

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Proyecto de ampliación de embalse de relaves -
Quebrada Honda - Toquepala**

Rene Cconislla Noa

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Rene, Cconislla Noa, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 42755108, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. El trabajo de suficiencia profesional titulado: "PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE EMBALSE DE RELAVES - QUEBRADA HONDA – TOQUEPALA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. El trabajo de suficiencia profesional no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. El trabajo de suficiencia profesional es original e inédito, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

06 de octubre de 2023.



Rene Cconislla Noa

DNI. No. 42755108

TSP - CCONISLLA NOA RENE

INFORME DE ORIGINALIDAD

37%

INDICE DE SIMILITUD

36%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cadproy.com Fuente de Internet	8%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	4%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	3%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
7	munimoquegua.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%

10	archive.org Fuente de Internet	1 %
11	polodemocratico.net Fuente de Internet	1 %
12	www.yumpu.com Fuente de Internet	1 %
13	docslide.net Fuente de Internet	1 %
14	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PAMA de la UP Toquepala, la UP Cuajone, la UP Ilo y la Fundición de Ilo-IGA0000006", R.D. N° 042-97-EM/DGM, 2020 Publicación	1 %
15	Submitted to euroinnova Trabajo del estudiante	1 %
16	edoc.pub Fuente de Internet	1 %
17	librodigital.sangregorio.edu.ec Fuente de Internet	1 %
18	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
19	vdocuments.es Fuente de Internet	<1 %

20	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	epdf.pub Fuente de Internet	<1 %
22	repository.ean.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
24	ucipfg.com Fuente de Internet	<1 %
25	www.leanconstructionmexico.com.mx Fuente de Internet	<1 %
26	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
27	servicios.minminas.gov.co Fuente de Internet	<1 %
28	constructivo.com Fuente de Internet	<1 %
29	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
30	WALSH PERU S.A. "EIA del Proyecto Ampliación de la Concentradora Toquepala y Recrecimiento del Embalse de Relaves de	<1 %

Quebrada Honda-IGA0005556", R.D. N° 611-2014-EM/DGAAM, 2020

Publicación

31

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

32

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

33

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

34

STANTEC PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera

Toquepala-IGA0012721", R.D. N° 079-2016-MEM-DGAAM, 2021

Publicación

<1 %

35

WSP PERU S.A.. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera UP

Toquepala-IGA0012720", R.D. N° 052-2013-MEM-AAM, 2021

Publicación

<1 %

36

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE

Trabajo del estudiante

<1 %

38

catalogosiidca.csuca.org

Fuente de Internet

<1 %

39

vdocumento.com

Fuente de Internet

<1 %

40

INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA -
INSIDEO S.A.C.. "ITS Mejora Tecnológica
Ambiental de la Unidad Minera Cuajone y
Obras Conexas-IGA0000001", R.D. N° 148-
2016-MEM-DGAAM, 2020

Publicación

<1 %

41

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to Submitted on 1685536641111

Trabajo del estudiante

<1 %

43

Submitted to Universidad Internacional de la
Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

44

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

46

ECSA INGENIEROS. "EIA del Proyecto
Afianzamiento Hídrico de la Central
Hidroeléctrica Cañón del Pato - Laguna
Aguashcocha-IGA0005593", R.D. N° 116-2002-
EM/DGAA, 2020

Publicación

<1 %

47 Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante <1 %

48 repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet <1 %

49 AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales Peligrosos y No Peligrosos - Relleno de Seguridad La Joya-IGA0017851", R.D. N° 00037-2022-SENACE-PE/DEIN, 2022 Publicación <1 %

50 docplayer.es Fuente de Internet <1 %

51 repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet <1 %

52 doku.pub Fuente de Internet <1 %

53 pt.scribd.com Fuente de Internet <1 %

54 ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "PAP del Proyecto Línea De Transmisión 138 kV Toquepala - Aricota II Tramo T74 - T78-IGA0010703", R.D. N° 067-2016-MEM/DGAAE, 2020 <1 %

55

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

56

www.egasa.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

57

SCHLUMBERGER DEL PERU S.A..
"Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cuajone-IGA0000334", R.D. N° 444-2012-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

58

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

59

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

60

riull.ull.es

Fuente de Internet

<1 %

61

www.mineriaglobal.cl

Fuente de Internet

<1 %

62

eur-lex.europa.eu

Fuente de Internet

<1 %

63

fr.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

64

procurement-notice.undp.org

Fuente de Internet

<1 %

65

repository.unad.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

66

www.economia.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

67

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

68

www.sevillametropolitana.com

Fuente de Internet

<1 %

69

www.smv.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

70

Submitted to Universidad Europea de Madrid

Trabajo del estudiante

<1 %

71

ko.player.fm

Fuente de Internet

<1 %

72

www.acualitepro.com.ar

Fuente de Internet

<1 %

73

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

74

www.ennovate.cl

Fuente de Internet

<1 %

75

www.idu.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

76

www.monografias.com

Fuente de Internet

<1 %

77	www.universidadperu.com Fuente de Internet	<1 %
78	www.utalca.cl Fuente de Internet	<1 %
79	www.zabalketa.org Fuente de Internet	<1 %
80	ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DIA del Proyecto Variante de la Línea de Transmisión 138 kV Toquepala - Aricota- IGA0010702", R.D. N° 275-2015-MEM/DGAAE, 2021 Publicación	<1 %
81	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constancia-IGA0006961", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
82	covid-19.openaire.eu Fuente de Internet	<1 %
83	cybertesis.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
84	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
85	investigacion.izt.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
86	mcore.biz Fuente de Internet	<1 %

<1 %

87

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

88

perfiles.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

89

repositorio.uchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

90

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

91

www.accionacom.com

Fuente de Internet

<1 %

92

www.digeca.go.cr

Fuente de Internet

<1 %

93

WALSH PERU S.A. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Toquepala-IGA0005557", R.D. N° 333-2009-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

94

documentop.com

Fuente de Internet

<1 %

95

IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para las Ciudades de Hualmay,

<1 %

Huaura, Santa María, Végueta, Caleta de Carquín y Huacho, Provincia de Huaura, Departamento de Lima-IGA0016378", R.A. N° 323-2018/MPH, 2022

Publicación

96

YAKU CONSULTORES S.A.C.. "Primer ITS de la U.M. Toquepala-IGA0012973", R.D. N° 103-2019-SENACE-PE/DEAR, 2021

Publicación

<1 %

97

www.fundacionmapfreguanarteme.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

TSP - CCONISLLA NOA RENE

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

/0

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis seres queridos por la oportunidad de brindarme de culminar mis estudios; a mis grandes amistades, compañeros de universidad por el apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

DEDICATORIA

A mis padres Dominga y Valentín, por su gran esfuerzo, el apoyo incondicional en todo momento, también por guiar cada paso como persona y estudiante en la universidad, por haberme inculcado siempre el aprendizaje constante.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I	12
1.1. Datos generales de la empresa	12
1.2. Empresas integrantes de Grupo CAD En México, Estados Unidos y Perú	12
1.3. Actividades principales de la empresa	16
1.4. Reseña histórica de la empresa	23
1.5. Organigrama de la empresa.....	28
1.6. Misión y visión Grupo CAD.....	31
1.7. Bases legales o documentos administrativos	31
1.8. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	32
1.9. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	33
CAPÍTULO II	35
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional	35
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional.	40
2.3. Objetivos de la actividad profesional.....	40
2.3.1. <i>Objetivo general</i>	40
2.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	40
2.4. Justificación de la actividad profesional	41
CAPÍTULO III.....	43
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	43
3.1.1. <i>Antecedentes de la investigación</i>	43
3.1.2. <i>Bases teóricas</i>	47
CAPÍTULO IV.....	69
4.1. Descripción de actividades profesionales	69
4.1.1. <i>Enfoque de las actividades profesionales</i>	69
4.1.2. <i>Alcance de las actividades profesionales</i>	69
4.1.3. <i>Entregables de las actividades profesionales</i>	69
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	70
4.2.1. <i>Metodologías</i>	70
4.2.2. <i>Técnicas</i>	70
4.2.3. <i>Instrumentos</i>	70

4.2.4.	<i>Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades</i>	70
4.3.	Ejecución de las actividades profesionales	71
4.3.1.	<i>Cronograma de actividades realizadas</i>	71
4.3.2.	<i>Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales</i>	73
CAPÍTULO V		83
5.1.	Resultados finales de las actividades realizadas	83
5.2.	Logros alcanzados.....	84
5.2.1.	<i>Beneficios ambientales</i>	88
5.2.2.	<i>Beneficios sociales y económicas</i>	88
5.2.3.	<i>Beneficio en la ciencia y tecnología</i>	89
5.3.	Dificultades encontradas.....	89
5.4.	Planteamiento de mejoras	90
5.5.	Metodologías propuestas	91
5.6.	Descripción de la implementación.....	92
5.7.	Aportes del bachiller en la empresa	94
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES.....		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		100
ANEXOS		101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Logotipo CAD.....	13
Figura 2 Logotipo GIPISA.....	13
Figura 3 Logotipo CPP.....	14
Figura 4 Logotipo CSTP.....	14
Figura 5 Logotipo CACP.....	15
Figura 6 Logotipo CPUS.....	15
Figura 7 Logotipo P&S.....	15
Figura 8 Diagrama de áreas principales de la empresa CAD proyectos.....	17
Figura 9 Modalidades de contratos para ejecución de proyectos.....	23
Figura 10 Detalles del Proyecto SINERGIA.....	25
Figura 11 Proyecto Ampliación del Embalse de Relaves Quebrada Honda.....	27
Figura 12 Proyecto Ampliación del Embalse de Relaves Quebrada Honda.....	27
Figura 13 Organigrama General de la Empresa Grupo CAD.....	29
Figura 14 Organigrama de Gerencia de Construcción del Proyecto de: Ampliación de Embalse Quebrada Honda CAD Proyectos Perú (Grupo CAD Proyectos México).....	30
Figura 15 Ficha RUC, empresa CAD Arrendadora y comercializadora del Perú SAC.....	32
Figura 16 Ubicación del proyecto de Ampliación de Embalse de Relaves Quebrada Honda.....	33
Figura 17 Diagrama de flujo de Disposición de Relaves Quebrada Honda – Toquepala.....	37
Figura 18 Reporte granulométrico (Punto de Dilución).....	38
Figura 19 Reporte granulométrico (Área 2101).....	39
Figura 20 Muro método de aguas arriba.....	52
Figura 21 Método Aguas Abajo (capas de arenas inclinadas).....	52
Figura 22 Uso granulométrico de los Relaves del Underflow.....	65
Figura 23 Hidrociclón de gases.....	66
Figura 24 Hidrociclón para clasificación y espesado.....	67
Figura 25 Cronograma de actividades del proyecto.....	72
Figura 26 Presupuesto global de partida de integración de ingeniería vendor.....	75
Figura 27 Planos iniciales del proyecto sin integración vendor.....	76
Figura 28 Resumen de planos que cambiaron durante la construcción.....	77
Figura 29 Análisis de cambios por disciplina.....	77
Figura 30 Flujo de cambios durante la construcción.....	77
Figura 31 Plano isométrico – Red Line y aprobado para construcción.....	78

Figura 32 Resumen de estatus de RFIs emitidos y respondidos.	79
Figura 33 Planos de ingeniería con integración vendor.	79
Figura 34 Resumen de información vendor emitida al contratista.	79
Figura 35 Plano de planta de espesador de relave (Flsmidth).	80
Figura 36 Flujo de Ingeniería del Proyecto con Ingeniería Vendor.	80
Figura 37 Cronograma línea base 0.	81
Figura 38 Canales y Matriz de comunicación.	81
Figura 39 Propuesta técnico-económica para elaboración de ingeniería del área 1230.	82
Figura 40 Propuesta técnico-económica para elaboración de ingeniería del área 2300.	82
Figura 41 Tubería instalada en talud sin acceso.	85
Figura 42 Implementación de válvulas para control de flujo.	85
Figura 43 Accesos tipo plataforma.	86
Figura 44 Cambio de geometría de muro cercano al canal de relave existente.	86
Figura 45 Levantamiento de información en terreno.	87
Figura 46 Arreglo general, ubicación de manifold y sala eléctrica.	87
Figura 47 Pozo Nro. 3, Construido.	88
Figura 48 Mano de Obra (fecha corte al 31Mar)	89
Figura 49 Esquema enfoque predictivo.	92
Figura 50 Esquema enfoque adaptativo.	93
Figura 51 Modelo del área 2101.	94
Figura 52 Interacción con profesionales de la disciplina de electricidad.	95
Figura 53 Formato de Transmittal del Contratista.	96
Figura 54 Supervisión al contratista en oficina.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Detalles del Proyecto SINERGIA.....	26
Tabla 2 Ampliación del Embalse de Relaves Quebrada Honda.....	27
Tabla 3 Permeabilidad e Infiltración y densidad relativa.....	49
Tabla 4 Granulometría de los Relaves de Underflow.	64

RESUMEN EJECUTIVO

El informe de suficiencia profesional titulado “Proyecto de ampliación de embalse de relaves-Quebrada Honda-Toquepala” describió la mejora tecnológica y ampliación de las instalaciones, así como la implementación de un nuevo espesador de relaves para la recuperación y transporte de agua mediante bombas hacia la concentradora de Toquepala, garantizando durante la operación estabilidad, seguridad y ambiente muy amigable con el entorno ecológico. Tuvo como objetivo revalidar, afianzar la experiencia laboral de siete años en el área de Quebrada Honda evidenciada en la documentación generada durante la ejecución del proyecto mencionado. También se detalló la interacción con diferentes profesionales de supervisión de CAD Proyectos Perú SAC.; así como con los ingenieros de Southern Perú Copper Corporation donde destacó la buena relación laboral, trabajo en equipo, la ética y moral que caracterizó a todos los involucrados. Las lecciones aprendidas en el ámbito de gestión de proyectos fueron experiencias exitosas en el costo y el tiempo del proyecto; también se evidenció la existencia de técnicas, herramientas y tecnologías innovadoras para implementar en cualquier etapa del proyecto ya que un cambio al inicio puede favorecerlo, sin embargo, si este se ejecuta a mitad de proyecto podría generar pérdidas significativas. Por lo que, se concluyó que los cambios se deben realizar en forma de cascada lo cual suma en el avance y cumplimiento de los entregables, la clave es iniciar con la planificación, conocimiento de limitaciones y ventajas del proyecto. Asimismo, en un proyecto de esta envergadura es importante contar con un equipo de personal interactivo, proactivo, responsable para poder cumplir con el objetivo del proyecto.

Palabras clave: Disposición de relaves, Hidrociclones, Ingeniería de terreno, Integración Vendor.

INTRODUCCIÓN

Algunas unidades mineras, como Las Bambas, Antamina, Toromocho, Toquepala y otras, cumplen con el Estándar Global de Gestión de Relaves para la industria minera, por lo cual estructuralmente los depósitos relaves operan sin presentar eventos catastróficos por tener un diseño completamente normado y estandarizado por lo que son denominados presas de relave más seguras del mundo. Además, cumplen con la normativa nacional e internacional, así como requisitos legales ambientales, gestión medioambiental, comportamiento operacional. Brasil tuvo un incidente con una relavera que pertenece a la empresa más prestigiosa de ese país, entonces qué pudo haber ocurrido, según investigaciones posteriores en el caso de la relavera de material ferroso colapsada hallaron deficiencia en el seguimiento de signos de alerta previamente reportados. Con lo que se demuestra que un depósito de relaves, con la composición no adecuada y demasiado hidratada pastosa o húmeda, puede ser un problema que pueda multiplicar su efecto dañino.

SPCC (Southern Perú Copper Corporation) inicia sus operaciones en la unidad minera de Toquepala desde el año 1959 y de acuerdo con la RD. N°042-97-EM-DGM se aprueba el PAMA en el cual SPCC se compromete adecuarse a las nuevas normas de protección y conservación del ambiente. Mencionado lo anterior el compromiso de SPCC, en la actualidad es asegurar el recrecimiento del embalse garantizando la estabilidad, seguridad y minimizando riesgos ambientales, por lo tanto, surge la necesidad de realizar un estudio de ingeniería completo, así como la compra de equipos principales para luego iniciar con la construcción adjudicando al contratista JJC Contratistas Generales S.A.

El presente informe contiene información de experiencia profesional como bachiller de ingeniería ambiental y las principales funciones asumidas a lo largo del proyecto completo. Cabe resaltar que en el capítulo II se describe el diagnóstico situacional donde se aclara la necesidad y la justificación de realizar un proyecto millonario, por ende, el interés particular en mencionar detalladamente cada paso de ingeniería durante la etapa de construcción.

En el capítulo III, se describen algunos antecedentes a nivel nacional e internacional; para luego enfocarse en el capítulo IV en la descripción de aspectos técnicos de actividad profesional, así como metodologías, técnicas e instrumentos aplicados durante el desarrollo del proyecto. En el capítulo V se consideran los resultados, logros alcanzados, planteamiento de mejoras más resaltantes efectuadas con el uso de técnicas, metodologías y herramientas de gestión conocidas en la guía de PMBOK Séptima edición.⁽¹⁾

El enfoque del presente informe está basado en el desarrollo de las herramientas, técnicas utilizadas para el control y la buena gestión que ha sido desarrollada tomando en cuenta la seguridad, rentabilidad, y el éxito de todos los involucrados.

El autor

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de la empresa

CAD Arrendadora y Comercializadora del Perú S.A.C. es una empresa que pertenece al Grupo de Consultores, Asesores y Dirección de Proyectos Industriales (Grupo CAD) líder en México a nivel de Sudamérica la cual brinda excelentes servicios en la modalidad “Project Integral Management” (PIM) estudios para ingeniería FEED corta, ingeniería básica, estudios de factibilidad, estudios de procuración y logística e ingeniería de detalle, dirección, supervisión, ejecución de proyectos de estudios para ahorro de energía y agua, modernización, ampliación y reconfiguración de instalaciones de riesgo e impacto ambiental, HazOp, What-If de optimización operativa para proyectos de petróleo gas, generación de energía, minería, metalurgia, ductos para conducción de agua, proyectos industriales del sector público y la iniciativa privada en México, USA, Centroamérica y Sudamérica.

RUC: 20544654081

Razón social: CAD Arrendadora y Comercializadora del Perú S.A.C.

Nombre Comercial: CARRC.

Página Web: <http://cadproy.com/>

Tipo de Empresa: Sociedad Anónima Cerrada

Dirección legal: Avenida del Pinar Nro. 180 interior 804

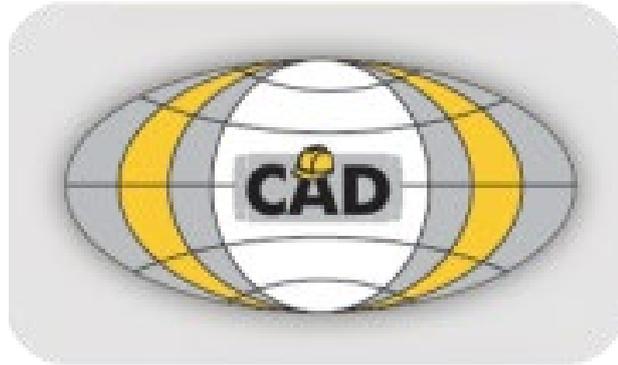
Urbanización: Chacarilla del Estanque

Distrito/Ciudad: Santiago de Surco

Departamento: Lima

1.2. Empresas integrantes de Grupo CAD En México, Estados Unidos y Perú

1.2.1 Consultores, Asesores y Dirección de Proyectos Industriales SA de CV (CAD). Empresa encargada de gestión, dirección, supervisión y ejecución de proyectos de generación eléctrica, minero-metaleras e industriales y desarrollo de estudios técnico-económicos de factibilidad e inversión para nuevas plantas, modernización de instalaciones actuales y aumento de la eficiencia de operación.



Nota: Adaptado de logotipo CAD, Grupo CAD (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.2.2 Gestión Integral de Proyectos Industriales SA de CV (GIPISA). Empresa de Sociedad Anónima con capital variable que brinda servicios para el desarrollo de implementación de sistemas de gestión de calidad, seguridad, higiene, protección ambiental, proyectos de ahorro energético y ejecución de servicios de apoyo a proyectos energéticos, minero–metalúrgicos e industriales.



Nota: Adaptado de logotipo GIPISA, Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.2.3. CAD Proyectos Perú SAC (CPP). Empresa que brinda servicios de gestión, dirección, supervisión y ejecución de proyectos de generación eléctrica, minero-metalúrgico e industriales y elaboración de estudios técnico-económicos de factibilidad e inversión para nuevas plantas industriales, modernización de instalaciones, aumento de eficiencia de operación, con oficinas establecidas en Perú.



Nota: Adaptado de logotipo CPP, Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.2.4. CAD Servicios Técnicos del Perú SAC (CSTP). Empresa establecida en Perú, brinda servicios para el desarrollo e implementación de sistemas de gestión de calidad, seguridad-higiene, protección ambiental, proyectos de ahorro energético y ejecución de servicios de apoyo a proyectos energéticos, minero–metalúrgicos e industriales.



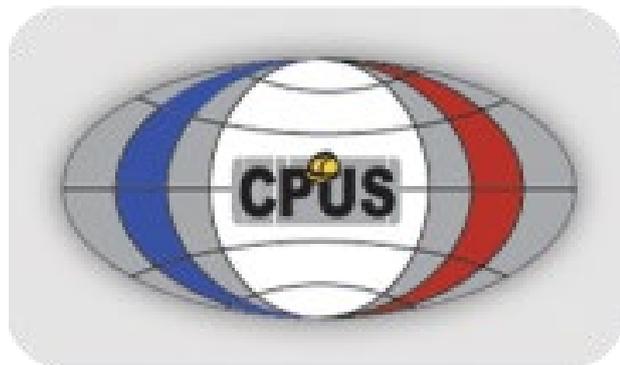
Nota: Adaptado de logotipo CSTP, Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.2.5. CAD Arrendadora y Comercializadora del Perú, SAC. (CACP). Empresa establecida en Perú, brinda servicios de compra, venta, alquiler de equipos y maquinarias, flete, transporte, y almacenaje de equipos y maquinarias, alquiler de bienes muebles e inmuebles y comercialización de productos, así como dotación de personal profesional.



Nota: Adaptado de logotipo CSTP, Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.2.6. Proyecto CAD EE. UU., INC. (CPUS). Empresa establecida en USA, brinda servicios de dirección, supervisión y ejecución de proyectos industriales, mineros CPUS-metalúrgicos y energéticos.



Nota: Adaptado de logotipo CPUS, Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

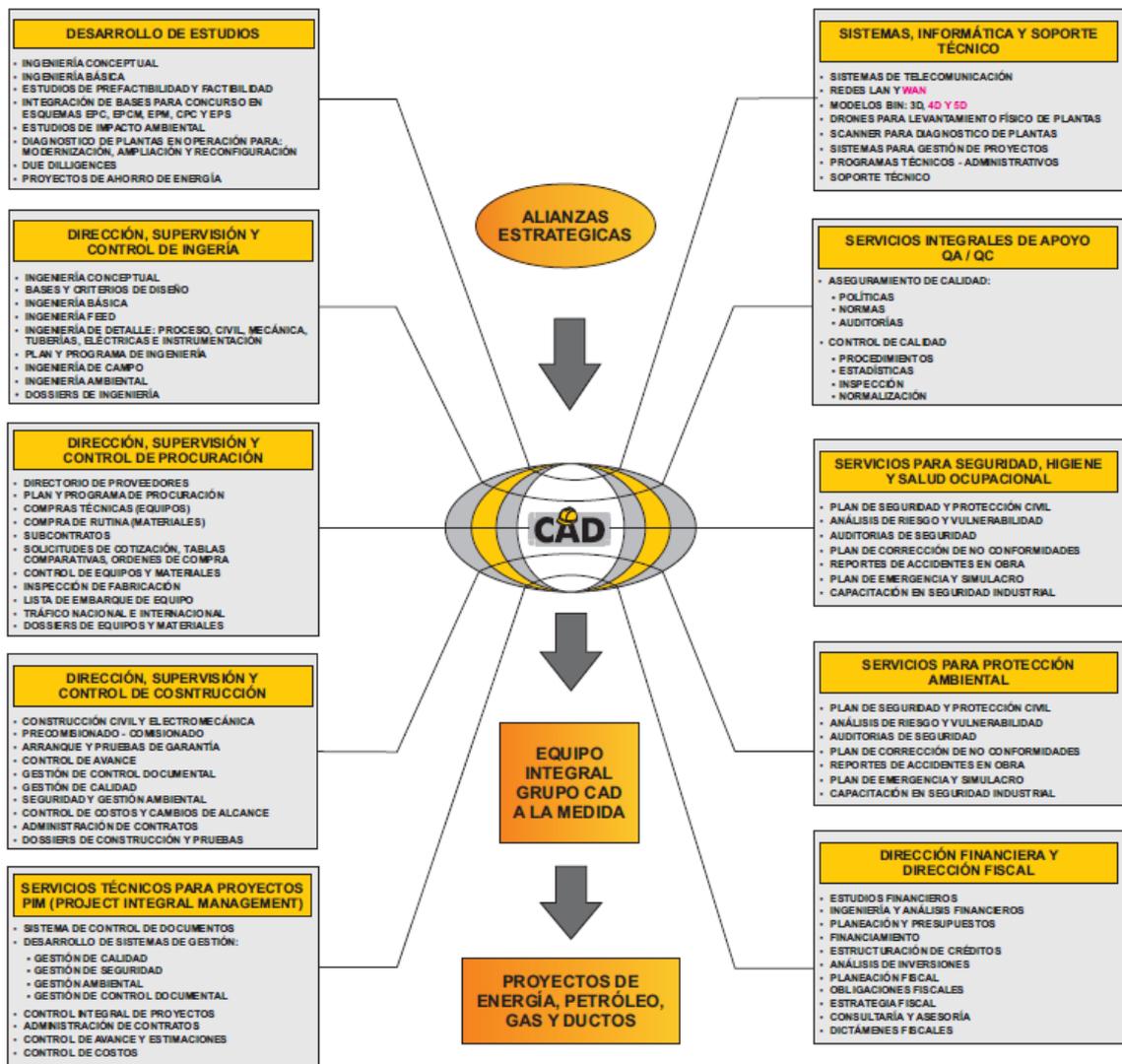
1.2.7. Suministro de P&S, INC. Grupo CAD. Empresa establecida en USA, Houston TX. con más de 25 años siendo líder en suministro de equipos y materiales para proyectos energéticos, mineros, metalúrgicos e industriales a nivel de América Latina y USA.



1.3. Actividades principales de la empresa

Empresa (Grupo CAD) brinda servicios profesionales en la modalidad “Gestión Integral de Proyectos” (PIM) para desarrollo integral de dirección, supervisión, ejecución de proyectos, estudios de prefactibilidad, factibilidad económico-financiera, ahorro de agua y energía; estudios de modernización, estudios de ampliación y reconfiguración de instalaciones de riesgo e impacto ambiental, HazOp (Análisis Funcional de Operatividad), What-If (proyectos de instalación y plantas en operación, cambio de sus instalaciones) y de optimización operacional, para proyectos de petróleo, gas, generación de energía, minería, metalúrgica, infraestructura industrial, de sector público de iniciativa privada en México, Centroamérica , Perú y Sudamérica.

Grupo CAD, para brindar sus servicios cuenta con un diagrama y con capacidad de especialistas requeridas para responder a las necesidades de diferentes proyectos, lo cual se muestra en la Figura 8.



Nota: Adaptado de diagrama de CAD proyectos, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.3.1. Desarrollo y/o revisión de la ingeniería FEED corta. En esta etapa de FEED corta es cuando se establecen las bases de diseño, criterios de ingeniería, balances de materiales, preparación de DTI preliminares, esclarecimiento de las características de los equipos principales, evaluación de servicios auxiliares las cuales son requeridos para la operación, para una capacidad y localización requerida, así como también la normatividad que aplica al proyecto. Elaboración de la ingeniería básica y que sea suficiente para procesar un estimado de inversión confiable del proyecto con margen de error +/-10%, el cual pueda ser ratificado con la elaboración del estudio de factibilidad.

Para el servicio de ingeniería básica en esta etapa se considera los siguientes conceptos:

- a) Bases de diseño
- b) Criterios de ingeniería
- c) Descripción de proceso
- d) Estudios de: topografía, mecánica de suelos
- e) DTI (diagramas de tubería e instrumentación)
- f) Arreglos generales de diferentes niveles de la planta
- g) Estructura de desglose del trabajo (WBS) Work Breakdown Structure
- h) Listados, hojas de datos, especificaciones, memorias de cálculo de equipos principales y de algunos servicios.
- i) Elaboración de diagrama unifilar preliminar
- j) Elaboración de estudio de impacto ambiental (EIA)
- k) Preparación preliminar de ingeniería de detalle (25-30%) para determinación de los volúmenes preliminares del proyecto.
- l) Preparación de inversión CAPEX (capital expenses) y parámetros de mantenimiento y operación OPEX (operation expenses cost) del Proyecto
- m) Elaboración de dossier de ingeniería básica

Estudio de factibilidad. En esta etapa se brinda información confiable y oportuna para sustentar la rentabilidad del proyecto, la cual está integrado por el estimado de inversión (CAPEX), así como también la integración de los costos de operación (OPEX) y las corridas financieras realizadas con los parámetros económicos-financieros aprobados para el proyecto, con el estudio de factibilidad se puede llegar a un grado de certidumbre +/- 10%, sin olvidar la consideración de los siguientes conceptos:

- a) Estimado de inversión capital (CAPEX) de los siguientes conceptos: dirección del proyecto, ingeniería, procuración, construcción, pruebas y puesta en marcha, control de calidad, seguridad industrial, protección ambiental, contingencia e imprevistos.
- b) Estimado de costos de operación (OPEX) integrado por: costos de operación y mantenimiento, costos de servicios para la operación (energía, agua, reactivos, insumos, etc.)
- c) Análisis económico-financiero del proyecto.
- d) Análisis de sensibilidad, desarrollando un simulador informático.
- e) Elaboración final de reporte de estudio de factibilidad.

Procuración de equipos principales. Es también alcance de la FEED corta que se procure el total de los equipos principales, según el siguiente detalle, revisión de listado de proveedores certificados de los equipos principales, elaboración y análisis de diferentes documentos de procuración, tales como:

- a) Plan y programas de procuración
- b) Requisiciones

- c) Evaluaciones técnicas y económicas
- d) Órdenes de compra (OC)
- e) Información técnica suficiente para desarrollar el 50% de ingeniería de detalle

Ingeniería de detalle. Ejecución del 50% de ingeniería de detalle del proyecto integrando información técnica de Proveedores, de acuerdo con lo siguiente:

- a) Análisis de permisos del proyecto (ambiental, construcción, operación, etc.)
- b) Plan para ejecución de la ingeniería de detalle
- c) Análisis de ingeniería básica
- d) Revisión de bases y criterios de diseño
- e) Revisión del WBS
- f) Revisión de los estudios de mecánica de suelos, topográficos
- g) Arreglo general de la planta, LAYOUT
- h) Arreglos de cada área de la planta y sus elevaciones
- i) Diagramas de flujo
- j) DTI (diagramas de tubería e instrumentación)
- k) Revisar la lista de equipo, hojas de datos, especificaciones y memorias.
- l) Ejecución de la ingeniería de detalle (50%) de las disciplinas de ingeniería civil y estructuras, ingeniería mecánica, ingeniería tuberías, ingeniería eléctrica e ingeniería de instrumentación.
- m) Cubicaciones de volúmenes de construcción civiles, tuberías, eléctricas e instrumentación.
- n) Lista de entregables (lista de documentos de ingeniería de detalle a elaborar)
- o) Revisión estudio Hazop.

