGOS Y ESTÁNDARES PERUANOS	147
6.4.2.	NORMAS CÓDIGOS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES	148
7.	RESPONSABILIDADES DE LAS PARTES.	149
8.	APROBACIONES NECESARIAS.	150
9.	REPORTES E INFORMES PARA PRESENTAR.	150
10.	INDICADORES DE GESTIÓN DE SERVICIO.	152
11.	SUBCONTRATISTAS.	153
12.	ANEXOS.	153

Entregable 2. Alcance del proyecto



Original del Documento

[OFICIAL]

AA-QLL-SITS-TDR-0001

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1

Vigente

Fecha: 29/08/2022

1. OBJETIVO.

1.1. GENERAL.

El objetivo del presente alcance de trabajo es requerir de un CONTRATISTA que brinde EL SERVICIO a través de un Contrato Integral denominado "TORRE DE CAPTACIÓN N°4 y PLATAFORMA N°2", de propiedad de ANGLOAMERICAN QUELLAVECO SA en la relavera de la quebrada Cortadera, ubicada aproximadamente a 8 km al sur de la planta en Papujune de la Minera Quellaveco (de ahora en adelante AAQSA).

1.2. ESPECÍFICOS.

El CONTRATISTA proveerá mano de obra adecuada y competente, supervisión, herramientas, equipos, materiales y consumibles, servicios, laboratorio con dispositivos para ensayos, bodegas, almacenaje, aseguramiento y control de calidad para la correcta ejecución de obras correspondiente a la "TORRE DE CAPTACIÓN N°4 y PLATAFORMA N°2", de la recuperación de agua.

El CONTRATISTA debe tener experiencia y estar debidamente calificado, registrado, autorizado, equipado y organizado, además, debe contar con personal capacitado, herramientas y equipos adecuados para la prestación de EL SERVICIO, al igual que la competencia técnica, la capacidad financiera y las habilidades gerenciales necesarias para el desempeño de EL SERVICIO y el cumplimiento de las obligaciones descritas en este alcance.

El presente documento indica el alcance de los trabajos que conforman el paquete de Instalaciones "Civiles, Mecánico, Tuberías, Eléctrico e Instrumentación", que incluye, salvo que se estipule expresamente lo contrario, todos y cada uno de los trabajos requeridos por los planos y documentos incluidos en las bases del presente Contrato, y que son necesarios para cumplir con el hito de término de Construcción.

1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

1.3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

Políticamente el área del proyecto corresponde al Distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, a una elevación entre los 3,500 a 4,000 m.s.n.m.

El acceso desde Moquegua es mediante vía terrestre Moquegua – Samegua – Cuajone – Quellaveco, a través de una vía asfaltada de aproximadamente 35 km. El tiempo estimado de viaje es de 1 hora y media partiendo desde la ciudad de Moquegua.

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

Fecha de generación: 30 Aug 2022 14:30 BST

01-4-2-100

Entregable 2. Alcance del proyecto



Código del Contrato

[OFFICIAL]

AA-QLL-SITS-TDR-0001
Vigente

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1
Fecha: 29/08/2022

ítems no medidos hayan sido excluidos o que las Unidades de Trabajo sin indicaciones excluyan dichos ítems no medidos.

- e) Es posible que las descripciones de Precios Unitarios indiquen la incorporación de ciertos ítems de suministro. Tales indicaciones se efectuarán para efectos de claridad y ello no implicará que otros ítems de suministro hayan sido excluidos o que las Unidades de Trabajo sin indicaciones excluyan dichos ítems de suministro.

2.2.1. CONSTRUCCION

El Contratista será responsable de toda la construcción e instalación, incluyendo, entre otros, mano de obra, equipos, herramientas, materiales, consumibles, instalaciones temporales, sub-Contratistas especializados y generales, en coordinación con otros contratos del proyecto, así como toda la supervisión y el personal de soporte de campo según sea necesario para completar las obras del proyecto.

El Contratista será responsable de la ejecución de la construcción e instalación del Trabajo, con el objetivo de entregar una instalación completa, a tiempo, y dentro del presupuesto. Por lo tanto, la planificación detallada de la construcción e instalación del Trabajo es un factor clave para el éxito del Proyecto.

El Contratista deberá definir la secuencia de construcción óptima, de acuerdo con la estrategia de ejecución definida considerando la optimización de los requisitos de mano de obra y equipo para efectuar una máxima producción con recursos mínimos, y así reducir el costo total del Proyecto.

El Contratista planificará el trabajo de construcción definiendo los paquetes de actividades en forma lógica, teniendo presente que la ejecución de la construcción se efectúe en tantas actividades en paralelo como sea posible y en forma segura, con el fin de optimizar el cronograma de construcción.

El Plan de Ejecución del Contratista y el Plan de Gestión de Calidad deberán ser coherentes y complementarios. El Plan de Ejecución y los elementos de la construcción e instalación que el Contratista deberá incorporar en la planificación de la construcción incluyen, entre otros y sin limitarse a:

- Movilización.
- Disponibilidad y contratación de personal.
- Programa de salud, seguridad y medio ambiente (HSE).
- Planificar, programar y ejecutar el trabajo utilizando paquetes de trabajo de construcción (CWP).
- Programa de construcción nivel 4 identificando ruta crítica.

Comentarios al documento deben ser ingresados en el sistema.

Entregable 2. Alcance del proyecto

Copia No Controlada

JOFFH



AA-QLL-SITS-TDR-0001
Vigente

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1
Fecha: 29/08/2022

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

- Programa de construcción 03-Weeks look ahead.
- Presupuesto detallado de construcción.
- Instalaciones temporales de construcción.
- Utilidades de construcción.
- Demanda de agua de construcción. Disponibilidad, abastecimiento y almacenamiento.
- Demanda de combustible. Disponibilidad, abastecimiento y almacenamiento.
- Histogramas del uso de mano de obra directa, indirecta y equipos.
- Códigos de cuentas de costos de instalación.
- Monitoreo y control de costos de instalación.
- Monitorear y coordinar todas las actividades de instalación y cantidades instaladas diariamente.
- Fecha de entrega del área de trabajo de la Compañía de acuerdo con las fechas de hitos establecidos para el proyecto.
- Los servicios de instalación en sitio y fuera del sitio deben estar claramente identificados en el plan, indicando los recursos por ubicación, logística, infraestructura, servicios y alcance.
- Implementar métodos y técnicas de construcción innovadoras.
- Plan y procedimientos de aseguramiento y control de la calidad de la construcción.
- Presentaciones de constructibilidad previos al inicio del trabajo de instalación.
- Asistir en el desarrollo y la implementación de la política de relaciones laborales del sitio.
- Control de materiales incluyendo recepción, inspección, almacenamiento, y emisión de materiales en los diferentes frentes de trabajo de la construcción.
- Hacer levantamiento de planos red-line en forma continua.
- Mantener y emitir planos as-built.
- Término de la Construcción.
- Programa integrado para construcción y pruebas que son parte del "Construction Completion"
- Desmovilización.

