

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE  
DISPOSICIÓN DE RELAVES PARA UNA TASA  
DE PRODUCCIÓN DE MINERALES  
POLIMETALICOS HASTA 2000 TONELADAS  
POR DÍA. UNIDAD MINERA CONTONGA –  
ANCASH”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**STEEV HILARIO AGÜERO VALENCIA**

Callao, 2019

PERÚ

  
JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA  
INGENIERO MECÁNICO  
Reg. CIP N° 26308  




**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ACTA DE EXPOSICIÓN**

**I CICLO TALLER PARA TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2019**

Siendo, las 3:00:00 PM horas del día 29 de noviembre del 2019 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los trabajos del I ciclo taller para titulación por la modalidad de trabajo de suficiencia profesional 2019, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 164-2019-CF-FIME de fecha 26/11/2019, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO.  
Secretario : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA.  
Vocal : Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY.  
Suplente : Ing. JUAN GUILLERMO MANCO PÉREZ.

Así mismo, contando con la presencia del Dr. Hernán Ávila Morales – Decano de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad nacional del Callao (Supervisor General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Ing. Juan Adolfo Bravo Félix, Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva N° 014-2019-R de ciclo taller para titulación por la modalidad de trabajo de suficiencia profesional, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 795-2019-R de fecha 13 de agosto del 2019 concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30/10/2018.

Se procede con el acto de exposición del trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **"SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE DISPOSICIÓN DE RELAVES PARA UNA TASA DE PRODUCCIÓN DE MINERALES POLIMETÁLICOS HASTA 2000 TONELADAS POR DÍA. UNIDAD MINERA CONTONGA-ANCASH"**, presentado por el bachiller **AGÜERO VALENCIA Steev Hilario**, contando con el asesoramiento del **Mg. Aleks Zelaya Jorge Luis**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

Este jurado acordó calificar al bachiller **AGÜERO VALENCIA Steev Hilario**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO** por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

<b>CALIFICACIÓN CUANTITATIVA</b>	<b>CALIFICACIÓN CUALITATIVA</b>
<i>15 (Quince)</i>	<i>BUENO</i>

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las **3:30:00 PM** horas del viernes 29 de noviembre del 2019.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

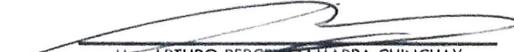
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
PRESIDENTE DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA  
SECRETARIO DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
\_\_\_\_\_  
Msc. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY  
VOCAL DEL JURADO



## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mi familia, por todo su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria, y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación profesional y personal.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a mi alma mater, mi amada Universidad Nacional de Callao, ya que por su paso formó mi carácter institucional.

A mi asesor el Mg. Alejos Zelaya por su esfuerzo en esta etapa de mi carrera.

A mis profesores, que gracias a su dedicación hoy podemos dar la talla frente a las adversidades de la ingeniería.

A Ausenco Perú S.A.C. por darme las facilidades necesarias, permisos e información necesaria para el desarrollo de este trabajo.

## ÍNDICE

I.	ASPECTOS GENERALES.....	8
1.1	Objetivos .....	8
1.1.1	Objetivo General.....	8
1.1.2	Objetivos Específicos.....	8
1.2	Organización de la empresa o institución.....	9
1.2.1	Antecedentes Históricos .....	9
1.2.2	Filosofía Empresarial .....	13
1.2.3	Estructura Organizacional.....	17
II.	FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....	32
2.1	Marco Teórico .....	32
2.1.1	Antecedentes:.....	32
2.1.2	Bases Teóricas .....	39
2.1.3	Aspectos Normativos.....	70
2.1.4	Simbología Técnica .....	72
2.2	Descripción de las actividades desarrolladas.....	75
2.2.1	Etapas de las actividades .....	75
2.2.2	Diagrama de Flujo.....	75
2.2.3	Cronograma de actividades .....	77
III.	APORTES REALIZADOS.....	79
3.1	Planificación, ejecución y control de las etapas .....	79
3.1.1	Etapa 1: Alcance del proyecto .....	79
3.1.2	Etapa 2: Análisis situacional de campo.....	89
3.1.3	Etapa 3: Selección técnico económico de alternativas tecnológicas .	98
3.2	Evaluación Técnica-Económica .....	136

3.2.1 Aspectos y Criterios de Evaluación .....	136
3.2.2 Evaluación de Procesos y Equipamiento.....	137
3.2.3 Evaluación de Disposición de Relave .....	139
3.2.4 Evaluación Ambiental .....	142
3.2.5 Evaluación Económica.....	143
3.2.6 Evaluación de Riesgo .....	144
3.3 Análisis de resultados.....	146
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	147
4.1 Discusión.....	147
4.2 Conclusiones.....	148
V. RECOMENDACIONES .....	149
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	150
ANEXOS .....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SÍMBOLO DEL VALOR: “SEGURIDAD EN TODO LO QUE HACEMOS” .	9
FIGURA 2: SÍMBOLO DEL VALOR: “EL CLIENTE ES NUESTRO ENFOQUE” .	10
FIGURA 3: SÍMBOLO DEL VALOR:” NUESTRA GENTE ES NUESTRA FORTALEZA” .	10
FIGURA 4: SÍMBOLO DEL VALOR: “RESPETAR A LA COMUNIDAD Y AL MEDIO AMBIENTE” . .....	11
FIGURA 5: SÍMBOLO DEL VALOR: “BUSCAMOS SOLUCIONES INGENIOSAS” .	11
FIGURA 6: SÍMBOLO DEL VALOR ”SOMOS ABIERTOS, HONESTOS Y COLABORADORES”	12
FIGURA 7: ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA AUSENCO PERÚ S.A.C.....	26
FIGURA 8: ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE INGENIERÍA.....	27
FIGURA 9: ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE SERVICIOS DE PROYECTOS.....	28
FIGURA 10: ESTRUCTURA DEL ÁREA MINERALS AND METALS (M&M) .....	29
FIGURA 11: ORGANIGRAMA DEL ÁREA ENVIRONMENTAL & SUSTAINABILITY.....	30
FIGURA 12: ESTRUCTURA DEL EQUIPO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	31
FIGURA 13: ESQUEMA DE UN YACIMIENTO MINERO.....	39
FIGURA 14: CICLO DE VIDA DE UNA MINA .....	40
FIGURA 15: FLOTACIÓN Y LIXIVIACIÓN DEL MINERAL .....	41
FIGURA 16: LIXIVIACIÓN DEL MINERAL.....	42
FIGURA 17: TIPOS DE DEPÓSITOS DE RELAVES.....	45
FIGURA 18: MODELO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.....	47
FIGURA 19: ESQUEMA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA RADIAL .....	48
FIGURA 20: ESQUEMA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA DIAGONAL.....	48
FIGURA 21: ESQUEMA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA AXIAL .....	49
FIGURA 22: MODELO DE UNA BOMBA VOLUMÉTRICA.....	49
FIGURA 23: ESQUEMA DE UNA BOMBA DE PISTÓN .....	50



FIGURA 24: VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DURANTE EL MOVIMIENTO DEL PISTÓN EN EL CILINDRO .....	51
FIGURA 25: ESQUEMA DE UN HIDROCICLÓN.....	57
FIGURA 26: ESQUEMA DE USOS DE LOS HIDROCICLONES.....	59
FIGURA 27: HIDROCICLÓN USADO PARA SEPARACIÓN DE RELAVES.....	60
FIGURA 28: ARREGLO TÍPICO DE UN ESPESADOR.....	63
FIGURA 29: OPERACIÓN CON FILTROS DE BANDA (VACÍO).....	67
FIGURA 30: FILTRO DE BANDA LAROX MODELO RB-SV.....	68
FIGURA 31: PROCESO DE UN FILTRO DE BANDA.....	68
FIGURA 32: FILTRO DE PLACAS VERTICALES.....	70
FIGURA 33: FILTRO DE PRENSA LAROX MODELO CFP.....	70
FIGURA 34: FASES DEL PROYECTO.....	76
FIGURA 35: CRONOGRAMA - GANTT.....	78
FIGURA 36: IMAGEN DE LA PORTADA DE LA PROPUESTA RECIBIDA.....	80
FIGURA 37: CONSULTAS ENVIADAS PARA LA LICITACIÓN.....	81
FIGURA 38: RESPUESTA A LAS CONSULTAS REALIZADAS.....	82
FIGURA 39: VALORIZACIÓN DEL PROYECTO.....	84
FIGURA 40: FORMATO DEL COSTE DEL PROYECTO.....	85
FIGURA 41: IMAGEN DE LA UNIDAD MINERA CONTONGA.....	90
FIGURA 42: LÍMITES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	92
FIGURA 43: ACCESOS Y ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	93
FIGURA 44: CANALES PERIMETRALES.....	94
FIGURA 45: LISTA DE COMPROBACIÓN DE EQUIPOS.....	95
FIGURA 46: PORTADA DEL ENTREGABLE “INFORME DE VISITA TÉCNICA”.....	98
FIGURA 47: PLANTA DE PROCESOS DE LA UNIDAD MINERA CONTONGA.....	99

FIGURA 48: BOMBA MARS L-225 Y BOMBA MARS S-180 .....	99
FIGURA 49: DATOS DE LA BOMBAS MARS S-180 Y L-225 .....	100
FIGURA 50: EJEMPLO DE CODIFICACIÓN DE UN EQUIPO .....	101
FIGURA 51: OPCIÓN 1 – RELAVE SIN TRATAMIENTO .....	102
FIGURA 52: OPCIÓN 2 – RELAVE CICLONEADO.....	103
FIGURA 53: OPCIÓN 3 – RELAVE ESPESADO.....	104
FIGURA 54: OPCIÓN 4 – RELAVE FILTRADO .....	105
FIGURA 55: ALTERNATIVA 1 - CURVA ELEVACIÓN VS VOLUMEN .....	112
FIGURA 56: TECNOLOGÍA DE DISPOSICIÓN ACTUAL DE LA UNIDAD MINERA CONTONGA .....	113
FIGURA 57: ALTERNATIVA 2 - CURVA ELEVACIÓN VS VOLUMEN .....	114
FIGURA 58: ALTERNATIVA 3 – CURVA ELEVACIÓN VS VOLUMEN .....	115
FIGURA 59: ALTERNATIVA 4 – CURVA ELEVACIÓN VS VOLUMEN .....	116
FIGURA 60: DISPOSICIÓN DE EQUIPOS ALTERNATIVA 1 .....	118
FIGURA 61: DISPOSICIÓN DE EQUIPOS ALTERNATIVA 2 .....	119
FIGURA 62: DISPOSICIÓN DE EQUIPOS ALTERNATIVA 3 .....	120
FIGURA 63: DISPOSICIÓN DE EQUIPOS ALTERNATIVA 4 .....	120
FIGURA 64: SOLICITUD DE COTIZACIÓN A PROVEEDOR .....	124
FIGURA 65: PROPUESTA TÉCNICO-COMERCIAL DE UN PROVEEDOR .....	124
FIGURA 66: HOJA DE DATOS DE LA BOMBA .....	125
FIGURA 67: MODELO DE LA BOMBA .....	125
FIGURA 68: EQUIPOS REFERENCIALES .....	126
FIGURA 69: MODELO DE COMENTARIO DEL CLIENTE .....	130

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: TABLA DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES .....	38
TABLA 2: REQUERIMIENTO DE ESPESADORES SEGÚN CONSISTENCIA DEL RELAVE.....	64
TABLA 3: ESTRUCTURA WBS DEL CRONOGRAMA.....	77
TABLA 4: MODELO DE PAGOS.....	86
TABLA 5: CRONOGRAMA DE FECHAS RESUMIDA .....	89
TABLA 6: CRITERIO DE SELECCIÓN PARA EL PROYECTO .....	106
TABLA 7: ALTERNATIVA I – DATOS PARA LA CURVA .....	111
TABLA 8: ALTERNATIVA 2 – DATOS PARA CURVA .....	113
TABLA 9: ALTERNATIVA 3 – DATOS PARA CURVA .....	115
TABLA 10: ALTERNATIVA 4 – DATOS PARA CURVA .....	116
TABLA 11: LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	127
TABLA 12: COSTO DEL PROYECTO A 20 AÑOS.....	131
TABLA 13: COSTO DEL PROYECTO – MÁXIMA CAPACIDAD POSIBLE .....	132
TABLA 14: COSTO DE OPERACIÓN - OPEX.....	134
TABLA 15: COSTO DE OPERACIÓN A 20 AÑOS - OPEX .....	135
TABLA 16: COSTO DE OPERACIÓN HASTA LA MÁXIMA CAPACIDAD - OPEX .....	135
TABLA 17: MATRIZ DE EVALUACIÓN – ASPECTOS Y PESOS ASIGNADOS .....	137
TABLA 18: MATRIZ DE EVALUACIÓN - CRITERIOS DE PROCESOS Y EQUIPAMIENTO .	138
TABLA 19: MATRIZ DE EVALUACIÓN - CRITERIOS DE DISPOSICIÓN DE RELAVE .....	141
TABLA 20: MATRIZ DE EVALUACIÓN - CRITERIOS AMBIENTALES.....	142
TABLA 21: MATRIZ DE EVALUACIÓN - CRITERIOS ECONÓMICOS .....	144
TABLA 22: MATRIZ DE EVALUACIÓN - CRITERIOS DE RIESGO.....	145
TABLA 23: RESULTADOS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN – CALIFICACIÓN PONDERADA FINAL .....	146

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ESTIMADO DE CANTIDADES Y COSTOS.....	151
ANEXO 2: MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	152
ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS .....	153
ANEXO 4: PLANOS .....	154

## **I. ASPECTOS GENERALES**

En la proyección de aumentar la tasa de producción de minerales polimetálicos hasta 2000 toneladas por día, se planteó en la Unidad Minera Contonga - Ancash, implementar una nueva alternativa tecnológica de disposición de relaves bajo criterios técnicos - económicos; entendiéndose que el relave es depositado en una zona de acopio permitida y delimitada por el estado peruano y regulado a través de sus organizaciones, el cual es un factor crítico que limita el tiempo de producción de una mina.

Por lo que el planteamiento a nuestra problemática antes descrita, se planteó de la siguiente manera:

¿Cómo seleccionar un sistema de disposición de relaves para lograr una tasa de producción de minerales polimetálicos hasta 2000 tpd (toneladas por día) en la Unidad minera Contonga – Ancash?

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Seleccionar un sistema de disposición de relaves para una tasa de producción de minerales polimetálicos hasta 2000 toneladas por día mediante una evaluación técnica-económica a fin de extender el mayor tiempo de operación de la Unidad Minera Contonga - Ancash.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el alcance integral del proyecto de la Unidad Minera Contonga a fin de lograr satisfacer sus requerimientos.
- Evaluar los aspectos técnicos - reales de la planta procesadora de minerales con la finalidad de parametrizar los alcances del proyecto.
- Evaluar y seleccionar la alternativa tecnológica de disposición de relaves bajo un análisis técnico-económico para una posterior exposición y sustentación con el objetivo de implementarla en la fase de ingeniería siguiente.

## 1.2 Organización de la empresa o institución

### 1.2.1 Antecedentes Históricos

AUSENCO es una empresa transnacional que brinda servicios de consultoría, ingeniería, entrega de proyectos y operaciones de activos, gestión y optimización para los sectores de minerales y metales, petróleo y gas e industrial. Tiene un equipo global que está distribuido en 26 oficinas en 14 países a su vez tiene oficinas “In Site” en los proyectos en los cuales ha desarrollado la ingeniería y están en la siguiente fase, implementación.

En el año 2008 adquirió Pipeline Systems Incorporated (PSI), Vector Engineering y Sandwell, todas empresas peruanas, dando origen a Ausenco Perú S.A.C. con Ruc: 20421421669, iniciando sus operaciones de ingeniería en Perú con base principal en Calle Esquilache 371, Piso 6 en el distrito de San Isidro – Lima.

Ausenco es la empresa líder en servicios de ingeniería y consultoría, basándose en los 5 valores que comparte con todo su equipo de trabajo:

- Seguridad en todo lo que hacemos:

Independientemente de donde trabaje nuestra gente en el mundo, merecen estar seguros y sentirse seguros. No dejamos que nada comprometa nuestro desempeño en seguridad, y tenemos implementadas iniciativas de seguridad para lograr nuestro objetivo de Cero Daño.

Figura 1: Símbolo del Valor: “Seguridad en todo lo que hacemos”.



Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>

- El cliente es nuestro enfoque:

Desarrollamos relaciones abiertas y de confianza con nuestros socios comerciales y clientes, asegurándonos de cumplir con sus exigencias y exceder sus expectativas. Entregando resultados extraordinarios, forjamos sus negocios y el nuestro.

*Figura 2: Símbolo del valor: "El cliente es nuestro Enfoque".*



*Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>*

- Nuestra gente es nuestra fuerza:

Valoramos la capacidad, diversidad y creatividad de nuestra gente, y hacemos lo que más podemos para fomentar sus talentos existentes y que desarrollen nuevos. La forma en que nos preocupamos, crecimos y animamos a nuestra gente es parte clave de nuestra cultura, gobernada por nuestros Principios como Personas.

*Figura 3: Símbolo del valor: "Nuestra gente es nuestra fortaleza".*



*Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>*

- Respetar la comunidad y el medio ambiente

Dondequiera que operemos, respetamos a las diversas comunidades y medio ambientes y aspirar a lograr resultados perdurables para todos. Nuestra huella debe engendrar un punto de vista positivo para generaciones futuras, tanto en el extranjero como a nivel local.

*Figura 4: Símbolo del valor: “Respetar a la comunidad y al medio ambiente”.*



Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>

- Buscamos soluciones ingeniosas:

Animamos a nuestra gente a continuamente expandir sus conocimientos y experiencia transformándose en alumnos permanentes. Al constantemente esforzarnos en encontrar la mejor solución, fomentamos la innovación.

*Figura 5: Símbolo del valor: “Buscamos soluciones ingeniosas”.*



Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>



- Somos abiertos, honestos y colaboradores:

Respetamos la diversidad y diferencias de nuestra gente, clientes y comunidades en las que vivimos y trabajamos. Somos sinceros y de colaboración en toda nuestra comunicación.

*Figura 6: Símbolo del valor "Somos abiertos, honestos y colaboradores"*



*Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>*

Ausenco maneja una cartera de clientes de la más alta categoría, aquí mencionamos a los Clientes y los proyectos desarrollados con ellos:

- Proyecto Constancia (2011 - 2015)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Chumbivilcas, Perú.
  - Producción: Cobre (Cu) y demás.
  - Cliente: Hudbay Perú S.A.C.
- Proyecto Terminal Portuario Paracas (2017 – 2018)
  - Sector: Industrial.
  - Ubicación: Paracas, Perú.
  - Servicio: Almacenamiento de Cu y demás.
  - Cliente: Terminal Portuario Paracas (TPP).
- Proyecto Pirquitas (2017-2019)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Jujuy, Argentina.
  - Producción: Minerales Polimetálicos.
  - Cliente: Pirquitas SRR Mining.

- Proyecto Zafranal (2018 – 2019)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Arequipa, Perú.
  - Producción: Minerales Polimetálicos.
  - Cliente: CMZ.
- Proyecto 3<sup>er</sup> Molino (2018 – Actualidad)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Apurímac, Perú.
  - Producción: Cu, Mo y demás.
  - Cliente: MMG, Minera las Bambas.
- Proyecto Trade Off Contonga (2017 – 2018)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Ancash, Perú.
  - Producción: Polimetálico.
  - Cliente: Glencore Inversiones República S.A.
- Proyecto San Gabriel (2018-2019)
  - Sector: Minería y Metales.
  - Ubicación: Huancavelica, Perú.
  - Producción: Polimetálico.
  - Cliente: Buenaventura.
  - Fuente: Cartera de Proyectos AUSENCO S.A.C.

### 1.2.2 Filosofía Empresarial

Los elementos que identifican a la empresa son:

#### a) Misión

Contribuir al éxito de nuestros clientes, desarrollando sus proyectos con calidad, seguridad y dentro del plazo y presupuesto previstos.

Promover el desarrollo personal y profesional de nuestra gente formando líderes cuyos logros trasciendan en la empresa y en la sociedad.

Mantener un clima empresarial abierto y de confianza que fomente la innovación y la mejora continua.

Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos de alto desempeño.

Proveer un lugar de trabajo seguro y saludable, respetuoso del ambiente natural y de las comunidades que nos rodean.

Generar utilidades para mantener la solidez financiera, impulsar el crecimiento y retribuir adecuadamente a nuestros accionistas.

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>

#### b) Visión

Ser la empresa de ingeniería y consultoría, sólida, innovadora y de clase mundial, reconocida como la mejor en los proyectos, mercados y emprendimientos donde participemos, cumpliendo los más exigentes requerimientos de los clientes y trabajando en las condiciones mas adversas.

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>

#### c) Política

Ausenco Perú S.A.C. está comprometido a brindar un ambiente de trabajo seguro y saludable a sus clientes, empleados, contratistas y visitantes por esa razón ha desarrollado las siguientes políticas y códigos:

- Política de Negativa al trabajo

“La política de Negativa al Trabajo de Ausenco aplica a todos los empleados de Ausenco Perú S.A.C. y todos aquellos que trabajan para, o en nombre de Ausenco Perú S.A.C; y ha sido diseñada como herramienta para garantizar a todos los empleados un entorno de trabajo seguro.

Todos los empleados tienen derecho a conocer los peligros que puedan afectar su salud y/o seguridad del empleado y la de sus compañeros de

trabajo; así como el derecho de negarse a realizar un trabajo si encuentra causas razonables para creer que no lo pueda realizar ...”

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <http://ams.ausenco.com/>

- Política de Fatiga y Somnolencia

“Todos los empleados de Ausenco deberán estar aptos para trabajar habiendo tenido un descanso adecuado y reparador antes de comenzar su jornada de trabajo. Los trabajadores que evidencien signos de fatiga dentro de las áreas de operación de Ausenco deberán comunicar a su supervisor directo para tomar acciones necesarias de acuerdo a los procedimientos aplicables al lugar de operación.

Ausenco Asegurará que las jornadas de trabajo no superen el número de horas máximo permitidas de acuerdo al marco legal aplicable de manera que proporcionen las horas recreación y descanso necesarias para que los empleados realicen sus tareas de forma eficiente sin afectar su salud...”

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <http://ams.ausenco.com/>

- Política de Alcohol y Drogas

“La política de alcohol y drogas de Ausenco aplica a todos los empleados de Ausenco Perú S.A.C. y todos aquellos que trabajan para, o en nombre de Ausenco Perú.

Estar bajos efectos de alcohol o drogas compromete la seguridad de los trabajadores de Ausenco por lo que queda terminantemente prohibido ingresar a las oficinas y proyectos donde opere Ausenco bajo los efectos de estas sustancias de conformidad al Reglamento Interno de Trabajo y al Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo...”