1.3.2. Estudios de factibilidad técnico-financieros. El servicio de estudio de factibilidad técnico-financiero brinda información confiable y oportuna para sustentar la rentabilidad del proyecto, permite a la alta dirección tomar la decisión de su ejecución, está integrado por el estimado de inversión CAPEX y OPEX y las corridas financieras realizadas con los parámetros económico-financieros aprobados para el proyecto, considerando los siguientes conceptos:

- a) Costos de operación (OPEX)
- b) Análisis económico-financiero del proyecto (corrida financiera)
- c) Análisis de sensibilidad, desarrollando un simulador informático
- d) Reporte de estudio de factibilidad
- e) Plan y programación del estudio de factibilidad
- f) Revisión de la ingeniería básica.
- g) Localización y arreglo de la planta
- h) Revisión de los estudios básicos: geológicos, mecánica de suelos, topográficos, etc.

- i) Preparación de la ingeniería suficiente para selección, cotización de equipos y definición de volúmenes para construcción después preparación CAPEX y OPEX del estudio de factibilidad.
- j) Estimado de inversión (CAPEX) integrado por los siguientes conceptos: dirección del proyecto, ingeniería, procuración, construcción, pruebas y puesta en marcha, control de calidad, seguridad industrial, protección ambiental, contingencia e imprevistos

Se adecua un simulador desarrollado para cada estudio de factibilidad por Grupo CAD el cual es una herramienta de alta versatilidad y certidumbre que facilita llegar en tiempo real a una toma de decisiones fundamentada en diferentes escenarios, identificando las condiciones macro y microeconómicas de mayor rentabilidad.; convirtiendo estudios de factibilidad económico-financiera en un instrumento de mayor valor para la evaluación presupuestal, operativa y financiera de los proyectos.

1.3.3. Gestión Integral de Proyectos en modalidad PIM, desde la ingeniería básica hasta las pruebas de garantía. El servicio de gestión de proyectos “Project Management” en modalidad “Project Integral Management” (PIM) inicia como un producto de toda la experiencia lograda de sus integrantes con el único propósito de ofrecer muchas herramientas que aseguran el éxito de los proyectos en cualquiera de las modalidades de contratación EPC, EPCM, EPM, CPC y EPS, enfocados al cumplimiento del tiempo especificado, las metas de calidad, costos fijados para cada etapa, cada área y cada sistema del proyecto.

Grupo CAD consciente de todas las necesidades de los clientes, ha desarrollado este concepto para la dirección y supervisión integral de proyectos, plantea progresos constructivos y operativos que permiten construir de forma ágil y segura, además a tener eficientes procesos productivos que reducen costos de operación.

Grupo CAD también ofrece a sus clientes amplia gama de servicios especializados en modalidad “Project Integral Management” (PIM) para la gestión, dirección, supervisión y ejecución de proyectos mediante la desarrollo y creación de un *modelo a su medida*; adecuándose a sus metas y objetivos, la cual implica una opción más rentable en el mercado para la gestión, dirección y supervisión de proyectos en el mercado, de acuerdo a los siguientes conceptos:

- a) Planificación
- b) Ingeniería conceptual
- c) Estudios de prefactibilidad
- d) Ingeniería básica
- e) Estudios de factibilidad
- f) Ingeniería FEED
- g) Ingeniería de detalle
- h) Dirección y control integral del proyecto

- i) Logística y procuración
- j) Construcción civil-electromecánica
- k) Aseguramiento y control de calidad
- l) Seguridad y protección ambiental del proyecto
- m) Pre-comisionamiento y comisionamiento
- n) Puesta en marcha y pruebas de garantía

“Project Integral Management” (PIM) además incluye: evaluación, análisis diagnóstico y recomendación de acciones para optimizar resultados del proyecto en base al desarrollo de la Ingeniería, procesos constructivos, suministro de equipamientos requeridos, pruebas de los sistemas y puesta en operación del proyecto.

1.3.4. Dirección y supervisión de proyectos. Grupo CAD ofrece servicios de dirección y supervisión de proyectos de petróleo-gas, plantas de generación de energía, minero-metalúrgicos proyectos de cogeneración, ductos y proyectos industriales en diferentes modalidades de contrato EPC, EPCM, EPM, CPC y EPS con el objetivo de optimizar su ejecución detecta problemas que provocan desviaciones a la planificación y a los programas del proyecto, actúa con oportunidad y eficacia en la aplicación de medidas de realineamiento de los resultados, mediante la identificación de causas y aplica soluciones.

Para obtener los resultados, se debe supervisar el trabajo cotidiano de las empresas de diseño, los contratistas y proveedores para la ejecución del proyecto, tiene como base el contrato y sus anexos, la programación general, manuales del proyecto, sistema de control del proyecto y los procedimientos técnicos y operativos de acuerdo con las normas, códigos, especificaciones y requisitos técnicos del proyecto, de acuerdo con lo siguiente:

- a) Planeación del proyecto
- b) Ingeniería básica y de detalle
- c) Procuración y logística de equipos y materiales
- d) Construcción civil-electromecánica
- e) Sistema de gestión de calidad
- f) Sistema de seguridad industrial y protección ambiental del proyecto
- g) Pruebas individuales y de conjunto
- h) Arranque y pruebas de garantía
- i) Reporte ejecutivo mensual del proyecto

1.3.5. Estudios técnicos de modernización, reconfiguración, optimización y aumento de capacidad de instalaciones. Se brinda servicios profesionales para estudios técnicos para plantas minero-metalúrgicas, petróleo, gas, generación eléctrica, petroquímicas, ductos, infraestructuras industriales, en las etapas de operación y mantenimiento, que aportan

elementos a la dirección de empresas en la correcta toma de decisiones en el desarrollo de proyectos. Principales estudios técnicos:

- a) Ingeniería conceptual
- b) Ingeniería básica
- c) Ingeniería feed
- d) Análisis de contratistas
- e) Elaboración de bases para licitar proyectos en los diferentes esquemas de contrato EPC, EPCM, EPM, CPC y EPS.
- f) Control de procuración y logística de diferentes equipos y materiales
- g) Control del sistema de gestión de calidad
- h) Control del sistema de gestión ambiental
- i) Manejo del sistema de manejo y control de documentos
- j) Proyectos de gestión ambiental
- k) Dictámenes técnicos de proyectos

1.3.6. Servicio de análisis, manejo, control de cambios de alcance, cierre y finiquito de diferentes proyectos. Se brinda servicios para de análisis, manejo y control de cambios de alcance y/o términos de referencia, cierre y finiquito de contratos en diferentes modalidades EP, EPM, EPC, EPCM Y CM, cumple con la normatividad y leyes vigentes, ley de adquisiciones y obras públicas para proyectos del sector público y con los requisitos contractuales.

Es importante indicar que, desde el inicio hasta la culminación de un proyecto, se presentan muchas desviaciones al contrato, las que se reflejan en alteraciones del mismo, estas deben analizarse de manera cuidadosa y oportuna para medir algunos desfases del proyecto, que se podrían reflejar en costos elevados del proyecto, por lo cual se requiere documentarlos en todas las etapas y/o fases de forma apropiada para mantener un buen sistema de control. Grupo CAD también controla, analiza alteraciones de manera oportuna algunas alteraciones en diferentes etapas de la ejecución del proyecto (desde la planificación hasta las pruebas de garantía) estableciendo un sistema de control de documentos coordinados con el cliente.

1.3.7. Modalidades de contratos para ejecución de proyectos. A través de los servicios brindados por Grupo CAD se busca un valor agregado a los proyectos de diferentes clientes, en distintas modalidades de contrato, estos se traducen en resultados cuantificables, tangibles en costo, tiempo y cumplimiento de calidad, además sus clientes obtengan éxitos, copartícipes a través de bonos (Success Fee) fundamentados en los ahorros logrados durante la ejecución de los proyectos.

Grupo CAD presenta un diagrama de diferentes modalidades de contratos en los cuales puede desenvolverse con éxito en los proyectos de energía, industriales, y mineros metalúrgicos.

CONTRATO CM	<ul style="list-style-type: none"> • Está enfocado a brindar al cliente el servicio de: Construction Management enfocado a alcanzar los objetivos de tiempo, costo y calidad, optimizando la ejecución del proyecto de construcción.
CONTRATO CPC	<ul style="list-style-type: none"> • El contrato por administración brinda el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, conforme a los programas del contrato, sistemas de control y planes de ejecución del cliente y un precio garantizado.
CONTRATO EPCM	<ul style="list-style-type: none"> • Se celebra cuando la ingeniería y la Procuración, Management of Construction, Precommissioning y Commissioning son responsabilidad de un contratista y la construcción es realizada por un tercero.
CONTRATO EPC	<ul style="list-style-type: none"> • Considera un alcance que incluye: Ingeniería, Procuración y Construcción; teniendo el contratista el 100% de la responsabilidad en cuanto al monto y tiempo de ejecución del proyecto.
CONTRATO EPM	<ul style="list-style-type: none"> • Brinda al cliente el Management de las etapas de Ingeniería, Procuración y Logística del proyecto que son responsabilidad de una sola empresa, a fin de que cumpla en plazo y calidad.
CONTRATO CM	<ul style="list-style-type: none"> • Está enfocado a brindar al cliente el servicio de: Construction Management enfocado a alcanzar los objetivos de tiempo, costo y calidad, optimizando la ejecución del proyecto de construcción.
CONTRATO CPC	<ul style="list-style-type: none"> • El contrato por administración brinda el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, conforme a los programas del contrato, sistemas de control y planes de ejecución del cliente y un precio garantizado.
CONTRATO EPCM	<ul style="list-style-type: none"> • Se celebra cuando la ingeniería y la Procuración, Management of Construction, Precommissioning y Commissioning son responsabilidad de un contratista y la construcción es realizada por un tercero.
CONTRATO EPC	<ul style="list-style-type: none"> • Considera un alcance que incluye: Ingeniería, Procuración y Construcción; teniendo el contratista el 100% de la responsabilidad en cuanto al monto y tiempo de ejecución del proyecto.
CONTRATO EPM	<ul style="list-style-type: none"> • Brinda al cliente el Management de las etapas de Ingeniería, Procuración y Logística del proyecto que son responsabilidad de una sola empresa, a fin de que cumpla en plazo y calidad.

Figura 9. Modalidades de contratos para ejecución de proyectos

Nota: Adaptado de modalidades de contrato, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

1.4. Reseña histórica de la empresa

Grupo CAD fue fundado en el año 2000 por el Ing. Arturo Susarrey A. con el propósito de brindar diferentes servicios profesionales de alta calificación para Project Integral Management (PIM), estudios técnicos financieros, estudios de factibilidad, dirección, supervisión y ejecución de proyectos de energía, minero-metalúrgicos e industriales.

1.4.1. Año 2002. Grupo CAD recibe la certificación CMIC-216, norma ISO-9001:2000 en su Sistema de Gestión de Calidad para gestión, dirección supervisión y ejecución de proyectos de energía, minero-metalúrgicos y desarrollo de estudios.

1.4.2. Año 2004. Grupo CAD participa en licitaciones de contratos para supervisión de los proyectos de reconfiguración de la refinería de PEMEX Refinación (GEP'S) además participó en cuatro licitaciones de PEMEX para brindar servicios profesionales para la supervisión (GEP'S) de la ingeniería, procuración, construcción, pruebas y puesta en marcha del proyecto integral de reconfiguración de las refinerías de Tula, Salamanca y Minatitlán.

1.4.3. Año 2006. Grupo CAD participa en el estudio de factibilidad de planta "El Arco". También recibe el contrato para revisar y actualizar el estudio de Bechtel de factibilidad

de planta extractora de cobre, con capacidad de 100.000 TMPD de cobre, ubicado en la planta “El Arco”, estado de Baja California.

1.4.4. Año 2008. Compañía Minera Autlan otorga a Grupo CAD contratos para realizar las siguientes actividades:

- a) Elaboración de ingeniería básica para el proyecto de una planta para procesar 350.000 TPA de minerales de manganeso.
- b) Elaboración del estudio de prefactibilidad para la planta de beneficio de materiales de manganeso de alto contenido.
- c) Reubicación de la nueva planta con capacidad de producción 230.000 TPA de super nódulos de 52% de contenido de manganeso.

1.4.5. Año 2010. Fundación de CAD Proyectos Perú SAC (CPP) se inaugura la oficina en Lima-Perú para realizar diferentes proyectos especialmente en el sector minero. Asimismo, Southern Perú Copper Corporation (SPCC) otorga a CPP contrato para la gerencia de construcción CM del proyecto de Tía María, en la ciudad de Arequipa.

1.4.6. Año 2012. SPCC otorga a CPP contrato de EPM, para la supervisión de la ingeniería y procura del proyecto Ampliación Toquepala, además en este mismo año se funda CAD Servicios Técnicos Perú SAC.

1.4.7. Año 2014. SPCC otorga a CPP el contrato para la gerencia de construcción CM del proyecto mejora tecnológica de proyecto ampliación Toquepala. Además, CPP se encarga del desarrollo los estudios de factibilidad técnico-financiera para el proyecto de Tía María, y proyecto Ampliación Toquepala.

1.4.8. Año 2016. Grupo CAD obtiene certificación en el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001 y OHSAS 18001 de Seguridad y Salud Laboral, también obtiene la Certificación CMIC Nro. S0016 para su Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional de acuerdo a la Norma OHSAS 18001-2007, así mismo la certificación CMIC Nro. A0016 Sistema de Gestión Ambiental de acuerdo a la Norma ISO-14001:2004, ambos para la gestión, dirección supervisión y ejecución de proyectos de energía, industriales, minero-metalúrgicos y desarrollo de estudios.

1.4.9. Año 2018. CPP recibe el contrato de CM del proyecto de SINERGÍA, integrado por los proyectos elementos:

- a) 03 espesadores para el proyecto de Ampliación Toquepala (PAT).
- b) 03 nuevos 3 espesador de relaves en reemplazo de espesadores existentes, planta antigua Toquepala.
- c) Mejora de los molinos HPGR concentradora Toquepala.

1.4.10. Año 2020. CPP es encargado de la gerencia de Construcción CM. del proyecto de Ampliación de Disposición de Relaves Quebrada Honda.

1.4.11. Principales Proyectos en Perú Grupo CAD.

a) *Gerencia de proyecto del proyecto de Sinergia.* Proyecto que se ha desarrollado para la recuperación de agua de todos los relaves generados de la planta concentradora de Toquepala (planta antigua), mediante la sustitución de un espesador de tecnología obsoleta con la instalación de tres espesadores de menor tamaño y con mayor eficiencia, recuperación de agua de proceso más eficiente. CPP ha supervisado las obras de recepción de materiales y equipos, montaje estructural y montaje electromecánico de tres espesadores de alta eficiencia, montaje de molinos HPGR y sus componentes; montaje de estructuras, rodillos faja transportadora de mineral en el área de molinos HPGR.

- Supervisión y apoyo en el precomisionamiento, comisionamiento y pruebas de comisionamiento del sistema completo de espesadores y molinos HPGR.
- Montaje electromecánico, pruebas y puesta en marcha de tres espesadores de alta eficiencia para la repotenciación del sistema de recuperación de agua de la concentradora de Toquepala (planta antigua).
- Montaje electromecánico, pruebas y puesta en marcha de molinos HPGR para la optimización de la molienda fina en la concentradora de Toquepala (planta antigua).
- Montaje electromecánico, pruebas y puesta en marcha de tres espesadores correspondientes al proyecto Ampliación Toquepala.
-



Figura 10. Detalles del proyecto Sinergia

Nota: Adaptado de proyecto SINERGIA, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

Tabla 1

Detalles del proyecto Sinergia

Categoría	Cliente	Ubicación	Fecha	Presupuesto	Contratista
Gestión de la construcción	Southern Perú Copper Corporation	Toquepala, Perú	2016	\$150 MDD	Cosapi

Nota. Adaptado de proyecto Sinergia, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

b) *Proyecto de la ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda.* El proyecto de ampliación del embalse de relaves de Quebrada Honda involucra el desarrollo de las instalaciones de proceso, infraestructura y operaciones auxiliares, reubicación de equipos y facilidades existentes, que permitirán continuar con la operación de crecimiento de los diques principal y lateral y recuperación de agua.

El proyecto considera actividades de construcción como movimiento de tierras, instalación de tuberías de diversos tamaños y tipos, instalación de equipos como espesador de lamas, equipos de bombeo e instalaciones electromecánicas y de instrumentación y control.

- Área 2,101. Construcción de accesos plataformas para instalación de espesador de relave.
- Área 2,800. Montaje para repotenciación de estación de ciclones, incluye líneas de arena hacia el dique Lateral.
- Área 2,820. Construcción de accesos, plataformas y montaje de cuatro bombas de agua, así mismo líneas de transporte para agua de drenaje hacia espesador de relave área 2101.
- Área 3,100. Construcción de plataformas y montaje de tres bombas de relave para alimentar estación de ciclones 2800.
- Área 1,230. Instalación de barcazas con tres bombas y línea de transporte de agua hacia estación de bombas área 3100.
- Área 2,102. Construcción de poza, estación de bombas para ciclones por gravedad en el dique Principal.

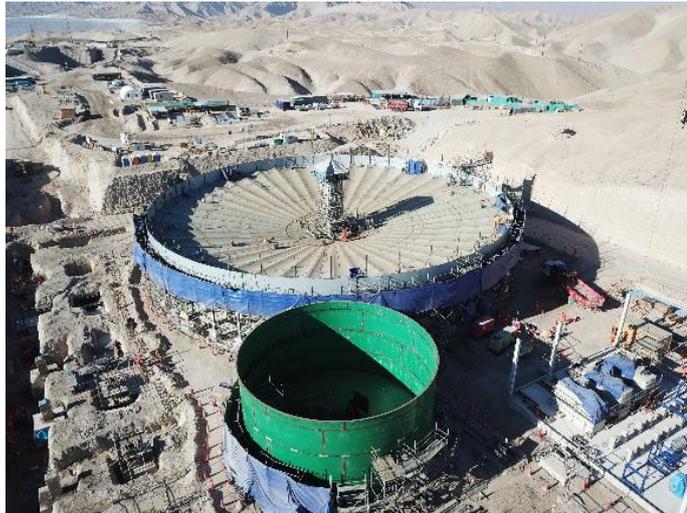


Figura 11. Proyecto ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda
Nota: Proyecto ampliación embalse de relaves



Figura 12. Proyecto ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda
Nota: Proyecto ampliación embalse de relaves, elaboración propia

Tabla 2

Ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda

Categoría	Cliente	Ubicación	Fecha	Presupuesto	Contratista
Gestión de la construcción	Southern Perú Copper Corporation	Toquepala, Perú	2019	\$71 MDD	JJC

Nota. Proyecto embalse de relaves Quebrada Honda

1.5. Organigrama de la empresa

Grupo CAD México está constituido de reconocidos profesionales multidisciplinarios, administradores financieros con más de cuarenta años de experiencia en la gerencia, dirección, supervisión y ejecución de proyectos en sus diferentes etapas desde ingeniería, procura, construcción, gestión de calidad, seguridad industrial, ingeniería ambiental, pruebas individuales y conjuntas, pruebas de puesta en marcha y garantía, que cuenta con la responsabilidad y experiencia de la planificación, control y ejecución exitosa de más de 1 000 proyectos de generación de energía, petroquímica, refinación de petróleo, proyectos minero-metalúrgicos, industriales y de infraestructura en México, Centro y Sudamérica.

Los servicios profesionales que ofrece Grupo CAD México están enfocados en que sus clientes cuenten con un equipo de personal técnico-administrativo calificado y con experiencia, estructurados para responder a los requerimientos de los proyectos a ejecutar en los próximos años también cuenta con todas las áreas de especialización necesarias para su ejecución, lo que le permite brindar un servicio de excelencia, que garantiza el éxito de sus proyectos en cualquiera de sus etapas, desde la ingeniería hasta la puesta en marcha y pruebas de garantía.



Nota: Adaptado de Organigrama general de la empresa Grupo CAD, (<http://cadproy.com/>) Copyright 2018 CADPROY

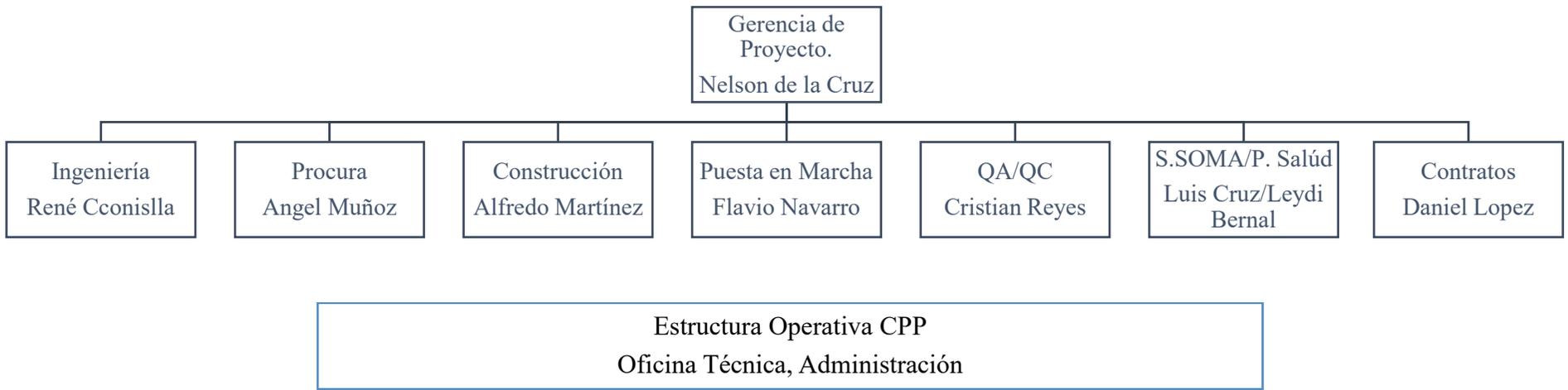


Figura 14. Organigrama de gerencia de construcción del proyecto de ampliación de embalse quebrada Honda CAD proyectos Perú (Grupo CAD proyectos México)

1.6. Misión y visión Grupo CAD

Misión. “Nuestra Misión es dar valor agregado a los proyectos en que participamos, a través de los servicios especializados de gestión, dirección, supervisión, y Ejecución de Proyectos de Energía, Minero-Metalúrgicos e industriales y desarrollo de Estudios, buscando siempre que el éxito se traduzca en beneficios cuantificables y hacer coparticipes de ellos a nuestros clientes, cumpliendo siempre en tiempo, costo y Calidad aplicando las Leyes, Reglamentos, Normas, Códigos, Estándares y Procedimientos establecidos que permiten el buen desarrollo de los proyectos.”⁽¹⁾

Visión. “Nuestra Visión de negocio es hacer Grupo CAD una empresa líder, que sea reconocida en los Sectores de Energía e Industria por la capacidad de su personal y por la alta calidad de sus Servicios Especializados en Gestión, Dirección, Supervisión y Ejecución de Proyectos y desarrollo de servicios de Proyectos de Energía, Minero-Metalúrgicos e Industriales”.⁽¹⁾

Valores. “En Grupo CAD ponemos especial énfasis en cumplir con los requisitos establecidos y satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes, fortaleciendo las relaciones de largo plazo, con la visión y perspectiva de sus necesidades y objetivos futuros”.⁽¹⁾

“Grupo CAD en una empresa comprometida con la calidad, la seguridad, la salud ocupacional y la protección ambiental. Es Política de Grupo CAD que todas las actividades realizadas por la empresa en los distintos proyectos en los que participa cumplan con los requerimientos, tanto propios como los de los clientes y las leyes aplicables”.⁽¹⁾

“Grupo CAD brinda sus servicios basados en principios éticos y apegados a la ley y a los compromisos con nuestros clientes, cumpliendo con los estándares internacionales de calidad, respeto al medio ambiente y prevención de riesgos, actuando con responsabilidad social y generando valor en nuestros servicios, a fin de lograr la confianza de nuestros clientes”.⁽¹⁾

1.7. Bases legales o documentos administrativos

La empresa CAD Arrendadora y Comercializadora del Perú S.A.C. pertenece al grupo CAD México cuenta con documentos sustentatorios que evidencian la formalidad en su organización y funcionamiento (ver anexo 01).⁽¹⁾

Resultado de la Búsqueda	
Número de RUC:	20544654081 - CAD ARRENDADORA Y COMERCIALIZADORA DEL PERU S.A.C. - CARRC S.A.C.
Tipo Contribuyente:	SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Nombre Comercial:	CARRC S.A.C.
Fecha de Inscripción:	25/08/2011
Fecha de Inicio de Actividades:	25/08/2011
Estado del Contribuyente:	ACTIVO
Condición del Contribuyente:	HABIDO
Domicilio Fiscal:	AV. DEL PINAR NRO. 180 INT. 804 URB. CHACARILLA DEL ESTANQUE LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO
Sistema Emisión de Comprobante:	MANUAL/MECANIZADO/COMPUTARIZADO Actividad Comercio Exterior: IMPORTADOR
Sistema Contabilidad:	MANUAL/COMPUTARIZADO
Actividad(es) Económica(s):	Principal - 7730 - ALQUILER Y ARRENDAMIENTO DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA, EQUIPO Y BIENES TANGIBLES Secundaria 1 - 7710 - ALQUILER Y ARRENDAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Secundaria 2 - 8810 - ACTIVIDADES INMOBILIARIAS REALIZADAS CON BIENES PROPIOS O ARRENDADOS
Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):	FACTURA NOTA DE CREDITO GUIA DE REMISION - REMITENTE
Sistema de Emisión Electrónica:	FACTURA PORTAL DESDE 27/11/2018 BOLETA PORTAL DESDE 05/12/2019
Emisor electrónico desde:	27/11/2018
Comprobantes Electrónicos:	FACTURA (desde 27/11/2018),BOLETA (desde 05/12/2019)
Afiliado al PLE desde:	01/01/2015
Padrones:	NINGUNO
Fecha consulta: 18/08/2022 20:51	

Figura 15. Ficha RUC de la empresa CAD Arrendadora y Comercializadora del Perú SAC
Nota: Adaptado de, Ficha RUC, (<https://e-consultaruc.sunat.gob.pe/cl-ti-itmrconsruc/jcrS00Alias/>)
1997 - 2023 SUNAT Derechos Reservados

1.8. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

La Ampliación de Embalse de Quebrada Honda, forma parte del proyecto de Ampliación Toquepala, y el instrumento técnico EIA (Estudio de Impacto Ambiental) que da lugar al proyecto mencionado fue aprobado según Resolución Nro466-2015-MEM/CM.

El proyecto Ampliación Quebrada Honda se ha desarrollado en el Embalse de Relaves de Quebrada Honda, ubicado en la unidad minera de Toquepala que pertenece a Southern Perú Copper Corporation y la actividad consiste en garantizar el crecimiento sostenible y armónico de los diques del embalse de relaves en Quebrada Honda; para lo cual, se considera la implementación de un nuevo sistema de bombeo de relaves que alimentará a un sistema de baterías móviles ubicado a lo largo de la corona del dique principal (área 2,102); además, se considera la ampliación de la planta de cicloneo estacionario ubicada en el área 2,800.