Entregable 2. Alcance del proyecto



Copia No Controlada

OFFICIAL

AA-QLL-SITS-TDR-0001
Vigente

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1
Fecha: 29/08/2022

2.3. TRABAJO A INCLUIR ESPECIFICO – MECANICA Y TUBERIAS.

Este ítem describe todos los trabajos de mecánica y tuberías para la construcción de la "TORRE DE CAPTACIÓN N°4" del proyecto Quellaveco.

El Contratista debe proveer todas las actividades de topografía de precisión necesarias para la fabricación y/o montaje de equipos y del sistema de tuberías.

Previo a la fabricación las estructuras de acceso a los equipos, el Contratista deberá realizar todos los replanteos necesarios para prever y corregir toda interferencia o variación en el trazado. Esto deberá realizarse con los planos del proveedor de los equipos.

El Contratista deberá desarrollar en detalle el procedimiento de montaje del equipo, el cual estará de acuerdo con el manual del fabricante, y deberá ser aprobado previamente por el Propietario.

Previo a la fabricación y/o montaje de sistemas de tuberías, el Contratista deberá realizar todos los replanteos necesarios para prever y corregir toda interferencia o variación en el trazado.

Cualquier reparación de los sistemas de tuberías en terreno, ya sea de responsabilidad del contratista o de terceros deberá ser reparada por el Contratista. El Contratista deberá considerar todo lo necesario, como equipos, mano de obra, herramientas, materiales, etc, para realizar los trabajos de reparación al momento de ser detectados. Estas reparaciones no justificarán atrasos en el programa de construcción.

El Contratista deberá familiarizarse cabalmente, y con la debida anticipación, con los planos y otros documentos relacionados de las disciplinas (civil, estructuras, mecánica, electricidad, instrumentación y control), para resolver las discrepancias o interferencias que pudieran presentarse con lo establecido en los planos y documentos para las instalaciones del Proyecto.

Las correcciones propuestas deberán ser aprobadas, mediante planos "Red Line", por el Propietario o su representante.

En caso de que después de la adjudicación existan partidas distintas a las incluidas en el Alcance de Trabajo Especifico, el Contratista deberá valorizarlas en función y en concordancia con los desgloses informados en la cotización y registrados en el Alcance de su Contrato Especifico.

Durante la ejecución de los montajes, el Contratista deberá coordinar las actividades de las distintas disciplinas, que se ejecutarán dentro de su mismo Contrato.

Todo plano e isométrico elaborado por el Contratista deber ser aprobado por el Propietario o su representante, antes de proceder con la obra.

Los venteos y drenajes en tuberías de 2" y menores de aceros al carbono para prueba de presión de los sistemas de tuberías, no tendrán que mostrarse necesariamente en los planos de diseño de tuberías. Será responsabilidad del Contratista el diseño en detalle de estos elementos.

Una vez finalizado el Trabajo, el Contratista deberá proceder al retiro de todos los excesos. El Contratista será responsable de la limpieza de las áreas involucradas en sus actividades.

A continuación, se describe los equipos mecánicos y tuberías a instalar en la Torre N°4:

- Las bombas verticales son tipo turbina que serán instaladas en el nivel superior de la losa de concreto de la torre de captación N°4, TAG 4320-TW-033.

Se instalarán 10 bombas (8 operando + 2 en reserva) en la Torre, la longitud de eje de bomba desde la descarga hasta el fondo del colador es de 28.52 m. Al reubicar las bombas desde la Torre N°3 se deberá retirar una etapa (bombas de 7 etapas a ser instaladas con 6 etapas) y será reemplazada por un suple para mantener la altura de la columna.

Entregable 2. Alcance del proyecto

6. INFORMACIÓN ADICIONAL.

6.1. SERVICIOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.

EL CLIENTE proveerá ciertos servicios in sitio como se describe a continuación:

a. Servicios de Emergencia y Médico

EL CLIENTE proveerá todos los servicios de emergencia, incluyendo brigada de rescate, ambulancia y paramédicos, durante la duración del Trabajo sin costo para el CONTRATISTA o sus Subcontratistas. Adicionalmente, para emergencias el CONTRATISTA y sus Subcontratistas podrá asistir al servicio clínico médico del CLIENTE sin costo.

b. Servicios de Suministro de Combustible

EL CLIENTE suministrará combustible sin costo para EL CONTRATISTA. El combustible se suministrará en un grifo directamente a la cisterna del CONTRATISTA.

c. Seguridad (Security)

Es responsabilidad del CONTRATISTA, el resguardo de sus instalaciones temporales (como oficinas, almacenes, etc.) y también de sus equipos durante el día y la noche.

d. Servicio de Información ACONEX

EL CLIENTE brindará al CONTRATISTA un Usuario de Aconex para el envío y recepción de información relativo al Alcance y entregables.

e. Campamento y Servicio de Catering

EL CLIENTE otorgará el campamento y el servicio de catering para el personal del CONTRATISTA incluyendo Subcontratistas y proveedores de materiales en las instalaciones existentes del Proyecto en el Sitio. Se incluyen las comidas: desayuno, almuerzo y cena en los comedores del campamento.

Todos los empleados del CONTRATISTA, incluyendo Subcontratistas y Proveedores deben hospedar en el campamento de la Minera mientras se encuentren trabajando en el Sitio.

Al inicio de cada mes, EL CONTRATISTA debe presentar una curva actualizada de hospedaje en campamento, mostrando el número estimado de personas por tipo de habitación solicitada para el balance del proyecto. EL CONTRATISTA debe otorgar una notificación de 30 días al CLIENTE por todos los incrementos y reducciones en los requerimientos de residencia en el campamento.

Las normas de conducta de los empleados y Contratistas serán suministradas al CONTRATISTA ganador.

f. Transporte fuera de Mina

EL CONTRATISTA es responsable de otorgar el transporte que corresponda desde la Sede de Contratación hasta la mina y viceversa para todo su personal y subcontratistas.

g. Transporte dentro de Mina

EL CONTRATISTA debe proveer el transporte de bus para todo su personal dentro de las instalaciones mineras. Esto incluye transportar al personal del CONTRATISTA entre el campamento de construcción, instalaciones del comedor y frentes de trabajo en la mañana, al medio día y al finalizar la tarde. El mismo sistema se aplicará al turno noche.

Entregable 2. Alcance del proyecto



UPPER

AA-QLL-SITS-TDR-0001

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1

Vigente

Fecha: 29/08/2022

6.3.4. DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS

Líneas abajo se describen todas las partidas del documento N° DIRECT-GTP-58227-EST-0001, ESTIMADO DE COSTO CAPEX - PLATAFORMA 2 Y TORRE 4.