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <http://ams.ausenco.com/>

- Política de Salud, Seguridad y Medio Ambiente

“La gestión proactiva en materias de Salud, Seguridad y Medio Ambiente (HSE) es fundamental para el personal y empleados de Ausenco, el objetivo central de nuestro negocio y los resultados que logramos para nuestros clientes. Ellos están integrados en nuestros valores y en la forma como trabajamos cada día en cada uno de los países que operamos.

En Ausenco, aplicamos nuestros valores de Seguridad en todo lo que hacemos y Respetando la comunidad y el medio ambiente en el que trabajamos, todos los días en cualquier lugar del mundo. Nos esforzaremos continuamente por el siguiente nivel de rendimiento de HSE...”

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <http://ams.ausenco.com/>

- Política Anti Hostigamiento Sexual y Acoso Laboral

“Esta Política aplica y gobierna la conducta de todas las personas involucradas en las operaciones de Ausenco Perú S.A.C., y en especial a todos los empleados de Ausenco, incluidos supervisores y gerentes, así como clientes, contratistas independientes y terceros que lleven a cabo actividades en nombre de Ausenco Perú S.A.C.

El propósito de esta política es asegurar que cada empleado de Ausenco Perú S.A.C. pueda realizar su trabajo sin ser objeto de discriminación y/o acoso, así como también evitar que las labores de un trabajador sean evaluadas en base a parámetros distintos a su desempeño, habilidad y compromiso con Ausenco y sus clientes. Ausenco busca asegurar un ambiente de trabajo cortés y profesional, en el que cada empleado pueda contribuir sin ser ridiculizado, amenazado o distraído en cualquier forma del desempeño de sus labores, o su cargo o futuro con Ausenco...”

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <http://ams.ausenco.com/>

Las políticas que se muestran no son las únicas que tiene implementado Ausenco Perú S.A.C. ya que Ausenco es una empresa global maneja políticas internacionales como las que se lista a continuación:

- Política del Denunciante
- Política de Calidad
- Política de Gestión de Riesgos
- Política de Diversidad
- Política Ética de Negocio
- Política de Sustentabilidad
- Código de Ética y Valores
- Principios de Ética y Justicia

Fuente: Pagina Web de AUSENCO <https://www.ausenco.com/en/core-values>

### 1.2.3 Estructura Organizacional

La estructura orgánica General de Ausenco Perú S.A.C. está configurada de la siguiente manera, ver Figura 7:

- Vicepresidencia: Niresh Deonarain
- Asistente Ejecutiva: Nina Gotuzzo
- Gerente de Estudio de CMZ: Alan Riles
- Gerente de Estudio de Quebradona: Diego Mosqueira
- Gerente de Estudio de Antamina: Pierre Souyris
- Gerente de Estudio de Magistral: Rafael Figari
- Gerente de Proyecto de MMG: Simón Beddow
- Gerente de Proyecto de Antamina: D. Rivard
- Gerente de Servicios de Proyecto: Javier la Rosa
- Gerente de Minerals and Metals (M&M): Daniel Díaz
- Director de Ingeniería: Carlos Luna

El Área de Ingeniería está dispuesta está compuesta así, ver Figura 8:

- Director de Ingeniería: Carlos Luna

- Secretaria de Proyecto: Cielo Lozano
- Gerentes de Proyectos de Ingeniería:
  - Héctor Juncal (CMZ)
  - Elmer Mautiño (MMG – 3er Molino)
  - Roberto Javier Flores (San Gabriel)
  - Rodolfo Alvarado (Magistral)
- Ingenieros de Proyectos Senior
  - José Miguel Murguía
  - Jesús Gómez
  - Harry Murray
  - R. Herrera
  - William Salcedo
- Gerente de Ingeniería: Christian Huaynate
- Líder Mecánico: Eduardo Chiu
- Ingenieros Mecánicos:
  - Raul Gilio
  - Nikola Pachas
  - Walter Carrillo
  - Santiago Diaz
  - Anderson Tuesta
  - Cristian Benites
  - Cristian Escobar
  - Carlos Gutierrez
  - Roberto Torres
  - Fredy Paredes
  - Luis Monge
- Bachilleres Mecánicos:
  - Steev Agüero
  - Andrés Calzado

- Líder Civil - Estructural: Luis Andrade
- Ingenieros Civiles – Estructurales
  - Daniel Calderón
  - Carlos Concha
  - Nikolai Martinez
  - Brasilides Mamani
  - Max Montero
  - Jenny Hokama
- Líder Eléctrico – Instrumentista: Roberto Flores
- Ingenieros Eléctricos – Instrumentistas
  - José Valerio
  - E. Zavaleta
  - Jhosue Juarez
  - Jesús Quiroz
  - Victor Yucra
  - Juan Uribe
  - Carlos Alfaro
  - Giancarlo Calderón
- Líder Hidráulico: Edwin Choque
- Ingenieros Hidráulicos:
  - James Salazar
  - Juan Navarrete
  - Fredy Palacios
- Líder Civil – Movimiento de Tierras: Kenji Semino
- Ingenieros Seniors Civiles Movimiento de Tierras
  - Pastor Fernández
  - Charlie Chahua
  - Carmen Adrianzén
  - Deysi Cañabi



- Walter Torres
- Ángela Tovar
- Ingenieros Civiles Movimiento de Tierras
  - Kent Alarcón
  - Eduardo Chávez
  - G. Fernández
  - D. Garay
  - Irvin Gómez
  - Anthony Inca
  - Raúl Llanos
  - B. Quijano
  - Renzo Ruiz
  - M. Yurivilca
  - Christofer Manzuli
  - Jymmi Centeno
  - Jorge Lumbre
  - M. Ramos
  - Roberto Rodríguez
  - J. Rodríguez
- Líder de Proyectistas: Florencia Martínez
- Proyectistas:
  - Tulio Azabache
  - Luis Zapata
  - J. Venegas
  - Abraham Riojas
  - Jorge Avila
  - R. Poma
  - J. Díaz
  - E. Chumpitaz
  - J. Tello

- E. Sanchez
- M. Vega
- M. Calle
- Pablo Guillen
- K. Tenorio
- A. Quispe
- C. Barrena
- J. De La Cruz
- W. Trujillo
- Vidal Martinez
- Juan Coveñas
- H. Valdivia
- V. Ganoza
- Martin Valencia
- J. Ramirez
- Anderson Vega
- F. Vega
- Miguel Palacios
- C. Ramos
- Rina Atanacio
- C. Garrido
- Carlos Argumedo
- H. Barriga
- D. Gutierrez
- E. Quispe
- J. Alarcón
- J. Calderón
- Jimmy Carranza
- Carmen Echevarriia
- Omar Salazar

- Ingenieros de Proyectos:
  - Yessenia Granados (MMG)
  - Alonso Seguin (CMZ)
  - Bill Aguilar (Qb)
- Ingeniero Civil Estructural Principal: Luis Andrade
- Ingeniero Lider Mecánico Principal: Lusgardo Ramos
- Ingeniero Mecánico Principal: Rodolfo Alvarado
- Proyectista Principal: Enrique Gamarra

El Área de Servicio de Proyectos está organizado como se detalla a continuación, ver Figura 9:

- Líder del Área de Procura y Contratos: Edson Echegaray
  - Oficina de Procura Corporativa: Pavel Ponce
  - Administrador de Contratos Corporativo: Mariella Atuncar
  - Oficina de Logística Corporativa: Tatiana Valdivia y Sergio Pedroza
  - Líder de Administrador de Contratos MMG: E. Medina
  - Administrador de Contratos MMG: C. Guardia
  - Oficina Corporativa Senior MMG: A. Monzón
  - Oficina de Procura MMG: D. Pickman
- Líder de Control de Proyectos Corporativo: J. Velasquez
- Ingenieros de Control de Proyectos Corporativo:
  - Carlos Reyes
  - Jesús Vargas
  - E. Montoya
  - David Palomino
  - Luis Vega
  - JL. Cárdenas
- Gerente de Control de Proyectos MMG: Por definir
  - Ingeniero de Control de Costos: F. Vargas

- Planner: Por definir
- Programador MMG: Fredy Paredes
- Líder de Control de Proyectos: Juan Carlos Narrea
- Control de Proyectos Senior: Emilia Carrillo
- Ingenieros de Control de Poyectos:
  - Pedro Macavilca
  - Aldo Zurita
- Líder de Estimación de Costos: Guillermo Palma
- Estimadores:
  - Edmundo Flores
  - Davis Jimenez
  - Elmer Tarazona
  - G. Gomez
- Líder de Control Documentario: Cristian Díaz
- Control documentario:
  - Araceli Ruiz
  - Jorge Cotrina
  - Giommar Guerreros
  - Alexander Musante

El Área de Minerals and Metals (M&M) está dispuesta como se detalla a continuación, ver Figura 10:

- Gerente de M&M: Daniel Díaz del Olmo
- Secretaria de Proyecto: Ursula Fernandez
- Líder de Procesos: Por definir
- Ingenieros de Procesos Senior:
  - Erick Bazán
  - L. Torres
  - G. San Miguel

- Luis Ñope
- Ingenieros de Procesos
- Harold Lopez
- Yoselyn Noriega
- Ingeniero de Estudio: J. Bustos
- Ingenieros de Proyectos Senior:
  - Harley Orrego
  - Ivan Candia

El Área de Environmental and Sustainability (E&S) está dispuesta como se detalla a continuación, ver Figura 11:

- Presidente del área de Consultoria: Chris King-Sideney
- Presidente de E&S SudAmérica: Don Hickson
- Director de E&S Lima: Rafael Figari
- Ciencias Ambientales & Sociales: Alexandra Iquira
- Ingeniera Geotécnica: Jessica Rodriguez
  - Servicios Geotécnicos: Ivan Benites
  - Servicios Geológicos: David Alvarez
  - Ingenieros CAD y Civil Movimiento de Tierras: Por Definir
  - Laboratorista Geotécnico: Julio Soto
- Soporte de Soluciones de Construcción: Neptali Boñon
- Recursos de Agua: Roberto Flores
- Consultores Seniors:
  - Líder Técnico - Ingeniero Geotécnico: Pedro Mendoza
  - Ingeniero Civil Senior: Joel Quijano
  - Ingeniero Civil Senior: Christian Matos
  - Consultor de Cierre de minas y remediación Senior: Tony Sanford
- Líder de Soporte de Proyectos: Por Definir

- Oficina de Administración: Jurika Libón
- Negocio, Desarrollo y Propuestas: Danny Vercelli

El equipo del Área de Negocio está dispuesto como se detalla a continuación:

- Director del Área de Negocio: Ángel Andía
- Coordinador de propuestas:
  - Roxana Vázquez
  - Gianina de la fuente

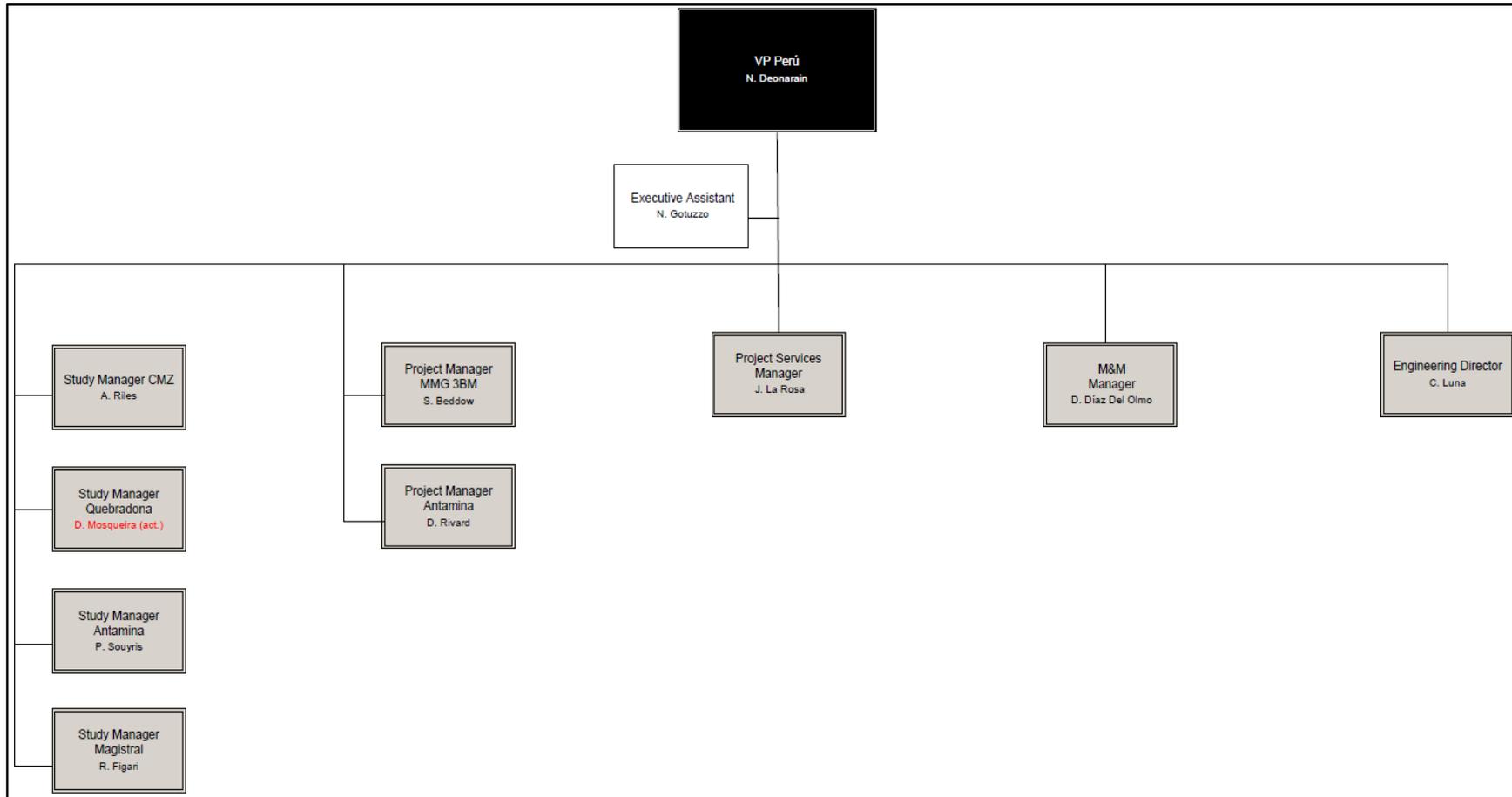
El equipo del Recursos humanos está dispuesto como se detalla a continuación:

- Director del Recursos Humanos: Magda Zegarra
- Asistente de recursos humanos:
  - Florencia Praeli
  - Mariapaula V.

El Equipo del proyecto asignado al proyecto fueron, ver Figura 12:

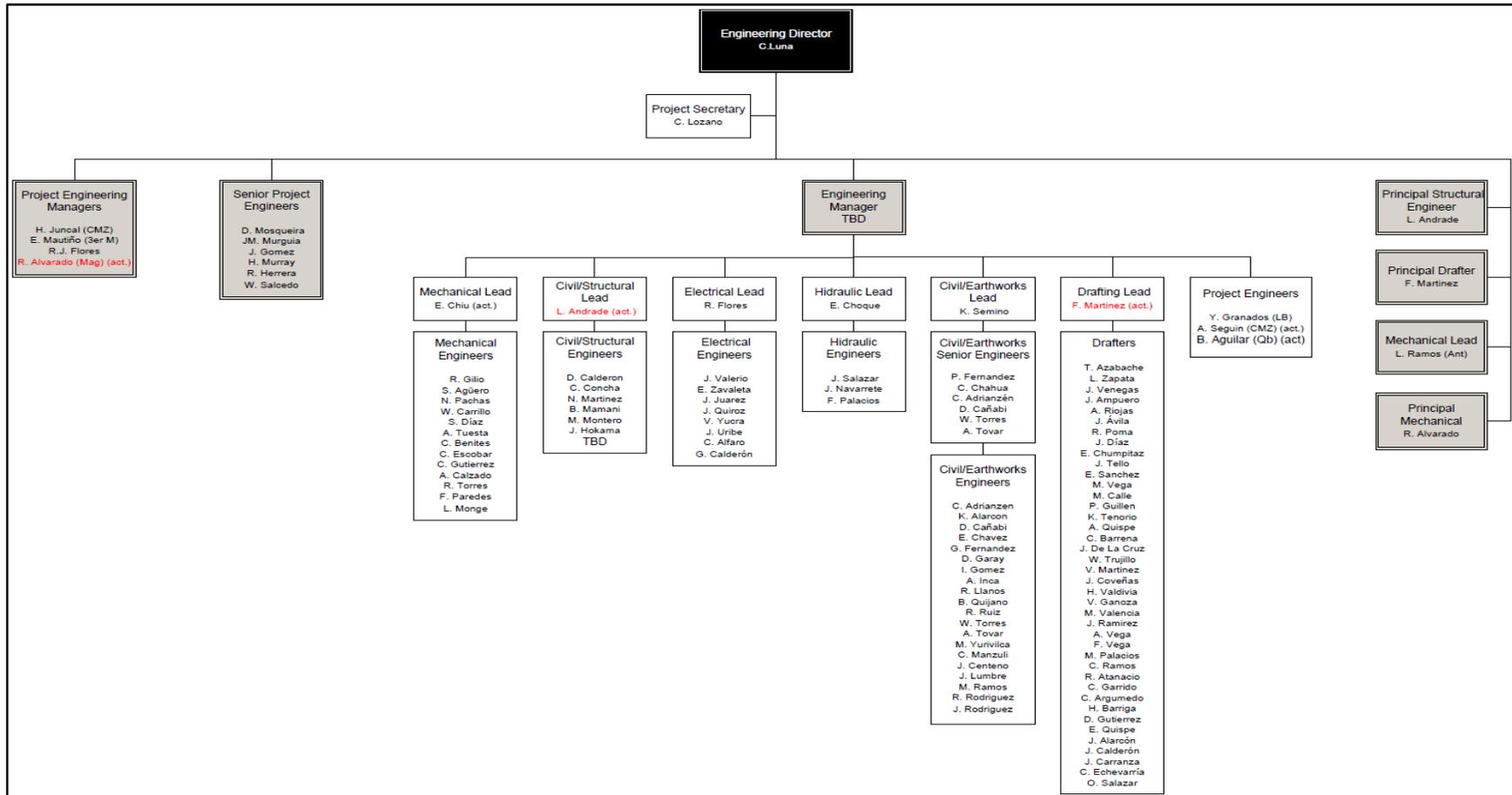
- Gerente del Proyecto: Pedro Mendoza
- Ingeniera de Proyecto: Jessica Celmi
- Ingeniero de Procesos: Daniel Díaz del Olmo
- Ingenieros Civiles:
  - Kenji Semino
  - Kent Alarcón
- Ingeniero Mecánico: Eduardo Chiu
- Bachiller Mecánico: Steev Agüero
- Estimador: Edmundo Flores
- Equipo de Diseñadores:
  - Abraham Riojas
  - Antonio Valiente
  - Pilar Minaya

Figura 7: Organigrama General de la Empresa Ausenco Perú S.A.C.



Fuente: Gerencia de AUSENCO PERÚ S.A.C.

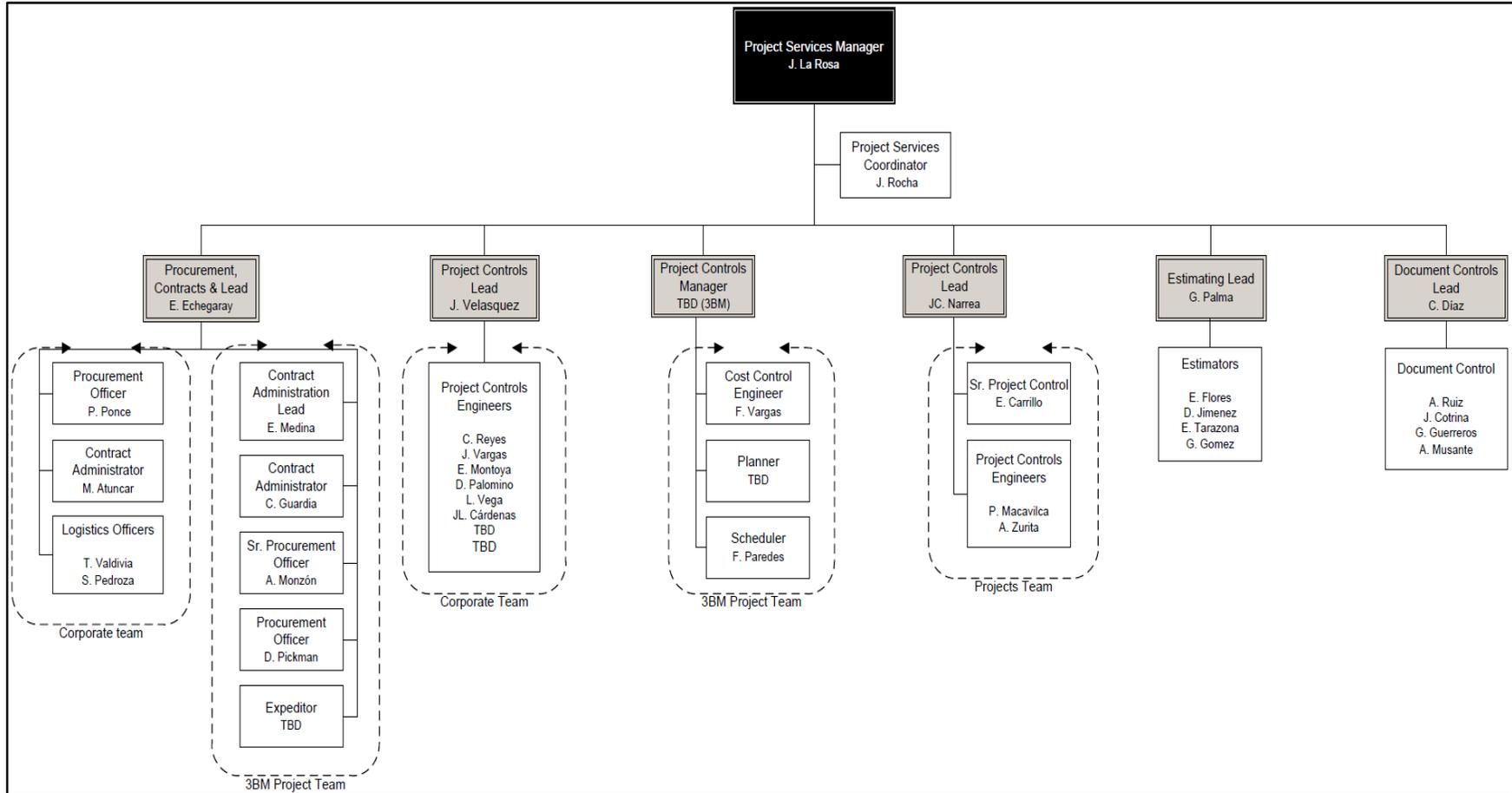
Figura 8: Organigrama del Área de Ingeniería



Fuente: Gerencia de AUSENCO PERÚ S.A.C.