- ÁREAS 2100/2102: SIST. DE BOMBEO HACIA BATERÍAS MÓVILES
- ÁREA 2400: SIST. DE BOMBEO PARA DRENAJE DE D. PRINCIPAL
- ÁREA 2101: ESPESADOR DE LAMAS Y PLANTA DE FLOCULANTE
- ÁREA 3100: SISTEMA DE BOMBEO HACIA EL ÁREA 2800 Y EMPLOYAMIENTO DIQUE LATERAL
- ÁREA 2800: AMPLIACIÓN DE PLANTA PARA CLASIFICACIÓN DE RELAVES
- ÁREA 2820: SISTEMA DE BOMBEO PARA SUB-DRENAJE DEL DIQUE LATERAL
- ÁREA 1230: SISTEMA DE BOMBEO DESDE BARCAZAS EXISTENTE HACIA EL ÁREA 2800
- ÁREA 3200: MONTAJE DE NUEVO CUARTO DE CONTROL Y GABINETE DE COMUNICACIONES

Figura 16. Ubicación del proyecto de ampliación de embalse de relaves Quebrada Honda

Nota: Ubicación del proyecto de ampliación de embalse

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

Las siguientes responsabilidades fueron desempeñadas por el bachiller:

- Revisión y análisis de ingeniería de terreno de todas las áreas del proyecto.
- Supervisión al equipo de oficina técnica del contratista garantizar la ejecución de ingeniería básica y detalle para los enlaces de fibra óptica, CCTV contraincendios, la integración de la ingeniería Vendor y detectar la posible incongruencia en la ingeniería antes de proceder con la construcción para evitar impacto en tiempo y costo.
- Supervisión de suministro y desarrollo de planos “As-Built”.
- Se considera la entrega de los planos, del total del proyecto, con las modificaciones realizadas durante la construcción.
- Aseguramiento de que el contratista debe entregar al cliente, una vez finalizados los trabajos y antes de iniciar la etapa de precomisionado, la totalidad de los planos “As-built” de

todas las instalaciones. Estos planos deberán confeccionarse a partir de planos marcados claramente en el proyecto (*Red Line*).

g) Supervisión de que el contratista deba llevar en terreno un compendio de planos donde se lleven anotadas las variaciones “Red line” para el correcto control de los cambios.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

La concentradora Toquepala, con la puesta en marcha del proyecto de ampliación, cuenta con una capacidad de procesamiento promedio de 120,000 toneladas por día; mientras que la concentradora Cuajone, de 90,000. Los relaves producidos por ambas concentradoras, que suman aproximadamente 210,000 toneladas por día las que son transportadas en canales diferentes por gravedad hasta el punto de confluencia denominado “Punto de Control Cimarrona”. En este punto los relaves provenientes de ambas concentradoras se unen y se mezclan para que posteriormente, a 300m aguas abajo, el total de estos relaves sea nuevamente dividido en dos canales para que continúen siendo conducidos hacia en embalse tanto por la quebrada Huacanane, así como por quebrada Santallana. Los tonelajes para transportar por la quebrada Huacanane y Santallana son determinados por la operación. ⁽³⁾

Un porcentaje del total de relave que es transportado por las quebradas Huacanane y Santallana es usado para la producción de arenas que es requerida para la construcción del dique principal y lateral. Al nor-oeste del embalse se encuentra un punto de captación, derivación y dilución de los relaves proveniente por la quebrada Huacanane, desde esta área denominada “Punto de Dilución”, el relave diluido es transportado hacia las 02 plantas estacionarias de cicloneo, ubicadas en el área 2,100 y 2,101; así como también, parte de este relave diluido es transportado hacia un sistema de cicloneo móvil ubicado a lo largo del dique principal. Al nor-este del embalse se encuentra otro punto de captación, derivación y dilución de relaves proveniente por la quebrada Santallana, área 3 100, desde aquí se transporta relave diluido hacia la planta estacionaria de cicloneo ubicada en el área 2,800, además se transporta relave integral a lo largo del dique lateral, que sirve como empleamiento. El relave no procesado es homogéneamente distribuido en el embalse como empleamiento. ⁽³⁾

La actual ubicación (altitud 1,193 m s.n.m.) de la planta de cicloneo ubicada en el área 2,100, respecto a la actual elevación de la corona alcanzada por el crecimiento del dique principal (altitud 1193 m s.n.m.); no permite la diferencia de altura estática suficiente para el envío de arenas por gravedad hacia toda la extensión de la corona del dique principal; por ello, actualmente se usan bombas de desplazamiento positivo para la disposición de arenas. A futuro, la planta ubicada en el área 2,100 quedará inundada por el crecimiento del embalse, por lo que se está considerando la implementación de una nueva infraestructura correspondiente a un nuevo diseño de estaciones de cicloneo móviles o “baterías”. ⁽³⁾

Con respecto al tonelaje de arenas requerido para la construcción del dique lateral, este se incrementará progresivamente en el tiempo; quedando sub-dimensionada la planta de cicloneo existente ubicada en el área 2,800. Por lo tanto, es necesario aumentar, según el

requerimiento determinando por la simulación de llenado, la capacidad de producción de arenas considerando la implementación de una nueva infraestructura paralela a la existente. ⁽³⁾

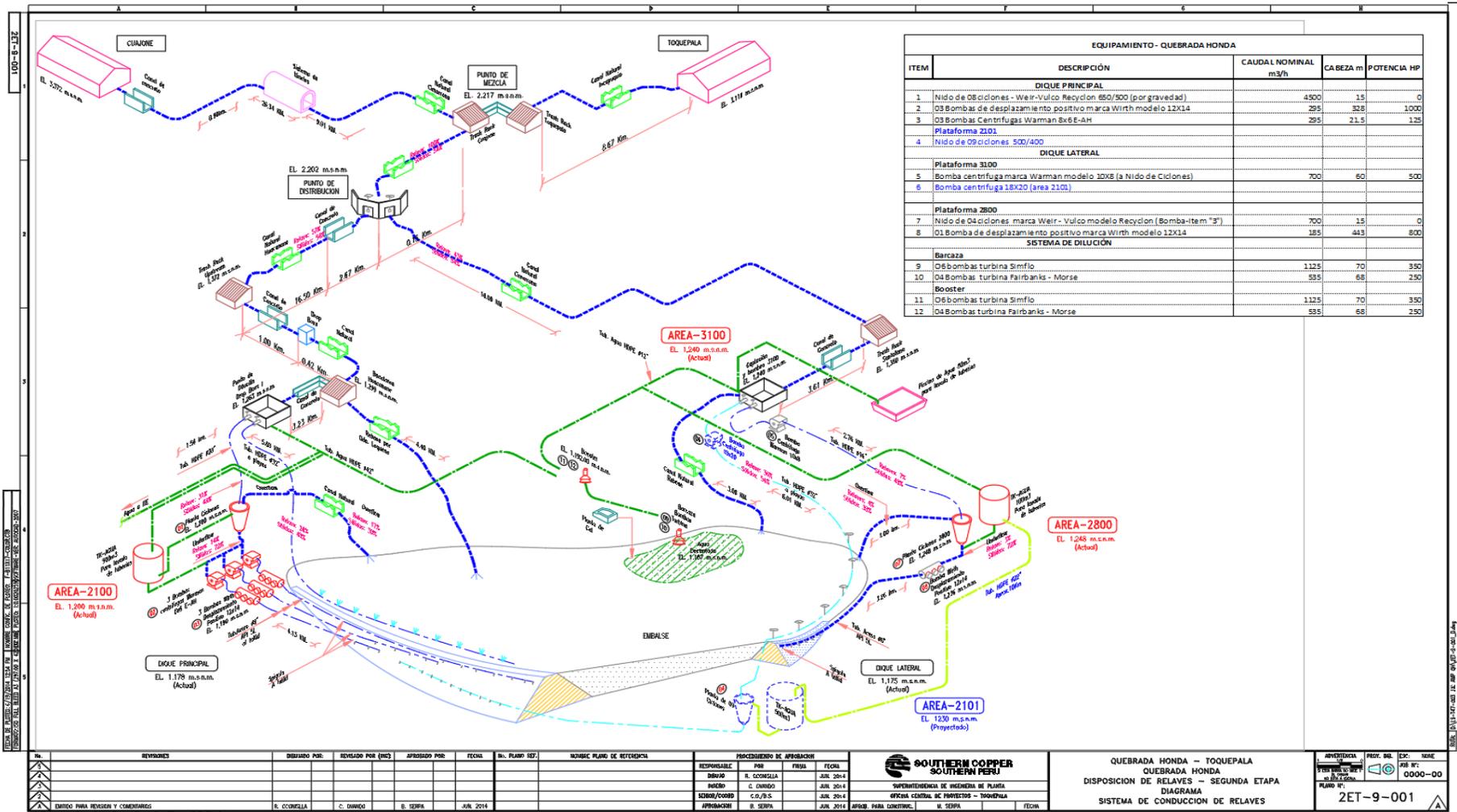


Figura 17. Diagrama de flujo de disposición de relaves Quebrada Honda - Toquepala

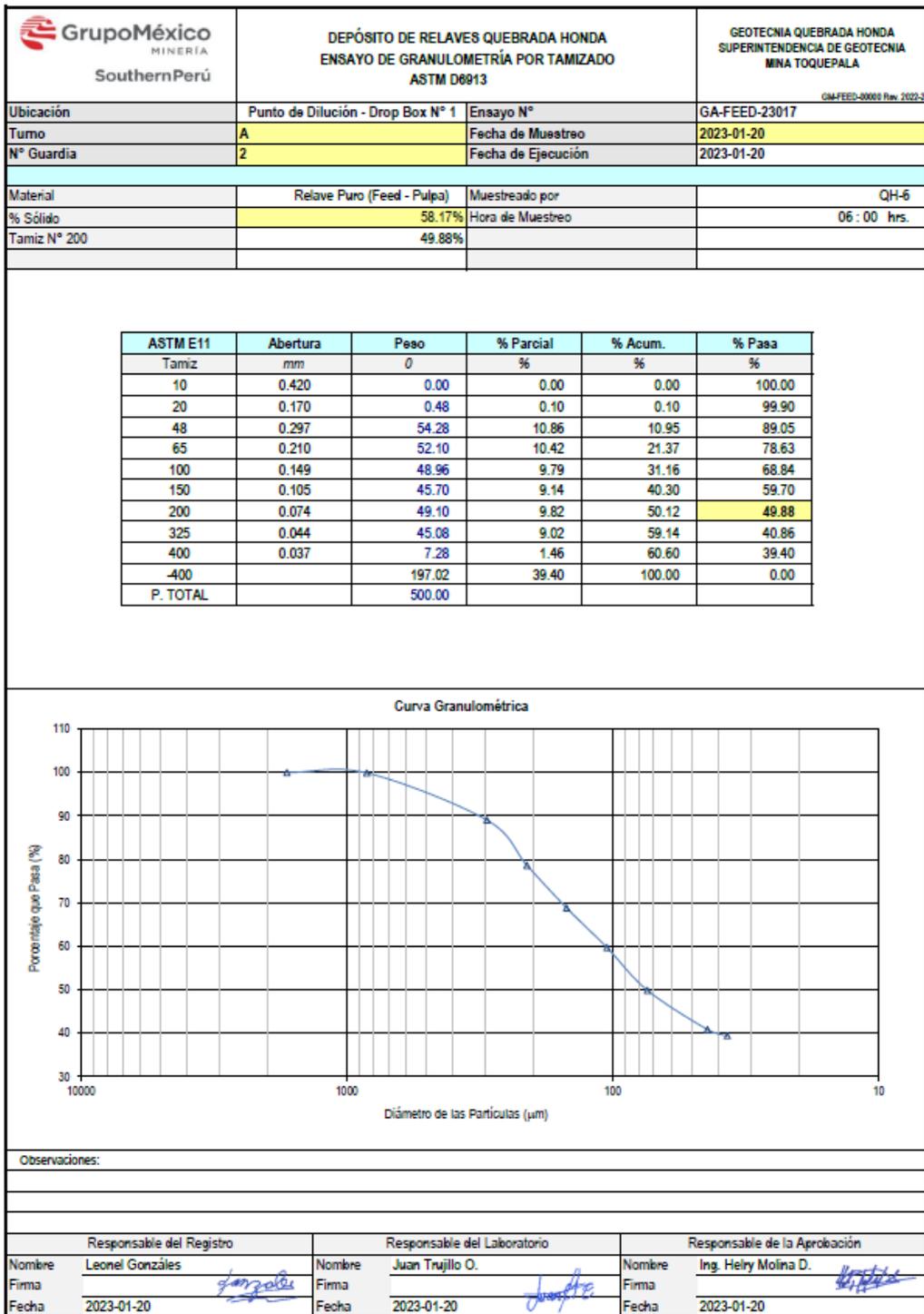


Figura 18. Reporte granulométrico (punto de dilución)

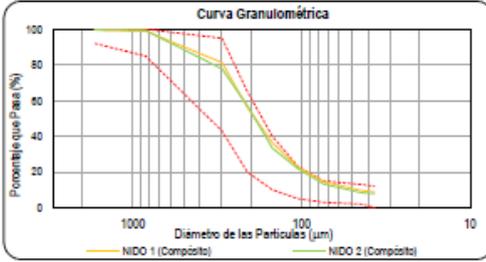
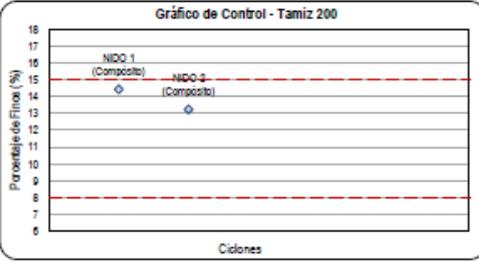
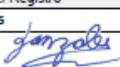
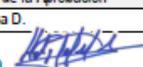
		DEPÓSITO DE RELAVES QUEBRADA HONDA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO ASTM D6913				GEOTECNIA QUEBRADA HONDA SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA MINA TOQUEPALA <small>GM-2101-00300 Rev. 2022-2</small>		
Ubicación	Planta 2101		Ensayo N°	GM-2101-23027				
Turno	B		Fecha de Muestreo	2023-01-19				
N° Guardia	4		Fecha de Ejecución	2023-01-20				
VARIABLES GENERALES								
% Sólidos Antes Punto de Dilución	59.44%		Canchas Cyclonizado	D. Principal C-01				
Tamiz N° 200 AVG	13.85%		Canchas Cyclonizado	D. Principal C-11				
Recuperación AVG	41.82%							
Gravedad Específica	2.78							
ASTM E11	ABERTURA	FEED		OVER		NIDO 1 (Compósito)	VARIABLES	
Tamiz	mm	Peso (g)	% Pass	Peso (g)	% Pass	Peso (g)	% Pass	NIDO 1 (Compósito)
10	1.680	1.18	99.76	0.00	100.00	2.34	99.53	% Sólidos Después
20	0.841	1.34	99.50	0.00	100.00	3.02	98.93	% Sólidos U/F
48	0.297	45.92	90.31	0.46	99.91	88.08	81.31	% Recuperación
65	0.210	56.18	79.08	1.26	99.66	126.04	56.10	Manifold (psi)
100	0.149	45.40	70.00	5.30	98.60	98.30	36.44	Flujo de Agua [m ³ /h]
150	0.105	39.48	62.10	17.40	95.12	69.22	22.60	Flujo de Pulpa [m ³ /h]
200	0.074	40.04	54.09	39.32	87.25	40.74	14.45	
325	0.044	42.38	45.62	62.42	74.77	24.26	9.60	
400	0.037	9.08	43.80	14.10	71.95	3.98	8.80	
-400		219.00	0.00	359.74	0.00	44.02	0.00	
P. TOTAL		500.00		500.00		500.00		
		% SÓLIDOS	42.93%	% SÓLIDOS	27.57%	% SÓLIDOS	71.81%	
ASTM E11	ABERTURA	FEED		OVER		NIDO 2 (Compósito)	VARIABLES	
Tamiz	mm	Peso (g)	% Pass	Peso (g)	% Pass	Peso (g)	% Pass	NIDO 2 (Compósito)
10	1.680	2.62	99.48	0.00	100.00	1.08	99.78	% Sólidos Después
20	0.841	1.50	99.18	0.00	100.00	2.48	99.29	% Sólidos U/F
48	0.297	48.14	89.55	0.50	99.90	107.46	77.80	% Recuperación
65	0.210	47.62	80.02	1.00	99.70	103.34	57.13	Manifold (psi)
100	0.149	50.48	69.93	3.16	99.07	118.74	33.38	Flujo de Agua [m ³ /h]
150	0.105	38.90	62.15	14.52	96.16	57.96	21.79	Flujo de Pulpa [m ³ /h]
200	0.074	37.96	54.56	40.80	88.00	42.72	13.24	
325	0.044	2.60	54.04	60.00	76.00	24.20	8.40	
400	0.037	8.52	52.33	12.12	73.58	2.66	7.87	
-400		261.66	0.00	367.90	0.00	39.36	0.00	
P. TOTAL		500.00		500.00		500.00		
		% SÓLIDOS	44.88%	% SÓLIDOS	28.97%	% SÓLIDOS	72.19%	
								
Observaciones: La información referente a las variables de cicloneo han sido obtenidas de cuarto de control.								
Responsable del Registro		Responsable del Laboratorio			Responsable de la Aprobación			
Nombre	Leonel Gonzáles	Nombre	Juan Trujillo O.	Nombre	Herly Molina D.			
Firma		Firma		Firma				
Fecha	2023-01-20	Fecha	2023-01-20	Fecha	2023-01-20			

Figura 19. Reporte granulométrico (área 2101)

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional.

La puesta en servicio de la nueva infraestructura, que garantiza el crecimiento sostenible y armónico del propio embalse y optimiza la recuperación y consumo del agua usada en el proceso, demanda repotenciar así como la construcción de nuevas facilidades tales como: ampliación del cuarto de control, un nuevo sistema de bombeo para agua recuperada desde barcazas existente hacia el área 2800, la implementación de sistemas de bombeo de los drenajes del dique principal y sub-drenajes del dique lateral, la implementación de un espesador para lamas, así como la construcción de una poza pulmón cercano al punto de dilución.

Bajo el sustento de párrafos anteriores Southern Perú Copper Corporation (SPCC) desarrolló el proyecto “Ampliación del Embalse de Relaves Quebrada Honda - Toquepala”, el cual permite sostener la producción requerida de arenas para la construcción de los diques principal y lateral hasta un nivel de coronamiento de 1240 m s.n.m.

El área donde se ejecutará el proyecto se ubica en las instalaciones de Quebrada Honda correspondiente la unidad de producción de Toquepala de SPCC, en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna, Perú.

El proyecto se localiza cerca de los 1.200 m s.n.m. aproximadamente a 145 km al nor-este de Tacna, en el sur del Perú.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general.

a) Construir el proyecto de la ampliación del embalse de relaves gestionando ingeniería de detalle, de terreno e ingeniería de proveedores en Quebrada Honda - Toquepala.

2.3.2. Objetivos específicos.

b) Validar ingeniería de detalle del proyecto de Ampliación de Embalse de Relaves con el cliente mediante reuniones, diarias, semanales y mensuales.

c) Gestionar nuevas tecnologías, herramientas que permitan el desarrollo óptimo de ingeniería de integración, ingeniería de terreno e ingeniería del proveedor del proyecto del proyecto de la ampliación de embalse de relaves.

d) Implementar sistema de control de documentos de ingeniería de terreno aplicando nuevas metodologías de “Project Management Professional” PMP del proyecto de la ampliación de embalse de relaves.

2.4. Justificación de la actividad profesional

El crecimiento de embalse y el muro de la presa de Quebrada Honda se basa en sostenimiento a base de arenas obtenidas del mismo relave obtenidas de las dos unidades mineras Toquepala y Cuajone. Quebrada Honda se encuentra en proceso de crecimiento debido a las expansiones de concentradoras de Cuajone y Toquepala, por lo tanto, aumentará la cantidad de relave producido; por ello, Quebrada Honda requiere ampliar sus instalaciones auxiliares, así como las plantas de cicloneo para cumplir con la demanda de arenas. Por otro lado, Toquepala cuenta con dos concentradoras de extracción de cobre, planta concentradora existente (C1) y planta concentradora nueva (C2), la demanda de agua necesaria para la operación de la C2 estaba en déficit después del primer año de operación y para continuar con el procesamiento de extracción de cobre y cumplir con la capacidad de procesamiento nominal se requiere mayor cantidad de agua, por lo cual se opta por construir un espesador de relave en Quebrada Honda, alimentado por el Overflow de la planta de arenas del área 2,101.

Relevancia Social y ambiental. Se toma en cuenta el EIA del Proyecto de la Ampliación de Toquepala que describe que embalse de relaves de Quebrada Honda (ERQH) autorizado y aprobado Mediante R.D. N° 178-94-EM/DGM, que SPCC disponga y almacene los relaves procedentes de sus concentradoras de Toquepala y Cuajone en la zona de Quebrada Honda, le otorgó la licencia de construcción para el embalse de relaves en dicha zona, el agua decantada del embalse debe ser reutilizada en las actividades de remediación de la Reserva de Relaves de Ite. Por Resolución Directoral N° 0044-2010-ANA-DGCRH de fecha 15 de septiembre de 2010, la Autoridad Nacional del Agua otorgó a SPCC autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas, procedentes del embalse de relaves de Quebrada Honda.

Las operaciones del ERQH iniciaron el 19 de diciembre de 1996, a partir de esa fecha los relaves de las concentradoras de Toquepala y Cuajone son recibidos, decantados y contenidos en dicho embalse.

Los componentes principales del ERQH incluyen:

- a) Dique de arranque
- b) Dique principal
- c) Diques laterales
- d) Embalse
- e) Sistemas de conducción y distribución de relaves
- f) Sistema de decantación/dilución de agua
- g) Dique y canal para el control y derivación de avenidas para evitar inundaciones

En el denominado documento de EIA aprobado se describe la relevancia social más importante:

Mayor recuperación de agua para reusó en producción minera-metalúrgica. El proyecto de ampliación de la capacidad de procesamiento de la UP Toquepala a 120,000 TMPD requiere el uso de agua como parte del proceso, razón por la cual SPCC con el compromiso de realizar una minería sustentable en la zona, planteó la recuperación del agua decantada de los relaves del embalse de relaves de Quebrada Honda. Actualmente SPCC tiene una licencia de agua de 168,480 m³/d (1,950 l/s) para las operaciones de la UP Toquepala y UP Cuajone, siendo el suministro de agua para la actual Concentradora Toquepala de 45,000 m³/d. El proyecto no considera aumentar el consumo de agua de fuentes externas a las operaciones actuales. La cantidad de agua para Toquepala y Cuajone se mantendrá, es decir no se solicitará más licencias, por lo que para cubrir el requerimiento de reposición de 18,815 m³/d se utilizará el agua decantada de los relaves del embalse de relaves ubicado en Quebrada Honda. Cabe señalar que este proyecto no requerirá el uso de nuevas fuentes de agua (superficial o subterránea) y por ende no realizará la solicitud de nuevas licencias ante la autoridad competente.

La naturaleza de este impacto es positiva, con una relevancia media, debido a que se generaría un aumento de la producción aprovechando al máximo las licencias de agua que tiene SPCC. La intensidad de este impacto será media debido a la cantidad de agua que se recuperará de los relaves. La relación causa efecto de este impacto es directa, con un área de influencia regional debido a la escasez de agua en la región Tacna, la permanencia de este efecto será permanente. Este impacto presenta características sinérgicas, de acumulación simple, manifestación continua, por lo que su efecto sobre el medio es de condición irreparable. Tomando en consideración todos estos atributos el valor del impacto resulta ser de importancia.

Generación de puestos de trabajo. El recrecimiento del embalse de Relaves de Quebrada Honda ha generado de manera directa el empleo de mano de obra calificada y no calificada. El número de empleos máximos que se requerirá para la construcción del proyecto es de 200 puestos de trabajo. Estas condiciones determinarán el incremento de la masa laboral dentro de la categoría de construcción civil y en otras categorías asociadas a los servicios y comercio.

La naturaleza de este impacto es positiva con una relevancia media. La intensidad de este impacto será media debido al número de empleos que se generará. La relación causa efecto de este impacto es directa, con un área de influencia local y de permanencia temporal. Este impacto no presenta características sinérgicas, de características acumulativas, de manifestación continuo, por lo que su efecto sobre el medio es de condición recuperable. Tomando en consideración todos estos atributos el valor del impacto resulta ser de importancia moderada.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Antecedentes de la investigación

a) *Estudio: “Disposición de relaves en tierra área Quebrada Honda” (R.M. No. 097-92-EM/VMM)*. Con base en los resultados de las investigaciones, evaluaciones y comparaciones presentadas en este informe, se recomienda que Quebrada Honda sea utilizada para disposición de relaves en tierra. A continuación, se presenta un resumen del trabajo específico culminado y de las conclusiones de este estudio que da sustento a esta recomendación. Quebrada Honda tiene las condiciones favorables, de basamento, conducción de relaves es mucho más simple, las condiciones de diseño y también se presenta un estimado del coto total del proyecto. ⁽²⁾

b) *Estudio: “Factibilidad para la disposición de relaves espesados en Pampa Purgatorio reporte del estudio hidrogeológico” Knight Piésold Consultores S.A. - abril - 2003*. El aporte o recarga hídrica anual de la microcuenca Purgatorio, por efecto de las lluvias, se estima en 5.5 l/s. En general, el flujo del agua subterránea proviene principalmente de la quebrada Purgatorio, y discurre por debajo de la pampa, a lo largo de paleovalles y a modo de un gran delta, hasta descargar en el embalse de la represa Quebrada Honda.

A partir de los datos de permeabilidad, espesor saturado de agua y gradiente hidráulico del acuífero, se estima que el caudal medio de agua subterránea que fluye por debajo de la pampa Purgatorio es del orden de 4 a 6 l/s. ⁽³⁾

c) *Estudio: “Ingeniería instrumentación geotécnica depósito de relaves Quebrada Honda”, “Validación de la instrumentación geotécnica propuesta para los muros del depósito de relaves - Quebrada Honda-2009”*. Concluyendo el estudio se entregan los instrumentos en cantidad y la ubicación que tendrá cada uno de ellos en terreno, de tal forma que se cumpla el concepto de monitoreo descrito por Arcadis.

La instrumentación instalada debe obedecer a un monitoreo global según lo descrito para lo cual hacemos las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar el balance de aguas del muro con el objetivo de definir los caudales “normales” de aguas que salen por el sistema de drenaje. Para ello se debe medir la humedad residual de las arenas en el muro. Verificar si se mantiene registro en el tiempo de los tonelajes depositados y su contenido de sólidos de depositación.
- Independizar las medidas de caudales de agua por sector (en la medida que sea posible) y de esta forma relacionar los niveles de los piezómetros con los caudales de salida. Se sugiere que se realice por cada eje de instrumentación definido. ⁽⁴⁾

d) *Estudio: “Hidrogeológico Pampa Purgatorio – presa de relaves Quebrada Honda”- mayo- 2012*. El subsuelo en Pampa Purgatorio y Quebrada Honda está conformado

por una alternancia de materiales de granulometría fina producidos en secuencias de ambientes sedimentarios de abanicos aluviales de baja energía y principalmente lacustres, sistematizados en la unidad formación Moquegua inferior.

En el subsuelo del área de influencia del proyecto (Pampa Purgatorio, Quebrada Honda y alledañas) existe un acuífero multicapa con predominio de horizontes finos limolíticos con algunas intercalaciones arenosas, de extensión espacial muy heterogénea; lo que ha dado lugar a la existencia de capas acuíferas con características de semi confinamiento, y otras de confinamiento; con áreas de preferente flujo en paleocanales de materiales de mayor granulometría relativa, del orden del tamaño arenas. Por estos paleocanales se da circulación profunda de aguas provenientes de las partes altas de la cuenca, zona Altiplano; por otras capas circulación menos profunda con aguas provenientes de precipitaciones de menor altitud; y por las capas más superficiales, circulación de agua mezclada de las capas intermedias y algo de agua proveniente de la presa de relaves. Y finalmente, en forma puntual afloramientos de circulación muy poco profunda de la presa de relaves.

En la zona de Quebrada Santallana se da el mismo proceso, pero a la altura del pozo PQH-19 al darse un importante fenómeno geológico por fallamiento que trunca los aluviales y pone en contacto directo a la quebrada con la propia Formación Moquegua de baja permeabilidad, aflora agua mezclada de niveles profundos e intermedios.

Por las pampas Purgatorio, en superficie circulan los relaves producidos en las plantas de beneficio de minerales de las minas Toquepala y Cuajone los cuales son depositados en la presa de Quebrada Honda, donde se van fraccionando progresivamente los sólidos, del agua; por lo tanto, esta constituye un depósito de agua de la cual una muy importante parte se evapora, otra queda retenida en el material sólido y otra se infiltra en el terreno natural para incorporarse al flujo de agua subterránea del acuífero somero, y en algunas partes algo al acuífero intermedio.

(5)

e) *Proyecto: “Obras multidisciplinarias para la nueva área de clasificación y colocación de arenas – área 2101 - 2016”*. Southern Perú Copper Corporation (SPCC) está desarrollando el proyecto “Disposición de relaves Quebrada Honda II etapa - Toquepala: nueva área de clasificación y colocación de arenas - área 2101”. Quebrada Honda se encuentra ubicada en la zona sur del Perú, en el departamento de Tacna, en el Km. 24 de la carretera que une Alto Camiara con Toquepala.

Coordenadas UTM: 8'070,000 N; 310,000 E

Elevación promedio: 1,200 m s.n.m.

Quebrada Honda es el depósito de relaves de SPCC. El depósito se encuentra ubicado en la cota promedio 1,200 m s.n.m. y recibe los relaves de las concentradoras de Toquepala y Cuajone. De Cuajone, el relave es transportado a través de un túnel hasta Toquepala donde se une con el relave de Toquepala en la quebrada Cimarrona. El total de relaves actualmente es de

150,000 TPD. Los relaves de Cuajone y Toquepala son conducidos por la quebrada Cimarrona y descargados en las quebrada Huacanane y Santallana donde fluyen hacia el depósito de relaves de Quebrada Honda.

El proyecto “Disposición de relaves quebrada - Toquepala: Nueva área de clasificación y colocación de arenas - área 2,101” tuvo como objetivo ampliar la capacidad de producción de arena para que el depósito de Quebrada Honda tenga una capacidad de almacenamiento de 210,000 TPD, acorde a la ampliación de concentrado de Toquepala que aumentará en 60,000 TPD de producción. ⁽⁶⁾

Antecedentes internacionales.

a) *Presa de Brumadinho en Brasil: ¿qué falló en el dique cuya ruptura ha dejado al menos 60 muertos y casi 300 desaparecidos?* Capas de espeso lodo, casas arrasadas y al menos 60 muertos de momento, según el último recuento oficial del domingo. Es el balance que deja una jornada terrible para Brasil, mientras los servicios de emergencia tratan de localizar a los 292 desaparecidos en el municipio de Brumadinho, en el estado de Minas Gerais (sureste de Brasil).

En imágenes: la rotura de la presa de Brumadinho en Brasil que deja al menos 58 muertos y 300 desaparecidos. La rotura de la represa Córrego do Feijão, que pertenece a la compañía minera Vale, desencadenó el viernes un alud de aguas residuales que arrastró todo a su paso convirtiendo la zona en un barrizal.

La avalancha sepultó las instalaciones de la presa, la mina de hierro y varias viviendas en áreas rurales. En esta mina, el hierro se extrae con agua. Los residuos líquidos se albergan en balsas o represas alrededor de la mina para, en teoría, su posterior tratamiento. La rotura de la presa en Brumadinho provocó la avalancha en las zonas colindantes, provocando la catástrofe.

En estas horas cruciales, los servicios de emergencia han rescatado a casi cincuenta personas del fango. Sin embargo, las autoridades en el estado de Minas Gerais dicen que las posibilidades de encontrar más sobrevivientes son escasas.

El presidente de Brasil, Jair Bolsonaro, que sobrevoló la zona por la mañana, emitió un comunicado en el que dice que tomará todas las medidas necesarias para castigar a los responsables y evitar que vuelva a ocurrir una tragedia similar. Los fiscales ordenaron a la compañía minera, Vale, suspender las operaciones en el sitio, y los técnicos han empezado a centrar sus pesquisas en las causas de la tragedia. La primera de las preguntas sin resolver es por qué no funcionó ninguna alerta. ⁽⁷⁾

b) *Proyecto: Ampliación de embalse de relaves Quebrada Honda.* El proyecto “Ampliación de embalse de relaves - Quebrada Honda”, responde a la invitación realizada por Southern Perú Copper Corporation (SPCC). SPCC como parte del plan operativo de crecimiento del embalse de relaves, deberá modificar y ampliar distintas áreas de la relavera de

Quebrada Honda. El Sistema de Manejo de Relaves Quebrada Honda (SMRQH) de acuerdo con las autorizaciones de capacidad de procesamiento vigentes para las concentradoras, debe disponer aproximadamente 206,000 toneladas por día de sólidos contenidos en el relave, para ello, cuenta con dos (2) ingresos de relaves por canalizaciones; los cuales son conducidos por las quebradas Huacanane (142,000 toneladas por día y 59.3% Cp) y Santallana (64,000 toneladas por día y 59.3% Cp). Se consideran estos valores como nominales, los mismos que pueden variar de acuerdo con el plan operativo de disposición y crecimiento de la relavera.

Actualmente el Sistema de Manejo de Relaves de Quebrada Honda, para satisfacer la demanda de arenas para la construcción de los diques cuenta con tres estaciones de cicloneo “estacionarias” (estaciones de clasificación 2,100; 2,800 y 2,101) ubicadas en el perímetro del embalse y un sistema de baterías de hidrociclones móviles denominados “baterías móviles” ubicados sobre la corona del dique principal.

La estación de clasificación 2,100 está ubicada a la elevación 1,193 m s.n.m. y en el año 2022 la corona del embalse llegará a esta elevación por lo que esta estación de clasificación quedará fuera de operación debido a que las bombas de arenas no podrán vencer la altura dinámica para la disposición de arenas. Por otro lado, en la medida que siga elevándose la corona del dique lateral se irá incrementando el requerimiento de arenas para la construcción de este dique por lo que es necesario incrementar la capacidad de la estación de cicloneo 2,800. Con la finalidad de minimizar el consumo de agua por evaporación y retenida en el vaso del embalse se instalará un espesador de lamas en la estación de cicloneo 2,101.

Dentro de las actividades previas al desarrollo de la ingeniería, ARCADIS tiene planificado realizar un levantamiento de información en campo, que incluye la toma de datos de la disciplina civil estructural, mecánica y tuberías; y, de electricidad e instrumentación, a fin de tener retroalimentación para el desarrollo del servicio y evaluar los posibles impactos del proyecto en sus respectivas áreas.

El objetivo principal del presente servicio es realizar el desarrollo de ingeniería básica y de detalle de las modificaciones, incorporaciones y ampliaciones requeridas, con la finalidad de asegurar la operatividad de las baterías de ciclones móviles en el dique principal (reemplazará la estación de clasificación 2,100), la repotenciación de la estación 2,800 y su planta de impulsión de relaves 3,100, la instalación de un espesador de lamas en la 2,101; y otras mejoras y optimización.

El presente documento corresponde a la filosofía de operación de las áreas 2,100/2,102.