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

Item	Descripción	Descripción Complementaria	Und	Cant.
1	PLATAFORMA N° 2 Y TORRE DE CAPTACIÓN N° 4			
1.01	CIVIL Y ESTRUCTURAS			
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES			
01.01.01.01	Movilización y Desmovilización		glb	1
01.01.01.02	Trazo, Nivelación y Replanteo		mes	10
01.01.01.03	Obras Provisionales		glb	1
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS MASIVO			
01.01.02.01	TORRE DE CAPTACIÓN N° 4			
01.01.02.01.01	Excavación Masiva en Terreno Común	0.5km de Eliminación. Indicado AAQ	m3	4,974.75
01.01.02.01.02	Excavación Masiva con Ripper	0.5km de Eliminación. Indicado AAQ	m3	13,526.21
01.01.02.01.03	Excavación Masiva en Roca	Voladura, 0.5km Eliminación	m3	10,364.40
01.01.02.01.04	Relleno para berma de seguridad (Clase B)		m3	5
01.01.02.01.05	Trabajos complementarios: Perfilados, control de polvos otros	Estimado	glb	1
01.01.02.02	PLATAFORMA N° 2			
01.01.02.02.01	Excavación Masiva en Terreno Común	0.5km de Eliminación. Indicado AAQ	m3	10,381.72
01.01.02.02.02	Excavación Masiva con Ripper	0.5km de Eliminación. Indicado AAQ	m3	13,875.39
01.01.02.02.03	Excavación Masiva en Roca	Voladura, 0.5km Eliminación	m3	38,016.41
01.01.02.02.04	Relleno Masivo (Clase B)		m3	140
01.01.02.02.05	Relleno Masivo (Clase A)		m3	140
01.01.02.02.06	Relleno para berma de seguridad (Clase B)		m3	28
01.01.02.02.07	Trabajos complementarios: Perfilados, control de polvos otros	Estimado	glb	1
01.01.03	ACCESOS			
01.01.03.01	TORRE DE CAPTACIÓN N° 4			
01.01.03.01.01	Excavación Masiva en Terreno Común	0.5km de Eliminación. Indicado AAQ	m3	1,239.59

ENTREGABLE 2. ALCANCE DEL PROYECTO

Tabla 3.1 – Normas, Códigos y Estándares Peruanos

6.4.2. NORMAS CÓDIGOS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES

Normas, Códigos y Estándares Internacionales	
NEMA	National Electrical Manufacturer's Association
NEC	National Electrical Code
ANSI	American National Standard Institute
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IES	Illumination Engineers Society
ASTM	American Society for Testing of Materials
UL	Underwriters Laboratories
ICEA	Insulated Cable Engineers Association
NFPA	National Fire Protection Association
FMEA	Factory Mutual Engineering Association
MSHA	U.S. Mine Safety and Health Act
NESC	U.S. National Electric Safety Code
OSHA	U.S. Occupational Safety and Health Act
ASI	American Iron and Steel Institute
IEEE Std 693	Recommended Practice for Seismic Design of Substations
AWS	American Welding Society
ISA	Instrument Society of America
ASME	American Society of Mechanical Engineers
EIA	Electronic Industry Association
ISO	International Standard Organization
ISO 50001	Energy Management Standard
TIA	Telecommunications Industry Association
NOSA	National Occupational Safety Association
UBC	International Electro technical Commission

Tabla 3.2 – Normas, Códigos y Estándares Internacionales

En caso de existir alguna divergencia entre lo estipulado por dos o más códigos o estándares indicados más arriba se solicitará la aclaración a la Compañía.

Cualquier cambio de nomenclatura respecto de las normas aquí enumeradas, no afectará la obligatoriedad de ellas. Si cualquier ley, código, estándar o norma dejara de estar vigente, se deberá estimar debidamente aquella que la reemplaza.

Todo código o estándar al que se haga referencia explícitamente en éste se considerará parte de este documento, en todo aquello que no lo contradiga. Será responsabilidad del Contratista conocer los requisitos de estos códigos y estándares. Cualquier cambio o alteración que tenga que efectuarse a los diseños y/o equipos para cumplir con las exigencias de los códigos y estándares será de cargo del Contratista. Cuando algún equipo propuesto por el Contratista no cumpla completamente los requisitos solicitados, dichas excepciones deberán ser claramente indicadas por

Entregable 2. Alcance del proyecto

Copia No Controlada

[OFF]



AA-QLL-SITS-TDR-0001

Vigente

Torre de Captación N° 4 y Plataforma N° 2

Versión: 1

Fecha: 29/08/2022

el Contratista. No se permitirá ninguna excepción, a menos de que sea aprobada por escrito por la Compañía.