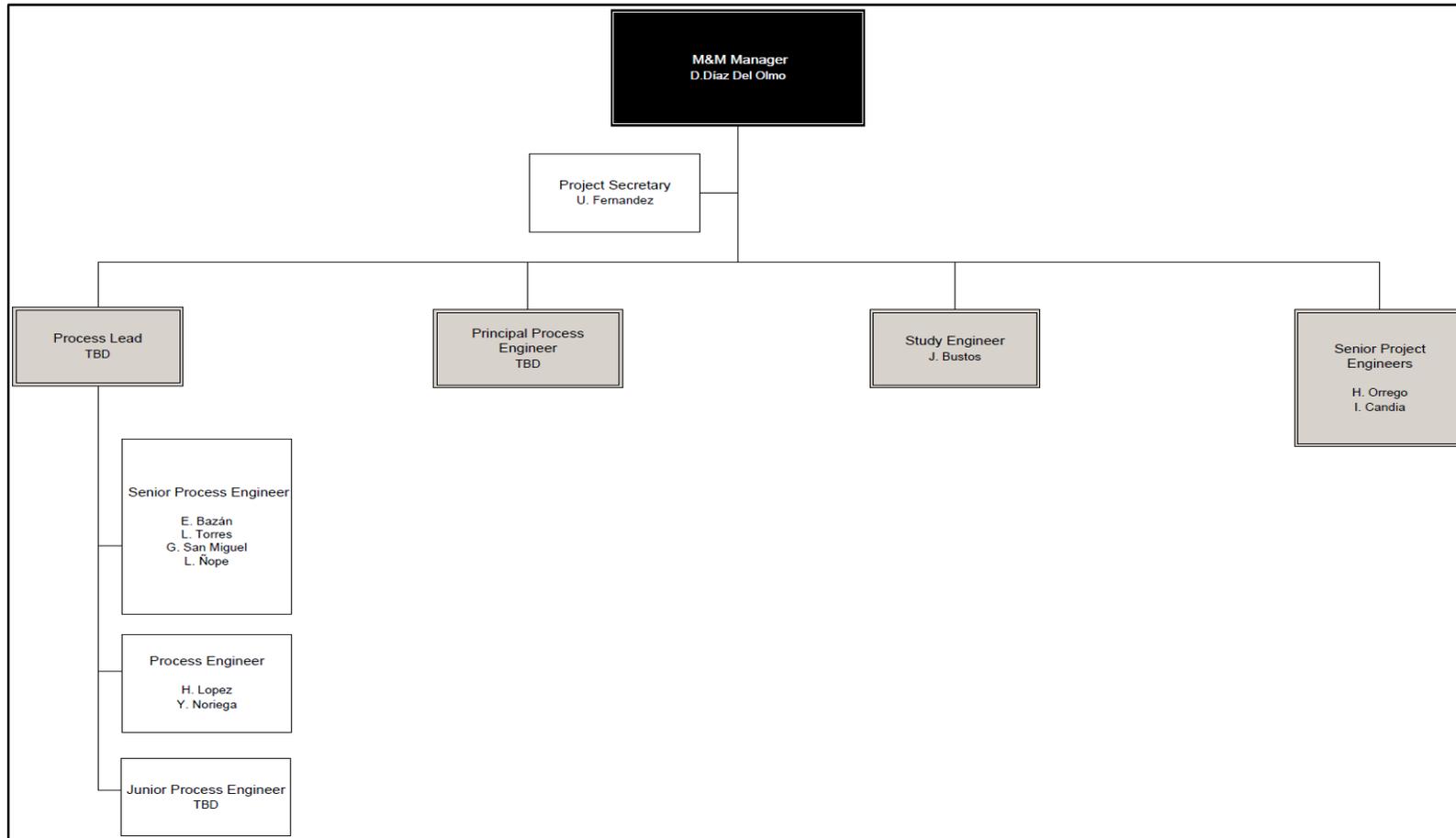


Figura 9: Organigrama del Área de Servicios de Proyectos



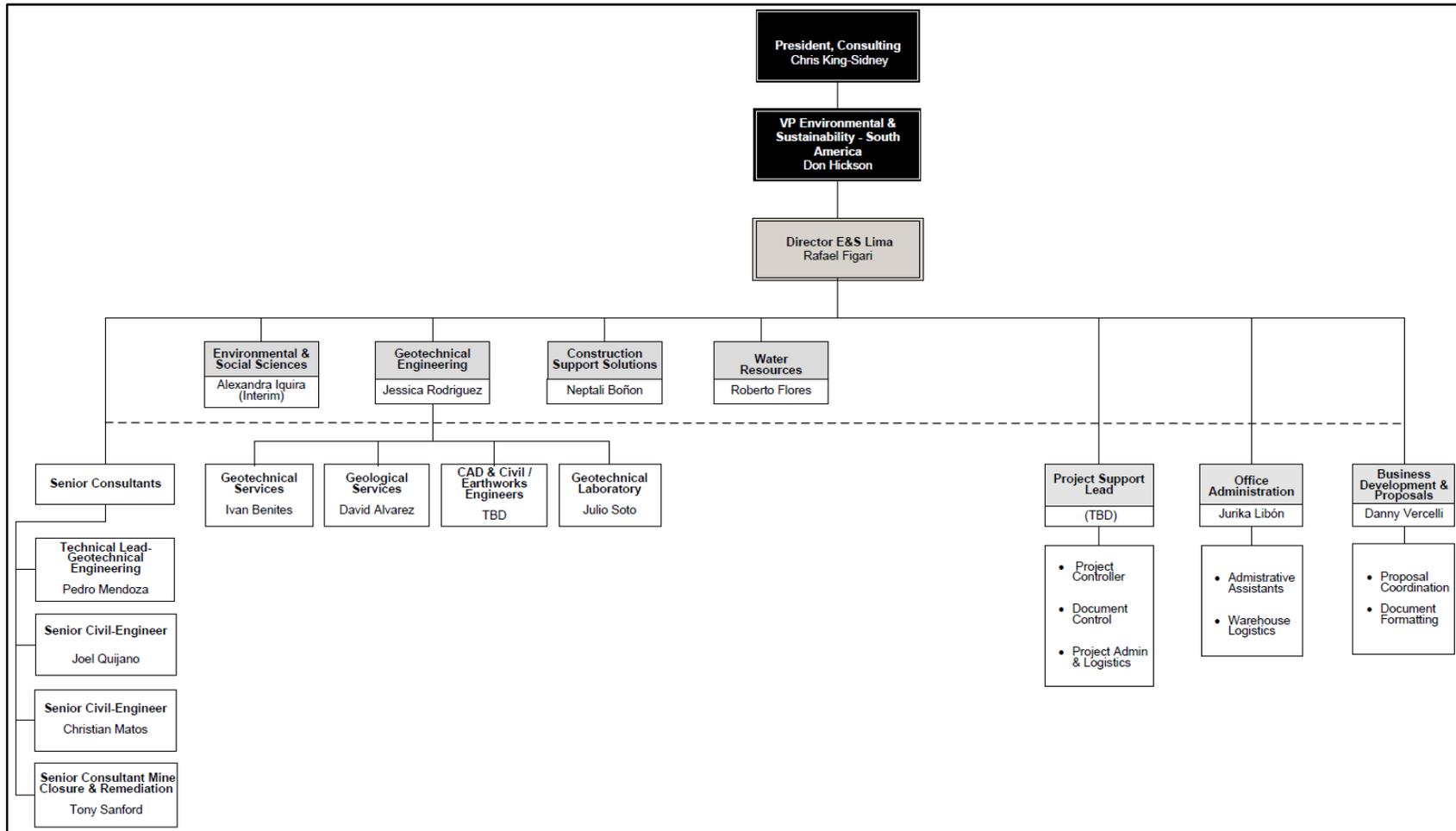
Fuente: Gerencia de AUSENCO PERÚ S.A.C.

Figura 10: Estructura del área Minerals and Metals (M&M)



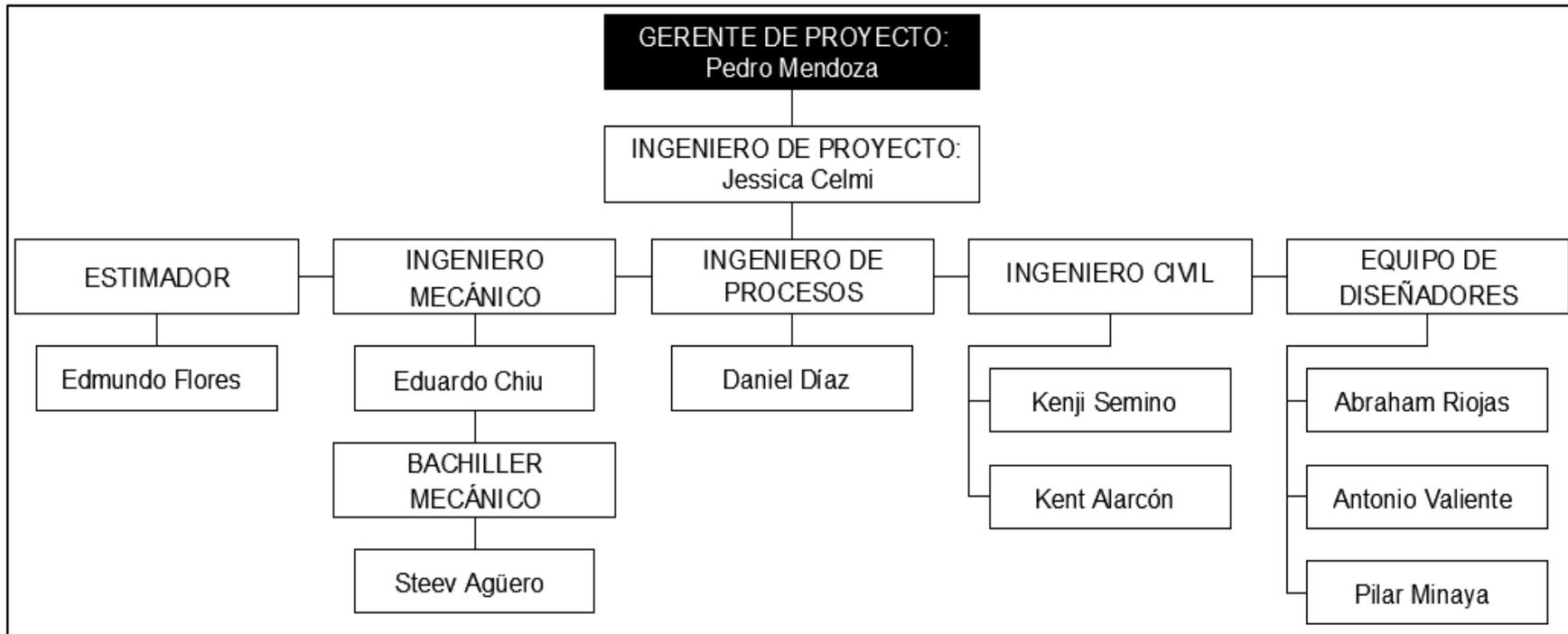
Fuente: Gerencia de AUSENCO PERÚ S.A.C.

Figura 11: Organigrama del área Environmental & Sustainability



Fuente: Gerencia de AUSENCO PERÚ S.A.C.

Figura 12: Estructura del Equipo para el desarrollo del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Nota:

Los marcos de acción dentro del proyecto de mi persona fueron entre otras: Coordinaciones técnico económico de ingeniería asociados al proyecto.

## II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 Antecedentes:

Para la elaboración de este informe de suficiencia profesional se tomó como antecedentes tesis nacionales e internacionales, en ellas se describe en forma general, conceptos referenciales para el desarrollo del informe.

- Tesis Nacional:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO PARA LA DISPOSICIÓN DE RELAVES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPESADOR EN LA PLANTA CONCENTRADORA SANTA LUCÍA, UNIDAD MINERA TACAZA- CIEMSA (AREQUIPA – PERÚ, 2015)

Este proyecto nace debido a una problemática existente en la disposición de los relaves que se viene realizando en la actualidad en la U.M. Tacaza.

El Consorcio de Ingenieros Ejecutores Mineros S.A. (CIEMSA), actualmente viene operando su planta metalúrgica con una producción de 820 TMSD; y la disposición de los relaves en pulpa, con una densidad promedio de 1,2 g/cm<sup>3</sup> que se realiza hacia el depósito de relaves Tacaza.

CIEMSA considera que la disposición final de los relaves producto de su tratamiento metalúrgico deben ser depositados en la excavación producto de la explotación del Tajo Central y Tajo Norte.

En tal sentido, se realizó un estudio de factibilidad para el almacenamiento de relaves en los tajos de explotación de la unidad minera Tacaza con una implementación de un espesador para los relaves de 50'Øx10', el mismo que comprenderá un estudio de alternativas y selección para el tratamiento de los relaves y su disposición en el Tajo Central y Tajo Norte, los cuales conformarán el "Tajo Tacaza".

Las disposiciones de los relaves producidos en pulpa son actualmente vertidos en el depósito de relaves Tacaza. La densidad promedio del relave es de  $1,2 \text{ g/cm}^3$ , lo que se refleja en los grandes contenidos de agua y bajos contenidos de sólidos.

Por otra parte, el depósito de relaves Tacaza existente, se encuentra próximo a la cota máxima de almacenamiento, lo que significa la necesidad del inicio de apertura de un nuevo depósito que le permita mantener la operación de la mina. Esta problemática se acrecienta considerando que la mina tiene previsto incrementar su capacidad de tratamiento en la planta concentradora, así como la limitación topográfica de la zona para la proyección de un nuevo depósito de relaves.

Por lo cual se realizó la construcción de un nuevo depósito para los relaves en los tajos de explotación dividido en dos zonas, que los nombraremos como contenedor N°1 y 2; estos se irán construyendo a medida se avance con el programa de explotación de mineral de la U. M. Tacaza, previstos de todas las normas de seguridad y medio ambiente según el reglamento.

Esta deposición de relaves debe ser lo más densa posible, para lo cual se implementó un espesador para relaves de  $50' \text{Ø} \times 10'$ , lo cual nos va a permitir densificar los relaves de la U. M. Tacaza que poseen un contenido alto de agua y un porcentaje bajo de sólidos.

Se viene realizando pruebas de sedimentación en el laboratorio metalúrgico con los relaves, para tener un conocimiento de que tipo de floculante va a ser necesario para ser usado para la aceleración de la sedimentación de los sólidos y la cantidad necesaria que no afecte en los costos de operación.

También se viene realizando evaluaciones para la selección del tipo de bombas centrífugas, así como las características necesarias que deberían tener debido a que deben impulsar el relave espesado por una gran distancia, aparte que el desgaste de estas bombas debe ser mínimo con un trabajo continuo del espesador de relaves.

La otra finalidad de densificar los relaves, es que nos permitirá la recuperación de agua de recirculación, con lo cual se disminuirá el consumo de agua fresca con los cuales se tiene bastantes problemas en tiempo de estiaje.

Para finalizar, CIEMSA proyectándose a futuro planea utilizar el relave densificado que se irá depositando en los contenedores ubicados en los tajos de explotación como parte del material para el cierre de mina de acuerdo a las normas de seguridad y medio ambiente.

- Objetivo General:

El objetivo de este trabajo es evaluar el lugar de almacenamiento y tratamiento previo de los relaves y describir el proceso adecuado para la disposición de estos relaves.

- Objetivos Específicos:

1. Determinar las características físicas del terreno.
2. Determinar las propiedades geotécnicas e hidráulicas del suelo.
3. Evaluar la estabilidad física del terreno.
4. Determinar la climatología en la zona de estudio.
5. Evaluar el riesgo sísmico del terreno.
6. Determinar la capacidad de almacenamiento del depósito de relaves.
7. Determinar las características físico-químicas de los relaves.
8. Determinar el método adecuado para el tratamiento previo al almacenamiento de los relaves en los tajos de explotación.

- Conclusiones

Al concluir estos contenedores se logró ampliar el tonelaje de tratamiento sin preocupación de que colapse el anterior depósito de relaves.

Actualmente el anterior depósito de relaves se encuentra con un sistema alternativo de evacuación (stand by), por si se presentan problemas mecánicos u operativos con el espesador de relaves y se encuentre inoperativo.

Se viene realizando pruebas con diferentes floculantes debido a que el actual floculante que se viene usando es demasiado costoso y posee un alto consumo, aunque es el que mejor resultados viene mostrando.

Se viene alcanzando densidades de 1,550 – 1,600 g/l, esto con un manejo y control constante de un operador encargado exclusivamente en la adición de floculante y monitoreo de parámetros en el espesador de relaves.

Es notoria la recuperación de agua de recirculación que se presenta en la actualidad gracias al espesador de relaves, por lo cual se implementó un cono sedimentador para el caso de rebose de lamas que se presenta en el espesador de relaves cuando el mineral de tratamiento es demasiado arcilloso y se puedan retener antes de ingresar a las actuales pozas de recuperación de agua de rebose del espesador de relaves.

Se demostró que las 2 bombas en serie actuales 3"x2", que impulsan el relave densificado hacia los contenedores ubicados en los tajos de explotación son más eficientes que una sola bomba horizontal de mayor capacidad.

También se tiene una gran recuperación de agua de recirculación por sistemas de drenaje y sistema de separación sólido – líquido en los contenedores ubicados en los tajos de explotación.

El material espesado que se viene depositando en los contenedores nos servirá como material de relleno para un futuro cumpliendo todas las normas de seguridad y medio ambiente que se requiera.

Por último, se vienen controlando todos los criterios relacionados que garanticen que las estructuras tengan un buen funcionamiento durante su vida útil (cuidado del medio ambiente, normatividad vigente, estabilidad física y uso de materiales locales).



- Tesis internacional

#### ANÁLISIS DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ESPESAMIENTO DE RELAVES PARA SU POSTERIOR DISPOSICIÓN UTILIZANDO EL METODO TTD (CHILE, 2008)

Una de las tecnologías que presenta mayor solución a las problemáticas actuales existentes; problemáticas debido principalmente a los riesgos ambientales asociado al tanque de relaves, así como a un exponencial aumento en la cantidad de desechos mineros y una gran escasez de recurso híbrido, entre otros; son el espesamiento de relaves para su posterior depositación en forma de pasta.

En esta memoria se determinó la pre factibilidad Técnica-Económica de una planta de espesamiento de relaves que permitirá la depositación en forma de pasta de residuos provenientes del proceso de flotación.

En la evaluación económica realizada se obtuvo un capital total de inversión de 1.2 MUS\$, valor en el cual no se encuentra incluido los costos de operación de suelos y otros aspectos necesarios para su posterior depositación; costos que elevarán evidentemente el capital total de inversión; haciendo no muy rentable económicamente la planta de Espesamiento de Relaves.

Es por todo lo anteriormente señalado que se debió analizar desde otra perspectiva, haciendo una comparación de los beneficios y desventajas que presenta la depositación en pasta versus la tradicional y así de esta forma llegar a determinar la conveniencia de la planta de Espesamiento de Relaves.

Cabe señalar que previo al análisis económico fue realizado el diseño de los equipos que formarán parte de la planta de espesado, el dimensionamiento de dichos equipos es fundamental para la determinación de sus costos ya que todo dependerá de sus dimensiones y cantidades a utilizar.

- Objetivo General:

El objetivo principal de esta memoria consiste en determinar la Prefactibilidad técnica – Económica de una planta de Espesamiento de Relaves ubicada en las inmediaciones de la planta concentradora de cobre de una determinada Minera de la Quinta Región

- Objetivos Específicos:

1. Establecer el estado del arte mediante una revisión sistemática de la literatura y publicaciones existentes.
2. Identificar los distintos tipos de depósitos de relaves existentes en la actualidad a nivel nacional, analizando sus falencias, en el marco legal que los rige y a su vez identificando métodos alternativos de depositación. En base a este último aspecto se investigará específicamente el método de disposición de relaves espesados (o en pasta) desde una perspectiva técnica identificando requerimientos básicos para su aplicación.
3. Determinar los parámetros necesarios para el diseño de los equipos de proceso que formarán parte de la planta de Espesamiento de Relaves para determinar de esta forma los costos de inversión total y a su vez los costos operacionales.

- Conclusiones:

La industria minera está permanentemente evaluando la factibilidad económica de depositar sus relaves espesados o en forma de pasta, porque si bien ya se ha probado que es técnicamente factible, hay una serie de condiciones de costos que todavía dificultan su aplicación.

Al ser realizado un análisis cualitativo se concluye que son muchos más las ventajas que desventajas existentes en la depositación de relaves espesados, a continuación, son presentadas las principales fortalezas y debilidades de este método de disposición.

Esto se muestra en la Tabla 1 de la tesis.

Tabla 1: Tabla de fortalezas y debilidades

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Ahorro consumo de agua	Debe presentar un bajo porcentaje de finos
Aumenta capacidad de tranque	Poca experiencia a nivel nacional
Partículas no segregan, mínima polución.	-
No se requiere uso de grandes muros	-
Minimización riesgos de fallas y licuefacción	-
Estabilidad sísmica	-
Disminución contaminación de aguas y ríos	-
Buena experiencia a nivel mundial	-

*Fuente: Tesis: "ANÁLISIS DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ESPESAMIENTO DE RELAVES PARA SU POSTERIOR DISPOSICIÓN UTILIZANDO EL METODO TTD"*

En relación con el análisis cuantitativo; hecho en el mismo capítulo; se puede concluir que la superficie necesaria de depositación de un relave espesado es mucho menor que la necesaria para depositar un relave tradicional (relave con alto contenido de agua), esta observación se obtiene al determinar que para 52.000 (Ton/mes) de pasta de relave a depositar se necesitan solo 28 (ha) y las 35 (ha) que serían necesarias para depositar la misma cantidad de relave convencional. Lo anterior se encuentra directamente relacionado con la optimización en el uso del suelo.

Otro punto importantísimo concluido es acerca de la inversión total, la cual es mucho mayor para los depósitos de relaves en pasta; esto se debe a que este tipo de depósitos debe incluir en la inversión total, además de los costos relacionados con la depositación propiamente tal, el coste de la planta de espesamiento de relaves.