3.1.2. Bases teóricas.

a. Conceptos básicos y generalidades sobre los relaves (9)

Toda planta minera cuyo proceso de concentración es flotación, produce residuos sólidos que se denominan relaves y que corresponden a una “suspensión fina de sólidos en líquido”, constituidos fundamentalmente por el mismo material presente in-situ en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso, conformando una pulpa, que se genera y desecha en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina; esta "pulpa o lodo de relaves" fluctúa en la práctica con una razón aproximada de agua/sólidos que van del orden de 1:1 a 2:1. Las características y el comportamiento de esta pulpa dependerá de la razón agua/sólidos y también de las características de las partículas sólidas. Esto puede ilustrarse si se consideran los siguientes ejemplos:

- Una masa de relaves con un gran contenido de agua escurrirá fácilmente, incluso con pendientes pequeñas.
- Una masa de relaves con un contenido de agua suficientemente bajo (por ejemplo, relaves filtrados) no escurrirá gravitacionalmente.
- Si las partículas sólidas son de muy pequeño tamaño (equivalentes a arcillas), se demorarán un gran tiempo en sedimentar, manteniéndose en suspensión y alcanzando grandes distancias respecto al punto de descarga antes de sedimentar.
- Si las partículas sólidas son de gran tamaño (equivalentes a arenas) sedimentarán rápidamente y se acumularán a corta distancia del punto de descarga.

Las alternativas a utilizar la depositación de un material de relaves, dependerá de las características de los relaves que produce la planta (cantidad suficiente de material tamaño arena), del costo del agua (si es escasa, se justifican inversiones en equipos para optimizar su recuperación) y, de las características del lugar de emplazamiento del depósito de relaves.

Para conseguir estructuras estables con los relaves, deben determinarse sus características, similares a lo que se hace con los suelos (granulometría, densidad relativa, razón de vacíos, relaciones de fase, etc.). Estas determinaciones permiten también evaluar el cumplimiento de las disposiciones legales.

Descarga de los relaves

- *Descarga del relave completo.* Se requiere disponer de un volumen suficientemente grande para permitir almacenar todos los relaves que se producirán durante la vida útil de la planta. Pueden utilizarse cavidades "pre-existent" como: rajos mineros abandonados, depresiones naturales en superficie, cavernas naturales, antiguas minas subterráneas abandonadas, etc. En

cualquiera de estos casos, si bien en el pasado pudieron darse la posibilidad de ser considerados, hoy debido a la legislación ambiental vigente resulta difícil de ser aceptados por su alta connotación ambiental y deberían realizarse estudios muy completos y detallados para demostrar que no se afectará el medio ambiente. Por esto, para la descarga de relaves completos, resulta técnica y ambientalmente más aceptable construir un muro perimetral con talud interno impermeabilizado hecho con material grueso de empréstito y generar así una cubeta de depositación. Este tipo de depósito de relaves se denomina “embalses de relaves” y han sido aceptados como alternativa de depositación de relaves en nuestro país.

- *Construcción del muro resistente con parte del relave.* Esta opción corresponde a tratar los relaves provenientes de la planta, como manera de separar la fracción gruesa (arenas de relaves) de la fracción fina (lamas), para poder utilizar la primera como material para la construcción del muro perimetral y descargar la segunda a la cubeta de embalse. Al construir el muro utilizando las arenas de los relaves, es posible hacerlo de tres formas o métodos de crecimiento distintas: crecimiento del muro hacia “aguas arriba” (no lo contempla la legislación actual), crecimiento del muro hacia “aguas abajo” y crecimiento del muro según el método llamado “eje central o mixto”. Cualquiera de estos métodos constructivos conforma finalmente a los denominados “tranques de relaves”.

- *Material de relaves equivalente a un suelo húmedo.* Esta opción requiere tratar los relaves provenientes de la planta, de manera de extraerle la mayor cantidad de agua, obteniendo así un material equivalente a un suelo húmedo el cual puede ser depositado sin necesidad de un muro perimetral para su contención. Para este propósito existen distintos métodos: “espesar los relaves”, “filtrar los relaves” y la alternativa más reciente es la de crear lo que se denomina “pasta de relaves”.

- *Efectos de la razón sólido/agua (S:A).* Una pulpa de relaves con suficiente agua se comportará como una suspensión acuosa, cuya viscosidad aumenta si disminuye el agua, hasta que, para contenidos de agua suficientemente bajos se comportará como un lodo espeso y eventualmente, como un suelo húmedo. Experimentalmente podemos señalar que:

- Si la razón S:A es menor que 50%, la pulpa de relaves se comporta como suspensión acuosa, y escurrirá incluso con pendiente menores al 2% y se produce segregación de las partículas con la distancia al punto de descarga.

- Si la razón S:A es mayor o igual que 55% la pulpa de relaves comienza a tener comportamiento de un lodo viscoso; disminuye fuertemente la segregación de partículas y se necesitará pendientes mayores al 2% para escurrir.

La Tabla 3 nos indica la “pendiente” límite que admite una pulpa de relaves para distintas concentraciones de sólidos en peso (pendientes mayores producirán su escurrimiento).

Tabla 3

Permeabilidad e infiltración y densidad relativa

Variación de la pendiente límite con la concentración de sólidos en una pulpa de relaves	
Pendiente límite %	Porcentaje de sólido en peso %
< 2	< 50
2-3	55-66
3-5	60-63
4-6	63-65
>6	>65

Nota: Adaptado de Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves, Nelson A. Ramírez Morandé (<https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>) 31 de diciembre 2007.

Permeabilidad de los suelos

Se dice que un material es permeable cuando tiene huecos continuos e interconectados de modo tal que el agua pueda escurrir por ellos. Al movimiento del agua a través del material se le denomina “infiltración o filtración” y a su medida “permeabilidad”. La circulación del agua a través del suelo se debe a la diferencia de presión hidrostática entre dos puntos.

En forma muy resumida podemos decir que se cumple la relación:

$$v = k \cdot i$$

Donde:

v = es la velocidad de descarga

i = es el gradiente hidráulico

k = es el coeficiente de permeabilidad.

Las unidades en que “ k ” se expresa, comúnmente son cm/seg.

Determinando el coeficiente de permeabilidad se puede determinar el volumen de las filtraciones, el que depende del tamaño y granulometría de las partículas gruesas, de la cantidad de finos y de la densidad de la muestra.

El coeficiente de permeabilidad varía en un amplio margen para los distintos suelos naturales, desde 10^2 cm/seg. (permeable) hasta 10^{-9} cm/seg (impermeable).

Los especialistas clasifican los suelos con respecto a la permeabilidad de la siguiente manera:



Densidad relativa

El grado de compactación que se requiere para una arena de relave, con el fin de minimizar el riesgo de licuefacción, es expresado en términos de la llamada densidad relativa Dr , la que se define según la siguiente expresión:

$$Dr = \frac{(e_{m\acute{a}x} - e)}{(e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n})} \times 100\%$$

Donde Dr = densidad relativa

$e_{m\acute{a}x}$ = relación de vacíos de la arena en la condición más suelta.

$e_{m\acute{i}n}$ = relación de vacíos de la arena en la condición más densa.

Otra forma de calcular la densidad relativa es mediante la expresión:

$$Dr = \frac{\rho_{m\acute{a}x}(\rho_{in\ situ} - \rho_{m\acute{i}n})}{\rho_{in\ situ}(\rho_{m\acute{a}x} - \rho_{m\acute{i}n})} \times 100\%$$

Siendo $\rho_{m\acute{a}x}$ = densidad máxima de las arenas

$\rho_{m\acute{i}n}$ = densidad mínima de las arenas

$\rho_{in\ situ}$ = densidad en el lugar de las arenas

Nota. Todos los parámetros indicados en las expresiones anteriores se deben determinar a nivel de laboratorio mediante ensayos normalizados.

Además, cuando las arenas poseen entre el 10% y de 20% de finos (-200 malla Tyler) las medidas de densidad relativa pueden dejar de ser representativas y es más conveniente la utilización de densidades expresadas como porcentaje de la densidad máxima alcanzada en ensayos de compactación Próctor (estándar y modificado).

Depósitos de relaves

Dentro de la disposición de relaves existen diferentes y variadas formas de depositación de relaves, que dependiendo de diversos factores como son las cercanías al concentrador,

capacidad de almacenamiento de relaves, topografía del lugar, producción del yacimiento se deberá seleccionar la forma más apropiada para disponer estos relaves.

Atendiendo a lo indicado anteriormente, los distintos tipos de “depósitos de relaves” que se consideran en la actualidad, son los siguientes:

- a) Tranques de relaves
- b) Embalses de relaves
- c) Depósito de relaves espesados
- d) Depósito de relaves filtrados
- e) Depósito de relaves en pasta

A continuación, se realiza una breve descripción general de estas formas de depositación de relaves.

a) *Tranques de relaves.* A continuación, se describen brevemente las alternativas de construcción del muro de arenas de los tranques de relaves.

- **Construcción del muro método aguas arriba.** El método aguas arriba. Consiste en un muro inicial (*starter dam*) construido con material de empréstito compactado sobre el cual se inicia la depositación de los relaves, utilizando clasificadores denominados “Hidrociclones”; la fracción más gruesa o arena, se descarga por el flujo inferior del hidrociclón (*Underflow*) y se deposita junto al muro inicial, mientras la fracción más fina o lamas, que sale por el flujo superior del hidrociclón (*Overflow*) se deposita hacia el centro del tranque en un punto más alejado del muro, de modo tal que se va formando una especie de playa al sedimentar las partículas más pesadas de lamas y gran parte del agua escurre, formando el pozo de sedimentación o laguna de sedimentación, la que una vez libre de partículas en suspensión es evacuada mediante un sistema de estructura de descarga, que pueden ser las denominadas torres de evacuación, o bien, se utilizan bombas montadas sobre una balsa flotante. Una vez que el depósito se encuentra próximo a llenarse, se procede al levante del muro, desplazando los hidrociclones a una mayor elevación en la dirección hacia aguas arriba y comenzando una nueva etapa de descarga de arenas, y peralte del muro; se continúa sucesivamente la construcción en la forma indicada.

Con este método, en la práctica, se pueden alcanzar alturas de hasta 25 metros (ver Figura 20). Si bien este método es el que requiere un menor volumen de material arenoso, por lo que ha sido utilizado en la pequeña minería para construir numerosos tranques, es el que produce el tipo de muro menos resistente frente a oscilaciones sísmicas, es por ello por lo que, en la actualidad, no está contemplado aprobar este tipo de proyecto de tranques de relaves en la legislación vigente.

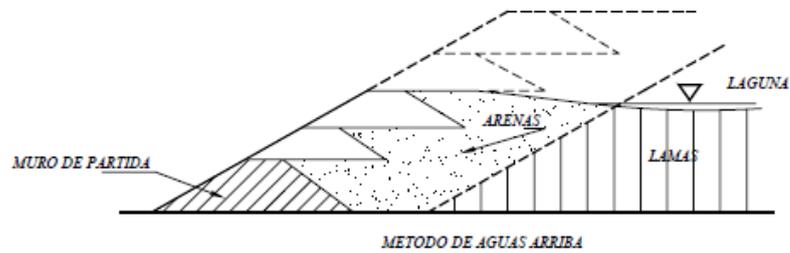


Figura 20. Muro método de aguas arriba

Nota: Adaptado de, Guía Técnica de operación y control de depósitos de relaves, Nelson A. Ramírez Morandé (<https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>) 31 de diciembre 2007.

- **Construcción del muro método aguas abajo.** El método aguas abajo. La construcción se inicia también con un muro de partida de material de empréstito compactado desde el cual se vacía la arena cicloneada hacia el lado del talud aguas abajo de este muro y las lamas se depositan hacia el talud aguas arriba. Cuando el muro se ha peraltado lo suficiente, usualmente 2 a 4 m., se efectúa el levante del muro, desplazando los hidrociclones a una mayor elevación en la dirección hacia aguas abajo y comenzando una nueva etapa de descarga de arenas y peralte del muro. A veces se dispone también de un segundo muro pre-existente aguas abajo (ver fig.21). Las arenas se pueden disponer en capas inclinadas, según el manto del talud del muro de partida, o bien, disponerlas en capas horizontales hacia aguas abajo del muro de partida.

Este método de aguas abajo requiere disponer de un gran volumen de arenas y permite lograr muros resistentes más estables del punto de vista de la resistencia sísmica.

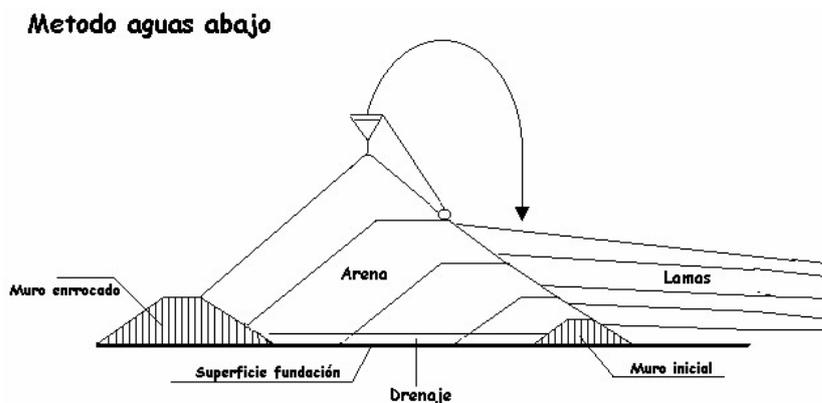


Figura 21. Método aguas abajo (capas de arenas inclinadas)

Nota: Adaptado de Guía Técnica de operación y control de depósitos de relaves, Nelson A. Ramírez Morandé (<https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>) 31 de diciembre 2007.

- **Construcción del muro método eje central o mixto.** El método eje central o mixto se inicia al igual que los métodos anteriores con un muro de partida de material de empréstito compactado, sobre el cual se depositan las arenas cicloneadas hacia el lado de aguas abajo y las lamas hacia el lado de aguas arriba. Una vez completado el vaciado de arenas y lamas correspondiente al muro inicial, se eleva la línea de alimentación de arenas y lamas, siguiendo el mismo plano vertical inicial de la berma de coronamiento del muro de partida. Lo que permite lograr un muro de arenas cuyo eje se mantiene en el mismo plano vertical, cuyo talud de aguas arriba es más o menos vertical, y cuyo talud de aguas abajo puede tener la inclinación que el diseño considera adecuada. Este método requiere disponer de un volumen de arenas intermedio entre los 2 métodos anteriores, y permite lograr muros suficientemente estables.

Estos métodos constructivos del muro de arenas de los tranques de relaves mencionados anteriormente son sobradamente conocidos. La inseguridad que muchas veces despiertan los tranques de arenas de relave no deben atribuirse al material con que se construyen, sino al sistema de construcción por relleno hidráulico que puede inducir elevadas presiones de poros e incluso la licuefacción total en caso de un sismo. Sin embargo, las técnicas modernas de diseño, construcción y control permiten obtener estructuras seguras a base de buenos sistemas de drenaje, de un eficiente sistema de cicloneo y disposición de las arenas.

b. Ingeniería inicial para disposición de relaves en tierra Quebrada Honda. ⁽³⁾

- **Quebrada Honda.** El lugar de Quebrada Honda está ubicado cerca del límite sudeste de Pampa del Purgatorio. El dique estaría en la unión de Quebrada Honda y Quebrada Huacanane, y su estribo derecho se extendería unos tres km al oeste de Quebrada Honda, a lo largo de la superficie de Pampa del Purgatorio, que tiene una pendiente de alrededor de dos a cuatro grados hacia la ladera que forma el estribo izquierdo. La superficie Pampa Purgatorio ha sido disectada por pequeños arroyos y por la Quebrada Huacanane Grande, a profundidades de hasta 20 a 25 m. La alineación de estribo derecho propuesto se extiende a lo largo de una porción de la pampa que ha sufrido relativamente poca disección, ubicada al oeste de la Quebrada Huacanane. La porción más alta del dique se ubica a través de la Quebrada Honda, que tiene aproximadamente 200m de ancho y una gradiente de tres por ciento, el estribo izquierdo está ubicado sobre un acantilado empinado que se formó la Quebrada Honda erosionó a una pampa antigua cuya superficie está unos 200m más elevada de la de Pampa del Purgatorio.

La Pampa del Purgatorio tiene una superficie cubierta de aluvial que contiene grava arenosa y guijarros con pedrones en capas gruesas, pobremente estratificadas. El espesor del material aluvial se estima es de tres a cinco metros en el fondo de la Quebrada Honda y de unos 10 a 20 m a lo largo del eje del dique sobre la Pampa del Purgatorio. El material aluvial cubre discordantemente la arenisca inferior de la formación Moquegua. El material aluvial (Qal) probablemente fue depositado en los canales bifurcados de quebradas en la época de desarrollo

de la superficie de Pampa del Purgatorio. Los clastos o partículas con tamaños que varían desde grava a piedra consisten casi íntegramente de rocas volcánicas intrusivas y extrusivas redondeadas que han sido transportadas desde la región de precordillera del noroeste. La superficie actual de Pampa del Purgatorio ha sido modificada por procesos eólicos desde que comenzó la disección de la quebrada, y contiene áreas cubiertas por una capa delgada de arena limosa marrón con superficies planas consolidadas de clastos con dimensiones que van desde grava a pedrones.

Aguas abajo del estribo izquierdo, el acantilado contiene un bloque de deslizamiento rotacional, de aproximadamente 800 m de largo y 50 a 200 m de ancho. El bloque tiene un desplazamiento máximo, unos 40 m, en su extremo norte y poco o ningún desplazamiento en su extremo sur. El plano o superficie de deslizamiento es visible en la superficie está ubicado entre los afloramientos tobaceos de arenisca al norte y los afloramientos de conglomerado al sur. El bloque de deslizamiento está en una zona empinada del acantilado cuya erosión fue ocasionada por acción de flujo de la Quebrada Huacanane en tiempos geológicos. Bloques grandes de toba y conglomerado cementado, de hasta 3-4 m de tamaño, erosionados desde afloramientos en las cumbres altas, cubren los taludes escarpados en la zona de deslizamiento. La socavación de la ladera del acantilado y la desviación de la Quebrada Honda.

Selección de la mejor alternativa para la disposición de relaves en tierra. Las características favorables de la zona de Quebrada Honda son:

- a) Satisface los requerimientos de capacidad de embalse para los relaves combinados de Toquepala-Cuajone, con una buena relación de dique a almacenaje.
- b) Buenas condiciones de basamento geológico.
- c) No se necesita un sistema de derivación de relaves, dado que la zona se ubica justo sobre el curso existente de descarga de los relaves.
- d) Acceso rápido y fácil desde Toquepala.
- e) Las numerosas ventajas de Quebrada Honda, la convierten en la alternativa más favorable.

Por lo tanto, Quebrada Honda fue seleccionada como a opción preferencial para efectuar un diseño a nivel de factibilidad del embalse de relaves.

Topografía. El lugar de Quebrada Honda se ubica dentro de las llanuras costaneras donde la topografía general y la geomorfología son el resultado de solevantamiento regional activo. El dique y el embalse se ubican sobre el límite sudeste de la Pampa del Purgatorio. El dique se extenderá unos tres km al oeste del empalme de Quebrada Honda y Quebrada Huacanane Grande sobre la superficie de la Pampa del Purgatorio. La parte más alta del dique estará ubicada sobre Quebrada Honda, que es de unos 300 m de ancho y tiene una gradiente aproximada de tres por ciento. El estribo izquierdo se ubica sobre una ladera escarpada o acantilado que se formó cuando Quebrada Honda fue erosionada a partir de una pampa más antigua cuya superficie está unos 200m más elevada que la superficie de Pampa del Purgatorio.

La parte media del dique está ubicada sobre el valle de Quebrada Huacanane Grande, que es de unos 400m a 500m de ancho y tiene una gradiente aproximada de tres por ciento. La Quebrada Honda y Huacanane Grande, así como numerosos arroyos pequeños, han cortado la superficie de Pampa del Purgatorio a profundidades de hasta 20 o 25 m. La porción superior del estribo derecho está ubicada sobre una parte relativamente no erosionada de la pampa. El límite aproximado del embalse de relaves se extiende unos cinco kilómetros a lo largo de Quebrada Honda, aguas arriba del dique. La topografía debajo del embalse consiste en dos tipos distintos de geomorfologías separadas por Quebrada Honda. El área primera, ubicada sobre el lado noroeste del embalse, es parte de la superficie parcialmente erosionada de la Pampa del Purgatorio. La topografía tiene morfología característica de conos aluviales que irradia desde un punto al norte de la zona donde Quebrada Huacanane Grande descarga en la amplia Pampa del Purgatorio. La segunda área, ubicada sobre el lado sudeste del embalse, es parte de un risco de basamento que se extiende en una dirección de noreste a sudoeste y separa a la Quebrada Honda de la quebrada La Santallana. El risco ha sido hondamente erosionado por arroyos; la topografía resultante es muy irregular. La cresta del risco ubicado adyacente y al sur del estribo izquierdo es relativamente plana. Se requerirá un dique auxiliar para obtener embalse a elevaciones más altas en un tramo bajo del risco. El lado este del risco tiene unos 100m más de relieve a causa de la menor elevación de la quebrada La Santallana. La ladera hacia abajo y al este del dique tendrían poco impacto sobre el proyecto a causa de su espesor y alcance aéreo limitados.

Geología Estructural. Con base en la limitada información disponible, las capas debajo del embalse o dique dentro de la formación Moquegua Inferior, en general tienen un buzamiento este-oeste y una inclinación de unos cinco a siete grados al sur. Las capas de la formación Moquegua Inferior han sido plegadas formando un anticlinal suave en el risco que conforma el estribo izquierdo. La orientación del anticlinal es de noreste a sudoeste. Un bloque rotado de deslizamiento ubicado aguas abajo del dique propuesto. El bloque parece haberse movido debido al socavamiento en la base de la ladera causado por huaycos o escorrentía de torrente en la Quebrada Huacanane Grande. No se espera que el deslizamiento tenga un impacto sobre el proyecto porque está ubicado aguas abajo del dique. Debido al área limitada en que se ha efectuado el levantamiento geológico, es posible que existan estructuras geológicas adicionales. Como parte de la investigación de sismicidad se realiza un estudio de ruptura de falla de superficie en la zona y una evaluación de actividad de falla regional en un área que circunda la zona.

Ingeniería geológica, filtración. El potencial de filtración en la Quebrada Honda puede describirse en dos áreas: (1) filtración desde el dique, embalse y poza de decantación hacia y a través del material aluvial y las intercalaciones de areniscay lodolita; y (2) filtración en el dique auxiliar y porciones adyacentes del risco a través del conglomerado y las intercalaciones de

arenisca y lodolita. La descripción siguiente se basa en datos limitados disponibles referentes al material aluvial, arenisca, conglomerado, y lodolita. El potencial de filtración debajo del dique probablemente será controlado por el material aluvial, ya que esta debe tener alta permeabilidad. La capa gruesa del material aluvial estimado en cinco a veinte metros está compuesta mayormente de material con tamaños que varían desde grava a pedrón dentro de una matriz de arena gruesa.

Sismicidad. Quebrada Honda se ubica en una región sísmicamente activa en el sur del Perú sismos históricos en zonas de subducción de interplaca a lo largo de la interface entre las placas de Nazca y Continental han llegado a tener una magnitud de entre 8 y 8.8 (Mw). Eventos de intraplaca que ocurren dentro de la placa de Nazca han llegado hasta M 7.3; sin embargo, las fuentes de sismos destructivos no solamente incluyen la zona de subducción (tanto eventos de interplacas como de intraplacas) sino también fallas activas en la corteza sudamericana. Tales fallas de corteza han producido sismos de poca profundidad tal como el de 1 946 de M 7.4 en Ancash, Perú.

Klohn Leonoff (1991), realizó una evaluación de sismicidad para el lugar de Quebrada Seca, ubicada a unos 15 a 20 kilómetros de Quebrada Honda, se basó en el registro histórico de sismos para esta evaluación. La experiencia indica que confiar únicamente en el registro histórico de sismos no define todas las fuentes sísmicas en una región, dado que las fallas sísmogénicas están frecuentemente en un estado de inmovilidad y no muestran actividad sísmica durante el período registrado. Por lo tanto, es difícil juzgar la confiabilidad de los análisis determinísticos y probabilísticos de Leonoff. La suposición de que los sismos futuros "ocurrirán aproximadamente en las mismas ubicaciones donde antes se registraron importantes sismos, pero con magnitudes mayores" (Klohn Leonoff, 1991) puede conducir a una seria subestimación de los peligros sísmicos en una zona. La incertidumbre en las ubicaciones de los sismos históricos debería también tomarse en cuenta.

Agua de Superficie. Se realizaron análisis hidrológicos para evaluar el embalse propuesto en Quebrada Honda. La escorrentía estimada de la cuenca hídrica aguas arriba del embalse propuesto se estimó para eventos de 100 años y eventos de precipitación máxima probable (PMP). De análisis previos por Klohn Leonoff, la precipitación de 24h, por 100 años, se estimó en 53 mm y el PMP se estimó en 270 mm. Para estos análisis, se asumió que no ocurriría escorrentía a elevaciones inferiores a 2 000 m. Esto es porque a elevaciones más altas existe mayor actividad de tormentas, mayor ocurrencia de afloramientos de rocas y pendientes más escarpadas, en comparación a la ocurrencia rara de precipitación, material aluvial, y pendientes más planas que generalmente ocurren debajo de la cota de 2 000 m. El área de drenaje se estimó a partir de mapas topográficos y se midió usando un planímetro digital. Se asumió que un coeficiente de escorrentía de 0.7 era aplicable a todas las áreas dentro de la cuenca hídrica superior. La capacidad de almacenaje dentro del embalse de relaves se estimó

de curvas de almacenaje-elevación y asumiendo una pendiente de 0.5 % sobre la superficie del relave.

El área de drenaje del lugar del embalse de relaves de Quebrada Honda se estimó en aproximadamente 330 km². Considerando la cuenca hídrica para el embalse, las características de precipitación en el área, y tamaño propuesto del embalse de relaves, el almacenaje total disponible dentro del embalse de relaves de Quebrada Honda será adecuado para almacenar escorrentía de eventos extremos de precipitación durante las etapas posteriores de la construcción del embalse. Esto asume que la poza de decantación se mantiene en un tamaño razonable. Se realizará una evaluación más detallada durante el diseño detallado para evaluar el tirante libre requerido durante la construcción de la instalación, y la condición de operación máxima permisible para la poza de decantación si esta alternativa se persigue.

Agua freática. Es de asumir que las condiciones del agua freática en Quebrada Honda sean similares a aquellas en Quebrada Seca. No se conoce la profundidad a la capa freática en la zona; sin embargo, se estima que es muy profunda a inexistente, en base a investigaciones realizadas en Quebrada Seca. La quebrada La Santallana que se halla hacia el este de Quebrada Honda es 100m más profunda que Quebrada Honda es seca y no tiene ningún indicio de manantiales de filtraciones de agua en las laderas o el fondo. Esto indicaría que sí existe una napa de agua esta tendría que estar por lo menos 100m por debajo del fondo de la Quebrada Honda, así como también que ni el cauce de relaves antiguos ni el cauce actual han proporcionado cantidades significativas de infiltración al subsuelo durante 30 años de flujo por esa zona.

Es probable que el basamento relativamente permeable resulte en infiltración de agua de relaves al subsuelo, y que filtraciones afloras aguas abajo del embalse. Existe la posibilidad de que se desarrollen condiciones de agua freática colgada como resultado de infiltración desde el embalse y que se formen filtraciones a lo largo del drenaje de Quebrada Honda a causa de la baja permeabilidad de las capas de lodolitas intercaladas con areniscas. Aunque se espera que las filtraciones se evaporen, precipitados de metales y sales pueden formarse en el fondo de la quebrada. Es también posible que filtraciones se formen al este de la divisoria del drenaje de superficie en el límite oriental del embalse debido a su proximidad.

Balance hídrico. El balance hídrico se efectuó con base en la información limitada disponible para Quebrada Honda. Se hicieron estimados para el año 5 y para condiciones de altura final. La cantidad de agua de retorno mediante decantación se estimó en 11.1 x 106 m³/año en el año 5 y 2.8 x 106 m³/año en condiciones definitivas. Los resultados del balance hídrico se presentan de la siguiente manera:

El balance hídrico para el embalse de relaves propuesto fue estimado sobre una base anual según la siguiente ecuación:

$$R = \text{entradas} - \text{salidas}$$

$$R = Q - S - T - I_T - I_N - E_P - E_S + P + W$$

$$R = D + C$$

R = agua de retorno de la poza

Q = agua total de conducción llevada al embalse en la pulpa de relaves

S = filtración a través del drenaje debajo del dique

T = agua total intersticial retenida en los relaves

I_T = infiltración por debajo del embalse y el dique de relaves

I_N = Infiltración al terreno natural bajo la poza

E_P = evaporación de la poza

E_S = evaporación de la playa de relave

P = precipitación directa sobre los relaves

W = escorrentía de la vertiente aguas arriba

D = superávit total de descarga de decantación

C = agua de dilución para ciclones

Para propósitos de este análisis, las unidades se dan en metros cúbicos.

Actualmente no existen datos disponibles de permeabilidad específicos al lugar para estimar las tasas de filtración y de infiltración en Quebrada Honda; por lo tanto, para estos estimados se han adoptado los análisis bi-dimensionales de filtración realizados para Quebrada Seca (WCC, 1993), donde existen tipos de suelos similares. Hasta 20 a 25m de material aluvial subyace porciones en ambos lugares y la roca de basamento subyace al material aluvial. Las dos diferencias principales entre los dos lugares son (1) la capa superior de basamento existente debajo de Quebrada Seca consiste de roca sedimentaria e ígnea de permeabilidad relativamente baja, mientras que se espera que la capa superior de basamento por debajo de Quebrada Seca sean una areniscas y lodolitas, y (2) roca de basamento subyace directamente a aproximadamente la mitad del área de embalse en Quebrada Seca, mientras que en Quebrada Honda, rocas del basamento subyacen aproximadamente a la quinta parte del embalse.

La permeabilidad promedio de la roca de basamento no intemperizada para Quebrada Seca se estimó en aproximadamente 1×10^{-5} cm/seg, con base en pruebas de permeabilidad. Se estima que la arenisca y lodolita que subyace Quebrada Honda tendrá permeabilidad similar. Los datos de permeabilidad específicos al lugar serán recolectados durante las investigaciones de campo futuras para proveer mejores estimados de las velocidades de filtración en Quebrada Honda.

La construcción y operación del embalse de los relaves podría modificarse para reducir la infiltración debajo de la poza de decantación y aumentar la cantidad de agua disponible para la dilución de pulpa de relaves, si se requiere. Esto podría lograrse cubriendo de finos de relave

el fondo de la poza o minimizando el área de ella, así como también construyendo diques a través de la quebrada en el área de decantación. Los diques impedirían que la poza se extienda cuesta arriba de la quebrada sobre suelos naturales permeables y proveerían una poza de decantación más profunda para la operación de una bomba de barcaza o para decante por gravedad mediante torres de decantación.

Caracterización ambiental. Esta sección provee una caracterización general de recursos ambientales que rodean la ubicación propuesta para la instalación de disposición de los relaves de SPCC en Quebrada Honda. La información de antecedentes ha sido obtenida de comunicaciones con el personal de SPCC, de observación directa durante el trabajo de campo de WCC en 1993, y, de la información recopilada de estudios previos. El análisis de aspectos ambientales para la instalación propuesta de relaves en Quebrada Honda se basa principalmente en el reconocimiento del lugar por los ingenieros de WCC, la revisión general de la bibliografía, y los datos ambientales y de ingeniería para el lugar de Quebrada Seca presentados en los dos informes de Klohn Leonoff (1991a, b), el trabajo de Dames y Moore Environmental Impact Analysis (1992), y las consideraciones ambientales previas preparadas por Woodward-Clyde Consultants para Quebrada Seca (WCC 1993).