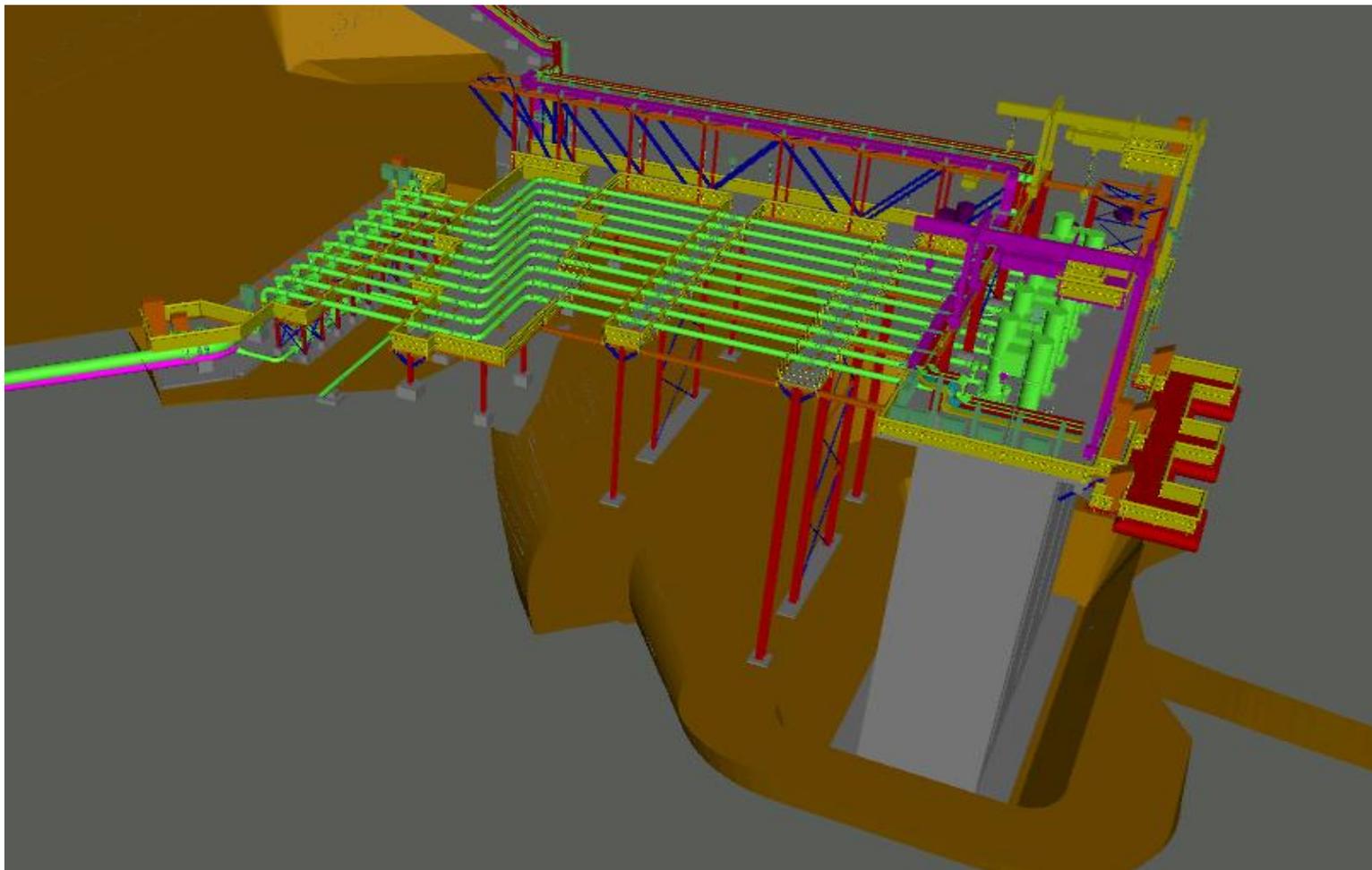
7. RESPONSABILIDADES DE LAS PARTES.

En la siguiente tabla se muestra los requerimientos para estos ítems.

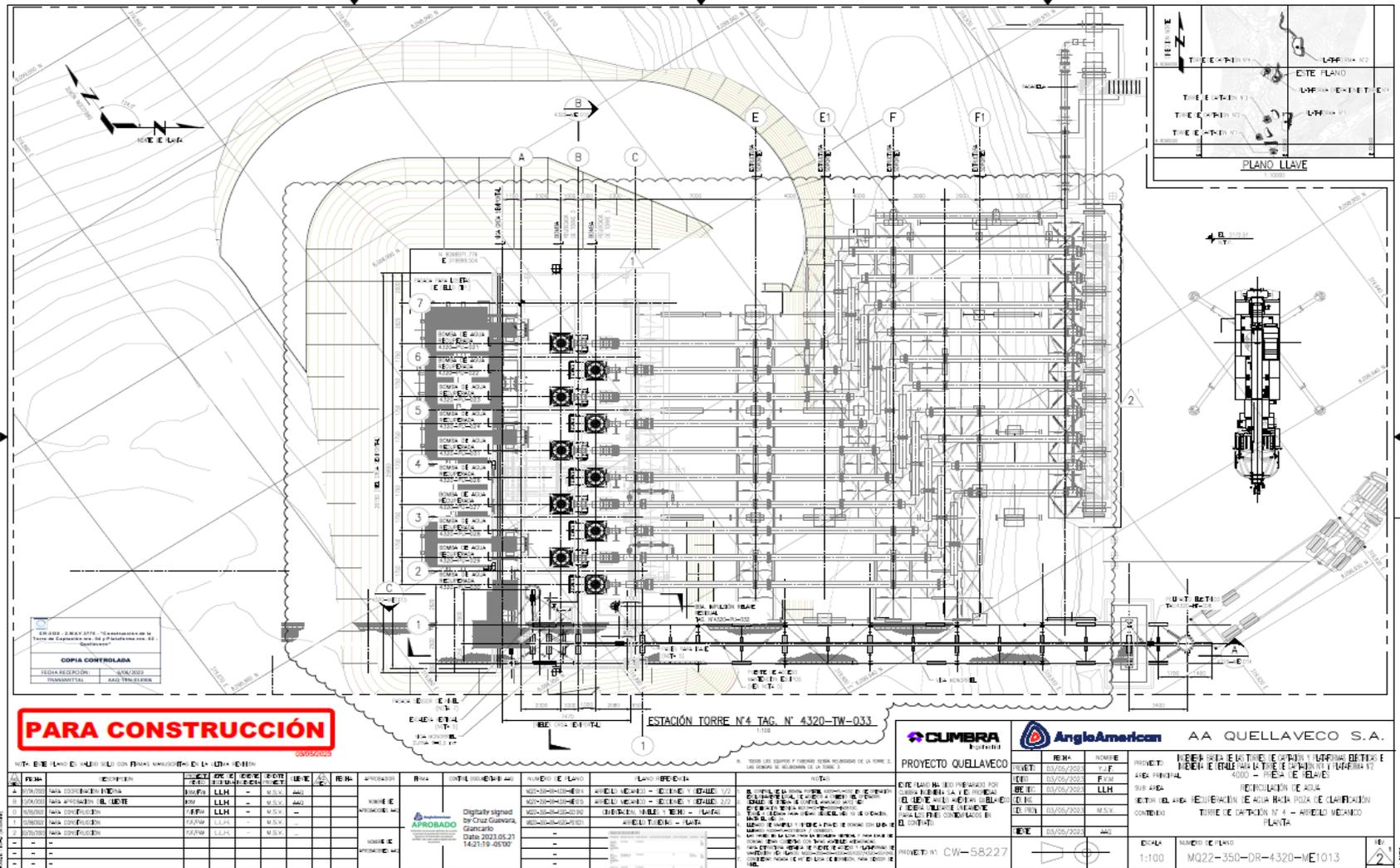
Ítem	Contratista	Propietario	No Aplica	Comentario
Alimentación en mine-site		X		
Alojamiento en mine-site		X		
Transporte interno	X			
Transporte externo en rotación estándar	X			
Oficinas en mine-site	X			
Área para Oficinas en mine-site		X		
Almacén y/o área para almacén en mine-site	X			
Taller de Mantenimiento	X			
Mantenimiento y Limpieza de oficinas	X			
Mantenimiento y Limpieza de campamento		X		
Mantenimiento y Limpieza de almacén	X			
Vigilancia en Almacén	X			
Vigilancia en Campamentos		X		
Manejo de Residuos: Acopio	X			
Manejo de Residuos: Segregación	X			
Manejo de Residuos: Traslado a DTR/ ACMR	X			
Manejo de Residuos: Disposición final		X		
Baños Químicos Portátiles	X			
Combustible		X		
Transporte suministros a mina	X			
Transporte de equipos a mina	X			
Transporte de herramientas a mina	X			
Internet	X			
Radios VHF			X	
Radio P25			X	
Celulares	X			
Teléfonos (anexos)			X	
Access Point - Red AAQ Mina Interna		X		
Access Point - Red AAQ Administrativa		X		
Acceso SAP		X		

Considere el medio ambiente antes de imprimir el documento.