En resumen, se llegará a un punto que la tecnología de relaves espesados será conveniente en términos económicos debido a que están ocurriendo dos

procesos en forma simultánea: por un lado, la tecnología va avanzando y los equipos se van haciendo más asequible y, por otro lado, los requerimientos ambientales y el mayor valor del recurso agua, van elevando los costos de las compañías.

### 2.1.2 Bases Teóricas

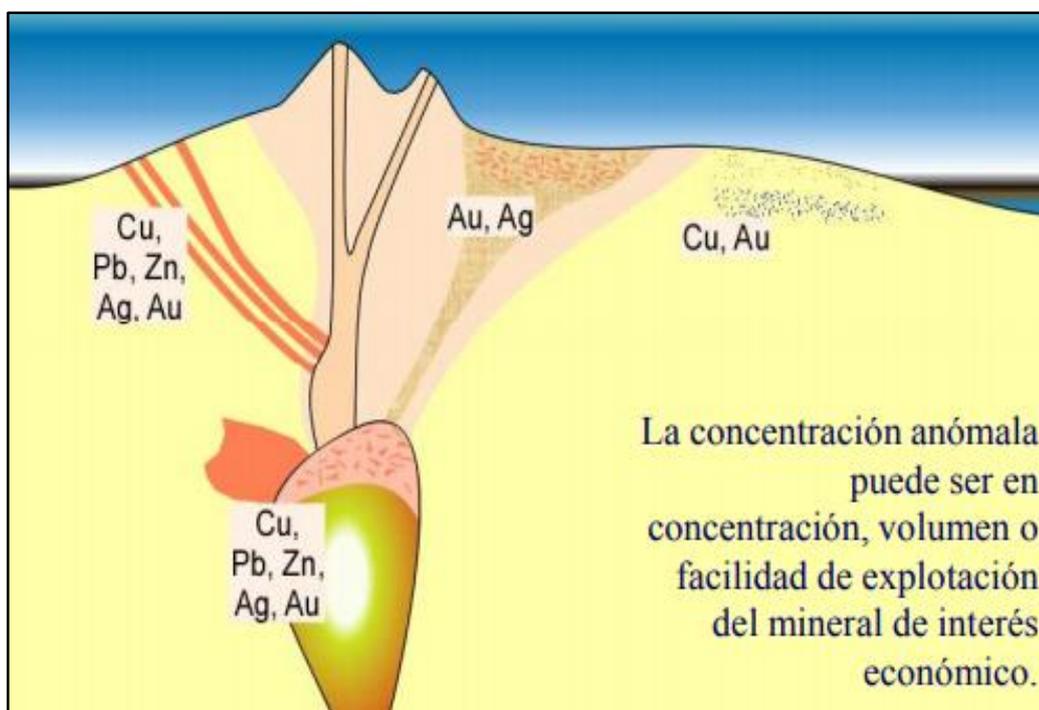
A continuación, se presenta las bases teóricas que sustentan la selección de un sistema de disposición de relaves.

#### a) Yacimiento Minero

Un yacimiento minero es una concentración anómala de algún elemento o mineral de interés económico que se forma como producto de una serie de procesos geológicos y cuya explotación genere rentabilidad.

En la Figura 13 se muestra un esquema de un yacimiento minero.

Figura 13: Esquema de un yacimiento minero



Fuente: Potencial Minero – Ingemmet

<https://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/836906/LIBRO+POTENCIAL+MINERO+2018+23-05-2018.pdf>

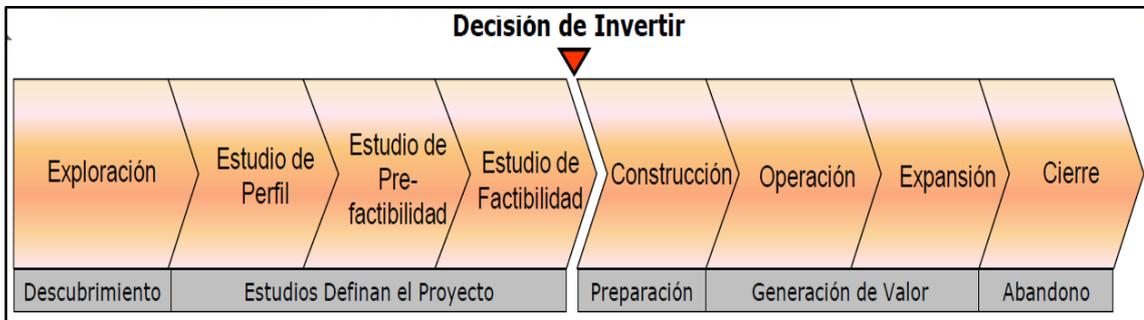
## b) Unidad Minera

Es la unidad económica que se dedica, bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, a realizar algún tipo de actividad minera pudiendo ser de extracción, explotación y/o beneficio de minerales metálicos o no metálicos y cuyos centros de operación como zonas de extracción, galerías, obras e instalaciones, tienen ubicación contigua en un área geográfica determinada (un cerro, un yacimiento, una cantera, etcétera). La unidad minera puede estar formada por: una o varias minas, por la mina y su planta de beneficio y únicamente por la planta de beneficio; la cual puede trabajar con minerales propios o ajenos.

### i. Ciclo de Vida de una Unidad Minera

El ciclo de vida de una mina involucra un extenso campo que para fines de este trabajo se resume en la Figura 14.

Figura 14: Ciclo de vida de una Mina



Fuente: Etapas de Proceso Productivo de una Mina – Grupo Antofagasta Minerals

### ii. Proceso Productivo

Los principales procesos que componen esta etapa son:

- ✓ Extracción

Es el proceso donde se extrae la roca desde el yacimiento hacia la planta procesadora o hacia un lugar de acopio.

✓ Procesamiento

Etapa en el cual el mineral es sometido a varios procesos que tienen por finalidad aumentar su concentración (contenido metálico) para hacer posible su venta o prepararlo para el proceso de fundición y refinación.

Existe una gran diversidad de procesamientos metalúrgicos, dependiendo de las características del mineral. Los principales métodos son:

- Sulfuros (minerales profundos): estos son procesados por el método de Flotación como se observa en la Figura 15

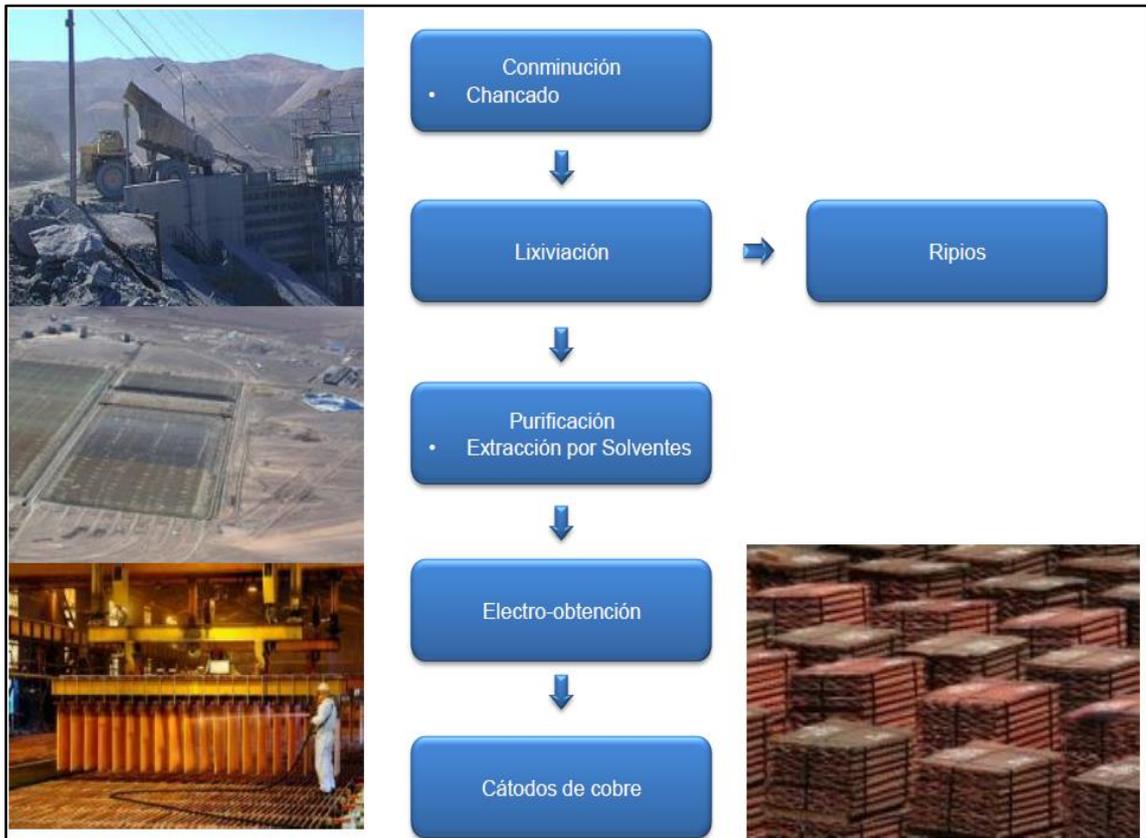
Figura 15: Flotación y Lixiviación del mineral



Fuente: Etapas de Proceso Productivo de una Mina – Grupo Antofagasta Minerals

- Óxidos (minerales en superficie): estos son procesados por el método de lixiviación como se observa en la Figura 16.

Figura 16: Lixiviación del mineral



Fuente: Etapas de Proceso Productivo de una Mina – Grupo Antofagasta Minerals

#### ✓ Fundición

Consiste en la separación de los metales contenidos en los concentrados por un proceso pirometalúrgico (con altas temperaturas que funde el concentrado, transformándolo de sólido a líquido).

De este modo se obtienen metales en forma impura, con contenidos altos de metales. Un subproducto importante de este proceso es ácido sulfúrico, obtenido a través de la captación de los gases y su transformación en forma líquida.

## ✓ Refinación

Consiste en la obtención de los metales en un estado de pureza tal, que están aptos para su transformación industrial.

### c) Relave Minero

El relave es un sólido finamente molido, que se descarta en operaciones mineras. La minería de sulfuros de cobre extrae grandes cantidades de material (roca) del yacimiento que se explota. Sólo una pequeña fracción corresponde al elemento de interés económico que se desea recuperar (algo menos de 1%). Una vez que ese material (la roca) ha sido finamente molido y concentrado por procesos de flotación, se obtiene un material (el concentrado) con una concentración más alta de cobre (entre 20 y 30%), que se puede vender como Concentrado o procesar hasta cobre metálico puro. El resto del material (muy pobre en cobre) se denomina “relave”, y se debe depositar de forma segura y ambientalmente responsable.

#### i. Depósito de Relaves

Es una obra de ingeniería diseñada para satisfacer exigencias legales nacionales, de modo que se aíse completamente los sólidos (relaves) depositados del ecosistema circundante.

#### ii. Tipos de Depósitos de relaves

Actualmente, existen varios tipos de depósitos de relaves, que varían según la cantidad de agua que acompaña al relave (es decir, la densidad del relave), y según la forma de contener la depositación. De esta forma existen los siguientes tipos:

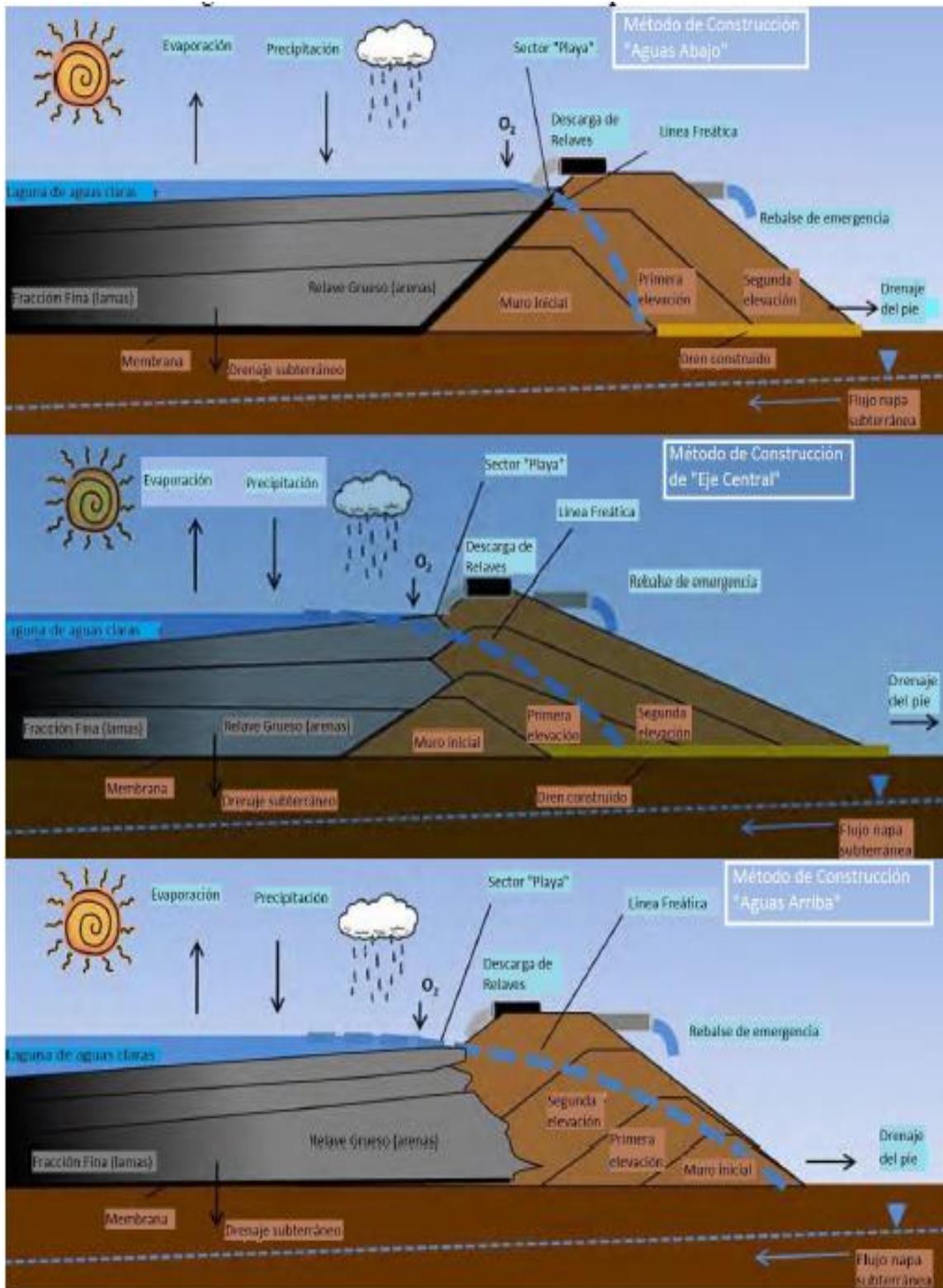
- **Tranque de Relave:** Depósito en el cual el muro es construido por la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente de un hidrociclón (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, mediante impulsión por flujo de agua). La parte fina, denominada Lama, se deposita en la cubeta del depósito.



- Embalse de relave: Es aquel depósito donde el muro de contención está construido de material de empréstito (tierra y rocas aledañas) y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. También se llaman embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere construcción de un muro de contención.
- Relave Espesado: Depósitos en el que la superficie es previamente sometida a un proceso de sedimentación, en equipo denominado Espesador, que favorece la sedimentación de los sólidos (de manera similar a la limpieza de agua de ríos para hacer agua potable), con el objetivo de retirar parte importante del agua contenida, la que puede ser re-utilizada para reducir el consumo hídrico de fuentes de agua limpia. El depósito de relave espesado se construye de forma tal que impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del sitio autorizado, y contar con un sistema de piscinas de recuperación de agua remanente que pudiese fluir fuera del depósito.
- Relave Filtrado: Es similar al espesado. Se trata de un depósito en que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtrado, para asegurar así una humedad menor a 20%. Esta filtración es también similar a la utilizada en Agua Potable.
- Relave en pasta: Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundantes partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.
- Otros tipos: Existen otros tipos de depósitos de relaves, como por ejemplo los depósitos en minas subterráneas, en rajos abandonados, entre otros.

Aquí en la Figura 17 se muestra los tipos de depósitos de relaves.

Figura 17: Tipos de Depósitos de Relaves



Fuente: Preguntas sobre relaves <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>

### iii. Partes de depósito de relaves

Las partes más comunes son:

- Muro: Obra de ingeniería que permite contener los residuos sólidos que en ella se descargan, es decir, delimita la cubeta.
- Cubeta: Corresponde al volumen físico disponible para el depósito de relaves (lamas), junto con gran parte del agua de los relaves. En la cubeta, el agua se localiza en la Laguna de Aguas Claras.
- Laguna de Aguas Claras: La depositación de relaves (lamas) en la cubeta, que llega en una mezcla del sólido con agua para su transporte, en tanto los sólidos sedimentan a las capas inferiores, el agua forma esta laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas.
- Sistema de drenaje: Sistema utilizado para retirar al grado adecuado el agua del interior del muro, con el objetivo de deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro.
- Revancha: Es la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.
- Coronamiento: Es la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal.
- Canal de contorno: Canal de desvío de las aguas de la cuenca que captan y desvían las escorrentías superficiales, impidiendo el ingreso a la cubeta del depósito de relaves.
- Playa activa: Zona donde se descargan los relaves en la cubeta, se le denomina playa porque usualmente esta seca en la superficie y se asemeja a una playa de arenas finas. Es la parte del depósito de relaves o lamas situada en las cercanías de la línea de vaciado.

#### d) Equipos Mineros

Esta sección muestra acerca de los equipos minero usado para la disposición de relaves:

##### i. Bombas de impulsión de relaves

La bomba de impulsión de relaves es una máquina de fluido, donde el fluido recepciona la energía mecánica absorbida mediante una fuente motora que, generalmente, proviene de motores eléctricos, motores de combustión interna, turbinas, etc.

##### ✓ Clasificación

Existen dos grandes grupos de bombas, Bombas rotodinámicas o centrífugas y bombas volumétricas o de desplazamiento positivo.

##### ✓ Bombas rotodinámicas o centrífugas

Se les llama rotodinámica debido a que su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de energía. Su principio de funcionamiento es la transferencia de energía mecánica en forma de energía cinética al fluido bombeado, y luego la transformación de la energía cinética en energía hidráulica. En la Figura 18 se ve un ejemplo de una bomba centrífuga.

*Figura 18: Modelo de una bomba centrífuga*



*Fuente: Catálogo Egger Turo*

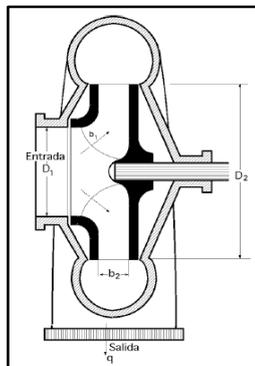
- Clasificación

El criterio más común para la clasificación de las bombas centrífugas es según la dirección de flujo del fluido en el rodete de la bomba. Se clasifican en bombas radiales, diagonales y axiales.

- Bombas radiales:

La dirección del flujo es perpendicular al eje de rotación. Se utilizan para cargas altas de presión y bajos caudales, tal como se ve en la Figura 19.

Figura 19: Esquema de una bomba centrífuga radial

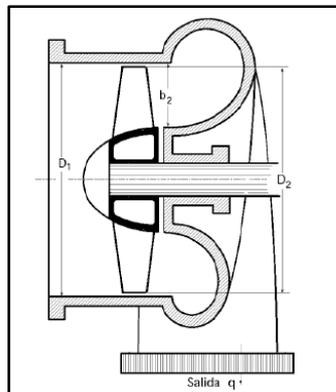


Fuente: Bombas Centrífugas y volumétricas. Pedro Fernández Díez

- Bombas diagonales

La dirección del flujo es paralelo al eje de rotación. Se utilizan para cargas bajas de presión y grandes caudales, tal como se ve en la Figura 20.

Figura 20: Esquema de una bomba centrífuga diagonal

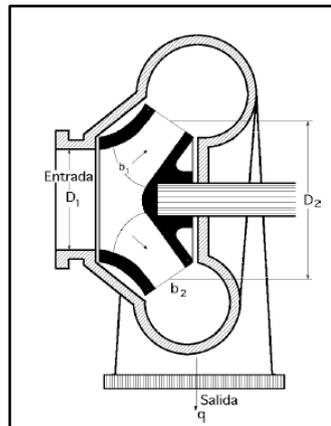


Fuente: Bombas Centrífugas y volumétricas. Pedro Fernández Díez

- Bombas axiales

La dirección del flujo es inclinada al eje de rotación. Se utilizan para cargas y caudales intermedios, tal como se ve en la Figura 21.

*Figura 21: Esquema de una bomba centrífuga axial*

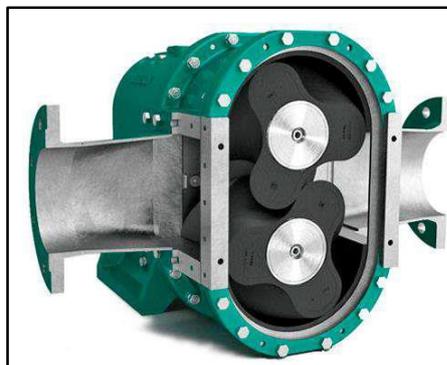


*Fuente: Bombas Centrífugas y volumétricas. Pedro Fernández Díez*

- ✓ Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo

El principio de funcionamiento de las bombas volumétricas es la transformación directa de energía mecánica en energía de presión. Son llamadas volumétricas porque la transformación de energía se origina por el desplazamiento de volúmenes de fluido dentro de la bomba, a través de un pistón, un émbolo, un engranaje, etc. Un ejemplo de este tipo de bombas es mostrado en la Figura 22.

*Figura 22: Modelo de una bomba volumétrica*



*Fuente: Catálogo Jambesa*

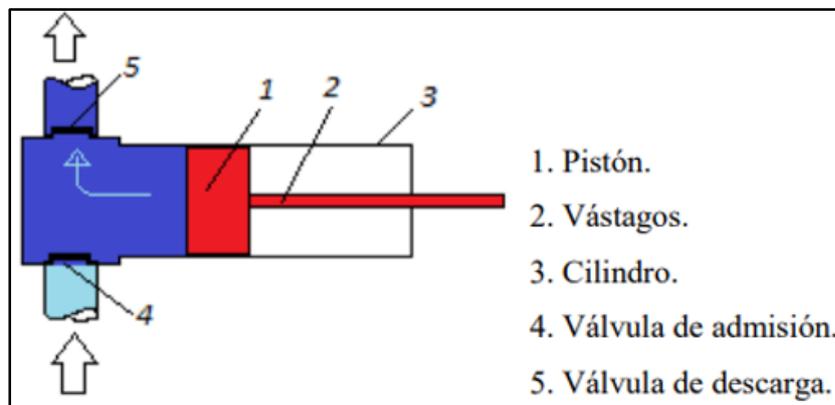
- Bomba de Pistón

Son las bombas en las cuales el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan bombas volumétricas. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo.