El propósito de la caracterización ambiental siguiente es describir los impactos o efectos adversos potenciales sobre el ambiente; sin embargo, el embalse propuesto de relaves de Quebrada Honda tendría varios efectos beneficiosos sobre el ambiente: los relaves que fluyen por el río Locumba cesarían, y así se reduciría y finalmente se eliminaría la disposición de relaves sobre el ambiente cercano a la Costa (mearshore] del océano Pacífico. Efectos beneficiosos adicionales incluirían una carga reducida de relaves/sedimento al drenaje de Quebrada Honda y al río Locumba, y la mejora de la estética visual de los drenajes. El flujo gris de relaves no sería visible desde puntos como el cruce de la carretera Panamericana y otros ubicados a lo largo del río Locumba. Los sedimentos restantes de color gris probablemente se oxidarían, se mezclarían con el sedimento natural, y/o serían cubiertos por materiales eólicos. El color gris contrastante eventualmente se perdería y sería reemplazado con la gama de matices marrones característicos del paisaje circundante.

Las secciones siguientes proveen una descripción de recursos ambientales en la Quebrada Honda.

Conducción de relaves. El almacenamiento de los relaves en Quebrada Honda no requerirá un sistema mayor de derivación de relaves ya que está ubicada en el cauce actual de relaves existente. Se instalaría un sistema simple de conducción para llevar una porción de los relaves hacia el dique de arranque y embalse final, que se utilizará para la producción de arena gruesa por cicloneo para la construcción del dique. La porción restante de relaves fluiría por su curso actual por Quebrada Huacanane hacia el embalse. El sistema de conducción de relaves consistirá en una estructura de concreto para la captación de los relaves en la Quebrada.

Huacanane Grande a 1,318 m de altura, y aproximadamente a 7km aguas arriba de la zona del dique; un canal de concreto de +/- 3km de largo con una gradiente de alrededor de 1%, que conducirá por gravedad el relave hacia el oeste (fuera de la quebrada) y la entregará a un tanque de carga ubicado en la Pampa Purgatorio a 1,250 metros de elevación. Una tubería HDPE de +/- 6 km de largo conducirá el relave desde el tanque de carga hacia el dique. La longitud total del sistema de conducción de relaves es de aproximadamente 9 km.

El embalse en Quebrada Seca requiere derivar todo el caudal de relave desde un punto ubicado a unos 30 km aguas arriba del embalse para poder sacarlo de la cuenca hídrica de Quebrada Honda y conducirlo a la cuenca hídrica de Quebrada Seca. El sistema de derivación consiste en una estructura de captación de concreto a 1,404m de altura en Quebrada Honda; una sección superior de canal de concreto de 3.6km, que incluye un tramo de 120 m de largo suspendido en un puente que atraviesa la Quebrada Lloquene, y una sección inferior de canal de concreto, del cual 1,370 m se extenderían a través de dos túneles. Este sistema de desviación de 5 km de largo transportaría el relave hasta la vertiente superior del drenaje de Quebrada Seca por donde fluiría hasta llegar a una estructura de captación y transportada bajo cabeza hidráulica al área del dique mediante una tubería de acero de 16 km de largo. Comparando los dos sistemas de transporte de relaves, el sistema de Quebrada Seca es mucho más complejo desde el punto de vista de construcción y logísticamente más complicado para su operación, monitoreo y mantenimiento.

El canal de concreto transportará el volumen completo de relave desde la cuenca hídrica de Quebrada Honda hasta la cuenca hídrica de Quebrada Seca, mientras que, para la instalación de Quebrada Honda, el sistema total de transporte de relaves está dentro de la vertiente del embalse. El sistema de Quebrada Seca involucra un mayor riesgo de en-arenamiento y rebose, y estaría sujeto a producir problemas ambientales y operacionales pues el canal de conducción se extiende a lo largo de laderas de cerros y a través de túneles que están alejados tanto de la zona de embalse como de Toquepala.

Construcción y operación. Los esquemas considerados para la construcción y operación de los embalses de Quebrada Seca y Quebrada Honda son similares. En ambos casos se prevé que el dique de arranque inicial sería construido con arena gruesa de relaves producida por el cicloneo de una porción de los relaves. Luego se levantaría el dique principal con materiales de arena gruesa con el método “aguas abajo”. Se considera que los relaves a ser cicloneados deberán ser diluidos a un 38% de sólidos por peso para aumentar la proporción de arena gruesa y proveer un material más limpio y de drenaje más libre. Las siguientes son las principales diferencias entre los dos embalses con respecto a las características de diseño y los problemas de construcción y operación.

Agua para dilución durante la construcción del dique de arranque. Con base en diseños preliminares y asumiendo que se desea construir la represa inicial dentro de un período máximo de dos años, se tendría que ciclonear un mayor porcentaje del total de relaves para lograr la construcción del dique de arranque en Quebrada Seca ya que tiene mayor volumen que el de Quebrada Honda. Esto implica el uso de mayor cantidad de agua para dilución en Quebrada Seca, lugar donde sería más complejo proveer agua durante la construcción del dique de arranque. Para el dique de arranque en Quebrada Honda, se obtendría agua desde Toquepala, la que sería conducida por gravedad a través de una tubería y un canal de derivación de relaves abandonado, directamente hasta entrega en el embalse de Quebrada Honda.

3.1.2.1. Algunos estudios realizados en el ámbito nacional.

“Mejoramiento de la gestión de una presa de relaves para disminuir los riesgos ambientales y de seguridad”. La mejora de la gestión de la presa del depósito de relaves permitió que se reduzca la cantidad de incidentes de seguridad y ambientales ocurridos desde julio del 2020, notándose un decremento de la cantidad de incidentes hasta llegar a cero accidentes durante cuatro meses continuos. Entre todos los modos de falla potenciales para la presa, los modos de falla creíbles más relevantes son dos: (1) falla de presa por pérdida de resistencia por licuación de relaves como el modocreíble de falla más relevante para un clima sin lluvias en la operación o sunnyday; (2) falla de presa por rebose o overtopping (incremento del agua en el vaso que sobrepasaría el dique principal) para un clima con lluvias o rainy day. El evento top, para ambos modos creíbles de falla, es el momento en que se pierde del control sobre el peligro, cuya descripción se convierte en el nudo en el centro del BowTie es: “Pérdida de contención del dique principal de la presa de relaves”.

Con la metodología de árbol de fallos y sucesos indicadores (BowTie) se logró identificar:

Amenazas o mecanismos (causas posibles) que pueden liberar el peligro:

- a) Diseño inadecuado de la presa de relaves
- b) Construcción inadecuada de la presa de relaves
- c) Operación inadecuada de la presa de relaves
- d) Mantenimiento inadecuado de equipos e infraestructura hidráulica de la presa de relaves
- e) Lluvias extraordinarias
- f) Movimientos sísmicos

Consecuencias o los eventos que resultan de la liberación del peligro:

- a) Fatalidad múltiple y lesiones
- b) Impacto ambiental severo
- c) Deterioro de la imagen institucional

- d) Daño severo a la infraestructura del depósito de presa de relaves
- e) Paralización prolongada de operaciones
- f) Pago de indemnizaciones y multas. ⁽⁸⁾

“Balance de masas en hidrociclones y clasificación de relaves para la construcción de presas y relleno hidráulico-Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A”. De este estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

PRIMERA: La eficiencia en la clasificación de relaves es sensible a los cambios de presión, caudal, dilución y distribución granulométrica de los sólidos (reología de la suspensión mineral).

SEGUNDA: El balance de masas muestra que la partición del flujo másico del Underflow con respecto al relave alimentado en el nido de “hidrociclones 1A” fue de 43% y 45% en el nido de “hidrociclones 1B” respectivamente. El nido 2A de hidrociclones obtuvo una partición de flujo másico en el underflow equivalente a 85%, lo que se resume en una recuperación del 37.2% de arenas para satisfacer la construcción del dique de la presa de relaves.

El incremento del porcentaje de sólidos alimentados a los hidrociclones desde 42% a 49.5% equivale a una reducción de consumo de agua equivalente a 2104 m³/h. Esta optimización permite optimizar la recirculación de agua desde el embalse y reducir el consumo de energía.

El balance de masa es importante en el desarrollo y construcción de una presa de relaves, este ayuda a identificar y cuantificar las pérdidas y las oportunidades, conocer la distribución de relaves en el depósito y determinar la recuperación de relaves para la construcción de la presa.

TERCERA: Un análisis determinístico a través de simulaciones en el proceso de clasificación de relaves con hidrociclones es vital para identificar oportunidades desde dimensionamiento de ápex y vortex acorde al tipo de mineral y buen producto de arenas hacia el muro de la presa. Un hidrociclón, operado a una baja eficiencia representará un bypass de finos hacia la descarga ocasionando un alto costo de operación por realizar trabajos al momento de retirar capas ya conformados y compactados.

CUARTA: El uso de modelos empíricos y semi-empíricos predicen robustamente el fenómeno de clasificación en los hidrociclones. Es evidente la necesidad de contar con monitoreos y mantenimientos continuos de los hidrociclones para garantizar su correcta operación y eficiencia para obtener un producto final adecuado según criterios de diseño para la construcción del muro de relaves. ⁽⁹⁾

“Influencia de los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca”. Basados en los resultados, se llegó a las siguientes conclusiones:

- a) Los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. sí influyen en gran medida a la reducción de impactos al aire, agua y suelo, por el uso del espesador de cono profundo el cual

permite que se mejore tecnológicamente la disposición de los residuos mineros, permitiendo que los impactos negativos al medio ambiente sean menores en la comunidad de Yurajhuanca.

b) Se determinó, que el uso de los floculantes (0.01%), en el proceso de separación líquidos con sólidos, en el espesador de cono profundo, hace que las partículas menores a 20 micras, se adhieran a las partículas más grandes, formándose la pasta, de esta forma se reduce la polución en las relaveras, reduciendo así el impacto ambiental por contaminación al aire en la comunidad de Yurajhuanca.

c) Gracias a la reducción de hasta un 60% de agua en los relaves en pasta, y que esta agua sea recirculada para poder seguir con los procesos, reduciéndose así el consumo de aguas limpias, de esta forma se reduce el impacto negativo al agua, permitiendo que las aguas limpias sean usadas para otras actividades en la comunidad de Yurajhuanca.

d) Debido a que los relaves en pasta son más viscosos, y tienden a secar más rápido, y gracias a su consistencia la presa que contiene los relaves no necesita de mucho material a comparación de las otras formas de pulpas, para su construcción, reduciéndose así el material de préstamo, también a raíz de la prolongación de vida de las relaveras se utilizará menos espacio para la construcción de relaveras, esto indica una reducción a los impactos negativos a los suelos, ya que se tendrá más suelos libres de presas con relaves, y se podrá dar el uso correspondiente a los suelos. ⁽¹⁰⁾

3.1.2.2. Características de relaves.

Desmante de mina. “Es roca extraída durante el minado para tener acceso al mineral, el desmante de mina es importante en el contexto del manejo de relaves porque puede proporcionar material de buena calidad para la construcción del dique de una presa superficial, sin embargo, pueden ser una fuente potencial de drenaje ácido”. ⁽¹¹⁾

Relaves. “Se definen como el desecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de pulpa”. ⁽¹¹⁾

3.1.2.3. Recrecimiento de los diques de Quebrada Honda.

Basándose en el balance de agua bajo condiciones normales, el agua de la pulpa de relaves se acumulará rápidamente dentro de la laguna, desde donde será recuperada para ser utilizada como agua requerida en el proceso.

La profundidad requerida de la laguna durante la operación depende del tipo de bomba empleada. Usualmente se recomienda una profundidad mínima de 1m para permitir un adecuado asentamiento de los sólidos en suspensión y funcionamiento de la bomba. Esta profundidad es conservadora, considerando una pendiente de la playa de relaves de 0.15%; sin embargo, se espera que la pendiente se incremente en las zonas donde la playa de relaves esté

por debajo del nivel de agua, dando como resultado una mayor profundidad de agua de la laguna. ⁽¹⁴⁾

Características de los relaves del Underflow. Los ciclones utilizados en las plantas de los diques Principal y Lateral (área 2 100 y área 2 800, respectivamente) recuperan el 45% de los relaves procesados, de acuerdo con los ensayos realizados. El material del underflow obtenido del proceso de cicloneo y que será utilizado para la construcción de los diques, deberá cumplir con el uso granulométrico mostrado en la Figura 22 y resumido en la Tabla 4, teniendo como principal restricción que el porcentaje de relaves que pasa la malla #200 no sea mayor al 15%. La Figura 22 fue obtenida de las granulometrías históricas entregadas por SPCC, y adaptadas por AMEC los requerimientos de construcción de los diques.

Tabla 4
Granulometría de los relaves de Underflow

Malla #	Abertura (mm)	% Pasante acumulado	
		Máximo	Mínimo
10	1.68	100	92
20	0.841	100	85
48	0.297	95	43
65	0.21	65	20
100	0.149	40	10
150	0.105	23	5
200	0.074	15	3
325	0.044	13	2
400	0.035	12	0

Nota: Adaptado de Manual de Operaciones del Supervisor Geotécnico, AMEC, Lima 2016

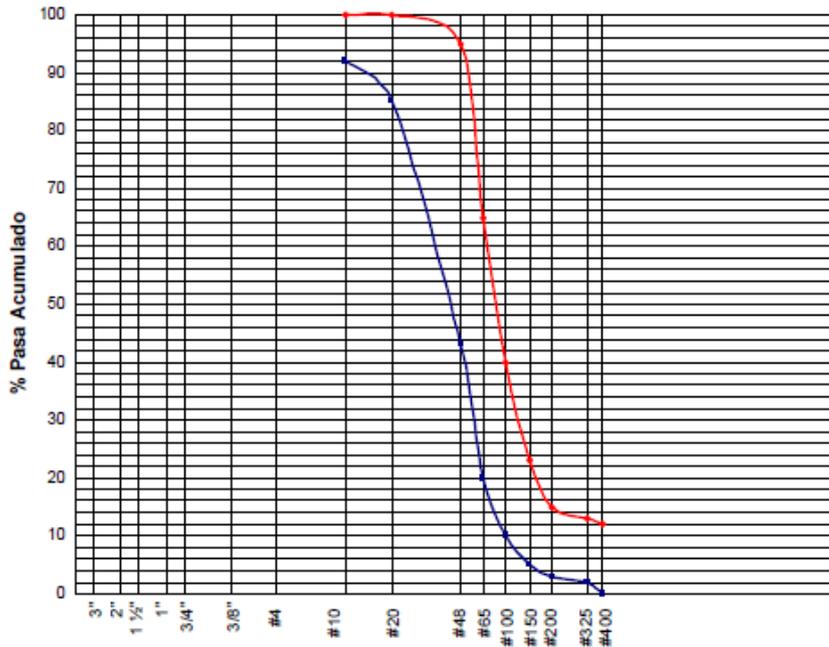


Figura 22. Uso granulométrico de los relaves del Underflow

Nota: Adaptado de manual de operaciones del supervisor geotécnico, AMEC, Lima 2016

Dique Principal. El dique Principal se ubica en el extremo suroeste del depósito de relaves Quebrada Honda y tiene una longitud aproximada de 4.5 km. La construcción del dique Principal se realiza por el método aguas abajo y la colocación de los relaves ciclonados, hasta el momento, es por el sistema de celdas *paddocks* con relave procesado desde las plantas de clasificación 2,101 y 2,102.

La clasificación de relaves en las baterías móviles tiene como objetivo principal la obtención de arenas que tengan una distribución de tamaño de partículas con menos de un 15% bajo 74 micrones (malla #200) y proveer, en conjunto a la estación de hidrociclones 2,101, suficiente arena para cubrir la demanda para la construcción y crecimiento del dique Principal.

Dique Lateral. El dique Lateral se ubica en el extremo sureste del depósito de relaves Quebrada Honda, sobre la cadena montañosa Lomo Largo con una longitud aproximada de 3.5km, construidos con relaves ciclonados por el método de línea central, utilizando el sistema *paddock*.

3.1.2.4. Procesos de sedimentación centrífuga.

Una partícula determinada sedimenta por acción de la gravedad en un fluido dado con una velocidad máxima constante. Para aumentar la velocidad de sedimentación, la fuerza de gravedad que actúa sobre la partícula puede sustituirse por una fuerza centrífuga mucho más intensa. Los separadores centrífugos han sustituido en buena parte a los separadores por

gravedad en las operaciones de producción debido a su mayor efectividad con gotas finas y partículas, así como por su tamaño mucho menor para una determinada capacidad. ⁽¹²⁾

Separación de sólido contenidos en gases; ciclones. La mayor parte de los separadores centrífugos para separar partículas de corrientes gaseosas carecen de partes móviles. El dispositivo típico es el separador de ciclón (Figura 23). Consiste en un cilindro vertical con un fondo cónico, una entrada tangencial cerca de la parte superior y una salida para el polvo situada en el fondo del cono. La entrada por lo general es rectangular. La tubería de conducción de aire desde la entrada hasta la salida. ⁽¹²⁾

El aire cargado de polvo recorre un camino en espiral alrededor y hacia abajo del cuerpo cilíndrico del ciclón. La fuerza centrífuga desarrollada en el vórtice tiende a desplazar radialmente las partículas hacia la pared, de forma que aquellas que alcanzan la pared se deslizan hacia abajo dentro del cono y se recogen. El ciclón es en esencia un dispositivo de sedimentación en el que una fuerza centrífuga intensa, que actúa radialmente en la que se utiliza en lugar de una fuerza gravitacional relativamente débil dirigida de forma vertical. ⁽¹²⁾

La fuerza centrífuga F_c correspondiente al radio r es igual a mu_{tan}^2/r donde m es la masa de la partícula y u_{tan} es su velocidad tangencial. La relación entre la fuerza centrífuga y la fuerza de gravedad es: ⁽¹²⁾

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{mu_{tan}^2/r}{mg} = \frac{u_{tan}^2}{rg}$$

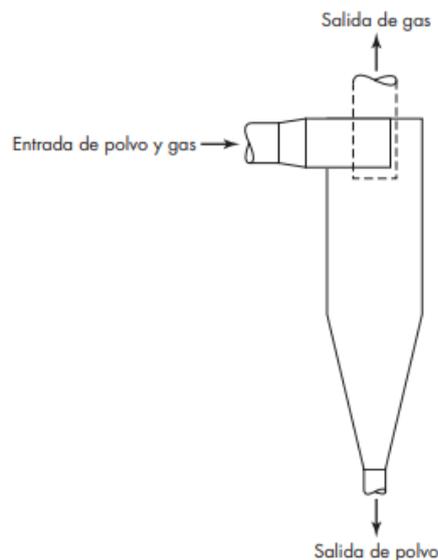


Figura 23. Hidrociclón de gases

Nota: Adaptado de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCABE, Warren L.; C. SMITH, Julian; HARRIOT, Peter, México, 2007.

Separación líquido-sólido: hidrociclones. Los ciclones también se utilizan para la separación de sólidos a partir de líquidos, en algunas ocasiones como espesadores, pero más comúnmente como clasificadores. En estos servicios reciben el nombre de hidrociclones o hidroclones. En la Figura 24 se muestra la acción de un hidrociclón. El líquido sigue un camino en espiral cerca de la pared del tanque, formando un fuerte vórtice descendente. Las partículas de sólido grandes o pesadas se separan en la pared y son impulsadas hacia abajo y salen del ciclón como una suspensión o una pasta. Un orificio de descarga variable controla la consistencia del flux inferior. La mayor parte del líquido regresa hacia arriba en un vórtice interno y sale a través de una tubería central de descarga, que se conoce como buscador de vórtice.

En un hidrociclón es imposible tener una buena eliminación de sólidos y una alta concentración del flujo inferior. En las operaciones de espesamiento, con casi todos los sólidos eliminados de sobreflujo, la concentración del flujo inferior debe ser menor del 12% en volumen. Cuando se utilizan los hidrociclones para clasificación, el flujo inferior puede estar más concentrado, hasta un máximo del 50% en volumen para suspensiones de piedra caliza o carbón. La Figura 24 muestra cómo se modifica la forma del hidrociclón dependiendo de la función de la unidad.⁽¹²⁾

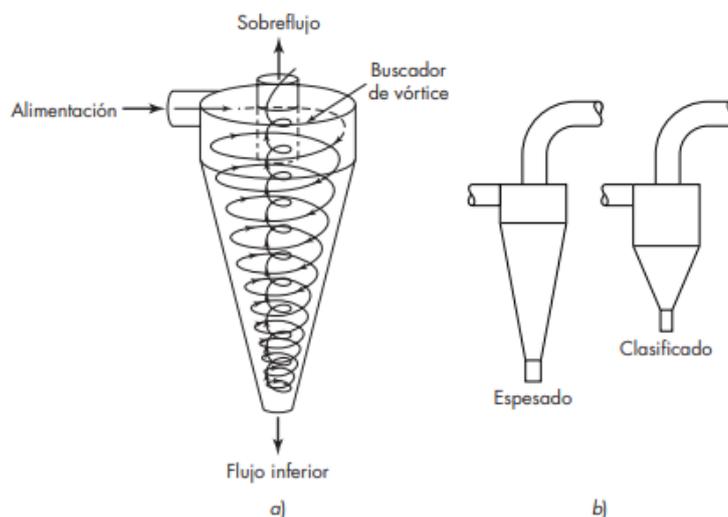


Figura 24. Hidrociclón para clasificación y espesado

Nota: Adaptado de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCABE, Warren L.; C. SMITH, Julian; HARRIOT, Peter, México 2007. *Hidrociclones: a) Patrón de flujo; b) forma adaptada al tipo de servicio.*⁽¹³⁾

3.1.2.5. Definición de principales términos del proyecto.

Cliente: se refiere a Southern Perú Copper Corporation-SPCC

Representante Autorizado: el director de proyectos de Southern Perú, será el representante de Southern Perú.

Ingeniero jefe de proyecto: funcionario de Southern Perú, quien hace las veces de co-representante en el área donde proyecto se ejecuta, el cual será designado por el representante autorizado.

Jefe de Construcción: funcionario de SPCC, designado por el Ingeniero jefe de Proyecto para dirigir/coordinar/monitorear las labores de supervisión durante el tiempo de ejecución de los trabajos incluidos en el presente alcance.

Inspector: supervisor designado por el ingeniero jefe de proyecto/jefe de construcción para realizar funciones de supervisión técnica directa.

Gerente de proyecto: es el representante autorizado por el contratista para el proyecto.

Postor: se refiere a las empresas invitadas a licitar proyectos de construcción.

El contratista: se refiere al proponente adjudicado con el proyecto de construcción en licitación.

Sub-contratista: empresa que suministra productos o servicios al contratista.

Almacén y patio del contratista (APC): patio de almacenamiento o almacén de contratista, ubicado en las cercanías del proyecto.

Partida: subdivisión del proyecto en trabajos comunes, ya sea por ubicación geográfica, especialidad y/o corresponder a un área definida. A su vez, la partida se puede subdividir en varios ítems, los cuales pueden corresponder un cúmulo de actividades a realizar.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. *Enfoque de las actividades profesionales.*

El enfoque está orientado a la supervisión de ingeniería de terreno del proyecto “Ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda - Toquepala” para garantizar la congruencia en la ingeniería antes de proceder con la construcción para evitar impacto en tiempo y costo.

4.1.2. *Alcance de las actividades profesionales.*

Es parte del alcance la supervisión en la integración del total de la ingeniería Vendor de cada uno de los equipos del proyecto, así como también la verificación cruzada interdisciplinaria para detectar posibles incongruencias en la ingeniería y replantear las adecuaciones necesarias, las cuales estarán sujetas a aprobación del cliente, antes de proceder con la construcción.

Supervisión de ingeniería de terreno, tomando como base la ingeniería entregada, la cual consta de planos, información preliminar de Vendor, manuales, especificaciones y códigos aplicables. Como profesional encargado de la supervisión de oficina técnica del contratista garantizará la integración de la ingeniería Vendor y detectará la posible incongruencia en la ingeniería antes de proceder con la construcción para evitar impacto en tiempo y costo.

Asegurar la entrega al cliente, una vez finalizados los trabajos y antes de iniciar la etapa de pre-comisionado, la totalidad de los planos “As-built” de todas las instalaciones. Estos planos deberán confeccionarse a partir de planos marcados claramente en terreno (Red Line). La entrega de los planos “as-built” deberá contener código SPCC (de conformidad a los estándares de ingeniería de planta y mantenimiento), que se proporcionará previamente a la elaboración de los mismos y por solicitud del contratista. Además, deben presentarse los planos donde se señale la topografía final de todas las áreas trabajadas.

Parte del alcance del profesional también es supervisar al contratista, por lo que llevará en el proyecto un compendio de planos donde se lleven anotadas las variaciones “Red line” para el correcto control de los cambios. SPCC requiere la entrega de planos en archivo electrónico (software Autocad ver. 2015); los planos impresos: un original firmado y otra copia en formato ANSI D 24” x 36”.

4.1.3. *Entregables de las actividades profesionales.*

Los entregables durante el proyecto para el área de ingeniería de terreno son:

- a) Reporte semanal de todas las actividades realizadas por la supervisión
- b) Reporte mensual de todas las actividades realizadas por la supervisión
- c) Estatus de RFIs (Solicitud de información)

d) Estatus de planos Red Line

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías.

Análisis de ingeniería y filosofía de operaciones. En esta fase, se analizó información recibida del cliente, ingeniería al 80% desarrollada, además se tuvo en cuenta bibliografía obtenida durante los cuatro años de experiencia en disposición de relaves.

Sistema de gestión CAD Proyectos SAC. Se valora y describe la experiencia laboral obtenida en ingeniería de terreno principalmente en área técnica, paralelamente se tuvo de referencia la guía del PMBOK las áreas de gestión tiempo y costo.

Resultados obtenidos. Se describirán los resultados y beneficios obtenidos a lo largo de todo el proyecto y algunas desviaciones que no se pudieron resolver.

4.2.2. Técnicas.

La técnica utilizada para este proyecto fue la utilización de diferentes procedimientos para la supervisión al contratista, la aplicación del sistema de gestión de CAD proyectos SAC, así como los recursos que facilitan a la supervisión, alcance de actividades, cronograma, formato de presupuesto y especificaciones técnicas.

4.2.3. Instrumentos.

- a) Acta de entrega de terreno
- b) Alcance de actividades a realizar
- c) Cronograma
- d) Lista de entregables
- e) Listado de planos
- f) Listado de especificaciones
- g) Listado de materiales

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

- a) Movilidad
- b) Equipos electrónicos de cómputo, incluye Office 365, Autocad.
- c) Minutas de reuniones de ingeniería
- d) Solicitudes de información (RFIs)
- e) Cámara fotográfica

4.2.5. Indumentario de protección personal.

- a) Zapato de seguridad
- b) Pantalón
- c) Camisa
- d) Casaca
- e) Chaleco

- f) Lentes
- g) Casco

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. *Cronograma de actividades realizadas.*

Como parte del sistema de planificación y control de las actividades, JJC Contratistas Generales trabajó con el sistema “Last Planner”, con este sistema se impulsaron las reuniones de planificación de tres semanas hacia adelante, tanto a nivel de JJC Contratistas Generales como también con la participación de la supervisión (SPCC y CPP). La implementación del sistema “Last Planner” permitió mejorar la programación y el cumplimiento de las actividades de producción gracias a la identificación y gestión de las restricciones.

El programa trisemanal fue gestionado por el encargado de planeamiento con base en la información del área de producción y con los aportes de oficina técnica y control de calidad. Para este fin se llevaban a cabo reuniones semanales de trabajo. Los días lunes de cada semana, en reunión con la supervisión, se presentaba la programación trisemanal al cliente, también se revisaban los planes de trabajo para identificar y discutir las restricciones, esto con el fin de mejorar el cumplimiento del programa y los requerimientos del cliente.

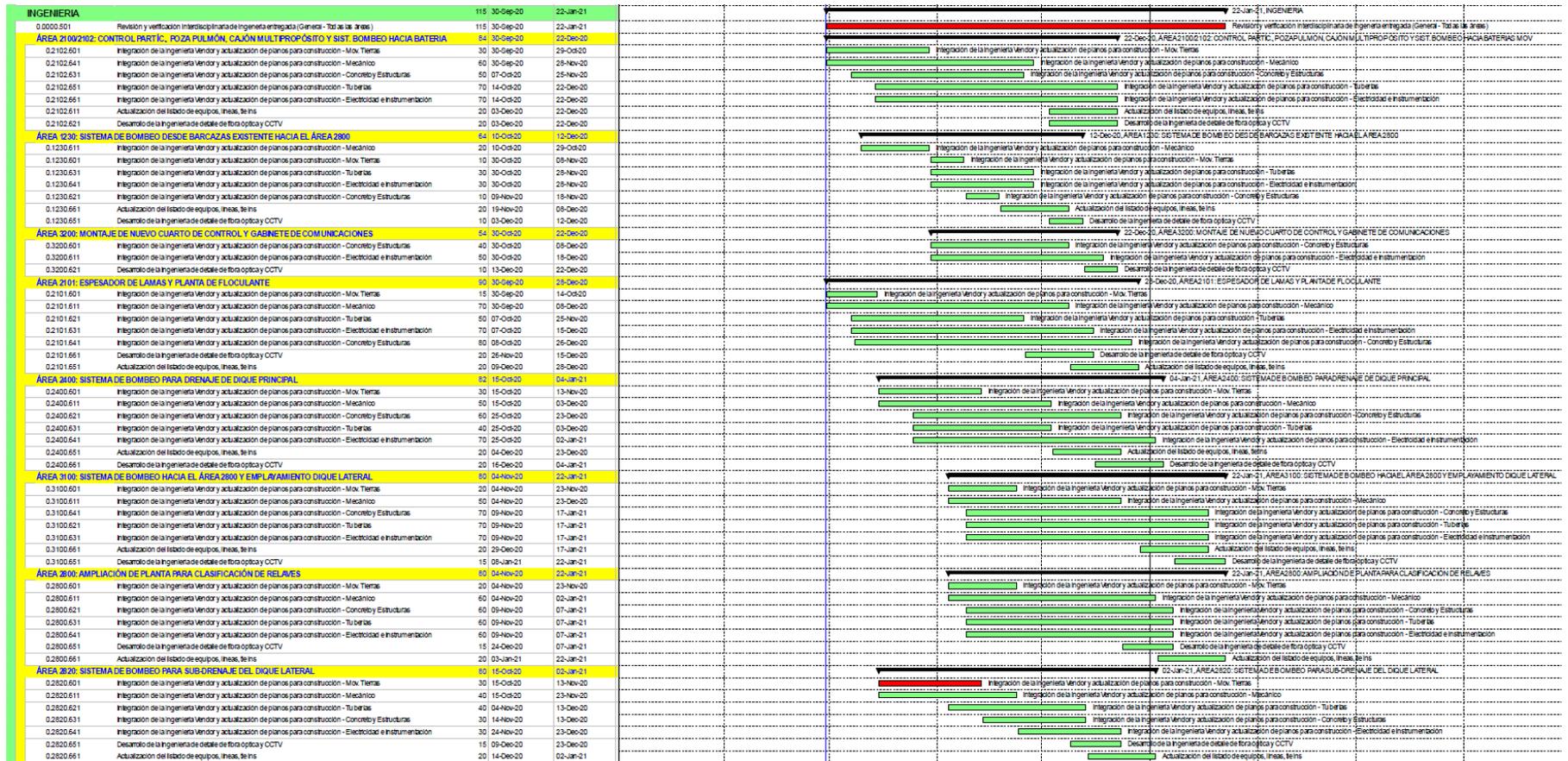


Figura 25. Cronograma de actividades del proyecto

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

4.3.2.1. Gestión de alcance de actividades.

Área 2,100 – Control de partículas, poza pulmón y derivación de relaves hacia el área 2,102. Estas nuevas facilidades ubicadas sobre una cota promedio de 1,270 m s.n.m. pertenecerán al área existente 2,100. El nuevo control de partículas mejorará la eliminación de piedras de sobre tamaño proveniente en el relave; además, la poza pulmón está orientada a mejorar la gestión del agua recuperada durante la operación. Dentro de estas facilidades también se considera *Tie-ins* en el canal existente que transporta relaves provenientes de la quebrada Huacanane; además, se construirá nuevos canales para la conducción de los relaves hacia el área 2,102 pasando por un nuevo cajón multipropósito donde el relave se clasifica según tonelaje y se diluye según corresponda.