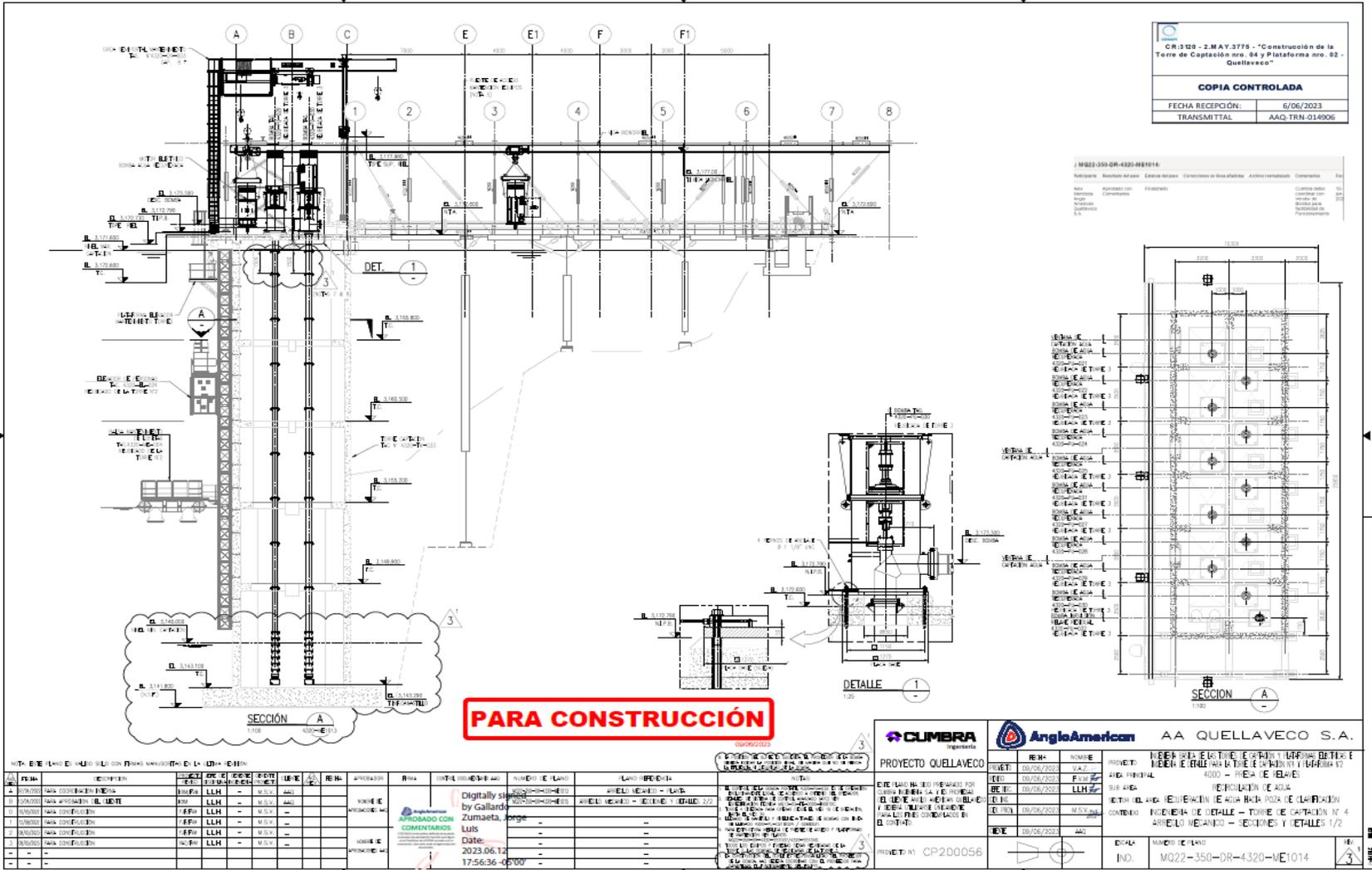
Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



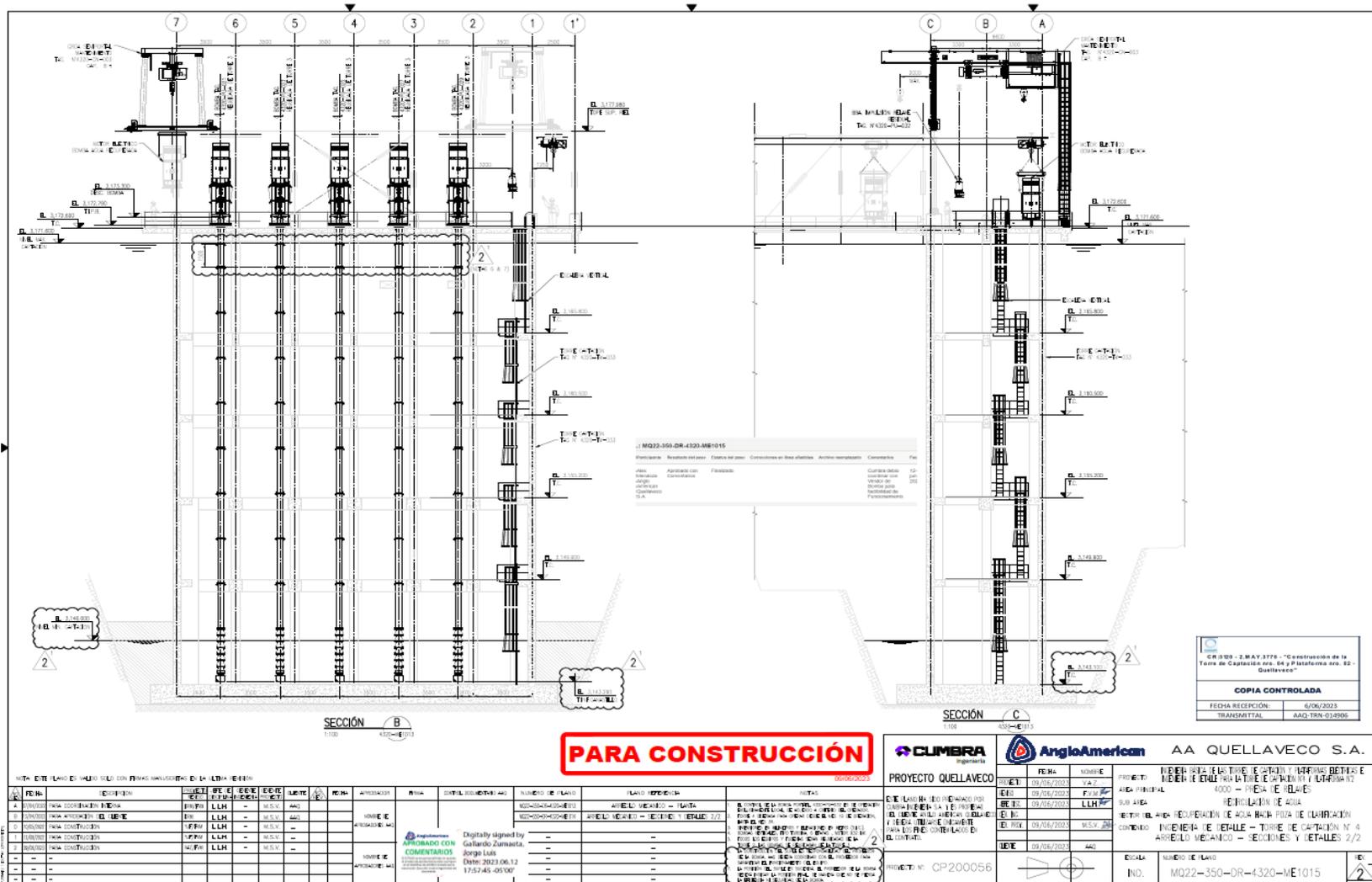
Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