- Principio de funcionamiento

El principio de trabajo de las bombas de pistones es muy sencillo y se explica fácilmente con la ayuda de la Figura 23. Donde se representa un esquema simplificado de una bomba de pistón.

Figura 23: Esquema de una bomba de pistón



Fuente: *Bombas, ventiladores y compresores*, Néstor Ramos Páez, 1994

La bomba succiona a través de la válvula de admisión (4) cuando el pistón (1) se desplaza hacia la derecha produciendo un vacío en el cilindro (3), que obliga al líquido a penetrar en este. Durante este proceso, la válvula de descarga (5) se mantiene cerrada, ya que la presión detrás de esta es mayor que la que existe en el interior del cilindro. Cuando el pistón llega al final de su recorrido, comienza a desplazarse en sentido contrario, aumentando inmediatamente la presión en el cilindro, lo cual produce que se cierre la

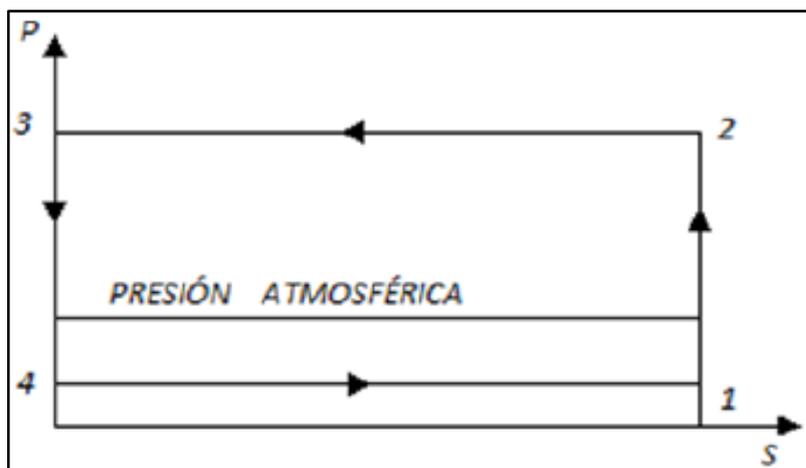
válvula de admisión y al alcanzar un determinado valor de presión, se abre la válvula de descarga. Como el fluido es incompresible, cuando el pistón comienza a desplazarse el líquido es expulsado a través de la válvula de escape o descarga (5), ocurriendo todo este proceso a presión constante.

Una vez que el pistón llega a su posición inicial la presión cae, ya que el pistón se detiene y comienza nuevamente el proceso de admisión creándose vacío en el interior del cilindro, repitiéndose el proceso descrito anteriormente.

Este proceso de variación de la presión en el cilindro se puede representar en un diagrama P contra S, donde; S: representa el desplazamiento del pistón en el cilindro (ver Figura 24).

El diagrama de la Figura 24, muestra un proceso ideal, ya que no se representan en él, las resistencias hidráulicas de las válvulas de admisión y descarga, y además se considera que la abertura y cierre de las mismas ocurre instantáneamente al llegar el pistón a los puntos extremos de su recorrido. A la distancia entre estos dos extremos se le denomina carrera del pistón y se le designa por la letra S.

Figura 24: Variación de la presión durante el movimiento del pistón en el cilindro



Fuente: Bombas ventiladores y compresores, Néstor Ramos Páez, 1994



✓ Parámetros fundamentales en los sistemas de bombeo

- Caudal: es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal, etc.) por unidad de tiempo.

$$Q = V \times A \quad (1)$$

*Donde:*

*Q: Caudal (m<sup>3</sup>/h)*

*V: Velocidad del promedio del Fluido (m/s)*

*A: Área del ducto (m<sup>2</sup>)*

- Número de Reynolds:

Es la relación entre las fuerzas inerciales convectivas y las fuerzas viscosas presentes en un fluido. Éste relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos.

$$Re = \frac{V \times \varnothing_{int}}{\nu} \quad (2)$$

*Donde:*

*Re: Numero de Reynolds*

*V: Velocidad del promedio del Fluido (m/s)*

*∅<sub>int</sub>: Diámetro interior del conducto (m)*

*ν: Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)*

- Factor de fricción:

Es un parámetro adimensional para calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción.

a) Flujo Laminar

Para régimen laminar ( $Re < 2300$ ), donde  $Re$  es el número de Reynolds, el factor de fricción se calcula como:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

*Donde:*

*f: Factor de fricción*

*Re: Número de Reynolds*

b) Flujo turbulento

Para régimen turbulento ( $Re > 4000$ ) el factor de fricción se calcula en función del tipo de régimen.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{K}{3.7 \cdot \varnothing_{int}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (4)$$

*Donde:*

*f: Factor de fricción*

*$\varnothing_{int}$ : Diámetro interior del conducto (m)*

*K: Rugosidad Absoluta (m)*

*Re: Número de Reynolds*

- Altura dinámica:

La altura dinámica está compuesta por las pérdidas de carga total y la carga de velocidad en el sistema de bombeo.

- a) **Pérdida de carga total ( $H_{pérdidas}$ ):** Son las pérdidas de presión producidas en el sistema (instalación) tanto en las tuberías como en accesorios.
  - **Pérdidas de carga en tuberías:** Conocidas como pérdidas distribuidas o pérdidas primarias. Existen distintas fórmulas para cuantificar estas pérdidas, sin embargo, la más utilizada en la

industria es la fórmula de Darcy – Weisback. Esto debido a su facilidad para aplicarla para tuberías de cualquier diámetro y material, así como para cualquier tipo de líquido.

$$Hd = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (5)$$

*Donde:*

*Hd: Pérdida de carga distribuida (m)*

*f: Coeficiente de fricción (adimensional)*

*L: Longitud de la tubería (m)*

*D: Diámetro interno de la tubería (m)*

*V: Velocidad media del flujo (m/s)*

*G: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)*

- Pérdidas de carga en accesorios: También conocidas como pérdidas localizadas o pérdidas secundarias, estas se producen por accesorios instalados a lo largo de la tubería tales como válvulas, reducciones, cambios de dirección, etc. Una de las formas para cuantificar las pérdidas localizadas es con la siguiente fórmula:

$$Hl = K \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

*Donde:*

*Hl: Pérdidas localizadas (m)*

*K: Coeficiente de pérdida producida por accesorios (estos coeficientes se obtienen mediante tablas halladas en la literatura técnica).*

*V: Velocidad del fluido (m/s)*

*g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)*

- Altura geométrica

Se conoce como altura geométrica a la diferencia de altura existente entre el nivel del líquido a ser bombeado en sus recipientes de succión y de descarga.

$$H_{geo} = H_{descarga} - H_{succión} \quad (7)$$

*Donde:*

*H<sub>geo</sub>: Altura geométrica*

*H<sub>succión</sub>: Altura de succión*

*H<sub>descarga</sub>: Altura de descarga*

- Carga de velocidad

Es la diferencia entre la velocidad del fluido en el depósito de succión y el depósito de descarga. Está definida por la siguiente expresión:

$$\text{Carga de velocidad} = \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \quad (8)$$

*Donde:*

*V<sub>d</sub>: Velocidad del fluido en la descarga (m/s)*

*V<sub>s</sub>: Velocidad del fluido en la succión (m/s)*

*g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)*

- Altura manométrica total

La altura manométrica total del sistema o TDH es la suma de la altura de estática y de la altura dinámica. Su definición es la energía por unidad de peso que se requiere para transportar el fluido desde su depósito de succión al depósito de descarga. Esta energía es entregada por la bomba centrífuga y se representa por la siguiente ecuación:

$$H = H_{geom} + \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} + H_{pérdidas} \quad (9)$$

*Donde:*

*Vd: Velocidad del fluido en la descarga (m/s)*

*Vs: Velocidad del fluido en la succión (m/s)*

*g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)*

- Cálculo de la potencia de la bomba

Es la relación entre la energía de flujo proporcionada por la bomba y el tiempo que la misma ha estado en funcionamiento para comunicar dicha energía.

$$P_{bomba} = \rho * g * Q * H * n^{-1} \quad (10)$$

*Donde:*

*P<sub>bomba</sub>: Potencia de la Bomba (W)*

*ρ: Densidad del Fluido (kg/m<sup>3</sup>)*

*g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)*

*Q: Caudal (m<sup>3</sup>/h)*

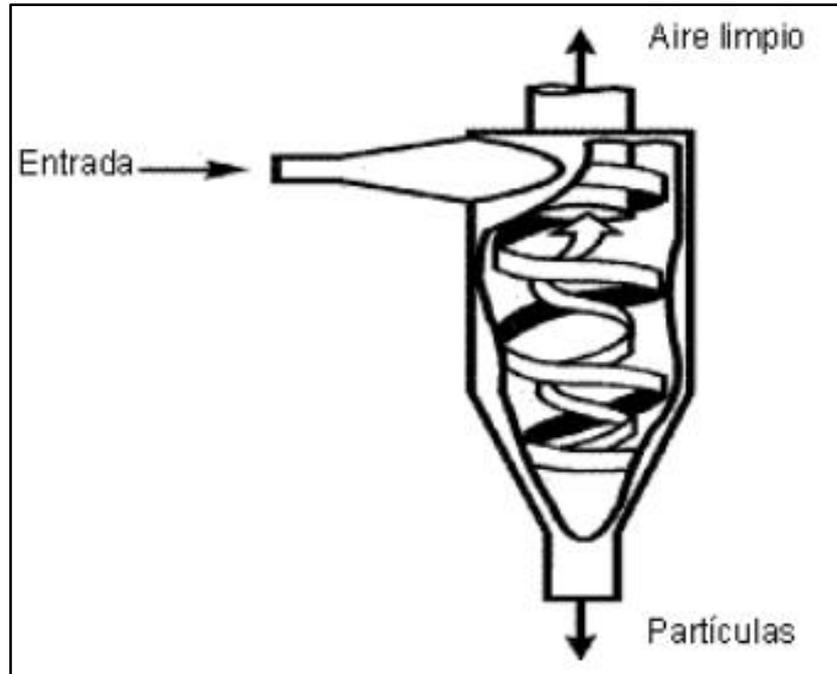
*H: Altura Dinámica Total (m)*

*n: Eficiencia (%)*

## ii. Ciclón distribuidor de relaves

Los ciclones son uno de los equipos más empleados dentro de las operaciones de separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa, además de poder emplearse para separar sólidos de líquidos. Su éxito se debe en parte a que son equipos de una gran sencillez estructural debido a que no poseen partes móviles y a que apenas exigen mantenimiento. Además, destaca el hecho de que, al hacer uso de fuerzas centrífugas en vez de gravitatorias, la velocidad de sedimentación de las partículas se incrementa en gran medida haciéndose más efectiva la separación. Un hidrociclón está compuesto básicamente por un cilindro vertical con fondo cónico, dotado de una entrada tangencial normalmente rectangular, tal como se ve en la Figura 25.

Figura 25: Esquema de un hidrociclón



Fuente: Catalogo FLSmith

La corriente gaseosa cargada con las partículas sólidas se introduce tangencialmente en el recipiente cilíndrico a velocidades de aproximadamente 30m/s, saliendo el gas limpio a través de una abertura central situada en la parte superior.

#### ✓ Tipos

Los ciclones convencionales se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños y la entrada al equipo puede ser bien rectangular o circular. Una forma de clasificar los distintos tipos se puede efectuar atendiendo a la manera en que se produce la carga y la descarga del equipo y otro modo sería en función de su eficacia, aunque el principio de funcionamiento en el cual se basan estos tipos de ciclones es muy similar:

- Entrada tangencial y descarga axial:

Representan el ciclón tradicional y, aunque se pueden construir con diámetros más grandes, lo más frecuente es que éstos se encuentren entre los 600 y los 915 mm.

- Entrada tangencial y descarga periférica:

Aquí el gas sufre un retroceso en el interior del equipo al igual que ocurre en un ciclón convencional. Sin embargo, presenta el inconveniente de que el polvo no es eliminado en su totalidad de la corriente gaseosa, aunque sí se produce una concentración del mismo.

- Entrada y descarga axiales:

La diferencia fundamental se encuentra en que los diámetros son de menores dimensiones (entre 25 y 305 mm), con lo que gracias a esta característica su eficiencia es mayor, aunque su capacidad es menor.

- Entrada axial y descarga periférica:

Los ciclones de entrada axial y salida periférica proporcionan un flujo directo que es muy adecuado para conectarlos a fuentes de gran volumen, donde los cambios en la dirección del gas podrían ser un inconveniente.

Otra posible clasificación de los ciclones se puede realizar en función de su eficacia.

La eficacia de un ciclón está determinada en gran medida por su tamaño. Se ha comprobado que los ciclones de menor diámetro son los que proporcionan mejores eficacias en la separación de partículas. Asimismo, se observa que la altura total del equipo también afecta a la eficacia, aumentando ésta con la altura.

Según este criterio se consideran los siguientes tipos: muy eficientes (98 - 99%), moderadamente eficientes (70- 80%) y de baja eficiencia (50%)

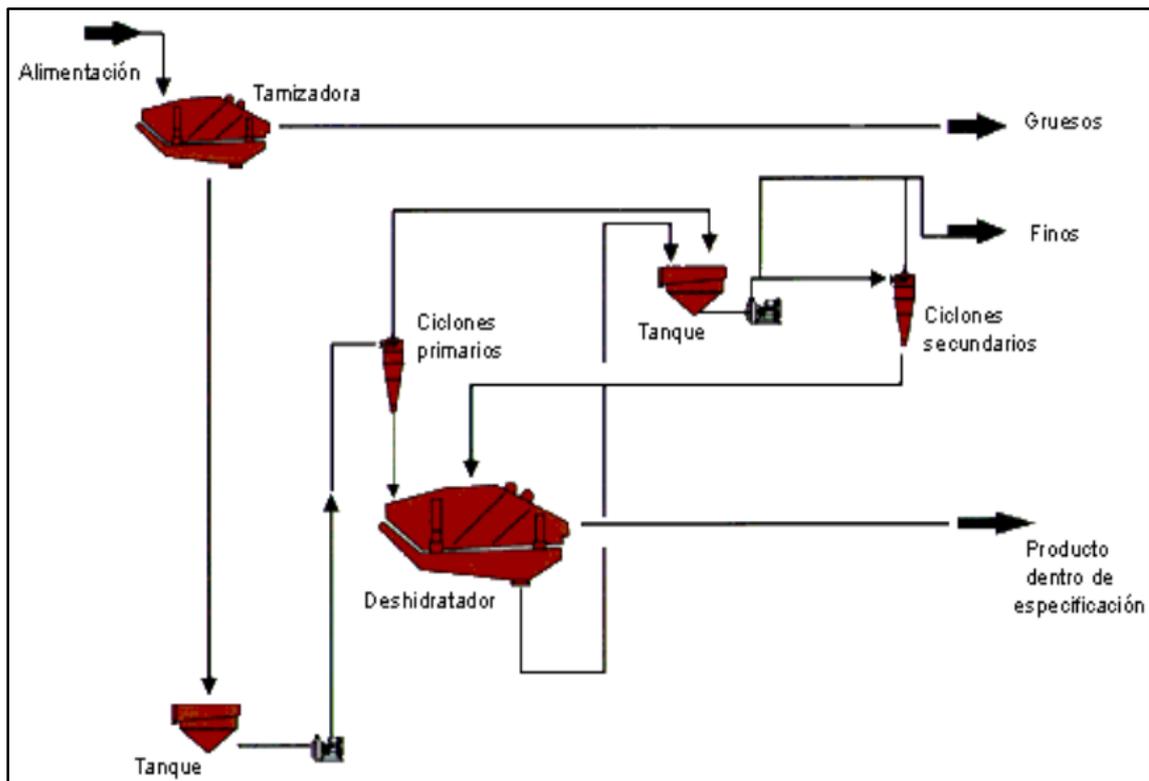
Existen también los denominados hidrociclones que se encargan de separar las partículas sólidas de líquidos.

#### ✓ Aplicaciones

Los ciclones se pueden emplear como equipos de limpieza previos a los filtros de mangas y cuentan con la ventaja de que pueden ser diseñados para tratar

con un rango de condiciones químicas y físicas más amplio que cualquier otro equipo de captación de partículas. El siguiente esquema de la Figura 26 muestra una instalación para separar partículas de distintos tamaños y seleccionar aquel tamaño que interesa y que cumple las especificaciones requeridas.

Figura 26: Esquema de usos de los hidrociclones



Fuente: Catalogo FLSmidth

Los ciclones se pueden disponer bien en serie, buscando una mejor separación de los sólidos, o bien en paralelo si se ha de hacer frente a grandes caudales. Se suelen emplear para el control de la contaminación del aire de determinadas fuentes, tales como plantas generadoras de electricidad a partir de combustibles fósiles, en hornos de tostación, refinerías petrolíferas, molinos de pasta de papel y separación de relaves como se ve en la Figura 27.



*Figura 27: Hidrociclón usado para separación de relaves*



*Fuente: Unidad Minera Contonga*

### iii. Espesador de Relaves

Un espesador es un aparato de separación sólido-líquido continuo, en el que las partículas sólidas contenidas en una pulpa se dejan decantar, produciendo un rebose de agua clarificada (overflow) y un lodo concentrado en la descarga (underflow). El flujo que entra en un espesador se denomina “alimentación” o “influyente”, en tanto que el rebose se denomina “efluente”, “sobrenadante” u “overflow”. El producto inferior se llama “lodo” o “underflow”. La terminología depende de la industria y aplicación donde esté instalado. El espesador consiste básicamente de un tanque, con diámetros en un rango de 2 a 200m, profundidades de 1 a 7m, y con el fondo tronco-cónico con pendiente hacia el interior de este. En un espesador se pueden distinguir al menos tres sectores bien diferenciados:

- Sector de clarificación
- Sector de sedimentación
- Sector de compresión

El alimento en forma de pulpa es dirigido generalmente mediante un canal, con una pendiente adecuada para garantizar cero depositación de partículas, hacia el foso de alimentación (feedwell) ubicado en el centro del tanque y por

debajo de la superficie del líquido sobrenadante, en el sector de sedimentación, evitando perturbaciones, desde donde se distribuye la carga uniformemente en todo el tanque. Con el reactivo y el tiempo de residencia adecuado los sólidos van depositándose en el fondo del tanque, mientras que el líquido sobrenadante se ubica en la parte superior del mismo en el sector de clarificación.

En la práctica la función del sector de clarificación es servir de amortiguador frente a posibles fluctuaciones en la alimentación o nivel de interface.

Los lodos decantados en el fondo del equipo son arrastrados hacia el cono (en la zona de compresión), por medio de un sistema de barrido de fondo, equipado de rastras suspendidas regulables, desde donde serán evacuados por bombeo o presión hidrostática, mientras que el agua ya clarificada de restos de sólidos, rebosa por un vertedero periférico.

En los espesadores modernos, el sistema de rastras puede ser levantado automáticamente si se registra un exceso en el torque permitido.

Los principales elementos de un espesador se describen a continuación:

- a) Canal de alimentación: El cual conduce la pulpa hasta el foso de alimentación. Por lo general tiene una pendiente de 1,5%, y se dimensiona para que ingrese 1 metro por debajo de la superficie del nivel del tanque para minimizar la turbulencia.
- b) Foso de alimentación (feedwell): El cual sirve para disipar la energía cinética que lleva el flujo de alimentación, así como para dirigir la pulpa a una profundidad adecuada dentro del espesador. Los diámetros generalmente empleados están entre 1 a 1.2 metros con profundidades de 1.2 a 5 metros.
- c) Tanque: El cual proporciona el tiempo de residencia necesario para producir la sedimentación de los sólidos. Su altura estará en función de la compactación que se desee obtener y por ende el porcentaje de sólidos en la descarga. Generalmente son de fondo cónico para ayudar el movimiento del lodo hacia el punto central de evacuación,

sin embargo, cuando se tiene un fondo plano, los lodos sedimentados tienden a formar su propia pendiente dependiendo del ángulo de reposo del material de manera que se produce una pendiente natural. Pueden ser construidos en acero, concreto o una combinación de ambos, siendo el caso de tanques de concreto para los espesadores de gran tamaño. La mayor parte de tanques son montados sobre patas o a nivel del terreno con túneles de descarga para ingreso.

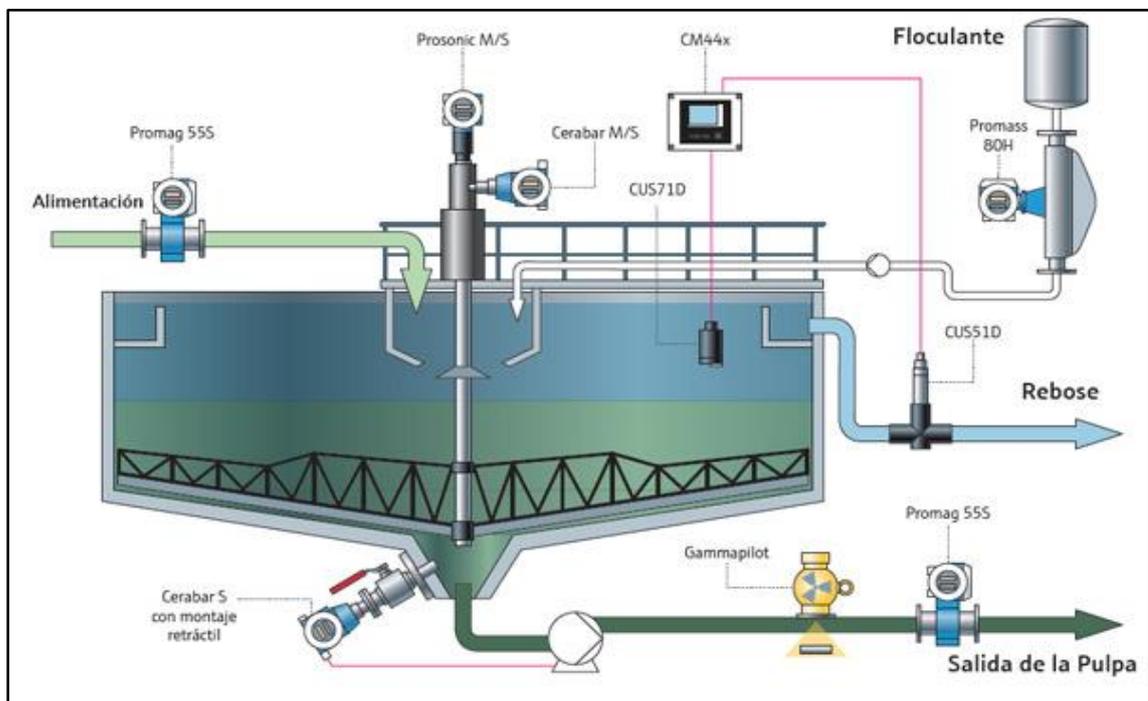
- d) Brazos: Tienen como función desplazar los sólidos sedimentados hacia el punto de evacuación, y aumentar el porcentaje de sólidos en la descarga al permitir la liberación de agua por medio de canalización en la cama compactada. Usualmente son cuatro brazos, dos largos y dos cortos, los cuales pueden ser soldados o empernados al eje central. Para el caso de brazos muy largos es común el uso de cables adicionales de apoyo.
- e) Rastras: Tienen una función similar a la de los brazos, pero en la zona de descarga. La velocidad de las rastras es normalmente 8m/min en el perímetro, lo cual representa un consumo energético muy bajo, tal que un espesador de 60m de diámetro puede requerir apenas un motor de 10 kW. En algunas ocasiones, se colocan piques sobre las rastras, los cuales permiten que el agua atrapada sea expulsada con mayor facilidad en el caso de pulpas muy densas.
- f) Canal de rebose: El cual es un canal periférico que toma el rebose clarificado y lo conduce a un punto específico para su almacenamiento.
- g) Grupo motriz: es de accionamiento central formado por un grupo moto-reductor, y brinda el torque necesario para la rotación de los brazos y rastras. El elemento motriz de las rastras puede ubicarse en el centro del tanque o en la periferia del espesador.
- h) Dispositivo de elevación: Es un mecanismo de acción mecánica o que permite al ascenso de los brazos de la zona de compactación de sólidos al detectarse altos torques, por ejemplo, mayores a 5 ó 30 veces el torque nominal, y tiene como fin disminuir el esfuerzo del

mecanismo de accionamiento, así como de protección del grupo motriz del equipo. Este es generalmente empleado para espesadores de gran diámetro.