En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas. Para la implementación de estas facilidades se incluyen todos los trabajos de obras civiles y de estructuras para el montaje e instalación de equipos mecánicos, tendido de tubería, montaje eléctrico y tendido de fuerza y control.

Área 2,102 – Sistema de bombeo hacia baterías móviles. Esta nueva área, ubicada en una cota promedio de 1,260 m s.n.m., reemplazará a la planta existente de cicloneo estacionaria ubicada en el área 2,100. En esta nueva área se implementará un sistema de bombeo de relaves que alimentará a las baterías móviles que se encontrarán distribuidas a lo largo de la corona del dique principal. Dentro de todas las facilidades se considera la implementación de todos los sistemas auxiliares necesarios y requeridos para cada sistema. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 2,400 – Sistema de bombeo para drenaje de dique Principal. En esta área se acumulan los drenajes propios del sistema de disposición de arenas en canchas denominado “Paddock”. Estos drenajes básicamente están compuestos por agua y arenas, constituyen una mezcla que será bombeada hacia el nuevo espesador de lamas que estará ubicado en una plataforma cercana al área 2 101. Para tal fin, en esta área se implementará un sistema de bombeo con la capacidad suficiente para transportar los drenajes captados a pie del dique Principal hacia el espesador. Además, se implementarán todas las facilidades mecánicas, eléctricas e instrumentación requeridas para el funcionamiento del sistema. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 2,101 – Espesador de lamas y planta de floculante. Con el objetivo de optimizar la recuperación de agua en la operación de Quebrada Honda, se implementará un espesador que

tendrá como propósito espesar las lamas “finos” provenientes de los nidos de ciclones de la planta ubicada en el área 2,101, así como los drenajes provenientes del área 2,400. Las lamas con una concentración promedio de 30% en peso y los drenajes con una concentración promedio de 15% en peso alimentarán al espesador obteniendo flujo de lamas espesadas a una concentración de sólidos entre 45% a 50%, los cuales serán transportados por gravedad y/o bombeo hacia el embalse como emplayamiento. La ubicación del espesador considera su alimentación desde la ubicación actual del área 2,101. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 3,100 – Sistema de bombeo hacia el área 2,800 y emplayamiento dique Lateral. La infraestructura existente en el área de captación de relave integral proveniente por la quebrada Santallana, denominada área 3,100, será optimizada con el propósito de tener mayor disposición en la nueva distribución de relaves que se dispondrá por esta área. En esta área se implementará un nuevo cajón de relaves con dos compartimientos, el cual será alimentado desde el cajón de relave existente. De uno de los dos compartimientos mediante una bomba centrífuga se transportará relave diluido hacia un nuevo nido de hidrociclones que estará ubicado en el área 2,800. Mediante el otro compartimiento y a través de dos bombas enseriadas se transportará relave integral hacia el dique Lateral para emplayamiento. La bomba existente que actualmente transporta relave integral hacia el dique Lateral será dispuesta para entregar relave integral hacia un punto como emplayamiento al lado este del embalse. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 2,800 - Ampliación de planta para clasificación de relaves. Con el propósito de cumplir con la demanda futura de arenas para el recrecimiento del dique Lateral, en el área 2,800 se implementará un nuevo nido de hidrociclones teniendo en cuenta una infraestructura paralela a la existente bajo el concepto de no interrumpir la producción durante la construcción. En esta implementación se contempla instalar un tanque con agitador, bomba de precarga y bomba de desplazamiento positivo; además de todas las facilidades mecánicas, eléctricas e instrumentación requeridas para el funcionamiento del sistema. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 1,230 – Sistema de bombeo desde barcazas existente hacia el área 2,800. Con respecto a las implementaciones en esta área, se considera instalar un sistema de bombeo desde la infraestructura existente hacia el área 2,800. En las barcazas y sala eléctrica existente se cuenta con espacios disponibles para la implementación proyectada. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

Área 2,820 – Sistema de bombeo para sub-drenaje del dique Lateral. Con el objetivo, por criterio de diseño, de mantener el nivel aceptable de arenas saturadas y por consecuencia asegurar la estabilidad del dique Lateral se requiere drenar el agua infiltrada y localizada en el pie del dique Lateral. Con tal propósito se implementará un sistema de drenaje por bombeo que permita desalojar de manera óptima el agua infiltrada.

Área 3,200 – Montaje de nuevo cuarto de control y gabinete de comunicaciones. En esta área se realizará el montaje de un nuevo cuarto de control; además, del montaje e instalación de un gabinete de comunicaciones considerando todas sus facilidades. En el área donde estará ubicada esta implementación actualmente existen algunas facilidades que requieren ser reubicadas o eliminadas.

4.3.2.2. Descripción de alcance de ingeniería.

- a) La integración del total de la ingeniería Vendor de cada uno de los equipos del proyecto, así como también la verificación cruzada interdisciplinaria para detectar posibles incongruencias en la ingeniería y replantear las adecuaciones necesarias, las cuales estarán sujetas a aprobación del cliente, antes de proceder con la construcción.
- b) La ejecución de ingeniería básica y detalle para los enlaces de fibra óptica detallados en la memoria descriptiva del sistema de fibra óptica.
- c) La ejecución de ingeniería de detalle para el sistema CCTV, de acuerdo con el documento, memoria descriptiva sistema de CCTV.
- d) La ejecución de ingeniería de detalle para la integración del sistema de contraincendios, de acuerdo con el documento de la memoria descriptiva sistema de detección de incendio.
- e) El equipo de oficina técnica del contratista garantizará la ejecución de ingeniería básica y detalle para los enlaces de fibra óptica, CCTV contraincendios, la integración de la ingeniería Vendor y detectará la posible incongruencia en la ingeniería antes de proceder con la construcción para evitar impacto en tiempo y costo; caso contrario el contratista asumirá en su totalidad el impacto relacionado.
- f) La ingeniería de detalle se encuentra al 80% de desarrollo. Pendiente integrar la ingeniería Vendor de equipos principales. Considerar 5 000 HH para este desarrollo.

ITEM	PARTIDAS	UND	HH	PRESUPUESTO			COMENTARIO
				METRADO	PU	TOTAL	
				A	B	C=AxB	
1.0	PARTIDAS GENERALES						
1.1	Mobilización y desmovilización.	Glb		1	1'112'759.95	1'112'759.95	
1.2	Instalación, mantenimiento y retiro de facilidades de obra.	Glb		1	4'030'809.44	4'030'809.43	
1.3	Desarrollo de ingeniería	Glb	5000.00	1	269'056.42	269'056.41	
1.4	Suministro y desarrollo de planos As-Built (incluye isométricos)	Glb		1	13'786.99	13'786.99	
1.5	Diseño, suministro, fabricación e instalación de señalización permanente de seguridad para las cada una de las áreas del proyecto.	Glb		1	20'680.34	20'680.34	
1.6	Poliza CAR (Construction All Risk).	Glb		1	542'630.59	542'630.59	

Figura 26. Presupuesto global de partida de integración de ingeniería Vendor

- g) Solo se considera para la instalación de la red de fibra óptica, sistema CCTV y sistema contra incendios, el desarrollo de la ingeniería de detalle; la cual se desarrollará con base en la ingeniería básica y datos técnicos desarrollados por el cliente y los Vendor de cada equipo. Esta actividad se valorizará con la partida 1.3 "Desarrollo de ingeniería".
- h) La cantidad de horas presupuestadas no limita la cantidad de especialistas.
- i) El suministro y desarrollo de planos "As-Built".
- j) Se considera la entrega de los planos, del total del proyecto, con las modificaciones realizadas durante la construcción.
- k) El contratista deberá entregar a SPCC, una vez finalizados los trabajos y antes de iniciar la etapa de pre-comisionado, la totalidad de los planos "As-built" de todas las instalaciones. Estos planos deberán confeccionarse a partir de planos marcados claramente en terreno (Red Line).
- l) El contratista deberá entregar a SPCC los planos "As-built" con código SPCC (de conformidad a los estándares de ingeniería de planta y mantenimiento), que se proporcionará previo a la elaboración de estos y solicitado por el contratista. Además, debe presentarse los planos donde se señale la topografía final de todas las áreas trabajadas.
- m) El contratista debe llevar en el proyecto un compendio de planos donde se lleven anotadas las variaciones "Red line" para el correcto control de los cambios
- n) SPCC requiere la entrega de planos en archivo electrónico (software Autocad ver. 2015); los planos impresos: un original firmado y otra copia en formato ANSI D 24" x 36".

4.3.2.3. Gestión de documentos de ingeniería.

Al inicio del proyecto se entregaron 137 planos, durante la ejecución del proyecto se emitieron 75 planos adicionales, lo que hace un total de 212 planos emitidos por el cliente.

DISCIPLINA	PLANOS TOTALES	Planos Nuevos Emitidos por SPCC	Plano Inicial Sin Integración
Arreglo General	1	0	1
CIVIL	54	17	2
CONCRETO	71	7	5
ESTRUCTURAS	36	6	0
MECANICO	64	0	8
TUBERIAS	167	10	29
ELECTRICO	251	15	46
INSTRUMENTACIÓN	369	20	46
TOTAL	1013	75	137

Figura 27. Planos iniciales del proyecto sin integración Vendor.

Al final del proyecto se elaboraron nuevos planos de ingeniería de terreno, así como la integración de ingeniería Vendor, un total de 1,013 planos.

4.3.2.4. Gestión de cambios de ingeniería durante la construcción.

La definición de alcance para la gestión de cambios durante la ejecución del proyecto es la actividad del equipo de oficina técnica del contratista que deberá garantizar la detección

de la posible incongruencia en la ingeniería antes de proceder con la construcción para evitar impacto en tiempo y costo.

Los cambios para mejora o por incompatibilidad a los planos de ingeniería de detalle es también denominado ingeniería de terreno y presentó el resumen que se observa en la Figura 28.

Disciplina	Cantidad Planos	Nro. Cambios
CIVILES	29	85
CONCRETO	69	261
TUBERÍAS	89	127
ELECTRICIDAD	69	126
INSTRUMENTACION	112	158
ESTRUCTURAS	12	13
MECÁNICA	18	21
TOTAL	398	791

Figura 28. Resumen de planos que cambiaron durante la construcción

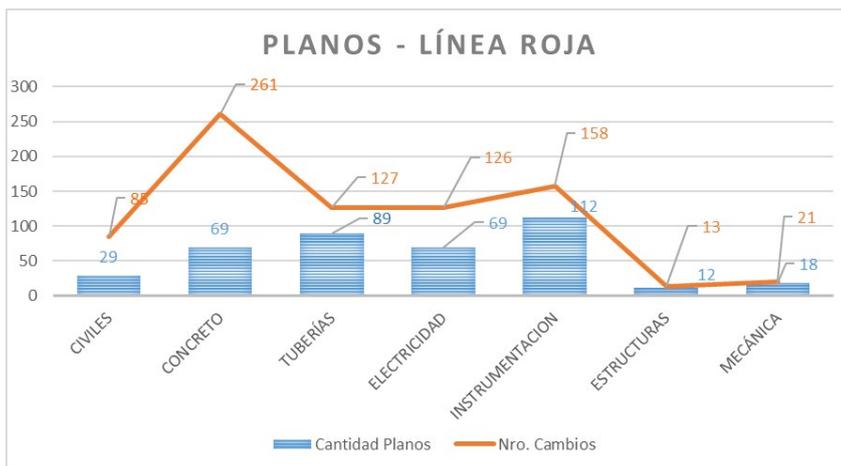


Figura 29. Análisis de cambios por disciplina

El proceso de cambios de ingeniería para mejora y/o incompatibilidad se resumen en el gráfico presentado en la Figura 30.

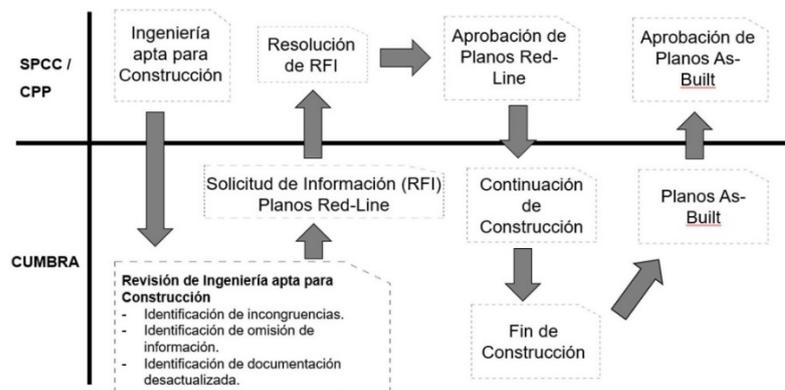


Figura 30. Flujo de cambios durante la construcción

DISCIPLINA	TOTAL	Cerrado	Abierto	Anulado	Retraso > 7 días
GENERAL	36	36	0	0	0
CIVIL	34	33	0	1	0
CONCRETO	1	1	0	0	0
ESTRUCTURAS	15	14	0	1	0
MECANICO	38	37	0	1	0
TUBERIAS	44	43	0	1	0
ELECTRICIDAD	29	29	0	0	0
INSTRUMENTACIÓN	21	21	0	0	0
TOTAL	218	214	0	4	0
PORCENTAJE %	100%	98.2%	0.0%	1.8%	0.0%

Figura 32. Resumen de estatus de RFI emitidos y respondidos

4.3.2.5. Gestión de ingeniería Vendor.

La ingeniería de integración con información Vendor actualiza y genera planos nuevos por el contratista, para que el cliente lo apruebe y posteriormente aprobar su construcción. En esta etapa se ha tomado en cuenta toda la información Vendor que se ha recibido del cliente, de diferentes disciplinas.

DISCIPLINA	PLANOS TOTALES	Planos Nuevos Emitidos por SPCC	Plano Inicial Sin Integración	Total Integración.
Arreglo General	1	0	1	0
CIVIL	54	17	2	35
CONCRETO	71	7	5	59
ESTRUCTURAS	36	6	0	30
MECANICO	64	0	8	56
TUBERIAS	167	10	29	128
ELECTRICO	251	15	46	190
INSTRUMENTACION	369	20	46	303
TOTAL	1013	75	137	801

Figura 33. Planos de ingeniería con integración Vendor

Item	Area	Cant. Total Informacion Vende
1	2102	68
2	1230	2
3	3200	1
4	3100	37
5	2800	37
6	2820	23
7	2101	64
8	2400	41
TOTAL		273

Figura 34. Resumen de información Vendor emitida al contratista

Información técnicamente importante para el proyecto fue del proveedor *FLsmidth* espesador de relaves.

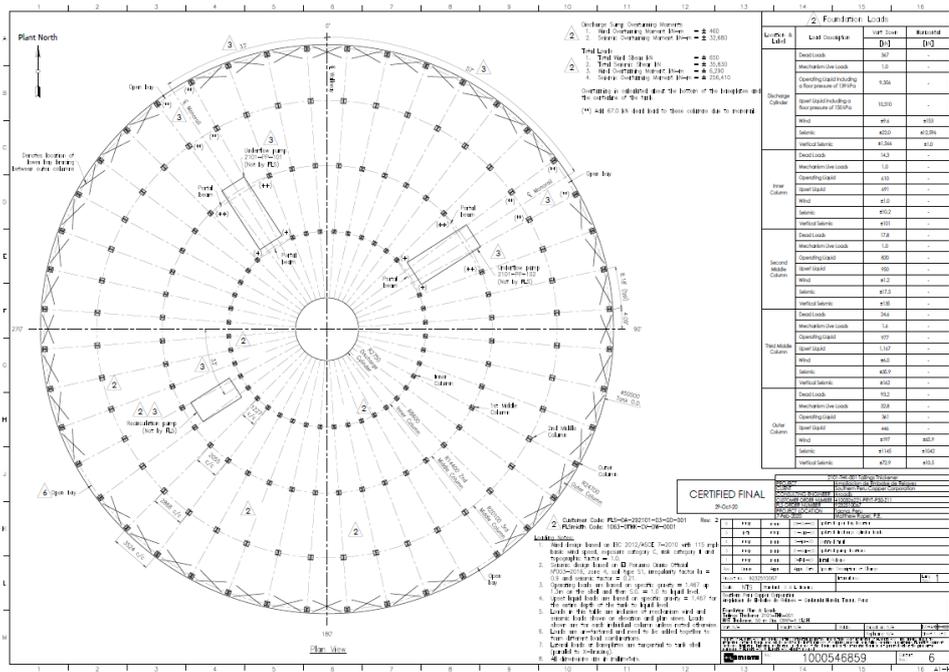


Figura 35. Plano de planta de espesador de relave (Flsmidth)

Nota: FLSMIDTH

El proceso para la aprobación final de ingeniería Vendor se ve en el diagrama que se muestra en la Figura 36.

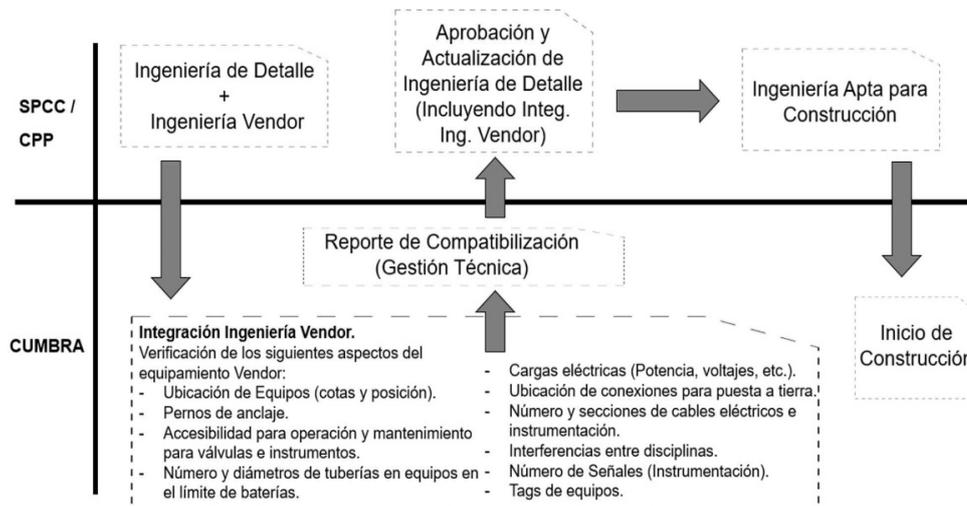


Figura 36. Flujo de ingeniería del proyecto con ingeniería Vendor

4.3.2.6. Gestión de tiempo y costo de ingeniería.

El tiempo de elaboración de ingeniería se ha incrementado mucho más de lo propuesto, ello por cambios de ingeniería por parte del contratista. En la Figura 37 se muestra el cronograma inicial.

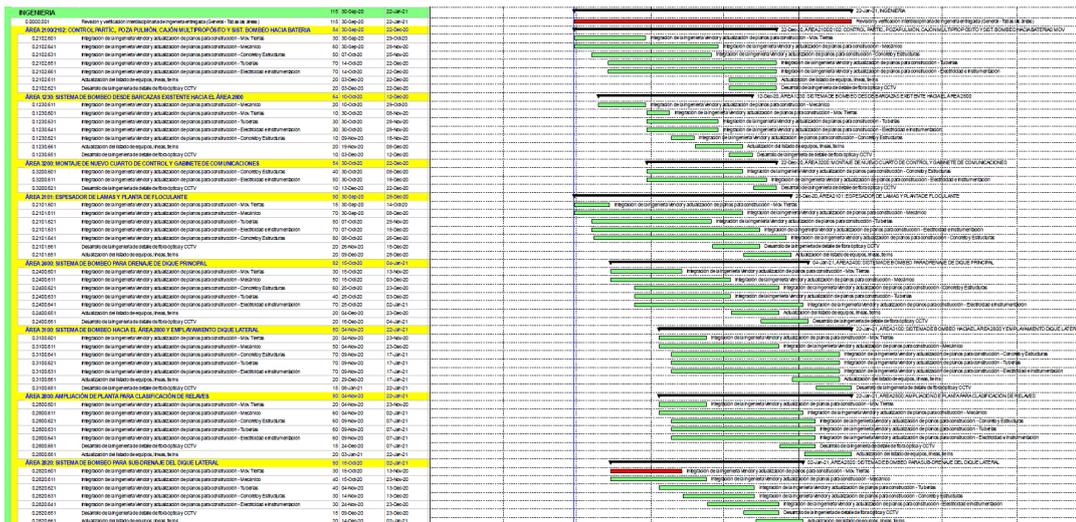


Figura 37. Cronograma línea base 0

Matriz de comunicaciones. Al inicio del proyecto se comparte matriz de comunicaciones y el flujo de información, así como se muestra en la Figura 38.

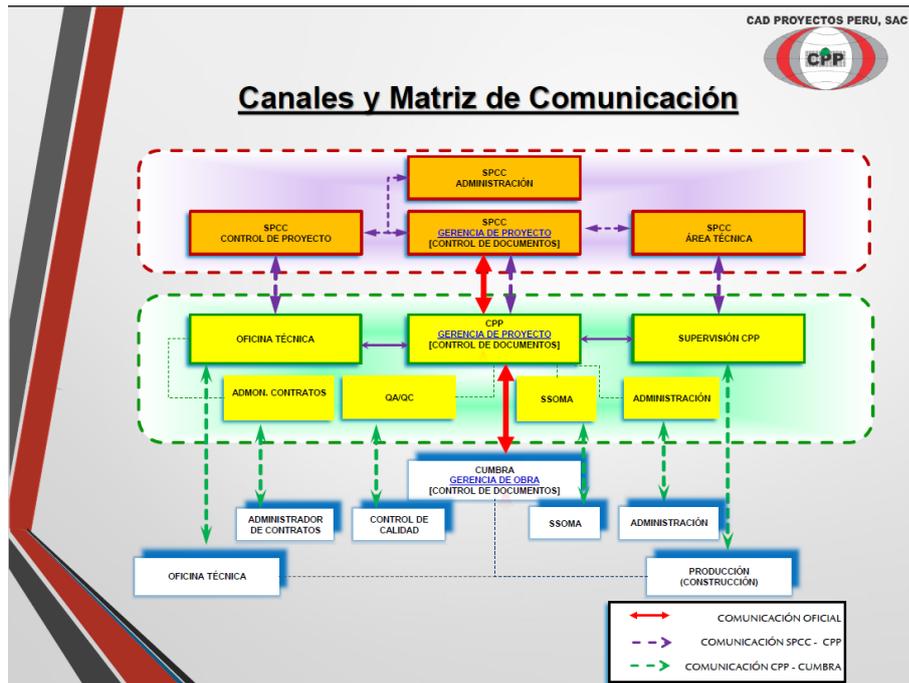


Figura 38. Canales y matriz de comunicación

Durante la etapa de construcción se desarrollaron diferentes instrucciones en terreno para completar ingeniería faltante de diferentes elementos.

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
 OBRAS MULTIDISCIPLINARIAS PARA LA AMPLIACIÓN DEL EMBALSE DE RELAVES DE QUEBRADA HONDA CONTRATO L9-T47-003

TABLA 3.1.b

COTIZACIÓN TÉCNICA ECONOMICA NRO. 04"INGENIERIA DE ACTUALIZACION DE PLANOS VENDOR AREA 1230"

Rev. B

ITEM	PARTIDA	UND	PRESUPUESTO			COMENTARIO
			CANTIDAD A	PU B	TOTAL C=AxB	
B	PARTIDAS NUEVAS				53,019.44	
1.01	Ingeniería de actualización de planos vendor Área 1230	gib	1.00	53,019.44	53,019.44	
TOTAL				US\$	53,019.44	

Notas:
 Objetivo de la propuesta técnica económica: Servicio de ingeniería de actualización de planos vendor Área 1230

Figura 39. Propuesta técnico-económica para elaboración de ingeniería del área 1,230

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
 OBRAS MULTIDISCIPLINARIAS PARA LA AMPLIACIÓN DEL EMBALSE DE RELAVES DE QUEBRADA HONDA CONTRATO L9-T47-003

TABLA 3.1.b

COTIZACIÓN TÉCNICA ECONOMICA"MEJORAMIENTO ELECTRICO DEL AREA 3200 E IMPLEMENTACION DE SALA DE GABINETES Y SERVIDORES EN QUEBRADA HONDA"

Rev. 1

ITEM	PARTIDA	UND	PRESUPUESTO			COMENTARIO
			CANTIDAD A	PU B	TOTAL C=AxB	
B	PARTIDAS NUEVAS				45,803.49	
1.01	Servicio de Ingeniería Mejoramiento eléctrico del área 3200	gib	1.00	45,803.49	45,803.49	
TOTAL				US\$	45,803.49	

Notas:
 Objetivo de la propuesta técnica económica: Desarrollo de la Ingeniería básica, gestión de procura (a cargo de SPOC el equipamiento mayor) e Ingeniería de detalle.

Figura 40. Propuesta técnico-económica para elaboración de ingeniería del área 2,300

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

a) *Área 2,100 – Control de partículas, poza pulmón y derivación de relaves hacia el área 2,102.* Con la buena gestión de ingeniería y controlados los cambios de planos de ingeniería de detalle y de la ingeniería de integración Vendor se logró construir el nuevo cajón de control de partículas al 100%, así como también los canales de conducción optimizando procesos constructivos. Además, se complementó como trabajo adicional la descarga de gruesos o partículas clasificadas hacia la quebrada y posteriormente al embalse mediante un canal natural.

b) *Área 2,102 – Sistema de bombeo hacia baterías móviles.* Esta nueva área, ubicada en una cota promedio de 1,260 m s.n.m., se instaló un nuevo sistema de bombeo de relaves que alimentará a las baterías móviles que se encontrarán distribuidos a lo largo de la corona del dique Principal. Además, se instalaron algunas facilidades como la adecuación de tubería de relave a lo largo de la corona del dique Principal; asimismo, se ha mejorado la distribución de elementos auxiliares de la sala eléctrica que provee energía a la estación de bombas.

c) *Área 2,400 – Sistema de bombeo para drenaje de dique Principal.* Según ingeniería de detalle inicial se contempló dos cámaras de recolección de drenaje, estos son propios del sistema de disposición de arenas en canchas denominado “Paddock”. Pero por cambios en el diseño final de drenaje se optó por construir una sola cámara de captación, además el transporte hacia la estación de bombas. En esta área se instalaron dos bombas de desplazamiento positivo reubicadas de la planta de clasificación de arenas existentes.

d) *Área 2,101 – Espesador de lamas y planta de floculante.* La construcción de las bases de concreto, así como del montaje electromecánico en esta área, presentó algunas dificultades las cuales se comentarán con mayor precisión en el ítem 5.3; sin embargo, se ha completado la construcción y la puesta en marcha optimizando la recuperación de agua en la operación.

e) *Área 3,100 – Sistema de bombeo hacia el área 2,800 y emplayamiento dique Lateral.* La infraestructura existente en el área de captación de relave integral proveniente por la quebrada Santallana, denominada área 3,100 se ejecutó de manera atrasada, por temas de interferencia con operaciones, sin embargo, se ha completado al 100% la construcción además la puesta en marcha, el desafío de esta estación de bombas es mejorar el proceso constructivo del dique principal.

f) *Área 2,800 - Ampliación de planta para clasificación de relaves.* Presentó algunas deficiencias de planificación con el contratista, al no contar con la integración de ingeniería

Vendor y sobre con la contabilización de planos con las instalaciones existentes, sin embargo, fue la primera planta de clasificación de arenas que se puso en operación.

g) *Área 1,230 – Sistema de bombeo desde barcazas existente hacia el área 2 800.* Con respecto a la construcción y la ingeniería en esta área, se consideró algunas mejoras operacionales en la etapa de ingeniería de detalle e integración Vendor sobre todo de la disciplina eléctrica, de la misma forma los resultados fueron favorables para su culminación.

h) *Área 2,820 – Sistema de bombeo para sub-drenaje del dique Lateral.* Bombas operando con normalidad, y los resultados son alentadores ya que cumplen con lo establecido en la etapa de la ingeniería de detalle, sin embargo, se tuvo algunas complicaciones en la etapa de movimiento de tierras.

i) *Área 3,200 – Montaje de nuevo cuarto de control y gabinete de comunicaciones.* La ingeniería de detalle de esta área estaba a cargo del contratista, por lo tanto, se tuvo que revisar y aprobar para su pronta ejecución fue uno de las áreas que entró en operación casi al final de todo el proyecto.

j) *Gestión de ingeniería de terreno e ingeniería Vendor.* Finalmente, en el proyecto el contratista elaboró como planos “As-built” 1,013 planos en total, sin embargo, en el camino se han cambiado algunos criterios de elaboración de planos para dar facilidad constructiva. Por ejemplo: la aprobación de planos de manera digital, revisión de los cambios de manera conjunta, divididos en diferentes disciplinas.

k) *Gestión de Tiempo y Costo de ingeniería.* Finalizando el proyecto la partida de ingeniería se ha incrementado a un total de US\$ 367,879.34 dólares americanos. Sin embargo, se cumplió con la información faltante para la construcción de dos áreas nuevas 3,200 (implementación de cuarto de control) y 1,230 (implementación de nuevas barcazas).

5.2. Logros alcanzados

Los logros alcanzados durante el desarrollo de las actividades profesionales fue la presentación de diferentes soluciones en diferentes áreas como alcance de ingeniería.

a) *Área 2,100 – Control de partículas, poza pulmón y derivación de relaves hacia el área 2 102.* Enfocado a la ingeniería, en esta área se logró optimizar el relleno estructural en la poza pulmón, ampliando la estabilidad de los muros de la misma poza, por lo cual el área de construcción mejoró el rendimiento y la culminación de esta actividad en la fecha pactada.

b) *Área 2,102 – Sistema de bombeo hacia baterías móviles.* Con respecto al *pipeline* con tuberías de diferentes materiales, la ubicación de accesorios como cambio de espesor de materiales no estaba contemplada, así como el detalle de tubería tendida en terreno irregular con más de 60 grados de ángulo, se realizó una reingeniería para su facilidad constructiva.



Figura 41. Tubería instalada en talud sin acceso vehicular

c) Área 2,400 – Sistema de bombeo para drenaje de dique Principal. Se logró optimizar la ubicación de anclaje de dos bombas de desplazamiento positivo, se realizó un replanteo topográfico para evitar desfases y/o incongruencias en terreno, además se mejoró la ingeniería con respecto al control de flujo en la descarga de ambas BDP, implementando válvulas con actuador eléctrico.

La eliminación del sistema de almacenamiento de agua para sello de bombas, ya que, al ubicarse la planta a un nivel bajo, se opta por derivar agua del pipe line que conduce hacia la poza pulmón, de esta manera cumpliendo con la presión requerida para el sellado respectivo. Mejor operacional al agregar dos válvulas de control con actuador eléctricos lo que permitirá la independización de funcionamiento de cada bomba BDP.