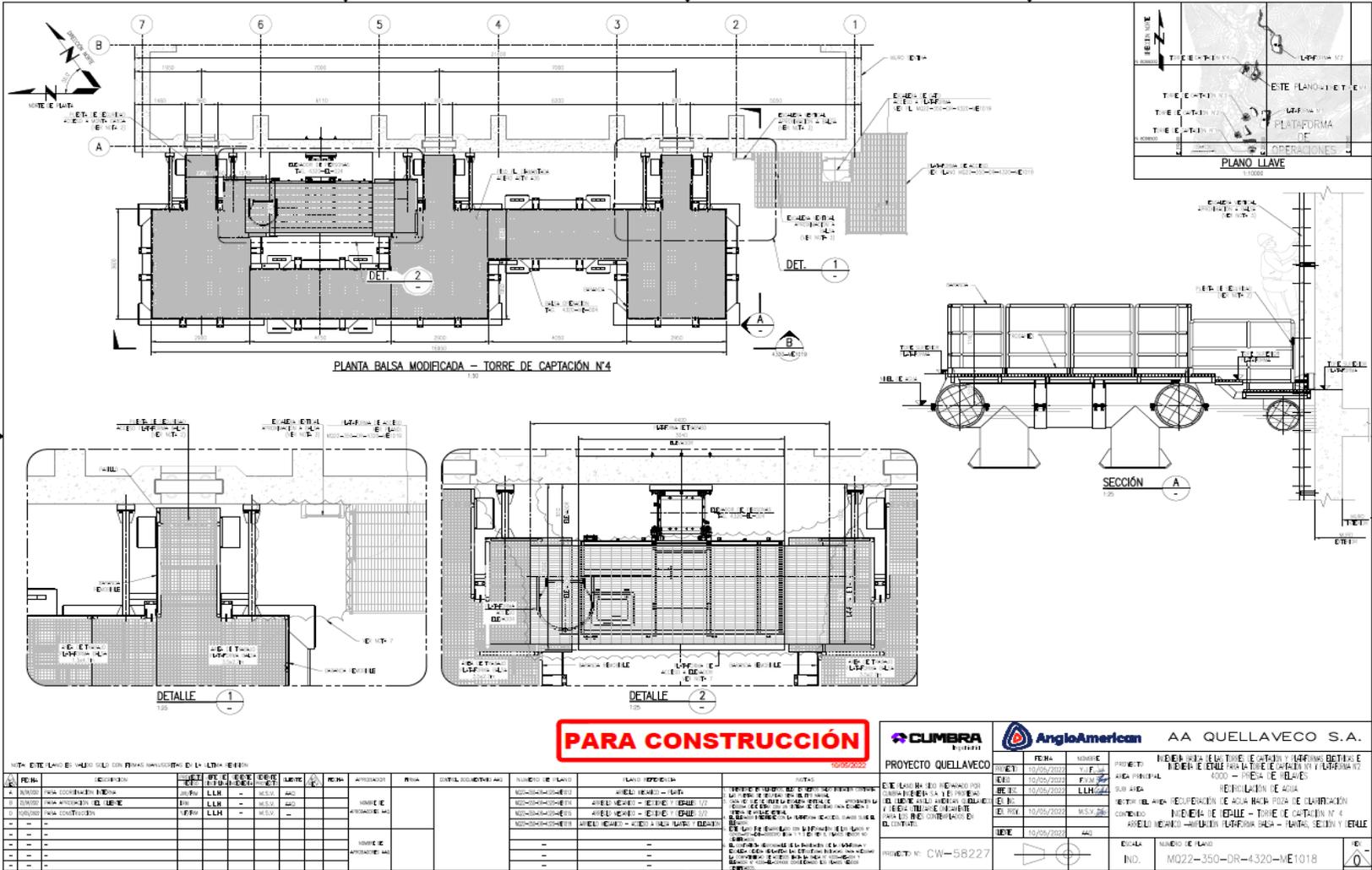
Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



PARA CONSTRUCCIÓN

NOTA: ESTE PLANO DE BALSA TIENE QUE SER CONSIDERADO EN LA ULTIMA REVISION

FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO	VERIFICADO	APROBADO	FECHA	APROBACION
10/05/2023	PARA COORDINACION INTERNA	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	
10/05/2023	PARA APROBACION DEL USUARIO	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	USUARIO DE APROBACION: JH
10/05/2023	PARA CONSTRUCCION	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	

FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO	VERIFICADO	APROBADO	FECHA	APROBACION
10/05/2023	PARA COORDINACION INTERNA	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	
10/05/2023	PARA APROBACION DEL USUARIO	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	USUARIO DE APROBACION: JH
10/05/2023	PARA CONSTRUCCION	JR.PV	LLR	-	MS.V	440	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	