- i) Puente: Es común la presencia de un puente al largo del tanque del espesador desde la periferia al centro o recorriendo el diámetro total de éste. El puente tiene la función de servir para labores de mantenimiento, así como soporte para el canal de ingreso de la pulpa.

Un arreglo típico es como se muestra en la Figura 28.

Figura 28: Arreglo típico de un espesador



Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2491&sa=X&ved=0CDsQ9QEwEzqUahUKEwiv16OA5vHGAhULKQ0KHUZPD4Q>

La descarga de un espesador puede ir desde una pulpa de baja resistencia a la fluencia para su disposición en presas no convencionales o como rellenos de mina. Según el tipo de consistencia que se desee obtener, los espesadores involucrados se muestran en la Tabla 2, así como los ángulos de disposición asociados.

Tabla 2: Requerimiento de espesadores según consistencia del relave

Consistencia de los relaves	Requerimientos de equipos	Angulo de disposición (%)
Pulpa	Espesador convencional HRT	1 a 2
Espesados	Espesador de alta compresión HCT	2 a 3
Altamente espesado (pasta)	Espesador de cama profunda DBT	3 a 6
Queque	Filtro	6 a 10

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2491&sa=X&ved=0CDsQ9QEwEzqUahUKEwiv16OA5vHGAAhULkQ0KHUZPD4Q>

#### ✓ Tipos

Los cambios introducidos en estos equipos se debieron en gran parte al desarrollo de floculantes de mayor efectividad, mejores sistemas de dilución, así como de mezclado en el feedwell (pozo de alimentación). A continuación, se presenta una descripción breve de los tipos de espesador:

- Espesadores convencionales

Los espesadores convencionales tienen la desventaja de requerir grandes áreas de piso, debido a que el espesamiento se basa únicamente en el área total, sin considerar la profundidad del equipo. En los años 1980, espesadores conocidos como “alta capacidad” fueron introducidos al mercado, ofreciendo el mismo grado de espesamiento que un espesador convencional, pero con una menor área involucrada.

- Espesadores de alta capacidad (HCT)

Los espesadores de alta capacidad son capaces de producir pulpas espesadas con un mayor contenido de sólidos que los espesadores convencionales. Se caracterizan por trabajar con una altura de cama mayor a la de los espesadores convencionales proporcionando de esta manera mayores tiempos de residencia y maximizando la compresión por efectos

gravitatorios, y además de contar con mecanismos de rastra capaces de manejar los altos torques requeridos. Las descargas de los HCT se caracterizan por su alta viscosidad y resistencia a la fluencia, pero manteniendo aun sus propiedades de impulsión por medio de una bomba. Las geometrías de los tanques son diseñadas para poder manejar descargas con estas características. El aspecto clave de una operación con espesadores de este tipo es controlar las propiedades reológicas del producto para asegurar su transportabilidad, es decir mantener su reología por debajo del punto de consistencia de pasta.

- Espesadores de cama profunda (DBT)

Según Slotte (2005: 904) los inicios del concepto de espesamiento por medio de espesadores de cama profunda se dieron alrededor de los años 1960 a 1970 en la industria británica del carbón. Sin embargo, su comercialización como tal, tuvo que esperar la década de los 90, en combinación con las técnicas de floculación, desarrollo de nuevos sistemas de alimentación, cambios en la forma del tanque, etc. Los DBT cuentan con un tanque de mayor profundidad que los espesadores de alta capacidad proporcionando de esta manera altos tiempos de residencia y maximizando la compresión por efectos gravitatorios. Además, la descarga del equipo cuenta con ángulos de cono pronunciados (alrededor de 60°) lo que provee una zona de alta compresión. Los espesadores DBT poseen un mecanismo de rastra aún más robusto capaz de manejar los altos torques requeridos. Por lo general, requieren de un alto grado de automatización y bombas de descarga y/o recirculación de frecuencia variable.

En resumen, los espesadores de cama profunda o de pasta como también se les denomina, maximizan la eficiencia del floculante por medio de sistemas patentados de dilución, utilizan un tanque muy alto para generar alta compresión, ángulos de cono entre 40 a 60° y sistemas robustos para sus rastras, para así manejar materiales muy densos. Además, es una práctica común industrial, el empleo de sistemas de cizallamiento y un alto grado de

automatización en este tipo de espesadores, con los que se consigue un control preciso de las condiciones que se desean en la descarga, sin poner en riesgo la integridad de los equipos aguas abajo.

#### iv. Filtro de relaves

Un filtro de relaves es un aparato que realiza la separación sólida / líquida del relave que, en la gran mayoría de plantas concentradoras, es la última etapa de separación a llevarse a cabo, previo al embarque por camión hacia una zona de acopio (relavera).

Teniendo presente que el propósito de la filtración es preparar el producto para transporte, antes que para algún tratamiento cabe determinar la humedad residual óptima, que arroja costo mínimo y máxima seguridad de transporte. (ej.: mínimo peso muerto, sin riesgo de oxidación espontánea ni desplazamiento del material en las bodegas de camiones u otro equipo de transporte) y además mínimas pérdidas por polvo durante manejo y transporte. Esta operación que separa sólidos de líquidos utiliza un medio poroso que retiene el sólido, pero permite pasar al líquido y la selección del equipo apropiado depende de varios factores. En cualquiera de los casos se forma gradualmente una torta de filtro (CAKE) sobre el medio poroso.

##### ✓ Tipos de Filtración

Estos pueden ser:

- Filtración al vacío o de banda.
- Filtración a presión o prensa.

##### ✓ Filtrado en vacío o en banda

Los filtros de banda de vacío cuentan con una banda filtrante continua soportada por dos cilindros en sus extremos, que se desplaza a velocidad variable donde se deposita el material a filtrar, bajo la banda se dispone con un sistema de bomba de vacío que extrae el agua del material dejando un queque filtrado que se descarga al final de la banda hacia una correa

recolectora. En los filtros de vacío la separación sólido-líquido tiene lugar gracias a la aspiración que imprime una bomba de vacío bajo la superficie donde reposa el producto.

Los principales beneficios de esta tecnología son:

- a) Filtros totalmente continuos con la ausencia de tiempos muertos en su operación.
- b) Velocidad de movimiento de la banda ajustable según necesidades.
- c) Alimentación del filtro muy simple.
- d) Deposición uniforme del producto sobre una superficie plana.
- e) Tela filtrante debe estar siempre limpia y en perfectas condiciones, es seleccionada para cada proyecto y producto.
- f) Filtro ideal para la realización de lavados continuos y a contracorriente de la torta reduciendo el consumo de agua.
- g) Funcionamiento mecánico, simple y permitiendo un fácil mantenimiento y limpieza correspondiente.
- h) Buena disponibilidad (90%)
- i) Baja altura de equipo (reduce altura necesaria de edificio)

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de filtros de banda de vacío.

*Figura 29: Operación con filtros de banda (vacío)*



*Fuente: Catalogo FLSmidth*



Figura 30: Filtro de Banda Larox Modelo RB-SV



Fuente: Catalogo FLSmidth

Figura 31: Proceso de un filtro de banda



Fuente: Catalogo FLSmidth

✓ Filtros de presión o prensa

Un filtro de prensa se compone de una serie de placas verticales, yuxtapuestas y acopladas. Las placas prensadas entre ellas cuentan con un sistema hidráulico-neumático que permite su apertura o cierre. Entre las placas existen membranas filtrantes por ambos lados de la placa. El llenado de las cámaras se realiza mediante una bomba de relaves, a través de orificios se alimenta el sistema para ser prensado en cada cámara de filtración, los que están generalmente colocados en el centro de estas placas permitiendo una distribución adecuada del flujo, presión adecuada y mejor drenaje del relave dentro de la cámara. Lodos sólidos se acumulan

gradualmente en la cámara de filtración hasta que se genera una pasta compacta final. El agua filtrada se colecta en la parte de atrás del soporte de filtración mediante ductos internos. El sistema generalmente cuenta con un sistema de inyección de aire a presión que permite soplar el material y obtener humedades menores. Finalmente, el queque filtrado en cada placa que se descarga abriendo las placas mediante un sistema hidráulico, dejando caer el material filtrado sobre una correa recolectora.

El filtrado de prensa es un proceso discontinuo que opera en ciclos los que se pueden resumir en:

- a) Cerrado: cuando el filtro está limpio y vacío.
- b) Llenado: con las cámaras cerradas se llena de relaves para su filtración.
- c) Filtración: aumento de presión en las cámaras una vez que se encuentran llenas.
- d) Apertura: se separan las placas permitiendo que el relave filtrado se descargue.
- e) Limpieza: se limpian las cámaras con sistemas de agua presurizada.

Los principales beneficios de esta tecnología:

- a) Grandes áreas de filtración (hasta 997 m<sup>2</sup>)
- b) Gran de experiencia en procesos de filtrado de concentrado, pero poca en relaves.
- c) Bajas humedades en queque filtrado.
- d) Sistemas eficientes de filtrado.
- e) Cortos ciclos de filtración
- f) Bajos costos operacionales.
- g) Bajo consumo de energía
- h) Descarga de torta segura.

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de filtros de prensa de placas verticales.

*Figura 32: Filtro de placas verticales*



*Fuente: Catalogo FLSmidth*

*Figura 33: Filtro de prensa Larox Modelo CFP*



*Fuente: Catalogo FLSmidth*

### 2.1.3 Aspectos Normativos

Ausenco S.A.C ha consultado los reglamentos, normas y bibliografías relacionadas al sustento de los requisitos mínimos de diseño para la ingeniería a nivel conceptual; y así cumplir con los requisitos mínimos necesarios requeridos por la industria, para el buen funcionamiento, seguridad, duración y economía de una obra minera.

La información técnica recolectada de fuentes secundarias para la elaboración de este informe corresponde a:

a) Reglamentos, guías y manuales nacionales:

- ANA. 2010. Criterios de Diseño de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. Autoridad Nacional del Agua, Lima;
- MINEM. 1997. Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Desechos Sólidos de Mina, Ministerio de Energía y Minas, Lima;

b) Reglamentos, guías y manuales internacionales

- ANSI/HI 12.1-12.6-2005 American National Standard for Rotodynamic (Centrifugal) Slurry Pumps.
- ASME 31.4 Pipeline Transportation Systems for liquids

c) Reportes e informes

- Gramsa S.A.C., 2016 – Estudio a nivel de factibilidad para el diseño de la ampliación de la presa de relaves Tucush – Etapa I;
- Gramsa S.A.C., 2016 – Estudio a nivel de factibilidad para el diseño de la ampliación de la presa de relaves Tucush – Etapa II;
- Cesel Ingenieros, 2014 – Ingeniería básica para la ampliación a 2000 TDP de la planta Contonga y estudio de ingeniería básica para la planta de relleno de relave;
- SVS Ingenieros 2014 – Ingeniería de detalle para el recrecimiento del depósito de relaves Tucush Fase IV – U.M. Contonga – Recrecimiento convencional desde el nivel 4 236 al nivel 4 241 msnm; y
- SVS Ingenieros 2014 – Ingeniería de detalle para el recrecimiento del depósito de relaves Tucush Fase IV – U.M. Contonga – Recrecimiento con relave filtrado hasta el nivel 4 250 msnm.

#### 2.1.4 Simbología Técnica

En esta sección se muestra algunos términos que son usados en el presente trabajo, con una definición básica que será útil para la comprensión del mismo.

- **Análisis cuantitativo:** Es el estudio experimental de las cantidades de sustancia que aparecen en una muestra o que intervienen en una reacción.
- **Cavitación:** Es un efecto hidrodinámico que se produce cuando se crean cavidades de vapor dentro del agua o cualquier otro fluido en estado líquido en el que actúan fuerzas que responden a diferencias de presión, como puede suceder cuando el fluido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.
- **Cierre de Mina:** Es un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, que deben ser efectuadas por el titular de actividad minera, a fin de rehabilitar las áreas utilizadas o perturbadas por la actividad minera.
- **Condiciones nominales:** Son condiciones, que serán fijadas por el fabricante. Estas condiciones que comprenden las condiciones eléctricas, mecánicas y climáticas, y no se pueden, por el hecho de su naturaleza, ser el objeto de las medidas.
- **Cota:** Altitud que presenta un punto sobre un plano horizontal que se usa como referencia.
- **Densidad:** Magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido.
- **Estudio de Factibilidad:** El estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativa o de formulación dentro del ciclo del proyecto.

- Hitos de un proyecto: es un punto de referencia que marca un evento importante de un proyecto y se usa para supervisar el progreso del proyecto.
- Lamas: Es el volumen físico disponible para el depósito de relaves
- Licuefacción de suelos: Describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado.
- Límite de batería: referencia a los puntos límites de alcances de un proyecto.
- Material de préstamo: Se refiere a que el material que se usa para rellenar una excavación no es el que se extrajo.
- Planta concentradora: Se denomina Planta Concentradora a una planta de procesamiento de mineral de cobre que tiene como finalidad su procesamiento en varias etapas hasta obtener Concentrado de este metal.
- Planta de espesamiento: Conjunto de equipos que se encargan básicamente de incrementar el porcentaje de sólidos de un flujo con altos índices de agua en su composición.
- Polución: La polución es la contaminación que puede experimentar el aire, la tierra o el agua.
- Porcentaje de finos: Es el porcentaje que pasa por el tamiz número 200 de la serie ASTM o el tamiz 0,008 de la serie UNE
- Prefactibilidad: Consiste en una breve investigación sobre el marco de factores que afectan al proyecto, así como de los aspectos legales
- Proceso de flotación: Es un proceso físico-químico de separación de minerales o compuestos finamente molidos, basados en las propiedades superficiales de los minerales (mojabilidad), que hace que un mineral.
- Pulpa: Mezcla de mineral molido o pulverizado con agua o una solución acuosa.

- Recuperación de agua de recirculación: Proceso en el cual el agua que se encuentra dentro del proceso es recuperada para poder seguir usándola.
- Relaves: El relave (o cola) es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros de la concentración de minerales.
- Sedimentación: La sedimentación es una operación unitaria consistente en la separación por la acción de la gravedad de las fases sólida y líquida de una suspensión.
- Suma Alzada: es una de las formas en la que se puede pagar a un contratista por la ejecución de un contrato firmado.
- Tajo: Escalón o unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción en las minas a cielo abierto.
- Orden de Cambio: es un suplemento al contrato existente, cubre el costo y define el procedimiento para adaptarlo a la planificación original.

## 2.2 Descripción de las actividades desarrolladas

Para la realización del proyecto de manera eficiente se estableció en etapas, estas tienen un orden jerárquico y son dependientes unas de otras.

### 2.2.1 Etapas de las actividades

Estas iniciaron el 13 de noviembre del 2017 y culminaron el 31 de enero del 2018 con un coste aproximado de \$59 918.00 y son descritas así:

#### a) Etapa 1: Alcance del proyecto

En esta etapa se da inicio a la licitación del proyecto, realización de las consultas respectivas por el staff de ingenieros, valorización del costo del desarrollo del proyecto, delimitación de los alcances del proyecto, listado de entregables y la realización del cronograma.

#### b) Etapa 2: Análisis situacional de campo

Esta etapa inicia con la inspección situacional de campo, es decir, la visita a las instalaciones de la Unidad Minera, comprobación de equipos, recepción de información previa y necesaria para el desarrollo del proyecto.

Esta etapa culmina con la presentación del “Informe de Visita Técnica” el cual termina de delimitar el alcance del proyecto.

#### c) Etapa 3: Selección técnico-económico de alternativas tecnológicas

Esta etapa es la más extensa ya que se centra básicamente en el desarrollo de los entregables del proyecto, a su vez estos serán enviados al cliente para su aprobación, con el fin de mantener una comunicación clara con respecto al objetivo del proyecto.

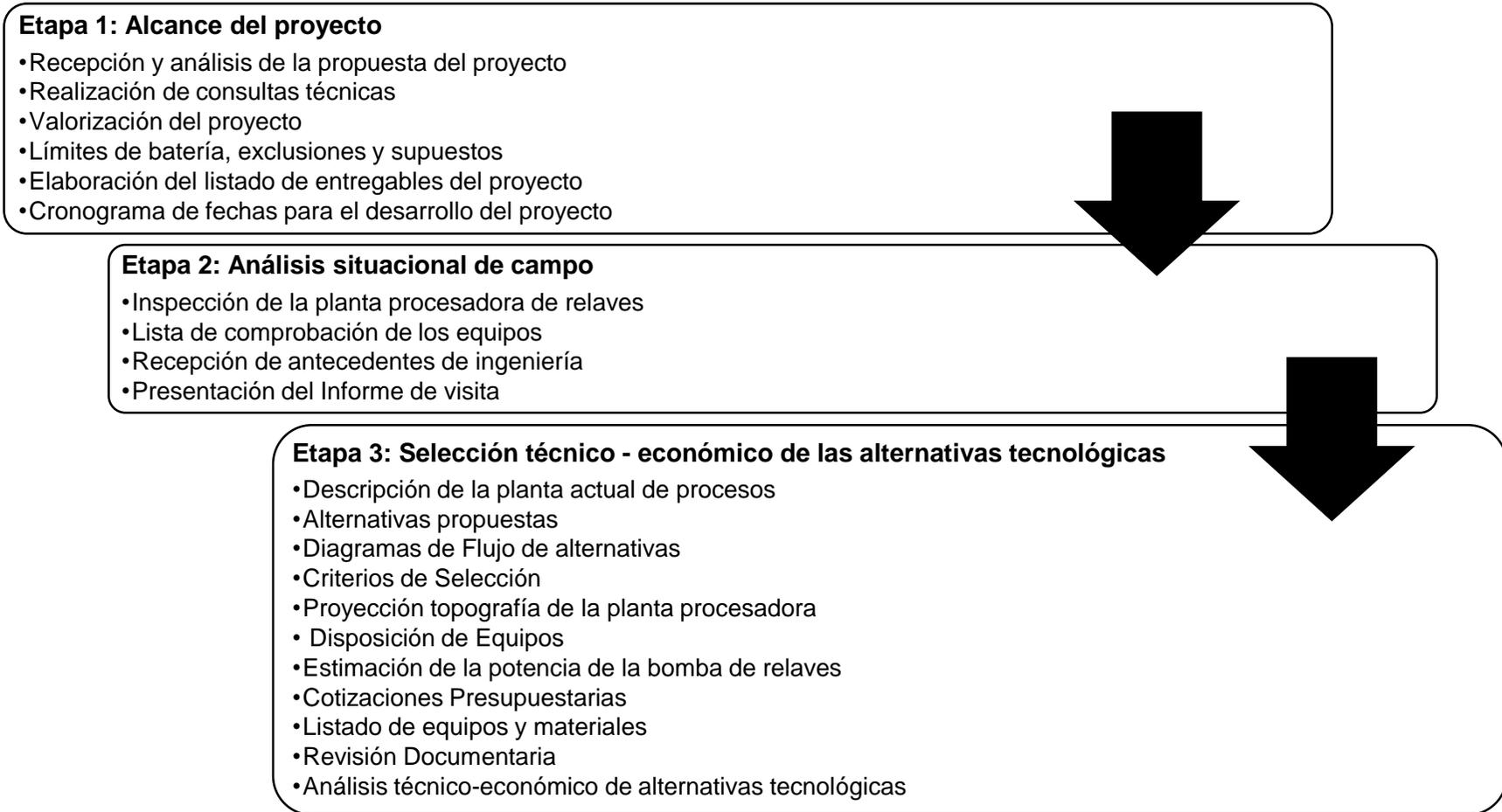
La etapa culmina con la sustentación de la selección de la tecnología de disposición adecuada para la Unidad Minera Contonga.

### 2.2.2 Diagrama de Flujo

En el esquema siguiente se muestra las actividades por cada etapa.



Figura 34: Fases del proyecto



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3 Cronograma de actividades

Para el desarrollo del cronograma consideró los siguientes puntos:

- El cronograma fue presentado en un formato accesible para todos.
- La estructura básica del Cronograma, fue considerando los siguientes puntos:
  - Hitos
  - Desarrollo de Ingeniería
- En la tabla siguiente se muestra la estructura del cronograma considerado (WBS).