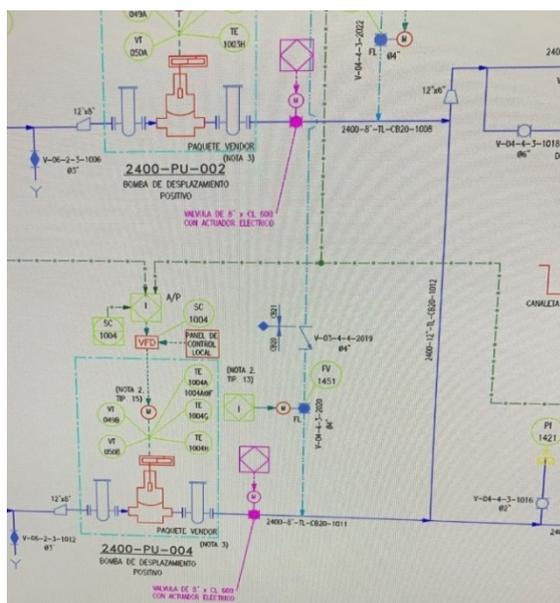


Figura 42. Implementación de válvulas para control de flujo

d) *Área 2,101 – Espesador de lamas y planta de floculante.* En esta área se ha mejorado la ingeniería en diferentes disciplinas. (1) *Civil.* Se ha logrado cumplir el plazo pactado para la culminación de movimiento de tierras, se ha cambiado el talud de corte, además se ha analizado y controlado una nueva metodología de corte de terreno, “fragmentación con plasma” en material de lodolita encontrado en terreno. (2) *Mecánico.* Mejora en el ruteo de tuberías de servicios auxiliares agua de sello, agua de servicio, floculante. (3) *Estructuras.* Adición de plataforma de mantenimiento para acceder a válvulas de control que requiere para su respectivo mantenimiento.



Figura 43. Accesos tipo plataforma

e) *Área 3 100 – Sistema de bombeo hacia el área 2 800 y emplayamiento Dique Lateral.* Se ha realizado el cambio de arreglo general por tener interferencia con un canal existente de relave operativo.

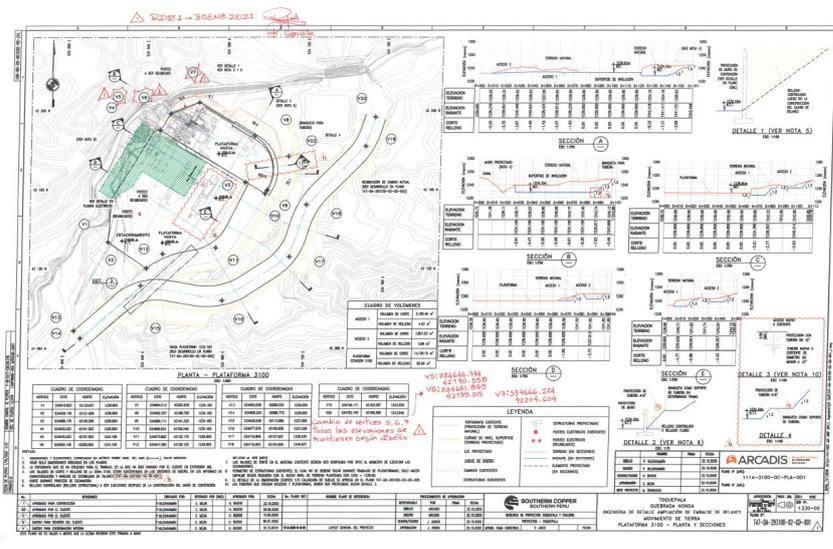


Figura 44. Cambio de geometría de muro cercano al canal de relave existente

Por liberación de interferencia se logró no interrumpir el proceso constructivo de obras de concreto.

f) *Área 2,800 - Ampliación de planta para clasificación de relaves.* Mejora en el sistema de izaje del nido de ciclones, con lo cual se lograr poner operativo y la puesta en marcha sin ningún contratiempo.



Figura 45. Levantamiento de información en terreno

g) *Área 1,230 – Sistema de bombeo desde barcazas existente hacia el área 2,800.* Mejora de arreglo general con la nueva ubicación de *manifold* de descarga y la nueva ubicación de la sala eléctrica.

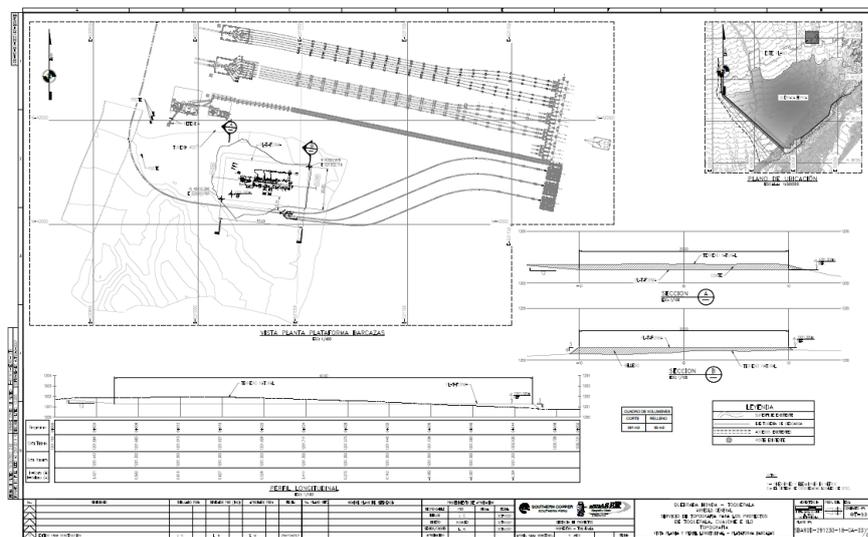


Figura 46. Arreglo general, ubicación de *manifold* y sala eléctrica

h) *Área 2,820 – Sistema de bombeo para sub-drenaje del dique Lateral.* Reingeniería para nuevos pozos, creación de taludes, creación de accesos y arreglo del sistema de bombeo.



Figura 47. Pozo Nro. 3, construido

i) *Gestión de ingeniería de terreno e ingeniería Vendor.* Se logra la implementación de nuevo sistema de control el cual permite seguir la fecha de presentación, aprobación y emisión para construcción.

j) *Gestión de tiempo y costo de ingeniería.* Se logra completar toda información faltante para construcción, optando por soluciones acordes evitando impactar el tiempo al contratista durante la construcción.

5.2.1. Beneficios ambientales.

Con el desarrollo del proyecto: “Ampliación del embalse de relaves Quebrada Honda – Toquepala” y la puesta en servicio de la nueva infraestructura, garantizará el crecimiento sostenible y armónico del propio embalse y optimización de la recuperación y consumo del agua usada en el proceso, demanda repotenciar así como la construcción de nuevas facilidades tales como: ampliación del cuarto de control, un nuevo sistema de bombeo para agua recuperada desde barcazas existente hacia el área 2 800, la implementación de sistemas de bombeo de los drenajes del dique Principal y sub-drenajes del dique Lateral, la implementación de un espesador para lamas, así como la construcción de una poza pulmón cercano al punto de dilución. Cumplimiento de la demanda de agua requerida por la ampliación de concentradora Toquepala, ya que SPCC no solicitará más licencias de agua para su operación por lo tanto la población no será afectada por incremento de volumen de agua.

5.2.2. Beneficios sociales y económicas.

Economía local. Generación de empleo aproximadamente 20 puestos de trabajo de manera permanente durante la operación de embalse de Quebrada Honda. Durante la construcción y operación se demandará insumos y servicios.

Economía regional. Locales a fin de cumplir con las necesidades, así como cal que sirve para regular el pH del agua de proceso también el insumo de floculante para el espesador de relaves, en tal sentido se prevé aumento de la demanda de productos, bienes y servicios en beneficio de proveedores locales y regionales.

Las oportunidades de empleo durante la ejecución del proyecto han beneficiado a diferentes poblaciones aledañas a la unidad minera Toquepala, Locumba, Ilabaya, Camiara, Alto Camiara.

Durante la ejecución del proyecto se ha logrado la participación 250 colaboradores de mano de obra local, así como la participación de subcontratistas y proveedores locales.

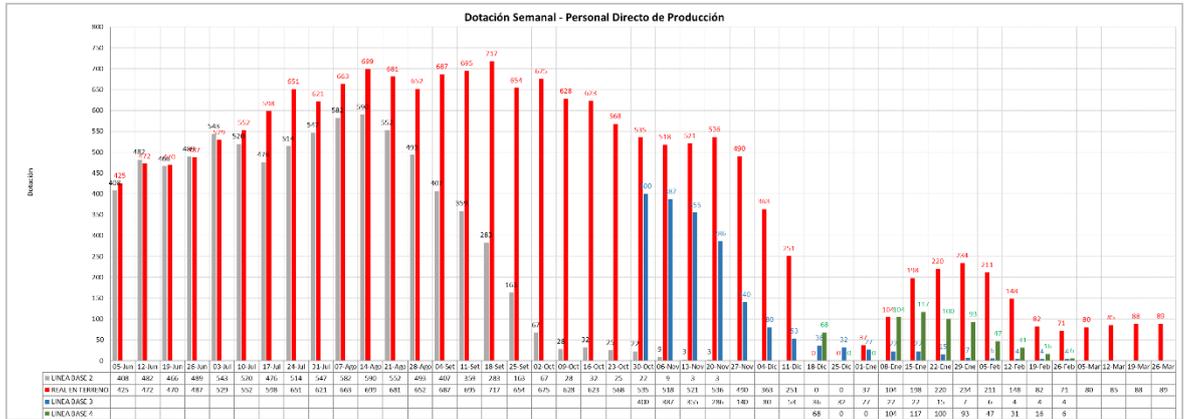


Figura 48. Mano de obra (fecha corte al 31mar.)

5.2.3. Beneficio en la ciencia y tecnología.

Se aplicaron diferentes metodologías para optimizar la gestión de ingeniería a nivel de control y distribución de información:

Diseño y construcción con BIM - modelado de información para la construcción. El modelado de información para la construcción (BIM) es el proceso holístico de creación y administración de la información de un activo construido. Basado en un modelo inteligente e impulsado por una plataforma en la nube, BIM integra datos estructurados y multidisciplinares para generar una representación digital de un activo durante todo su ciclo de vida, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y las operaciones.

5.3. Dificultades encontradas

En el presente proyecto las restricciones fueron muchas, se mencionan las más importantes:

- El no cumplimiento al plan de vigilancia COVID19, el cual perjudicó a muchos trabajadores ya que algunos tuvieron que retirarse del proyecto por completo.
- Reuniones no efectivas por caída de red (señal de internet) ya que, debido a la pandemia, todas las coordinaciones se realizaron de manera virtual.
- Plantas de arena en proceso de operación lo cual involucró a reprogramaciones de actividades previo levantamiento de información para realizar ingeniería de terreno.
- Fechas atrasadas con la procura de algunos equipos eléctricos, como consecuencia del cual, llegaron a destiempo manuales y/o planos para su respectiva integración.

- e) Falta de recursos para apoyo de revisión de información recibida del contratista.
- f) Distancia de diferentes áreas que se encuentran a más de 10km de distancia.

5.4. Planteamiento de mejoras

El proyecto en sus diferentes etapas ha sido un reto importante por ser multidisciplinario, EPC, áreas dispersas, un promedio de distancia entre diferentes áreas de 4km aproximadamente.

Como ingeniería ha planteado diferentes mejoras durante la elaboración, revisión y aprobación de toda la ingeniería requerida. En cada área de trabajo, se ha planteado mejoras constructivas y operacionales.

a) *Área 2,100*. Estabilización de taludes para la poza pulmón, para lo cual se ha planteado una mejora en el uso de materiales con % de cohesión diferente al del diseño para su mayor estabilidad y facilitar la colocación de la geomembrana evitando alguna rotura o fisura.

b) *Área 2,102*. El principal problema en esta área fue la ubicación a nivel de las tres bombas de relave, para lo cual se verificó estrictamente planos civiles y mecánicos junto con el equipo de topografía en terreno, para evitar algún desfase con la salida de tubería fabricado fuera del proyecto.

c) *Área 2,400*. Se revisó la ingeniería multidisciplinaria, en el cual se optimizó la utilización de agua de sello para el sistema de bombas de desplazamiento positivo, adicionando válvulas reductoras de presión y cumplir presión y flujo requerido en el área. Además, se adecúa el eje del *pipe line*, en cruce de accesos, se implementa una solución rápida para evitar la corrosión de la tubería de acero enterrado.

d) *Área 2,101*. Se mejoró la accesibilidad a todos los instrumentos y válvulas para inspección y mantenimiento durante la operación.

e) *Área 3,100*. El análisis para conectar el canal de concreto existente con el nuevo, se implementó de manera correcta ya que se cumplió con los estándares de construcción la forma de adherir concreto nuevo con concreto antiguo, utilizando diferentes aditivos además se cambia la geometría para la facilidad de intervenir el *tie-in*.

f) *Área 2,800*. Una mejora importante fue el uso de material producto de la excavación del área 2 820 para relleno de accesos del área 2 800, el cual permitió considerablemente ahorrar en la partida de movimiento de tierras.

g) *Área 1,230*. Se analizó y revisó el diagrama de tuberías y de instrumentación; asimismo, se elabora un nuevo arreglo general ubicando la sala eléctrica y *manifold* del sistema.

h) *Área 2,820*. Se diseñó taludes con mayor ángulo al encontrar lodolita dura, el cual permite al contratista avanzar con el corte.

En la gestión documentaria de información de ingeniería la mejora se centró en trabajar de manera digital y en 3d con cambios de la maqueta virtual en tiempo real, lo cual permitió al

involucrado del proyecto acceder de manera fácil y rápida desde cualquiera lugar con acceso a internet.

5.5. Metodologías propuestas

Tomando en cuenta las lecciones aprendidas en diferentes proyectos anteriores se procedió elaborar diferentes planes según la guía del PMBOK.

a) *Plan*. Es un medio propuesto para lograr algo. Los equipos de proyecto desarrollan planes para los aspectos individuales de un proyecto y/o combinan toda esa información en un plan global para la dirección del proyecto. Los planes generalmente son documentos escritos, pero también pueden verse reflejados en pizarras visuales/virtuales.

b) *Plan de control de cambios*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto que establece el comité de control de cambios, documenta su grado de autoridad y describe cómo se ha de implementar el sistema de control de cambios.

c) *Plan de gestión de las comunicaciones*. Este plan es un componente del plan para la dirección del proyecto, programa o portafolio que describe cómo, cuándo y por medio de quién se administrará y difundirá la información del proyecto.

d) *Plan de gestión de los costos*. Es un componente de un plan para la dirección del proyecto o programa que describe la forma en que los costos serán planificados, estructurados y controlados.

e) *Plan de iteración*. Es un plan detallado para la iteración actual.

f) *Plan de gestión de las adquisiciones*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto o programa que describe cómo un equipo de proyecto adquirirá bienes y servicios fuera de la organización ejecutante.

g) *Plan para la dirección del proyecto*. Es un documento que describe el modo en que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado y cerrado.

h) *Plan de gestión de la calidad*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto o programa que describe cómo se implementarán las políticas, procedimientos y pautas aplicables para alcanzar los objetivos de calidad.

i) *Plan de liberación*. Este plan establece las expectativas para las fechas, características y/o resultados que se espera obtener en el curso de múltiples iteraciones.

j) *Plan de gestión de los requisitos*. Es un componente del plan para la dirección de un proyecto o programa que describe cómo serán analizados, documentados y gestionados los requisitos.

k) *Plan de gestión de los recursos*. Es componente del plan para la dirección del proyecto que describe cómo se adquieren, asignan, monitorean y controlan los recursos del proyecto.

l) *Plan de gestión de los riesgos*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto, programa o portafolio que describe el modo en que las actividades de gestión de riesgos serán estructuradas y llevadas a cabo.

m) *Plan de gestión del alcance*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto o programa que describe el modo en que el alcance será definido, desarrollado, monitoreado, controlado y validado.

n) *Plan de gestión del cronograma*. Es un componente del plan para la dirección del proyecto o programa que establece los criterios y las actividades para desarrollar, monitorear y controlar el cronograma.

o) *Plan de involucramiento de los interesados*. Este plan es un componente del plan para la dirección del proyecto que identifica las estrategias y acciones requeridas para promover el involucramiento productivo de los interesados en la toma de decisiones y la ejecución del proyecto o programa.

p) *Plan de pruebas*. Este documento describe los entregables que serán probados, las pruebas que se llevarán a cabo y los procesos que se utilizarán para las mismas. Constituye la base para probar formalmente los componentes y los entregables. (14)

5.6. Descripción de la implementación

Para la implementación de las metodologías planteadas se siguen algunas reglas fundamentales como la realización de reuniones diarias, semanales, interacción directamente en sitio sobre mejoras, cambios, y/o incongruencias encontradas. Para conocer las metodologías aplicadas en el proyecto se describen a continuación:

Predictivo: hasta que no finaliza o está avanzada la fase predecesora, no comienza su sucesora. Este ciclo de vida en “cascadas” consiste en seguir un plan desde el inicio hasta el cierre del proyecto. En estos casos, el alcance, tiempo y costo están bien definidos en las fases iniciales del proyecto (inicio, planificación). El ciclo predictivo se suele utilizar cuando se puede definir el alcance al inicio, la frecuencia en las entregas del bien o servicio es relativamente baja y los cambios del mercado son bajos.



Figura 49. Esquema enfoque predictivo

Adaptativo: se subdivide el proyecto en iteraciones de tiempo fijo (ej. 2 semanas) y cada iteración es gestionada como un mini proyecto. Antes de comenzar con cada iteración, el alcance de esa iteración está definido. Al final de cada iteración se entrega valor al cliente con incrementos parciales del producto o servicio. Antes de comenzar con una nueva iteración, el cliente prioriza el alcance (funcionalidades) de los entregables de esa iteración.⁽¹⁵⁾

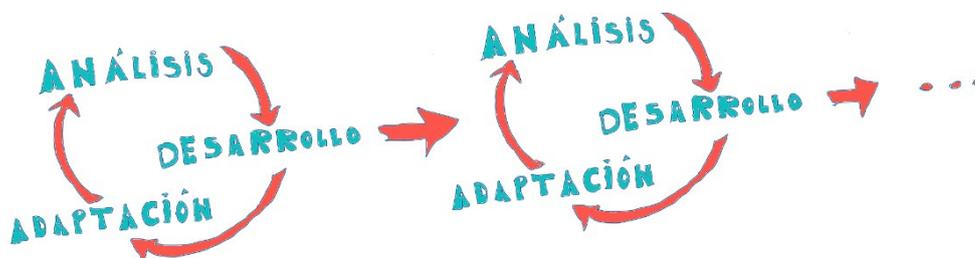


Figura 50. Esquema enfoque adaptativo

Las metodologías aplicadas en el proyecto fueron enfocadas al predictivo, inicialmente se consideraron la planificación, interpretación efectiva del alcance, junto al cronograma, costo, calidad, comunicaciones y los riesgos encontrados.⁽¹⁵⁾

Análisis. El presente informe tuvo como objetivo revalidar la experiencia en disposición de relaves de una unidad minera de extracción de cobre, involucró a profesionales de cualquier disciplina debido a su importancia, en el cual el desempeño permite implementar medidas de seguridad y sostenibilidad ambiental, además de implementar tecnologías innovadoras para mitigar y/o controlar algún riesgo que afecte al entorno.

El objetivo del proyecto fue obtener más arenas para la sostenibilidad de ambos diques, así como la recuperación de agua con la implementación de un sistema de recuperación de agua altamente eficiente.

Recuperación de agua. Tomando en cuenta el *overflow* de la planta existente 2,101, se logró un flujo constante de relave hacia el alimentador del espesador para luego espesar el flujo de alimentación desde una concentración en peso de 28-30% a una pulpa de 45-50% de Cp en la descarga del espesador.

El agua recuperada es trasladada mediante una bomba centrífuga a la poza pulmón la cual cumple con la función de mejorar la gestión del agua recuperada proveniente del espesador, derivando el agua hacia la planta de neutralización, puntos de dilución y estación de bombas 2,102.

Además, el espesador nuevo instalado recibe un flujo de agua drenada producto del sistema *paddock* del dique Principal, paralelamente también recibe un flujo de drenaje del sistema de drenes del dique Lateral área 2,820.

Clasificación de arenas. El área 2,100 cuenta con un cajón de control de partículas, para cumplir con la demanda de arenas del dique Principal, cajón multipropósito estación de bombas y seis baterías móviles a lo largo de la corona del dique Principal.

El proceso es clasificar por acción de gravedad y bomba el relave pulpa conducido por tuberías de HDPE sobre la corona del dique Principal.

Para cumplir con la demanda de arenas del dique Lateral, se implementó un cajón nuevo de concreto para pulpa en el área 3,100 además se implementó un nido de ciclones de alta eficiencia en el área 2,800.

La filosofía de operación es bombear pulpa (arena sin clasificar) hacia el embalse y hacia la planta de clasificación 2,800 para luego bombear el *underflow* hacia el dique con un 71% CP.

5.7. Aportes del bachiller en la empresa

Detección de incongruencias de ingeniería. Con la implementación del BIM (Building Information Modeling), metodología amigable para gestionar un proyecto de construcción utilizando maquetas electrónicas, se detectaron diferentes incompatibilidades evitando retrabajos al contratista y costos generados directamente al proyecto.

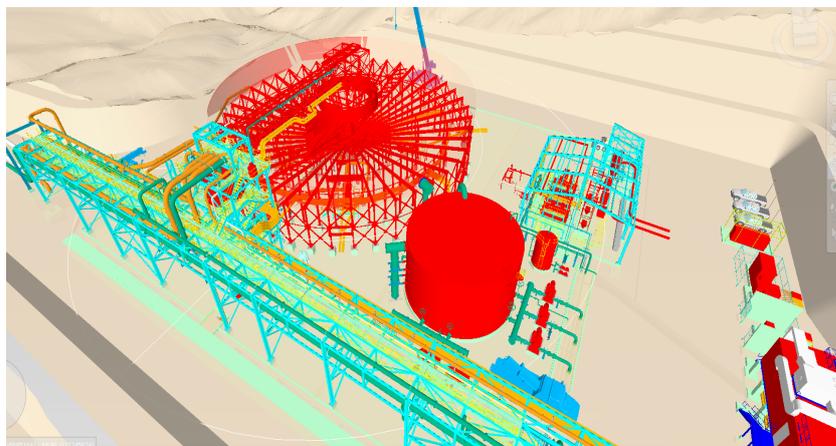


Figura 51. Modelo del área 2,101

Interacción técnica con la supervisión de construcción. Como bachiller y con la experiencia laboral en relaves desde el año 2014 (07 años) se realizó mucha interacción diaria con los supervisores de construcción.



Figura 52. Interacción con profesionales de la disciplina de electricidad

Implementación de gestión de control de cambios a los planos de ingeniería aprobada, el cual consta de elaboración de planos con línea roja. Control de cambios, variación, adición, o eliminación de información en el plano de ingeniería “aprobado para construcción”. Supervisión estricta y la interacción con el sistema documentario del contratista, así como el sistema documentario de Cad proyectos Perú.

Clase:		SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU		CPP		Código:		JJC	
HOJA DE TRANSMISIÓN DE DOCUMENTOS						Proyecto:			
No. L9T47003-TR-JJC-CPP-2777						LS-T47-003 "Obras Multidisciplinarias para la Ampliación del Embalse de Relaves-Quebrada Honda"			
Para: CAD PROYECTOS PERU SAC (CPP)						Ref: PLANO PARA APROBACION			
At: Nelson De La Cruz Gerente CAD Proyectos Peru						Fecha: 13.07.2021			
CC: Atentor Delgado (Gerente de Proyecto) Roland Rojas (Jefe Oficina Técnica)									
Item	Documento	Rev.	Descripción			Acción	Formato		
1	T47-JC-CO-202406-03-SK-100	B	AREA 2400 - PLATAFORMA Y UBICACIÓN PARA CAMARA DE CAPTACION			3	PDF/DWG		
COMENTARIOS									
Acción									
<input type="checkbox"/> Emitido para Información		<input type="checkbox"/> Emitido Apto para Construcción							
<input type="checkbox"/> Emitido para Revisión o Modificación		<input type="checkbox"/> Otros (Atención a lo solicitado)							
<input type="checkbox"/> Emitido para Aprobación		<input type="checkbox"/> Ajuste							
<input type="checkbox"/> Emitido Apto para Proccure									
De: Roland Rojas Jefe de OT						Recibido por:			
Firma: 						Fecha:			
						Firma:			

Figura 53. Formato de *transmittal* del contratista

Supervisión en oficina y en terreno para que el contratista disponga en terreno un compendio de planos donde se lleven anotadas las variaciones “Red line” para el correcto control de los cambios.



Figura 54. Supervisión al contratista en oficina

CONCLUSIONES

En el presente informe de suficiencia profesional se llegó a las siguientes conclusiones:

PRIMERA: Tras aplicar diferentes metodologías innovadoras en la gestión de ingeniería de terreno e ingeniería de integración Vendor, el proyecto ha cumplido con los objetivos requeridos por la unidad minera Toquepala, se puso en marcha la mayoría de los equipos instalados en diferentes áreas.

SEGUNDA: Se validó la ingeniería de detalle con el cliente y el contratista mediante reuniones contractuales, así como diarias, semanales coordinaciones en terreno para su mayor operatividad del proyecto.

TERCERA: Se gestionó herramientas, y nuevas tecnologías para el buen manejo de información en terreno, así como la creación de nuevo formato de Solicitud de Información (RFI), formatos de reuniones diarias, semanales, formato de no conformidades (RNC), formatos de planos, esquemas de campo, implementación del sistema de cambios de instantáneos a los planos de ingeniería aprobados para construcción utilización de la metodología BIM, (Modelado de información de construcción - Building Information Modeling) para detectar posibles incongruencias y/o incompatibilidades interdisciplinarias durante la etapa de construcción.

CUARTA: Se implementó sistema de control documentario utilizando herramientas de Microsoft Office 365 Access, controlando de manera integral todo el proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Asegurar la aplicación de metodologías con nuevas tecnologías de gestión de ingeniería para asegurar con responsabilidad el cumplimiento y la satisfacción del cliente.
2. Desde el inicio del proyecto se debe conocer a los involucrados que toman decisiones, así como los involucrados que tienen poco interés y optimizar la matriz de comunicaciones.
3. La revisión de ingeniería de detalle debe estar enfocada a la compatibilidad de proveedores de equipos.
4. Todo cambio al inicio del proyecto siempre es favorable, sin embargo, se puede avanzar el proyecto siempre tomando en cuenta las lecciones aprendidas de actividades similares pasadas para evitar menos errores o incongruencias interdisciplinarias.
5. Las herramientas mencionadas en los objetivos deben ser únicas para todos los proyectos administrados por SPCC y CAD proyectos SAC.
6. Implementación de tecnología segura, fácil de manejar por cada miembro de la compañía, caso contrario capacitar en el uso de nuevas tecnologías o aplicaciones recientes a todo el personal involucrado.
7. El BIM es una metodología de trabajo versátil y debe estar habilitado el acceso para todos los miembros y/o involucrados del proyecto. Además, BIM es recomendable que sea un requisito para elaboración de ingeniería de detalle para todas las casas de ingeniería administrados por SPCC y CAD proyectos SAC.
8. Es importante el análisis de tiempo, costo y riesgos en temas de ingeniería de terreno, en muchas ocasiones el tiempo de ejecución de obras dependen de la información eficiente, precisas proporcionado por las compañías dedicadas a ello.
9. Control de cambios en los planos de ingeniería aprobados para construcción se debe traducir en las maquetas virtuales, para facilitar la elaboración de planos As-built al final del proyecto.
10. Conocer todas las partes del alcance del proyecto para una supervisión justa y razonable para el contratista.
11. Al elaborar una “Instrucción en Obra” para el servicio de ingeniería, se debe considerar en los unitarios los costos generados después de un documento aprobado para construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK - Séptima Edición*. Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA : Project Management Institute, Inc., 2021. 978-1-62825-719-9.
2. GRUPO CAD. Misión, Visión y Valores. *Misión, Visión y Valores*. [En línea] GRUPO CAD, 01 de enero de 2018. [Citado el: 14 de agosto de 2022.] <http://cadproy.com/en/we-are-us-cadproy/mision-vision-and-values/>.
3. WOODWARD CLYDE CONSULTANTS. *Estudio para Disposición de Relaves en Tierra - Area Quebrada Honda*. Denver Colorado : Woodward Clyde Consultants, 1994.
4. KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A. *Estudio de Factibilidad para la Disposición de Relaves Espesados en Pampa Purgatorio*. Lima : Knight Piésold Consultores S.A., 2003.
5. ARCADIS GEOTÉCNICA. *Ingeniería Instrumentación Geotécnica Depósito de Relaves Quebrada Honda*. Santiago : Arcadis Geotécnica - 3517-RE-2100-GA001, 2009.
6. SCHLUMBERGER WATER SERVICES S.A. *Informe Final, Estudio Hidrogeológico Pampa Purgatorio - Presa de Relaves Quebrada Honda*. Lima : Schlumberger Water Services (Perú) S.A., 2012.
7. SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION. *Obras multidisciplinarias para la nueva área de clasificación y colocación de arenas – área 2101 - 2016. Obras multidisciplinarias para la nueva área de clasificación y colocación de arenas – área 2101 - 2016*. Tacna : SPCC, 2016. Vol. I, 001.
8. BBC NEWS MUNDO. Presa de Brumadinho en Brasil. [En línea] BBC News Mundo, 25 de enero de 2019. [Citado el: 08 de septiembre de 2022.] <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-47007628>.
9. RAMIREZ y RAMIREZ MORANDÉ, Nelson A. SERNAGEOMIN. *SERNAGEOMIN*. [En línea] 31 de diciembre de 2007. [Citado el: 18 de enero de 2023.] <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>. DSM-07-31.

10. ARIAS QUISPE, César Fabian. *MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE UNA PRESA DE RELAVES PARA DISMINUIR LOS RIESGOS AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD*. Arequipa : s.n., 2021.
11. MADARIAGA FLORES, Wilfredo Miguel. *Balance de Masas en Hidrociclones y Clasificación de Relaves para la Construcción de Presas y relleno Hidráulico - Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.* Arequipa : s.n., 2021.
12. CARHUAMACA CELEDONIO, Joselyne Marlene. *Influencia de los Relaves en Pasta de la empresa AUREX S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca*. Cerro de Pasco : s.n., 2018.
13. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Normas Técnicas Para Diseño Ambiental (Guías) - Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. *Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros*. [En línea] Ministerio de Energía y Minas, 1 de Enero de 1995. [Citado el: 15 de 09 de 2022.] https://www.minem.gob.pe/_publicacion.php.
14. McCABE, Warren L., C. SMITH, Julian y HARRIOT, Peter. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2007. 7890123456.
15. WALAS. *Chemical Process Equipment*. Stoneham : Butterworths, 1998.
16. LLEDÓ, Pablo. *Profesional Ágil*. Estados Unidos : 1a ed. Estados Unidos: El autor, 2020, 2020. 9798557870924.

ANEXOS

Anexo 01. Carátula de Reporte semanal de todas las actividades realizadas por la supervisión.

	SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	
Proyectos:	UNIDADES OPERATIVAS TOQUEPALA Y QUEBRADA HONDA	
Propietario:	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION	
Ubicación:	Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento Tacna, Perú	

N° CONTRATO L9-T47-003 **GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN**



GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN
REPORTE SEMANA 3079

Para: Gerente Proyecto Cliente SPCC **Ing. Vicente Jaico**
Aprobado por: Gerencia de Proyecto CPP **Ing. Nelson de la Cruz**

Control de revisiones	
Revisión	
0	Emitido para cliente SPCC

Anexo 02. Índice de Reporte semanal de todas las actividades realizadas por la supervisión.