CUMBRA by front **AngloAmerican** **AA QUELLAVECO S.A.**

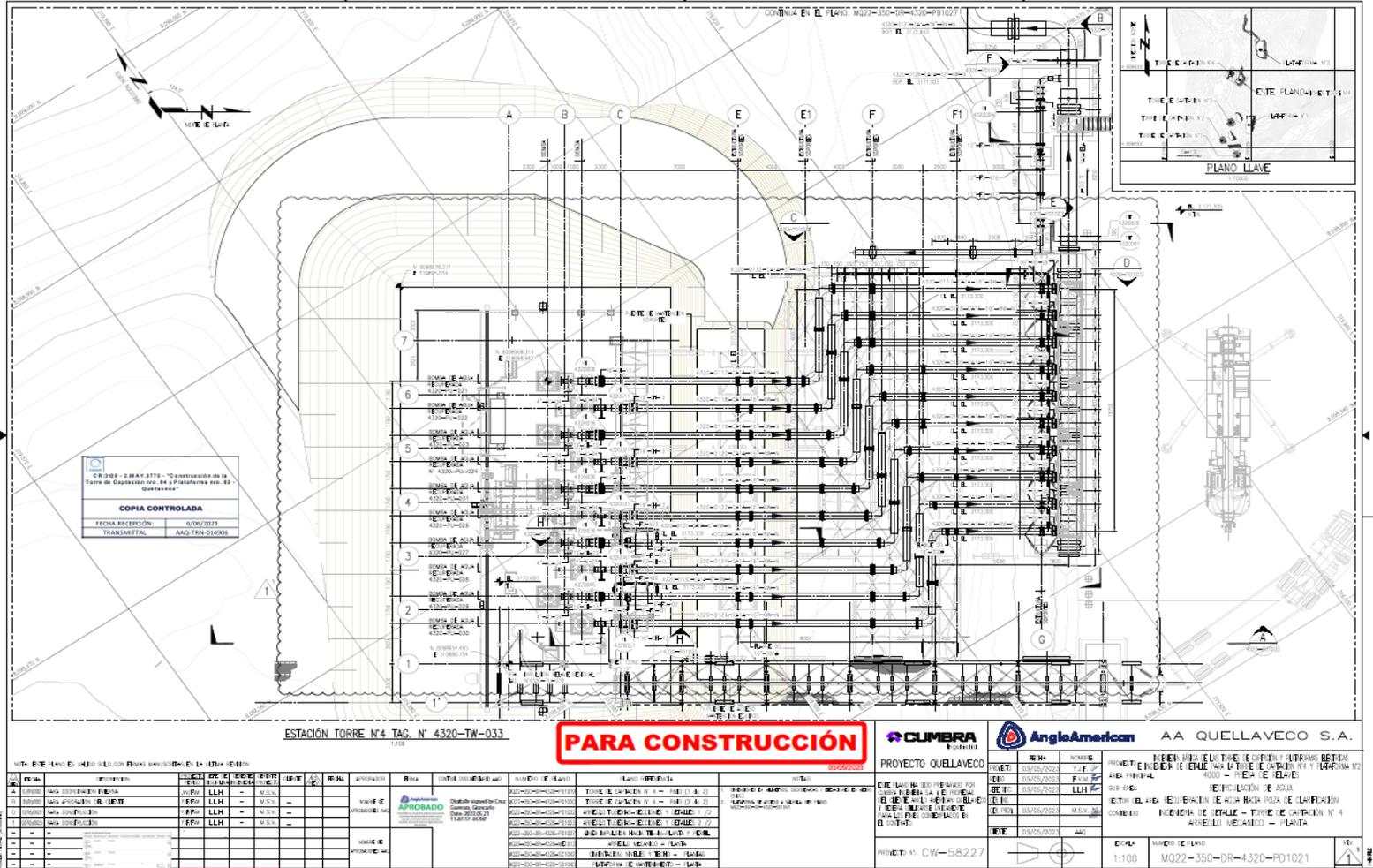
PROYECTO QUELLAVECO

FECHA	USUARIO	PROYECTO
10/05/2023	JR.PV	INDICIA PARA LA TORRE DE CAPTACION Y PLATAFORMA DE OPERACIONES Y BALSA PARA LA TORRE DE CAPTACION Y PLATAFORMA DE OPERACIONES
10/05/2023	LLR	REVISION DE AGUA
10/05/2023	MS.V	REVISION DEL AREA RECUPERACION DE AGUA PARA TORRE DE CAPTACION
10/05/2023	440	CONSTRUCCION INDICIA DE DETALLE - TORRE DE CAPTACION N° 4
10/05/2023	440	REVISION DE AGUA - MODIFICACION PLATAFORMA BALSA - TUBERIA, DETALLE Y DETALLE

PROYECTO N°: CW-58227

INDICIA: M022-350-DR-4320-ME1018

Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



CR 308 - 2.8A X 3775 - "Construcción de la Torre de Explotación No. 4 a 500 metros del 42 Quilómetros"
COPIA CONTROLADA
 FECHA RECEPCIÓN: 03/05/2023
 TRANSMISIÓN: AAG 1FN 014035