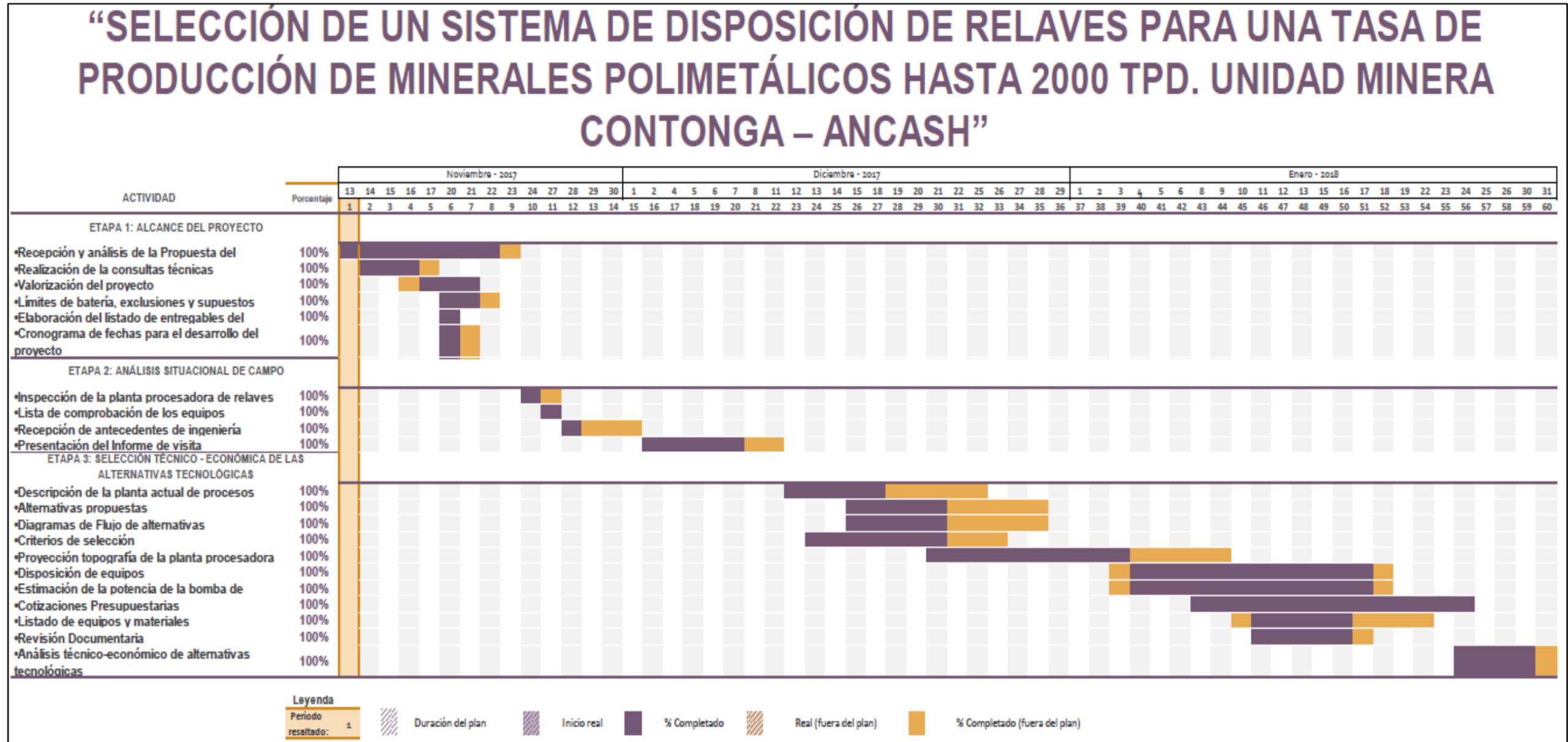
*Tabla 3: Estructura WBS del Cronograma*

WBS	DESCRIPTION
0000	GENERALES
0100	Planta de Proceso
0110	Sistema de Bombeo
1000	ALTERNATIVA N° 1 - "Relave sin Tratamiento"
1100	Planta de Proceso
1110	Sistema de Bombeo
2000	ALTERNATIVA N° 2 - "Relave Cicloneado"
2100	Planta de Proceso
2110	Sistema de Bombeo
2120	Sistema de Ciclones
3000	ALTERNATIVA N° 3 - "Relave espesado"
3100	Planta de Proceso
3110	Sistema de Bombeo
3120	Sistema de Espesado
4000	ALTERNATIVA N° 4 - "Relave espesado"
4100	Planta de Proceso
4110	Sistema de Bombeo
4120	Sistema de Espesado y Filtrado

*Fuente: Elaboración Propia*

- Se anexa el desarrollo del cronograma

Figura 35: Cronograma - Gantt



Fuente: Elaboración propia

### **III. APORTES REALIZADOS**

#### 3.1 Planificación, ejecución y control de las etapas

Para el desarrollo del proyecto cada etapa describe todas las actividades realizadas para la finalización de la misma.

El staff de ingenieros asignados informa sobre el avance de las actividades para identificar puntos críticos que puedan afectar el cronograma, emisión de entregables, cambio de alcance u otro, esto es para tener un control del avance del proyecto.

En las líneas siguientes se describe las etapas y sus actividades.

##### 3.1.1 Etapa 1: Alcance del proyecto

###### a) Recepción y Análisis de la propuesta del proyecto

La Unidad Minera Contonga, frente a su proyección de aumentar su tasa de producción de 1200 tpd a 2000 tpd planteó, implementar una nueva alternativa tecnológica de disposición de relaves bajo criterios técnicos - económicos, por ello requirió una ingeniería realizada por una casa de ingeniería y consultoría, dándose inicio al proceso de licitación, en el cual la Unidad Minera Contonga envía una solicitud de propuesta técnico-económica como se observa en la Figura 36.

El proceso de recepción de la propuesta es mediante el área de Desarrollo de Negocios, quien a su vez comunica al Director de ingeniería sobre la invitación a licitar y este mismo en una reunión con el Gerente de Ingeniería deciden participar de la propuesta designando un gerente y un ingeniero para la elaboración de la propuesta al proyecto, los mismos coordinan con los líderes de las disciplinas, para la designación de un staff que pueda participar en el proceso de licitación para luego trabajar en el desarrollo del proyecto.

Figura 36: Imagen de la portada de la propuesta recibida



*Fuente: Unidad Minera Contonga*

b) Realización de las consultas técnicas

Los ingenieros designados revisaron el alcance de la propuesta y realizaron las consultas que, en base a su experiencia en proyectos similares, estudios superiores, experiencias diversas, requieren tener definido para el desarrollo del proyecto ganando la licitación.

El formato de consultas es elaborado por todo el staff de ingenieros, enviado al cliente por medio del gerente del proyecto y al Área de Desarrollo de Negocios, la consultas enviadas son como se muestra en la Figura 37.

Figura 37: Consultas enviadas para la licitación

		
CONSULTAS		
Cliente:	Unidad Minera Contonga – Glencore	
Licitación:	Nombre de Propuesta:	Propuesta para el Estudio de Trade Off Depósito de Relaves Contonga
Contacto:	Carlos Requejo <a href="mailto:Carlos.requejo@glencore.com.pe">Carlos.requejo@glencore.com.pe</a>	
CRM N°:	1721042	Fecha: 25 Julio 2017
N°	Documento Contractual	Observación / Comentario
1	Técnica	Proporcionar el flowsheet, balance de masa y criterio de diseño de procesos de la planta actual.
2	Técnica	Confirmar que todos los datos de procesos para el análisis de alternativas provendrán ya sea de la información de la planta actual o de la información del estudio de ingeniería básica del 2015 (CESEL).
3	Técnica	Confirmar que no se debe realizar ninguna prueba o validación de las variables de procesos.
4	Técnica	Confirmar que el CAPEX y OPEX se incluirá dentro del Trade Off y por ende será a este nivel de evaluación.
5	Técnica	Confirmar si se cuenta con la información de los equipos que están operando actualmente que se vean involucrados en las alternativas que se van a evaluar.
6	Técnica	Confirmar de donde se realizará la alimentación eléctrica a los equipos nuevos, será de una planta eléctrica existente o se tendría que proponer una nueva.
7	Técnica	Ausenco va a proponer una visita técnica al proyecto al inicio de los trabajos, por favor, confirmar que requisitos se requieren para esta visita técnica de un día.
8	Técnica	Confirmar si dentro de la evaluación, Ausenco propondrá el porcentaje de relave que iría al depósito y para el interior mina, o Los Quenuales, indicará estos porcentajes, según sus proyecciones.
9	Técnica	En la reunión sostenida en las oficinas de Los Quenuales, se nos comentó sobre la restricción del límite de propiedad y una vía de acceso, que dificultarían el recrecimiento del depósito; de tener alguna restricción más que se deba tener en consideración en la evaluación, por favor, damos a conocer.
10	Técnica	Confirmar, si el actual proceso de relaves, cuenta con un espesador.

Fuente: Ausenco Perú S.A.C.

La Unidad Minera Contonga en un plazo corto respondió las consultas de las diferentes casas de ingeniería que estuvieron dentro del proceso de licitación. En la Figura 38 se muestra las respuestas a las consultas.

Figura 38: Respuesta a las consultas realizadas

			
RESPUESTA A CONSULTAS ENVIADAS POR LICITADORES			
Empresa:	Ausenco Perú S.A.C.		
Licitación:		Nombre de Propuesta:	Propuesta para el Estudio de Trade Off Depósito de Relaves Contonga
Contacto:	Pedro Mendoza <a href="mailto:pedro.mendoza@ausenco.com">pedro.mendoza@ausenco.com</a>		
CRM N°:	1721942	Fecha:	31 Julio 2017
N°	Documento Contractual	Observación / Comentario	Respuesta
1	Técnica	Proporcionar el flowsheet, balance de masa y criterio de diseño de procesos de la planta actual.	Se va a solicitar pero recordemos que el diseño es para 2000 TPD y a hoy estamos en 1200-1500 TPD
2	Técnica	Confirmar que todos los datos de procesos para el análisis de alternativas provendrán ya sea de la información de la planta actual o de la información del estudio de ingeniería básica del 2015 (CESEL).	Correcto, pero se debe de alinear a lo existente.
3	Técnica	Confirmar que no se debe realizar ninguna prueba o validación de las variables de procesos.	Correcto dado que se trata de un trade off el cual tiene cierta incertidumbre (pero debe de ser identificada como oportunidad de mejora)
4	Técnica	Confirmar que el CAPEX y OPEX se incluirá dentro del Trade Off y por ende será a este nivel de evaluación.	Correcto lo determinante es revisar/confirmar cual será la opción de mayor beneficio para la unidad minera considerando las restricciones que se tienen identificadas.
5	Técnica	Confirmar si se cuenta con la información de los equipos que están operando actualmente que se vean involucrados en las alternativas que se van a evaluar.	Confirmado, pero esto puede ser revisado en la visita a mina.
6	Técnica	Confirmar de donde se realizará la alimentación eléctrica a los equipos nuevos, será de una planta eléctrica existente o se tendría que proponer una nueva.	No es una limitante la demanda eléctrica, pero de ser necesario debe tomarse de la SE Existente y si esta no cuenta con capacidad debe de considerarse para CAPEX su costo estimado.
N°	Documento Contractual	Observación / Comentario	Respuesta
7	Técnica	Ausenco va a proponer una visita técnica al proyecto al inicio de los trabajos, por favor, confirmar que requisitos se requieren para esta visita técnica de un día.	Los requisitos son los que estipula la ley, es decir el examen médico de vista, SCTR, EPPS, etc.
8	Técnica	Confirmar si dentro de la evaluación, Ausenco propondrá el porcentaje de relave que iría al depósito y para el interior mina, o Los Quenuales, indicará estos porcentajes, según sus proyecciones.	Es preferible que mina indique esta necesidad o capacidad de recepción, para efectos del trade off y como se indicó en la reunión a hoy se tiene que todo el relave grueso esta llevado a mina con volquete en seco y después se envía con relave saturado.
9	Técnica	En la reunión sostenida en las oficinas de Los Quenuales, se nos comentó sobre la restricción del límite de propiedad y una vía de acceso, que dificultarían el recrecimiento del depósito; de tener alguna restricción más que se deba tener en consideración en la evaluación, por favor, damos a conocer.	A hoy estas son las principales sobre todo el de la propiedad.
10	Técnica	Confirmar, si el actual proceso de relaves, cuenta con un espesador.	Si se cuenta con un espesador y 02 ciclones (1 stand by) en mina.

Fuente: Ausenco Perú S.A.C.

### c) Valorización del Proyecto

Con las respuestas a las consultas el staff de ingenieros comienza con el llenado del formato de valorización.

Este formato tiene un registro de las ratios de todo el equipo de Ausenco Perú S.A.C., dando así al costo aproximado por horas invertidas y el equipo designado.

Este formato fue manejado únicamente por el equipo asignado al proyecto, gerente y director de ingeniería.

El formato es revisado en conjunto con el gerente de ingeniería, director de ingeniería y vicepresidente de Ausenco Perú S.A.C para la respectiva corrección y/o aprobación y emisión formal de la misma.

Todo este proceso debe estar en el periodo de licitación de la unidad minera para evitar preferencias entre los licitantes.

En la Figura 39 se observa el formato de valorización del proyecto, en la cual el staff de ingenieros proyectó las horas según el alcance del proyecto.

En la Figura 40 se observa el monto por el desarrollo de la ingeniería.



Figura 39: Valorización del proyecto

	Gerente de Proyecto	Revisor Principal (Don H)	Revisor Geotécnico	Revisor Mecánico	Revisor Procesos	Revisor Geología	Revisor Hidráulico	Ingeniero Geotécnico III	Ingeniero Diseño	Ingeniero Civil Senior	Ingeniero Diseño Civil I	Ingeniero de Procesos	CAD	CAD	Control de Proyectos	Secretaria de Proyectos	Control Documentario	Hours	Revenue (USD)
Task Name	Mendoza Pacheco, Pedro G	General Manager Technical Specialist I	Rodriguez Trujillo, Martin J	Luna Placencia, Carlos A	Hogle, Andrew P	Alvarez Cumpa, David	Iparraguirre Ortiz, Carlos M	Benites Hipolito, Ivan J	Semino Siu, Kenji H	Chiu Carrasco, Eduardo	Chahua Vicencio, Charlie	Diaz del Olmo Gomez, Daniel F	Minaya Rojas, Pilar	Martinez Becerra, Florencia L	Gomez Perez, Giovanni M	Estrella Ramirez, Carla A	Diaz Arana, Cristian I		
<b>Tarea 1: Gerencia del Proyecto</b>	44	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	5	6	70	\$ 5,251
Gerencia del proyecto	40																	40	\$ 3,320
Control del proyecto															10			10	\$ 480
Coordinaciones de trabajo	4	4	1													5		14	\$ 1,313
Control documentario																	6	6	\$ 138
<b>Tarea 2: Visita Técnica de Campo</b>	23	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	20	-	-	-	1	-	65	\$ 3,888
Examen médico de visita	4								4			4				1		13	\$ 727
Movilización y desmovilización	5								5			5						15	\$ 895
Visita técnica	10								10			10						30	\$ 1,790
Reporte de visita técnica	4								2			1						7	\$ 476
<b>Tarea 3: Estudio de Trade Off Relaves</b>	3	11	7	10	50	5	5	50	49	176	160	190	70	160	-	-	-	946	\$ 46,447
Revisión de información				2	5			2	2	10	10	20						51	\$ 2,877
Criterios de diseño	1	3	2		5			2	1		10	20						44	\$ 3,182
Diseño civil e hidráulico									24		70							94	\$ 3,532
Evaluación geotécnica								20										20	\$ 740
Evaluación mecánica				4														4	\$ 484
Balaceo de Masas (4 casos)					10					120		40		20				190	\$ 8,410
PFD (4 casos)					5							40		80				125	\$ 5,785
Planos y figuras								5	8	8	30		70	60				181	\$ 6,171
Estimado del Capex y Opex		3	1	4	15			5	4	38	10	50						130	\$ 8,094
Reporte del Estudio	2	5	4		10	5	5	16	10		30	20						107	\$ 7,172
																		-	\$ -
																		-	\$ -
																		-	\$ -
	70	15	8	10	50	5	5	50	70	176	160	210	70	160	10	6	6	1,081	
	\$5,810	\$3,000	\$1,008	\$1,210	\$8,250	\$415	\$385	\$1,850	\$3,360	\$5,984	\$5,440	\$10,080	\$2,030	\$6,080	\$480	\$66	\$138		\$ 55,586
	\$378	\$195	\$66	\$79	\$536	\$27	\$25	\$120	\$218	\$389	\$354	\$655	\$132	\$395	\$31	\$4	\$9		\$ 3,613

Fuente: Ausenco Perú S.A.C.

Figura 40: Formato del coste del proyecto

Item	Activity	Hours	Avg Rate (USD)	Budget Revenue (USD)
1	Tarea 1: Gerencia del Proyecto	70	\$ 75	\$ 5,251
2	Tarea 2: Visita Técnica de Campo	65	\$ 60	\$ 3,888
3	Tarea 3: Estudio de Trade Off Relaves	946	\$ 49	\$ 46,447
	Sub-Total Labour	1,081	\$ 51	\$ 55,586
	Other Direct Costs (ODC)	-	6.5%	\$ 3,613
	Expenses (flights, accommodations, meals, etc...)			\$ 719
	Sub Consultants			\$ -
	Contingency			\$ -
			<b>Total</b>	<b>\$ 59,918</b>

Fuente: Ausenco Perú S.A.C.

Para la Propuesta del proyecto de la Unidad Minera Contonga se basaron en un modelo de contrato a Suma Alzada, de conformidad como se muestra en la Tabla 4 .

*Tabla 4: Modelo de pagos*

Ítem	Pago de Hitos	Porcentaje de Avance (%)
1	Entrega de los criterios de diseño	60%
2	Entrega del Informe Rev. B	40%

*Fuente: Ausenco Perú S.A.C*

Se declaró cualquier trabajo o servicio adicional solicitado por la Unidad Minera Contonga que no se encuentre explícitamente dentro de la lista de entregables será entendido como un trabajo adicional y será ejecutado previa aprobación formal del Cliente mediante una Orden de Cambio.

El monto total de los Servicios puede estar sujeto a ajustes que dependan:

- Cronograma real de ejecución del Servicio.
- Cualquier variación de nuestro entendimiento actual respecto del alcance y los parámetros del servicio, que reconocemos podrían variar una vez que la tarea se encuentre en curso.

d) Límites de Batería, exclusiones y supuestos

Los límites de Batería, exclusiones y supuestos fueron como se muestra a continuación:

- Límites de Batería

Los límites de batería que aplican al Alcance del Trabajo que cubrió Ausenco S.A.C. incluyeron:

- Visita técnica al proyecto, por personal de Ausenco S.A.C. con amplia experiencia en diseño civil, procesos, mecánica y geotecnia.
- Estudio de Trade off para el recrecimiento del depósito de relaves de la relavera Tucush.

- Exclusiones

El alcance del Trabajo excluyó:

- Levantamiento topográfico del depósito de relaves de la relavera Tucush.
- Evaluación y/o actualización de variables metalúrgicas.
- Investigaciones geotécnicas de campo.
- Ensayos geofísicos.
- Diseño a nivel de detalle.
- Diseño para cierre.
- Análisis dinámico.
- Estudio geoquímico.
- Especificaciones técnicas.
- Manual de CQA.
- Estudios hidrogeológicos.
- Estudio hidrológico.
- Diseño Mecánico y eléctrico del sistema de bombeo.
- Monitoreo de la instrumentación geotécnica instalada.
- Estudio de peligro sísmico.
- Bombas de transferencia de agua ubicadas en el depósito de relaves.

Además de cualquier otra área que se encuentre fuera de los límites de batería.

- Supuestos

Se basaron en los siguientes supuestos:

- Toda la información que proporcionó La Unidad Minera Contonga para la realización del presente servicio está actualizada y representa las condiciones existentes en el área de trabajo.
- Toda la información topográfica y del monitoreo de instrumentación geotécnica que proporcionó La Unidad Minera Contonga estará debidamente validado y en formatos nativos: AutoCAD, Excel y Word.

- Se tomó como base para los criterios de diseño y balances de masas, la información previa que entregó por el cliente, no se consideran la ejecución en determinaciones de variables necesarias para diseño.
- Ausenco S.A.C. ejecutó los trabajos de acuerdo a las normas y Estándares Nacionales e Internacionales.
- La Unidad Minera Contonga garantizará la seguridad del personal de Ausenco S.A.C. durante su visita técnica, de modo tal que puedan desarrollar su labor de manera adecuada y segura.

e) Elaboración del listado de entregables del proyecto

Los servicios propuestos incluyeron los siguientes entregables:

- Informe de Visita Técnica
- Criterios de Diseño
- Informe del estudio de Trade Off para el recrecimiento del depósito de relaves de la relavera Tucush.

Se consideró que la elaboración de entregables adicionales no identificados en la propuesta hubieran sido incluidos mediante una Orden de Cambio, previa aprobación del cliente.

f) Cronograma de fechas para el desarrollo del proyecto

La ingeniería se basó en el siguiente cronograma resumido de actividades señaladas como se muestran en la Tabla 5.

Para el desarrollo del proyecto se usó el cronograma de la Figura 35.

Tabla 5: Cronograma de Fechas resumida

Ítem	Actividad	Fecha Señalada	
		Por la Unidad Minera Contonga	Por Ausenco S.A.C
1	Adjudicación y firma del contrato	Día 1	Día 1
2	Entrega de información por parte Unidad Minera Contonga	Día 2	
3	Visita Técnica		Día 5
4	Informe de visita técnica		Día 8
5	Criterios de diseño		Día 15
6	Informe Rev. B Estudio Trade Off		Día 35
7	Revisión del Informe Rev. B	Día 40	
8	Informe Final		Día 45

Fuente: Ausenco Perú S.A.C

### 3.1.2 Etapa 2: Análisis situacional de campo

#### a) Inspección de la planta procesadora de relaves

La visita técnica consistió en un recorrido de la planta de procesos y el área del depósito de relaves “Relavera – Tucush” y sus áreas involucradas para el presente estudio de Trade off.

En la Figura 41 se muestra la distribución general de la Unidad Minera. Las demás fotografías se encuentran en el ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS.