Proyectos: UNIDADES OPERATIVAS TOQUEPALA Y QUEBRADA HONDA
Propietario: ~~SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION~~
Ubicación: Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento Tacna, Perú

PROYECTOS ADMINISTRADOS Y SUPERVISADOS POR EL CM – CAD PROYECTOS PERÚ – QUEBRADA HONDA

Índice

PROYECTOS ADMINISTRADOS Y SUPERVISADOS POR EL CM – CAD PROYECTOS PERÚ – QUEBRADA HONDA	3
1. Resumen ejecutivo.....	3
2. Ingeniería de terreno.....	5
3. Suministros	8
4. Construcción	10
5. Reporte de Calidad (QA/QC)	14
6. Reporte de SSOMA (Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente)	17
7. Pruebas Pre Operacionales y Comisionado	21
8. Estado de Ordenes de Cambio, Valorizaciones e Instrucciones de Obra	22
9. Control de Proyecto	23
10. Anexos.....	27

Anexo 3. Carátula de Reporte mensual de todas las actividades realizadas por la supervisión.



Planta: Disposición de Relaves Quebrada Honda
 Contrato: L0-T47-001
 Proyecto: Gerencia de Construcción para la Ampliación de Relaves de Quebrada Honda



**GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN
 REPORTE MENSUAL 0007**

Para: Gerente Proyecto Cliente SPCC Ing. Vicente Jaico
Revisado: Gerencia de Proyecto Ing. Nelson de la Cruz

Control de revisiones	
Revisión	
0	Emitido para cliente SPCC

Anexo 4. Índice de Reporte mensual de todas las actividades realizadas por la supervisión.



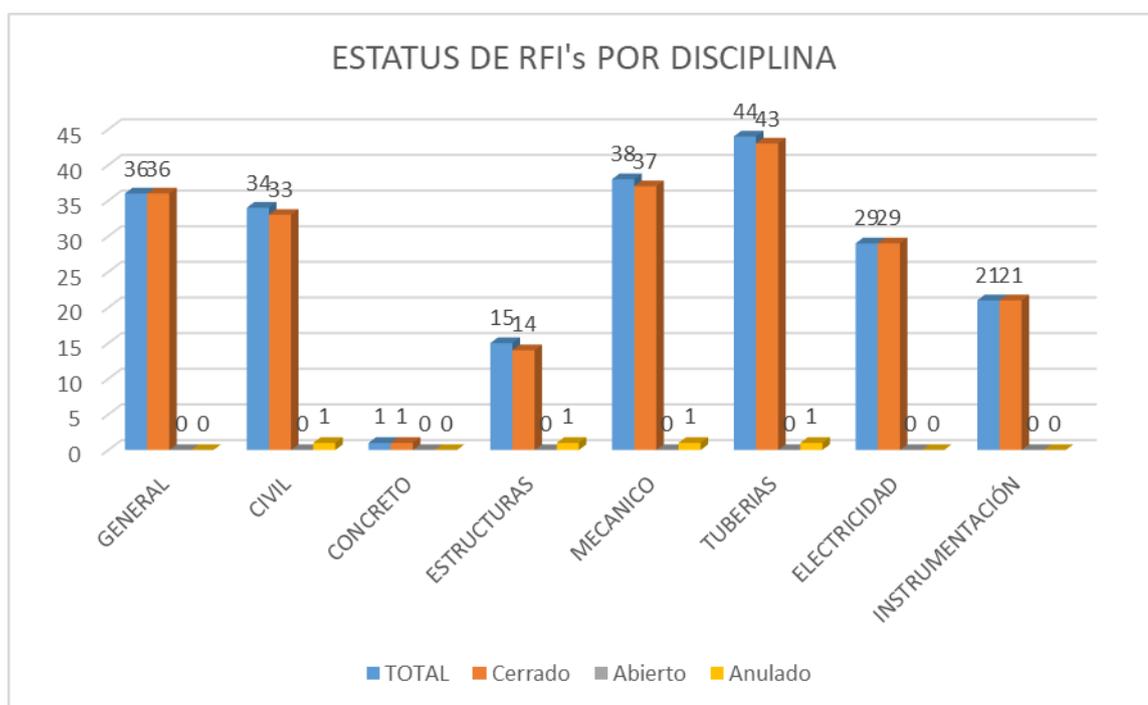
Planta: Disposición de Relaves Quebrada Honda
 Contrato: L0-T47-001
 Proyecto: Gerencia de Construcción para la Ampliación de Relaves de Quebrada Honda

Índice

1. Resumen ejecutivo	4
1.1 Objetivo	4
1.2 Descripción del Proyecto General.....	4
1.3 Situación Actual (resumen estadístico de avance)	6
2. Ingeniería de Terreno	6
2.1 Estado de los RFI's.....	8
2.2 Actividades de preocupación al desarrollo de la ingeniería	9
2.3 Listado de entregables emitidos (Rev. 0 o superior).....	9
3. Procura	11
3.1 Estado de suministros críticos.....	11
3.2 Actividades de preocupación al desarrollo de la procura.....	16
4. Construcción	17
4.1 Estado del Contrato de Construcción.....	17
4.2 Actividades ejecutadas en el período.....	18
4.3 Actividades a ser ejecutadas el próximo período.....	28
4.4 Actividades de preocupación del próximo periodo.....	32
4.5 Reporte de Calidad (QA/QC)	33
4.6 Reporte de SSOMA (Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente).....	39
4.7 Galería Fotográfica.....	42
5. Control de Proyectos	48
5.1 Cuadro de avance del proyecto	48
5.2 Razones del NO cumplimiento.....	49
6. Control de Costos.....	50
6.1 Cuadro de costos del periodo, acumulado y proyectado (Construcción).....	50
6.2 Cuadro de costos del periodo, acumulado y proyectado (COVID-19).....	50
6.3 Comentarios al presupuesto	51
7. Anexos.....	52

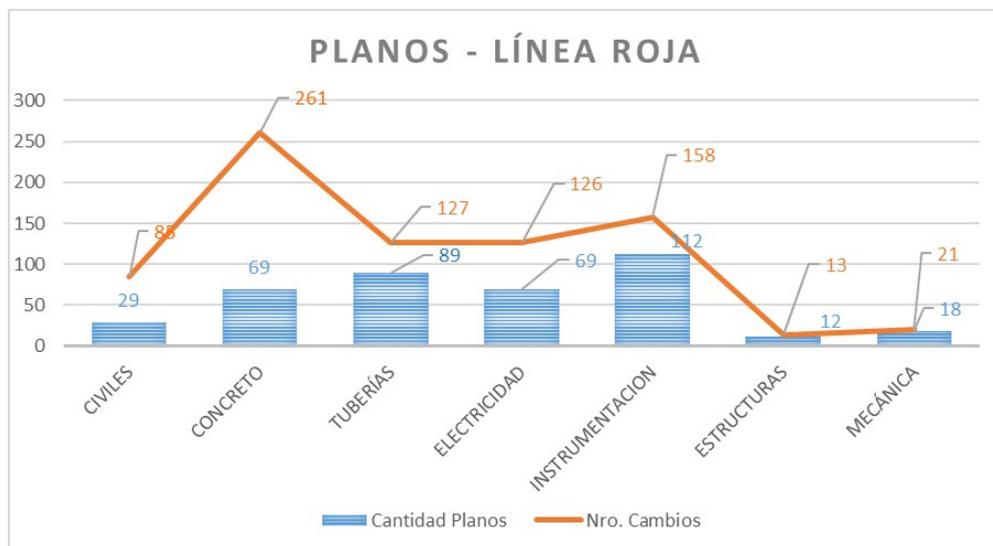
Anexo 5. Estatus Final de Solicitud de información (RFI).

DISCIPLINA	TOTAL	Cerrado	Abierto	Anulado	Retraso > 7 días
GENERAL	36	36	0	0	0
CIVIL	34	33	0	1	0
CONCRETO	1	1	0	0	0
ESTRUCTURAS	15	14	0	1	0
MECANICO	38	37	0	1	0
TUBERIAS	44	43	0	1	0
ELECTRICIDAD	29	29	0	0	0
INSTRUMENTACIÓN	21	21	0	0	0
TOTAL	218	214	0	4	0
PORCENTAJE %	100%	98.2%	0.0%	1.8%	0.0%



Anexo 6. Estatus de planos Red Line.

Disciplina	Cantidad Planos	Nro. Cambios
CIVILES	29	85
CONCRETO	69	261
TUBERÍAS	89	127
ELECTRICIDAD	69	126
INSTRUMENTACION	112	158
ESTRUCTURAS	12	13
MECÁNICA	18	21
TOTAL	398	791



Anexo 7. Estatus de planos finales del proyecto 801 Und.

Total Integración.	Total Recibido	Aprobado	Observado	Rechazado	Pendiente Rpta	Pendiente Elab JJC
0	0	0	0	0	0	0
35	35	36	0	0	0	0
59	59	59	0	0	0	0
30	30	31	0	0	0	0
56	55	55	0	0	0	1
128	119	122	0	0	0	9
190	187	121	0	66	0	3
303	301	288	0	15	0	0
801	786	712	0	81	0	13
	98%	89%	0%	10%	0%	2%
79%	78%	70%	0%	8%	0%	1%

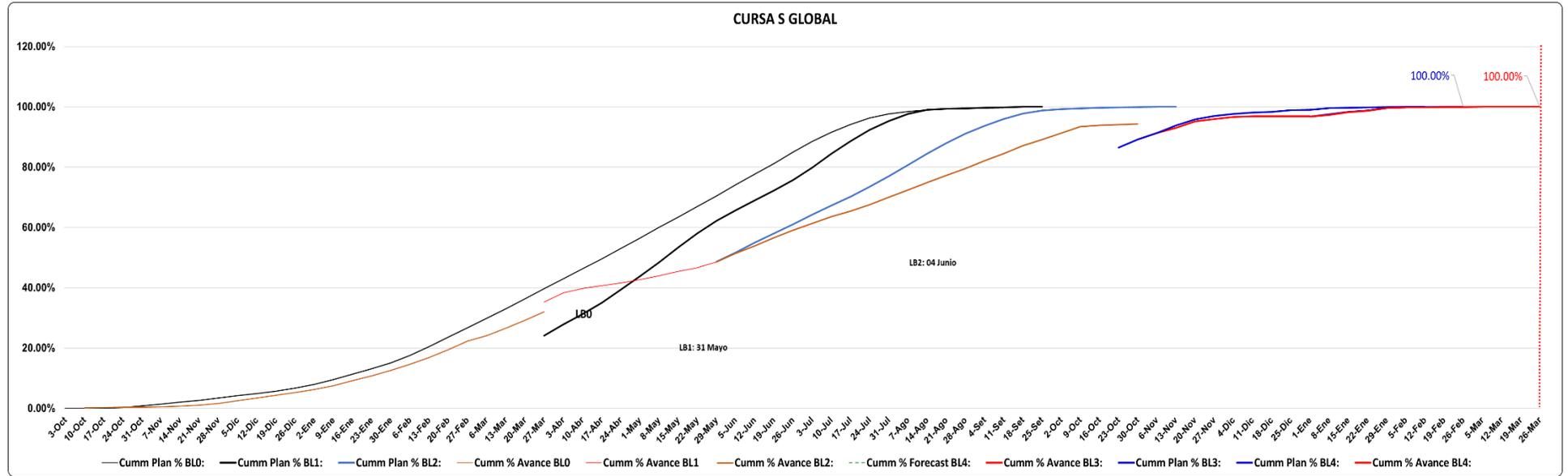
Anexo 8. Hitos del proyecto.

HITOS DEL PROYECTO	
DESCRIPCIÓN	LINEA BASE 0
Entrega de ingeniería de detalle y apta para construcción	30-Sep-20
Inicio del Contrato / KOM	30-Sep-20
Inicio de Construcción	30-Oct-20
Culminación Mecánica	26-Aug-21
Fin de Contrato y Aceptación Final de Obra	25-Sep-21
DESCRIPCIÓN	LINEA BASE 1
Entrega de ingeniería de detalle y apta para construcción	30-Sep-20
Inicio del Contrato / KOM	30-Sep-20
Inicio de Construcción	30-Oct-20
Culminación Mecánica	16-Sep-21
Fin de Contrato y Aceptación Final de Obra	16-Oct-21
DESCRIPCIÓN	LINEA BASE 2
Entrega de ingeniería de detalle y apta para construcción	30-Sep-20
Inicio del Contrato / KOM	30-Sep-20
Inicio de Construcción	30-Nov-20
Culminación Mecánica	16-Oct-21
Fin de Contrato y Aceptación Final de Obra	15-Nov-21
DESCRIPCIÓN	LINEA BASE 3
Entrega de ingeniería de detalle y apta para construcción	30-Sep-20
Inicio del Contrato / KOM	30-Sep-20
Inicio de Construcción	30-Nov-20
Culminación Mecánica	29-Jan-22
Fin de Contrato y Aceptación Final de Obra	15-Feb-22
DESCRIPCIÓN	LINEA BASE 4
Entrega de ingeniería de detalle y apta para construcción	30-Sep-20
Inicio del Contrato / KOM	30-Sep-20
Inicio de Construcción	30-Nov-20
Culminación Mecánica	31-Mar-22
Fin de Contrato y Aceptación Final de Obra	31-Mar-22

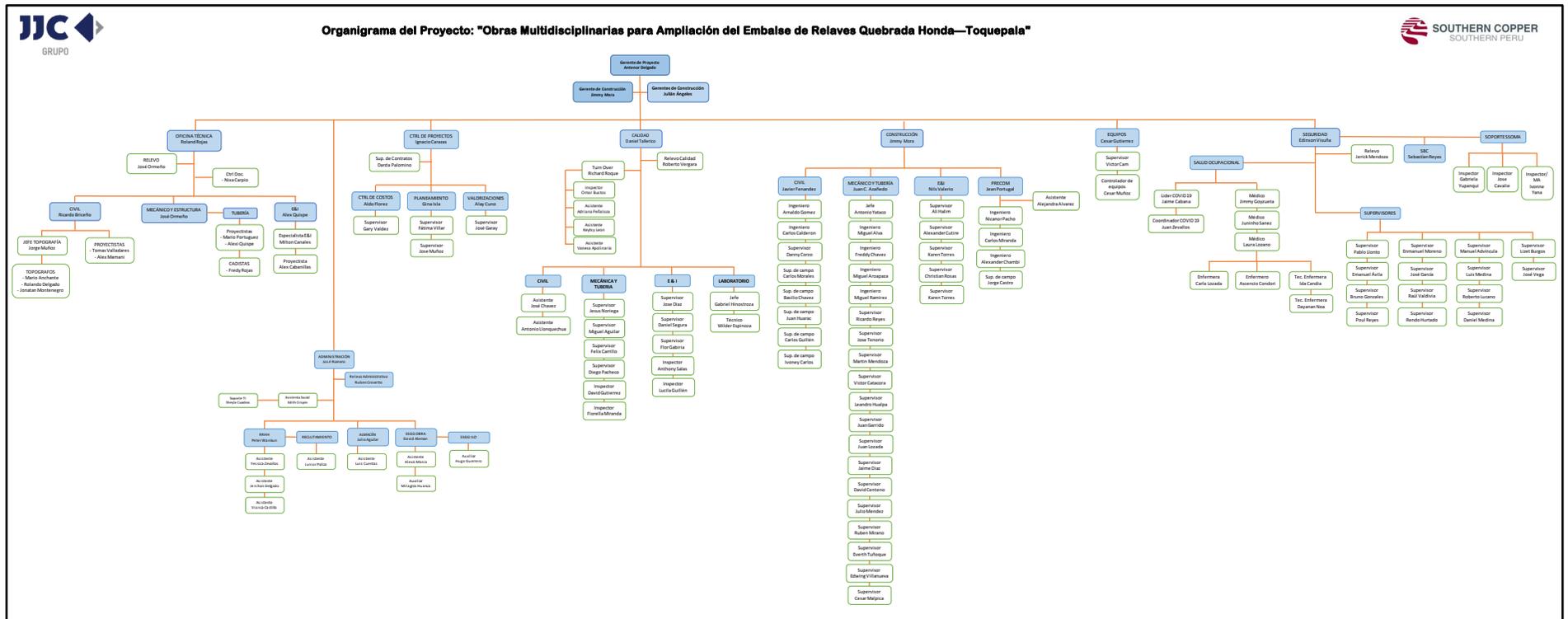
Anexo 9. Metrados generales del proyecto.

ITEM	Comodity	CONTRACTUAL	REAL
01	Acero refuerzo	616,446.00	818,699.72
02	Banco de ductos	4,515.00	10,517.60
03	Cables BT	33,250.00	48,527.22
04	Cables instrumentación	40,678.00	50,365.05
05	Cables MT	10,230.00	7,916.81
06	Canalización	5,177.00	14,140.00
07	Canalización instrumentos	4,970.00	6,074.02
08	Comunicación	10.00	10.00
09	Concreto	8,068.00	9,694.46
10	Encofrado	19,660.70	26,404.17
11	Equipos eléctricos	585.00	546.25
12	Equipos mecánicos	117.00	100.00
13	Estructura	213.40	462.27
14	Excavación	496,053.50	440,497.00
15	Fibra óptica	65,000.00	51,725.72
16	Grout	34,641.00	19,108.17
17	Instrumentos	687.00	547.00
18	Manhole	62.00	2.32
19	Misceláneos	22,630.00	115,738.23
20	Pisos y rejillas	1,725.00	2,012.13
21	Relleno	206,433.60	50,423.48
22	Sistema de control	114.00	117.00
23	Sistema PAT	7,180.00	8,221.91
24	Sistemas auxiliares	53.00	253.85
25	Solado	567.00	615.33
26	Tie-In mecánico	8.00	5.00
27	Tie-In tubería	18.00	10.00
28	Tuberías CS	8,100.50	9,825.83
29	Tuberías HDPE	59,058.00	52,163.87
30	Válvulas	1,122.00	1,100.20

Anexo 10. Curva S del proyecto.



Anexo 11. Organigrama de la empresa contratista JJC.



Anexo 12. Importe contractual.

Importe contractual

DESCRIPCIÓN	TOTAL, USD \$
Costo Directo	42,539,501.14
Costo Indirecto	13,316,203.14
Sub - Total	55,855,704.28
I.G.V.	10,054,026.77
TOTAL, PRESUPUESTO CONTRACTUAL	65,909,731.05

Importe Total con Mayores Metrados e Instrucciones de Obra

DESCRIPCIÓN	TOTAL, USD \$
Monto de Balance de Metrados	53,215,540.44
Monto de Instrucciones de Obra	5,040,748.18
Sub - Total	58,256,288.62
I.G.V.	10,486,131.95
TOTAL PRESUPUESTO CONTRACTUAL	68,742,420.58

Anexo 13. Formato de Reporte de No Conformidad.



REPORTE DE NO CONFORMIDAD [RNC]



RNC No. CPP-CA-PUX0063-A9024-SUP-CNS-RNF0006

CONTRATISTA: JJC

FECHA: 20-ene-20

DIRIGIDA A:		PROCESO Y/O ÁREA DONDE SE DETECTA EL HALLAZGO:	
Luis Ojeda Montes Gerente de Proyecto. JJC		L9-T47-003: Obras Multidisciplinarias para la Ampliación del Embalse de Relaves de Quebrada Honda Área: 2101 - ESPESADOR DE LAMAS	
DOCUMENTO(S) DE REFERENCIA:			
Alcance de trabajo_Rev 3: Contrato N° L9-T47-003 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONCRETO ESTRUCTURAL: T47-CO-290000-03-TS-001_0			
DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL HALLAZGO MOTIVO DE NO CONFORMIDAD			
En el área 2101 (ESPESADOR DE LAMAS), se evidencia las siguientes desviaciones: 1.- Se ha instalado encofrado en el primer tramo de vaciado, sin contar con un plano autorizado correspondiente a la ubicación y dimensiones de la junta de construcción (ver registro fotográfico). 2.- Se ha detectado al personal de construcción utilizando planos sin un sello de copia controlada (Ver registro fotográfico). Incumpliendo con los siguientes documentos: - Alcance de Trabajo en el punto 3.2.15. "Se considera la provisión y transporte de materiales, equipos, herramientas, trazo, emplantado, replanteo, mano de obra y toda otra actividad necesaria para el suministro y colocación de encofrado y el retiro de los mismos según las exigencias establecidas en la especificación técnica (T47-DA-290000-03-TS-001 rev.0) y planos aprobados del Proyecto". - Especificación T47-CO-290000-03-TS-001_0 en el punto 2.2: "Las obras se ejecutarán dentro de las tolerancias y/o requisitos de calidad establecidos en estas Especificaciones o en los planos correspondientes". JJC deberá realizar las correcciones inmediatas y acciones correctivas que eviten la recurrencia de estas desviaciones detectadas en otras áreas y actividades.			
SE ANEXA EVIDENCIA SOPORTE		Registros fotográficos y Documentos contractuales.	
 Rene Coronilla RENE CORONILLA ELABORÓ (SUPERVISOR) (NOMBRE Y FIRMA)		 ALFREDO MARTÍNEZ MARTÍNEZ REVISÓ (GERENTE DE CONSTRUCCIÓN) (NOMBRE Y FIRMA)	 Cristian Reyes C. CRISTIAN REYES REVISÓ (GERENTE DE GAVOC) (NOMBRE Y FIRMA)
			 NELSON DE LA CRUZ APROBÓ (GERENCIA DE PROYECTO) (NOMBRE Y FIRMA)
ACCIONES A TOMAR PARA CORREGIR EL HALLAZGO (CAMPO A LLENAR POR EL CONTRATISTA)		RESPONSABLE (NOMBRE, FIRMA Y FECHA)	FECHA COMPROMISO
CONCLUSIÓN Y CIERRE DE RNC			
ACCIONES DE SEGUIMIENTO POR :		Fecha de Cierre del RNC:	
EFFECTIVAS:		DESCRIPCIÓN BREVE DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES TOMADAS PARA LA CORRECCIÓN DE(LOS) HALLAZGO(S)	
NO EFFECTIVAS:			

NOTA: EN CASO DE QUE LAS ACCIONES NO HAYAN SIDO EFECTIVAS EMITIR NUEVO RNC.

Anexo 14. Resumen de Reportes de no Conformidad.

AREA/ESTATUS	CERRADA	EJECUTADO	RESPONDIDO	TOTAL
ALMACÉN	1	0	0	1
AUDITORIA / CALIDAD	4	0	0	4
AUDITORIA / E&I	12	0	1	13
CALIDAD	5	0	0	5
CIVIL	21	0	1	22
CONTROL DE GESTIÓN	1	0	0	1
ELECTRICIDAD	7	0	2	9
INSTRUMENTACIÓN	2	0	0	2
LOGÍSTICA	1	0	0	1
MECÁNICA	5	0	0	5
OFICINA TÉCNICA	3	1	0	4
PRESERVACIÓN	1	0	0	1
TUBERÍA	5	0	0	5
TOTAL	68	1	4	73

Anexo 15. Subsistemas del proyecto.

AREA/SUBSISTEMA	TOTAL
1230	04
SUB-SISTEMA DE BARCAZAS AREA 1230	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 1230	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 1230	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 1230	01
2100	04
SUB-SISTEMA DE AGUA AREA 2100	01
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 2100	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2100	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2100	01
2101	14
SUB-SISTEMA DE AGUA AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE DUCHAS Y LAVAOJOS AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE EQUIPOS DE IZAJE AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE ESPESADOR AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE FLOCULANTE AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVE AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE UNIDADES HIDRÁULICAS AREA 2101	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 2101	01
2102	14
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE RELAVE HACIA BATERIAS MOVILES 2102	01
SUB-SISTEMA DE BATERIAS MOVILES AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE DESCARGA DE ARENA AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE DESCARGA DE LAMAS DESDE AREA 2102 HACIA PRESA	01
SUB-SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CYCLOWASH DIQUE PRINCIPAL	01
SUB-SISTEMA DE EQUIPOS DE IZAJE AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DESDE AREA 2100 HACIA AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE UNIDADES HIDRÁULICAS AREA 2102	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 2102	01
2400	09
SUB-SISTEMA DE AGUA AREA 2400	01

AREA/SUBSISTEMA	TOTAL
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE BOMBAS DE DRENAJE DP AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE EQUIPOS DE IZAJE AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2400	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 2400	01
2800	12
SUB-SISTEMA DE AGUA AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE EQUIPOS DE IZAJE AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE NIDO DE HIDROCICLONES 2800-CY-001	01
SUB-SISTEMA DE NIDO DE HIDROCICLONES 2800-CY-002	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVE AREA 2800	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 2800	01
2820	05
SUB-SISTEMA DE BOMBAS DE SUBDRENAJE AREA 2820	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 2820	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 2820	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 2820	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 2820	01
3100	10
SUB-SISTEMA DE AGUA AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE AGUA DE DRENAJE AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE CONTROL AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE EQUIPOS DE IZAJE AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVE AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE UNIDADES HIDRÁULICAS AREA 3100	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 3100	01
3200	04
SUB-SISTEMA DE COMUNICACIONES AREA 3200	01
SUB-SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES AREA 3200	01
SUB-SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA AREA 3200	01
SUB-SISTEMA DE VIDEO, VOZ Y DATOS (SERV., CCTV) AREA 3200	01
TOTAL	76

Anexo 16. Acta de entrega de terreno al inicio del proyecto.



Dirección de Proyectos de
Inversión

ACTA DE ENTREGA DE TERRENO

Siendo el día 30 de setiembre del 2020, en la Unidad de Toquepala, se reunieron las siguientes personas:

- **Por el PROPIETARIO SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION:**

Ing. Carlos Ovando
Jefe de Proyecto

- **Por el CONTRATISTA JJC CONTRATISTAS GENERALES**

Ing. Luis Ojeda
Gerente de Construcción

El propósito de la reunión, fue de hacer efectiva la entrega de terreno donde se ejecutará el Proyecto de Carta de Intento: Obras Multidisciplinarias para la Ampliación del Embalse de Relaves de Quebrada Honda, para el contrato L9-T47003.

Al cabo de haber revisado el lugar de los trabajos, se dio por recibido el terreno y concluido el acto, en fe de lo cual se suscribió la presente Acta, siendo las 15:00 hrs. del mismo día.

Ing. Carlos Ovando
Southern Peru

Luis Ojeda Montes
Gerente de Proyecto
JJC Contratistas Generales S.A.

Ing. Luis Ojeda
JJC Contratistas Generales

Anexo 17. Aprobación del EIA (Proyecto Ampliación Toquepala)



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
CONSEJO DE MINERIA

1

RESOLUCIÓN N°466-2015-MEM/CM

Lima, 3 de julio de 2015

M

Vistos, el dictamen del señor Vocal Ingeniero Víctor Vargas Vargas y el recurso de revisión interpuesto por HIPÓLITO PADILLA POMA, JUAN SALAMANCA AGUILAR, ANACLETO MANCILLA CHAMBILLA, ANICETO DIONICIO PANIAGUA MAMANI, FÉLIX MARTIN LAURA VARGAS, FELIX FERNANDO VICUÑA PIMENTEL Y PATRICIA YANETT VIZCARRA DAZA contra la Resolución Directoral N° 611-2014-MEM/DGAAM de fecha 17 de diciembre de 2014, de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, que resuelve aprobar a favor de Southern Peru Copper Corporation, Sucursal del Perú, el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de la Concentradora Toquepala y recrecimiento de embalse de relaves de Quebrada Honda;

CONSIDERANDO:

Q

Q

Q

Que, la resolución recurrida se sustenta en el Informe N° 1235-2014-MEM-DGAAM/DNAM/DGAM/A, de fecha 17 de diciembre de 2014, que señala, entre otros, que mediante Escrito N° 2114008 de fecha 20 de julio de 2011, Southern Peru Copper Corporation, Sucursal del Perú (SPCC) presentó a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas (DGAAM) la solicitud de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto de Ampliación de la Concentradora Toquepala y recrecimiento de embalse de relaves de Quebrada Honda (Proyecto de Ampliación); asimismo, señala que mediante Auto Directoral N° 363-2011-MEM-AAM, del 03 de agosto de 2011, sustentado en el Informe N° 754-2011-MEM-AAM/GMC/ACHM, la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros resolvió dar conformidad al Resumen Ejecutivo (RE) y al Plan de Participación Ciudadana (PPC) del EIA del Proyecto de Ampliación; además, en el ítem 3 del informe, se indica que, conforme a las normas de participación ciudadana del sector minería, SPCC realizó, entre otros, los siguientes mecanismos de participación ciudadana: a) talleres participativos, realizados los días 28 (Ilabaya) y 29 (Locumba) de abril de 2011 participando representantes de la DREM de Tacna; b) Audiencia Pública, durante la evaluación del EIA del proyecto de ampliación (acta N° 003-2014/MEM-AAM) realizada el 16 de abril de 2014, en el coliseo cerrado de Locumba, ubicado en el distrito de Locumba, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna; asimismo, señala que mediante Escrito N° 2449115, del 21 de noviembre de 2014, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) presentó a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros el Informe Técnico N° 143-2014-ANADGCRH/EEIGA mediante el cual otorga Opinión Técnica Favorable al EIA del Proyecto de Ampliación, y mediante Escrito N° 2455399, del 09 de diciembre de 2014, el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) presentó a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros la Opinión Técnica N° 144-14-MINAGRI-DVDIAR-DGAA-JEJ-71697-11 otorgándole Opinión Técnica Favorable al EIA del citado Proyecto de Ampliación; en el ítem 5.4.2 del informe referido al Aspecto Ambiental del Proyecto,



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
CONSEJO DE MINERÍA

RESOLUCIÓN N° 466-2015-MEM-CM

de Southern Peru Copper Corporation, Sucursal del Perú, el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de la Concentradora Toquepala y recrecimiento de embalse de relaves de Quebrada Honda, la que debe confirmarse;

Estando al dictamen del señor Vocal informante y con el voto aprobatorio de los miembros del Consejo de Minería que suscriben;

SE RESUELVE:

Declarar infundado el recurso de revisión interpuesto por HIPÓLITO PADILLA POMA, JUAN SALAMANCA AGUILAR, ANACLETO MANCILLA CHAMBILLA, ANICETO DIONICIO PANIAGUA MAMANI, FÉLIX MARTIN LAURA VARGAS, FELIX FERNANDO VICUÑA PIMENTEL Y PATRICIA YANETT VIZCARRA DAZA contra la Resolución Directoral N° 611-2014-MEM/DGAAM de fecha 17 de diciembre de 2014, de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, que resuelve aprobar a favor de Southern Peru Copper Corporation, Sucursal del Perú, el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de la Concentradora Toquepala y recrecimiento de embalse de relaves de Quebrada Honda, la que se confirma.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.


ING. FERNANDO GALA SOLDEVILLA
PRESIDENTE


ABOG. LUIS F. PANIZO URIARTE
VOCAL


ABOG. CECILIA ÓRTIZ PECOL
VOCAL


ING. VICTOR VARGAS VARGAS
VOCAL


ABOG. RODOLFO CAPCHA ARMAS
SECRETARIO RELATOR LETRADO

Anexo 18. Fotografías

Área 2100, Poza Pulmón.



Área 2102, Planta de bombeo de relaves.



Área 2800, Planta de clasificación de arenas 2800.



Área 2400, Estación de bombas de detritos.



Área 3100, Estación de bombas.



Área 2820, Poza colectora.



Área 3200, Implementación de cuarto de control.



Área 1230, Barcaza nueva y estación de bombeo.



Área 2101, Espesador de relave.