ESTACIÓN TORRE N°4 TAG. N° 4320-TW-033

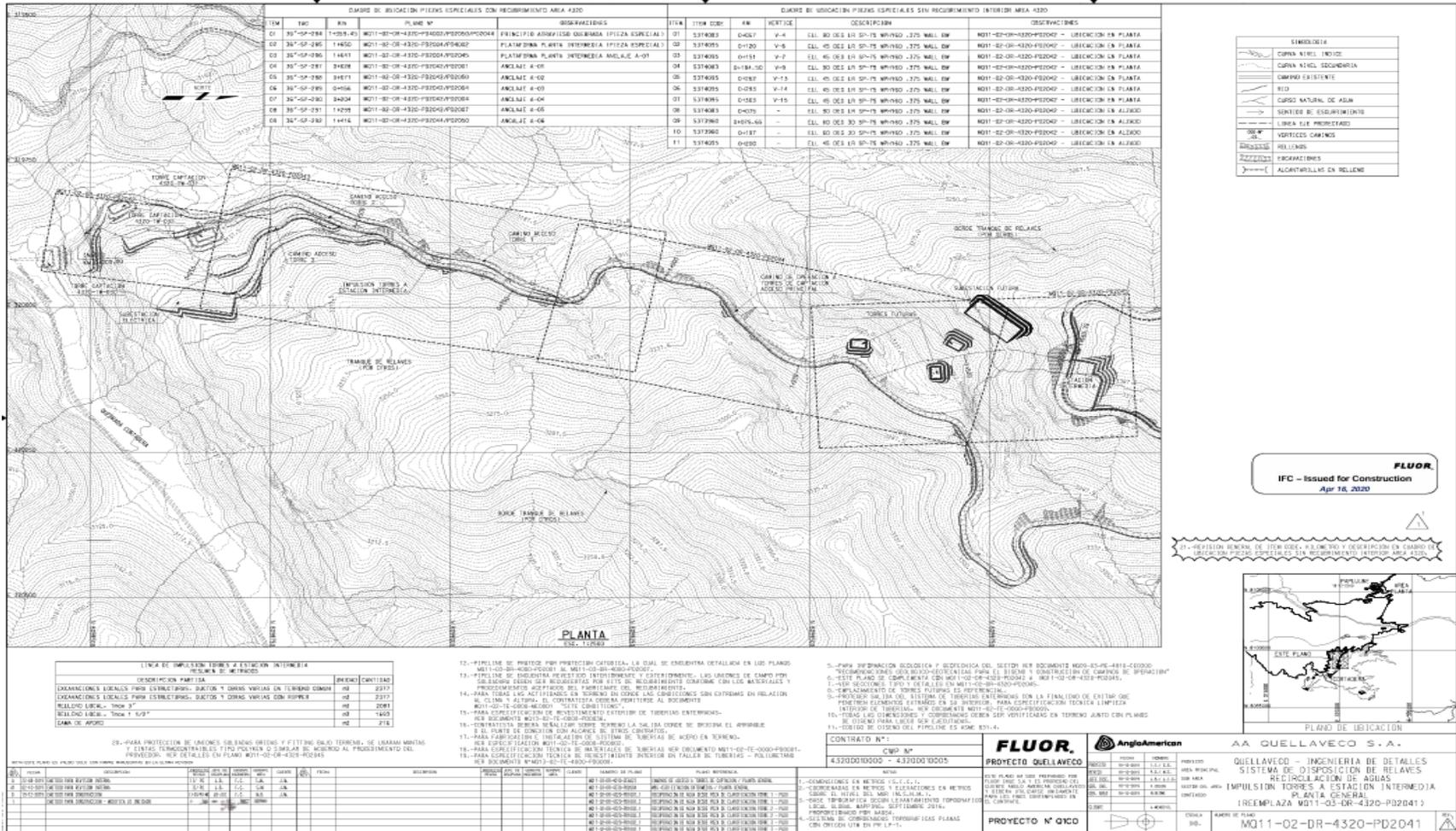
PARA CONSTRUCCIÓN

AA QUELLAVECO S.A.
 PROYECTO QUELLAVECO
 REVISIÓN: 03/05/2023
 DISEÑADO: PFL
 VERIFICADO: LLH
 APROBADO: AAG
 CONTENIDO: REVISIÓN DE DETALLE - TORRE DE CAPTACIÓN N° 4
 ANEXO: MECÁNICO - PLANTA

NOTA: ESTE PLANO DE ALIBRADO CON FINES DE ALIBRADO EN LA LÍNEA DE BARRAS

NO.	FECHA	IDENTIFICACIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	UNIDAD	ASIGNADO	REVISADO	APROBADO	OTROS
1	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (TUBERÍA)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
2	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
3	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
4	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
5	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
6	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				
7	03/05/2023	DATA CONSTRUCCIÓN (EQUIPO)	LLH	LLH	LLH	M.S.A.				

Entregable 3. Planos mecánicos y tubería



Entregable 4. Actas de entrega

Unidad Minera Quellaveco
Ubicación del Proyecto: Moquegua – Perú



ACTA DE ENTREGA		
SUBSISTEMA N°: Sistema: 4320-01	DESCRIPCIÓN: Water Recovery From Tailings Dam Phase 2	
CONTRATO N°: 2-MAY-3775	CONTRATISTA: COSAPI S.A.	
Mediante la presente acta, se deja constancia que la empresa COSAPI hace entrega de: Torre No. 4		
Ítem	Descripción	Cantidad
01	4320-0008 (Structure Auxiliary Services/tag: 4320-EL-024) Elevador de Mantenimiento de torre/tag: 4320-ME-004 Balsa Mantenimiento de losetas	
02	4320-0009 - Water Recovery Manifold Line	
03	4320-0010 - Water Recovery Drain Line	
04	4320-0011 - Pumping System 4320-PU-021	
05	4320-0012 - Pumping System 4320-PU-022	
06	4320-0013 - Pumping System 4320-PU-023	
07	4320-0014 - Pumping System 4320-PU-024	
08	4320-0015 - Pumping System 4320-PU-026	
09	4320-0016 - Pumping System 4320-PU-027	
10	4320-0017 - Pumping System 4320-PU-028	
11	4320-0018 - Pumping System 4320-PU-029	
12	4320-0019 - Pumping System 4320-PU-030	
13	4320-0020 - Pumping System 4320-PU-031	
14	4320-0100 - Facilidades.	
 COSAPIS.A *Freddy Amarante Guanipa* GERENTE DE CONTRATACION 20/01/24		
TRANSFERIDO POR:		RECEPCIONADO POR:
FIRMA:		FIRMA:
NOMBRE Y APELLIDO:	Andrei Quispe	NOMBRE Y APELLIDO:
CARGO:	Sup. Mec. y tuberías	CARGO:
FECHA:	20-01-2024	FECHA:
		20/01/2024

Entregable 3. Actas de entrega

Unidad Minera Quellaveco
Ubicación del Proyecto: Moquegua – Perú



ACTA DE ENTREGA

SUBSISTEMA N°: Sistema 4320-01	DESCRIPCIÓN: WATER RECOVERY FROM THE CLARIFICATION POND
CONTRATO N°: 2.MAY.3775	CONTRATISTA: COSAPI S.A.

Mediante la presente acta, se deja constancia que la empresa COSAPI S.A. hace entrega de :

Ítem	Descripción	Cantidad
01	4320-6004_Water Recovery Tower N°4 – Electrical Line 2 60Kv	
02	4320-6005_Water Recovery Tower N°4 - Platform N°02 – Bahía 140	
03	4320-6006_4320-ER-140 Electrical Room - Water Recovery From Ponds	
04	4320-6007_4320-ER-160 Electrical Room - Water Recovery From Ponds	
05	4320-6008_Water Recovery Tower N°4 - Platform N°02 – Bahía 160	
06	4320-7003_Water Recovery Tower N°4 - Control System 4320-ER-160	
07	4320-7004_Water Recovery Tower N°4 – Control System 4320-ER-140	
08	4320-7005_Water Recovery Tower N°4 – Fire System	
09	4320-8003_Water Recovery Tower N°4 – Communications & Fiber Optic System 4320-ER-140	
10	4320-8004_Water Recovery Tower N°4 – Communications & Fiber Optic System 4320-ER-160	
11	4320-0100_Water Recovery Tower N°4 – Facilities	


 **JORGE MANUEL RAMOS COELLO**
 GERENTE DE CONSTRUCCION
 D.P. 10504

TRANSFERIDO POR: 	RECEPCIONADO POR: 
FIRMA: Luis Alberto Parra Soto SUPERVISOR DE OBRAS DE CONSTRUCCION D.P. 113371	FIRMA: Angel M. Paredes Valdes
CARGO: Supervisor de E/S	CARGO: Supervisor de Infraestructura
FECHA: 19/02/24	FECHA: 19/02/24