Figura 41: Imagen de la Unidad Minera Contonga



Fuente: Google Earth

Los trabajos realizados incluyeron las siguientes actividades:

i. Actualización del Alcance

Estos fueron:

- Identificación del área de estudio y de los límites de batería.
- El límite de batería para el presente estudio inició en la descarga de los relaves de la etapa de flotación Scavenger de Zinc, los cuales son enviados desde la planta concentradora hasta la relavera a un aproximado de 30% de sólidos.
- Identificación de los accesos existentes hacia el depósito de relaves “Relavera Tucush”.
- Identificación de áreas donde se proyecta el recrecimiento del depósito de relaves “Relavera Tucush”.
- Inspección de estructuras existentes (tuberías, postes, pozas, etc.).
- Inspección del manejo de aguas existente.
- Inspección de la instrumentación geotécnica instalada.
- Toma de fotografías de la planta de procesos y el área del depósito de relaves Tucush en la condición actual construida y las áreas donde se proyectará el recrecimiento del depósito de relaves Tucush, ver Figura 41.
- Inspección de Equipos que estuvieron dentro del alcance.
- Recopilación de información.

ii. Identificación del área

- ✓ Límites del área de estudio

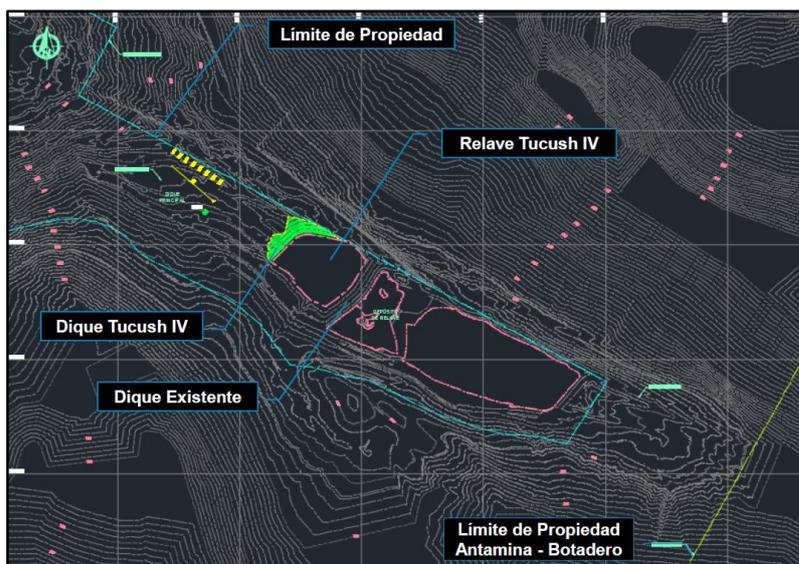
El área de interés es el depósito de relaves “Relavera Tucush” (24 hectáreas aproximadamente), esta se ubica aguas arriba de las actuales instalaciones de la Unidad Minera Contonga (Ver Figura 42). Está delimitada por:

- Aguas arriba del espejo de agua, por el límite de propiedad de la mina Antamina.
- En la margen izquierda, por los límites de la mina Antamina.



- En la Margen derecha, por el límite de la carretera interdistrital.
- Aguas abajo del actual depósito de relaves Tucush, por las actuales instalaciones de la Unidad Minera Contonga, campamento, y demás oficinas.

Figura 42: Límites del área de estudio



Fuente: Presentación Ausenco Peru S.A.C.

✓ Accesos existentes

Los accesos identificados hacia el depósito de relaves Tucush fueron:

- El acceso principal correspondiente a la carretera interdistrital, la cual cruza por toda la Unidad Minera Contonga.
- Accesos elaborados por la misma Unidad Minera.

✓ Identificación de estructuras existentes

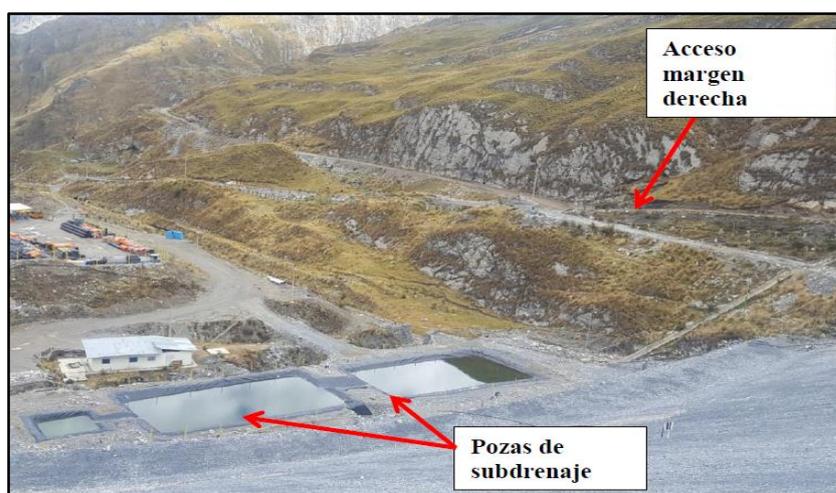
Dentro del depósito de relaves Tucush se observó los siguientes componentes:

- Al pie del talud del dique del depósito de relaves Tucush, se encuentran dos pozas de sub-drenaje grandes y una pequeña, y al pie de estas pozas una construcción, tipo caseta.
- Aguas abajo de las pozas de sub-drenaje se observó un área con material depositado producto del movimiento de tierras de anteriores

construcciones; Unidad Minera Contonga, indicó que este material se está evaluando con la finalidad de su caracterización para ser utilizado como material de préstamo.

- Aguas abajo del área con material depositado, se encuentran las instalaciones del campamento de la Unidad Minera Contonga.
- Por la margen derecha, aguas abajo del actual dique del depósito de relaves se observó la línea tubería de impulsión de relaves, la cual viene desde la planta hasta llegar al depósito de relaves Tucush.
- En la corona del actual dique del depósito de relaves Tucush se observó postes de luz eléctrica, el alineamiento de estos postes viene desde el estribo derecho del dique, pasa por la corona y luego el alineamiento sigue por la margen izquierda paralelo al acceso interdistrital, finalizando en la parte posterior del depósito;
- Aguas arriba de la corona del dique del depósito de relaves Tucush, en la playa de relaves formada, se realiza el depósito de los relaves mediante es uso de Ciclones. del relave.
- El cauce central del valle donde se encuentra el depósito de relaves, es interrumpido en la parte posterior del depósito, donde se hace un desvío por la margen izquierda (canal de coronación sur) al anterior canal que pasaba por la margen derecha.

*Figura 43: Accesos y estructuras existentes*



*Fuente: Presentación Ausenco Peru S.A.C.*

✓ Manejo de agua existente

De acuerdo a lo observado, el manejo de aguas del depósito de relaves se presenta mediante canales perimetrales y un túnel existente. Asimismo, dichos canales unen las aguas de la margen derecha e izquierda en un solo cauce, aguas abajo de la presa de relaves; para luego ser descargadas en el cauce principal de la zona de estudio.

*Figura 44: Canales perimetrales*



*Fuente: Visita Técnica a la Unidad Minera Contonga*

b) Lista de comprobación de Equipos

En el desarrollo de la visita se realizó el listado de comprobación de las bombas de impulsión de relaves, las mismas que fueron parte del alcance.

Se realizó una inspección rápida del componente y se realizó una reunión con el equipo de operaciones de la Unidad Minera Contonga para la elaboración del mismo tal como se muestra en la Figura 45.

Figura 45: Lista de Comprobación de Equipos

<b>Ausenco</b>	AUSENCO PERU S.A.C		Código
	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA		Versión: 01
			Revisado: Página 1 de 1

NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:	BOMBA DE IMPULSIÓN DE RELAYES	Tipo:	P	Operación (h):	24
P: Principal		A: Auxiliar		B: Back Up	

**ESPECIFICACIONES**

CÓDIGO:		PROVEEDOR:	INTECH
MARCA:		INVENTARIO:	-
MODELO:		POTENCIA (HP):	-
UBICACIÓN:	UNIDAD MINERA CONTONGA	VOLTAJE:	480
REFERENCIA:	ANCASH	AMPERAJE:	-

EQUIPO	<input checked="" type="checkbox"/>	MAQUINARIA	<input type="checkbox"/>	SISTEMA	<input type="checkbox"/>	COMPONENTE	<input type="checkbox"/>	ACCESORIO	<input type="checkbox"/>
--------	-------------------------------------	------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------	--------------------------

CUENTA CON MANUAL:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	ANTIGÜEDAD	N/D	CRITICIDAD	2
1: Alta 2: Media 3: Baja						

**COMPONENTES PRINCIPALES**

EQUIPO COMPLETO	Función:	BOMBEO DE FLUIDOS	Inspección	Mantenimiento
	Actividad 1	Verificar estado general		90
Actividad 2	Verificar estado conexiones eléctricas		90	180
Actividad 3	Verificación estado de tuberías y accesorios		90	180
Especificación	N/D		Frecuencia (Días)	

BOMBA	Función:	BOMBEO DE FLUIDOS	Inspección	Mantenimiento
	Actividad 1	Verificar estado y lubricación de los cojinetes	0	180
Actividad 2	Ajuste de prensa estopa o sello mecánico	0	180	
Actividad 3	Revisión del impulsor	0	180	
Actividad 4	Revisar estado del cuerpo - reparar y pintar en caso de ser necesario	0	180	
Actividad 5	Revisar estado de sensores de nivel	0	180	
Especificación	CATALOGO DEL EQUIPO		Frecuencia (Días)	

MOTOR	Función:	TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA	Inspección	Mantenimiento
	Actividad 1	Lectura de voltaje y amperaje	90	0
Actividad 2	Verificar elementos térmicos	90	0	
Actividad 3	Limpeza de arrancador e interruptor	0	180	
Actividad 4	Verificar estado y lubricación de los cojinetes	0	180	
Actividad 5	Revisión Cambio de embobinado	0	180	
Actividad 6	Revisar estado del cuerpo - reparar y pintar en caso de ser necesario	0	180	
Especificación	CATALOGO DEL EQUIPO		Frecuencia (Días)	

**MANTENIMIENTO**

ACTIVIDAD	PERIODICIDAD	RESPONSABLE
Verificar Correcto funcionamiento	Semanal	Operario
Mantenimiento general	Mensual	Dep. mantenimiento/ controlista

**OBSERVACIONES**

---



---



---

**CONTROL DE ACTIVIDADES (Ejemplo)**

FECHA	C: Calibración	V: Verificación	M: Mantenimiento	DESCRIPCIÓN	CODIGO O.S.	EJECUTO
	C	V	M			

Elaborado por Ingeniería y Mantenimiento S.A.S. - Inmscol

Fuente: Ausenco Perú S.A.C.

c) Recepción de antecedentes de ingeniería

Para conocer los antecedentes sobre las propuestas de disposición de relaves, las condiciones actuales del depósito de relaves Contonga y las características operativas de la mina, así como las características físicas de la zona de estudio, se ha revisado toda la información proporcionada por Unidad Minera Contonga (UMC):

- Informe de Análisis de Alternativas para Disposición de Relaves. (CSL-143000-5000-BA-10-EN-001). CESEL, 2015.
- Estudio a Nivel de Factibilidad para el Diseño de la Ampliación de la Presa de Relaves Tucush - Etapa I. Memoria Descriptiva. Rev.1. GRAMSA, 2016”.
- Estudio a Nivel de Factibilidad para el Diseño de la Ampliación de la Presa de Relaves Tucush - Etapa II. Memoria Descriptiva. Rev.1. GRAMSA, 2016”.
- Diseño del Depósito de Relaves “Tucush”. Copersa Ingeniería S.A.C. 2004.
- Estudio de Peligro Sísmico. (1703.10.01-9100-21-ITE-001 Rev.B). Anddes, 2017.
- Informe Técnico – Extensión del Depósito de Relaves Tucush. Rev.0. GRAMSA, Julio 2016.
- Plano Topográfico Depósito de Relave Tucush. Planta y Perfil Longitudinal. (CT-2017-RE-PP-01 Rev. A). Nyrstar, Agosto-2017.
- Información de Planta Contonga: pruebas de sedimentación, análisis petrográfico, costo y consumo de energía, diagrama de flujo y distribución granulométrica de relave (balance de material).
- Plano CAD Límite ITS: Arreglo General. Ingeniería para la Extensión del depósito de relaves Tucush (804-ING-G-000-03 Rev.0). GRAMSA, 2016.
- Plano: Línea de Tuberías de Relave Tramo I. Planta y Perfil Longitudinal (LTR-2016-CTG-PP-01 Rev.A). Nyrstar. Septiembre, 2017.

- Plano: Línea de Tuberías de Relave Tramo II. Planta y Perfil Longitudinal. (LTR-2016-CTG-PP-01 Rev.A). Nyrstar. Septiembre, 2017.
- Balance de Relavera (metalúrgico, agua en planta y agua en relavera). Agosto, 2017.
- Información de bombas MARS L-225 y MARS S180. Setiembre, 2017.
- Informe de “Ensayo N°MA1780439”.

La información proporcionada por la Unidad Minera es suficiente para el nivel de estudio realizado. La base topográfica (cada 1m) utilizada corresponde al año 2017, incluye las instalaciones existentes y la condición actual del depósito de relaves Tucush.

#### d) Presentación del Informe de Visita

Completado la visita técnica del staff de ingenieros, el equipo en las oficinas de Lima, se debe emitir el documento “Informe de Visita Técnica”, esto es a los tres días llegado a la oficina.

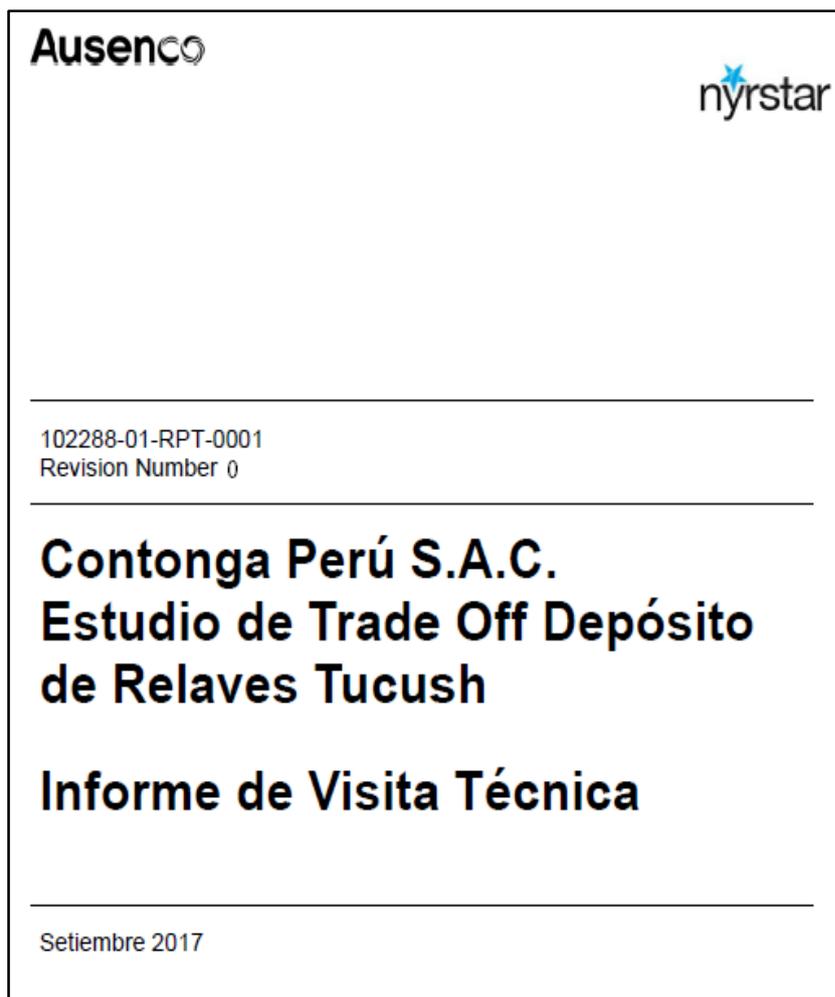
El proceso de elaboración del informe parte del ingeniero del proyecto, los integrantes del staff van complementando el informe con el área de especialidad del ingeniero.

El informe de visita fue presentado al gerente del proyecto, este realiza unos comentarios fue emitido en Rev. B al Cliente para su aprobación.

El cliente indicó algunos comentarios para la aprobación o rechazo del informe de visita, el documento fue aprobado y fue emitido en Rev.0.

En la Figura 46 se observa la portada del documento, e en Lima se procede con la emisión del documento.

Figura 46: Portada del Entregable “Informe de Visita Técnica”



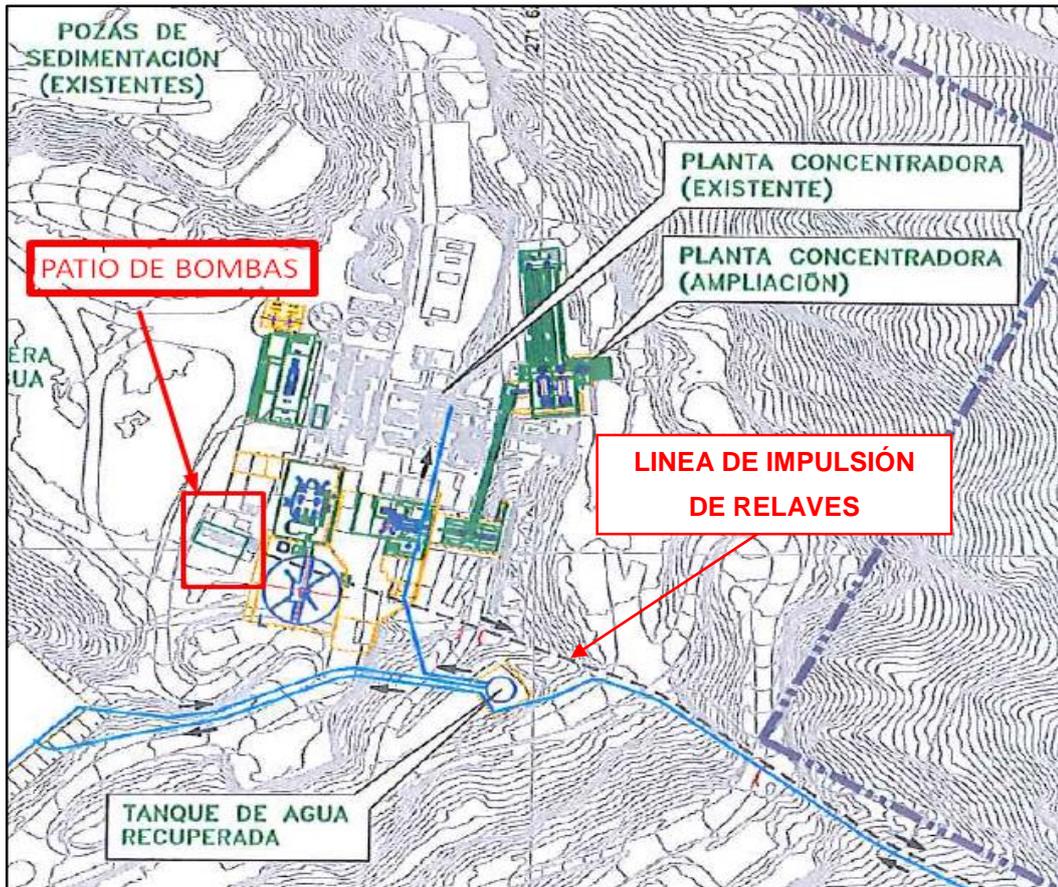
Fuente: Ausenco Perú S.A.C

### 3.1.3 Etapa 3: Selección técnico económico de alternativas tecnológicas

#### a) Descripción de la planta actual de procesos

La Unidad Minera tiene una planta concentradora que actualmente produce 1200 tpd, en la Figura 47 se muestra la distribución general de la planta, para la transferencia del relave producido desde el área de la planta de procesos hasta el depósito de relaves Tucush, cuenta con dos bombas existentes que son del tipo pistón modelos Mars L-225 y S-180 (Figura 48), las que pueden operar a 130,44 m<sup>3</sup>/h y 78 m<sup>3</sup>/h, respectivamente tal como se ve en la Figura 49. La línea de impulsión es de 4" ó de 5" de acuerdo a la necesidad operativa de la planta concentradora.

Figura 47: Planta de procesos de la unidad minera Contonga



Fuente: Unidad Minera Contonga

Figura 48: Bomba Mars L-225 y Bomba Mars S-180



Fuente: Unidad Minera Contonga



Figura 49: Datos de la Bombas Mars S-180 y L-225

MODELO	Caudal		Presion		Veloc.	Potencia		Cilino	APLICACION
	m <sup>3</sup> /min	GPM	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	RPM	kW	HP	mm.	Low Pressure
L-225	3,106@1,864	817@491	40	569	50@30	241@144	323@193	225	High Pressure
H-180	1,557@0,849	410@223	80	1137	55@30	252@138	339@185	180	High Speed - Low Pressure
L-125R	1,004@0,552	264@145	30	427	100@55	61,3@33,7	82@45	125	High Speed - High Pressure
H-125R	0,978@0,538	257@142	60	854	100@55	119,4@65,8	160@88	125	Higher Pressure
H-225S	2,092@1,255	551@330	100	1423	50@30	426@256	323@193	195	Special Pressure
S-180	1,306@0,713	334@188	160	2275	55@30	287@266	653@357	160	Bauxite Slurry
H-225	2,340@1,400	616@368	--	---	50@30	276@286	638@383	225	Bauxite Slurry
L-225	2,414@1,449	635@381	--	---	50@30	241@144	323@193	225	

Fuente: Intech S.A <http://www.intech-sa.com/productos.php>

#### b) Alternativas propuestas

El relave enviado al depósito de relaves es el correspondiente al relave scavenger de zinc el cual sale de la planta concentradora a 28% de sólidos.

Para este estudio desarrollaron cuatro alternativas para la disposición de relaves, considerando un tonelaje de alimentación a la planta concentradora de 2000 tpd. Las alternativas son las siguientes:

1. Alternativa N°1: Relave sin tratamiento.
2. Alternativa N°2: Relave cicloneado.
3. Alternativa N°3: Relave espesado.
4. Alternativa N°4: Relave filtrado.

Para el dimensionamiento de los equipos principales de cada una de las alternativas a evaluar se ha considerado parámetros estándar a partir del

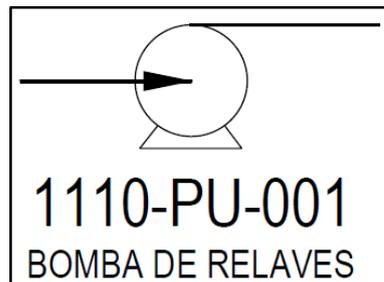
benchmarking de proyectos similares; pero es necesario realizar pruebas de sedimentación y filtración que permita confirmar los parámetros finales a considerar para el dimensionamiento de los equipos seleccionados.

c) Diagramas de Flujo de alternativas

Los diagramas de flujo son desarrollados en base a las alternativas de disposición mencionado líneas arriba.

Estos mostraron los equipos principales que estuvieron involucrados dentro del alcance (Bombas, espesadores, filtros y demás), estos tienen una codificación en base al WBS asignado al proyecto seguido del acrónimo del equipo y el correlativo del mismo; así evitamos la duplicidad de codificación (Ejemplo Figura 50). Los diagramas de flujos muestran también límites de batería descritos líneas arriba.

*Figura 50: Ejemplo de codificación de un equipo*



*Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-F-101*

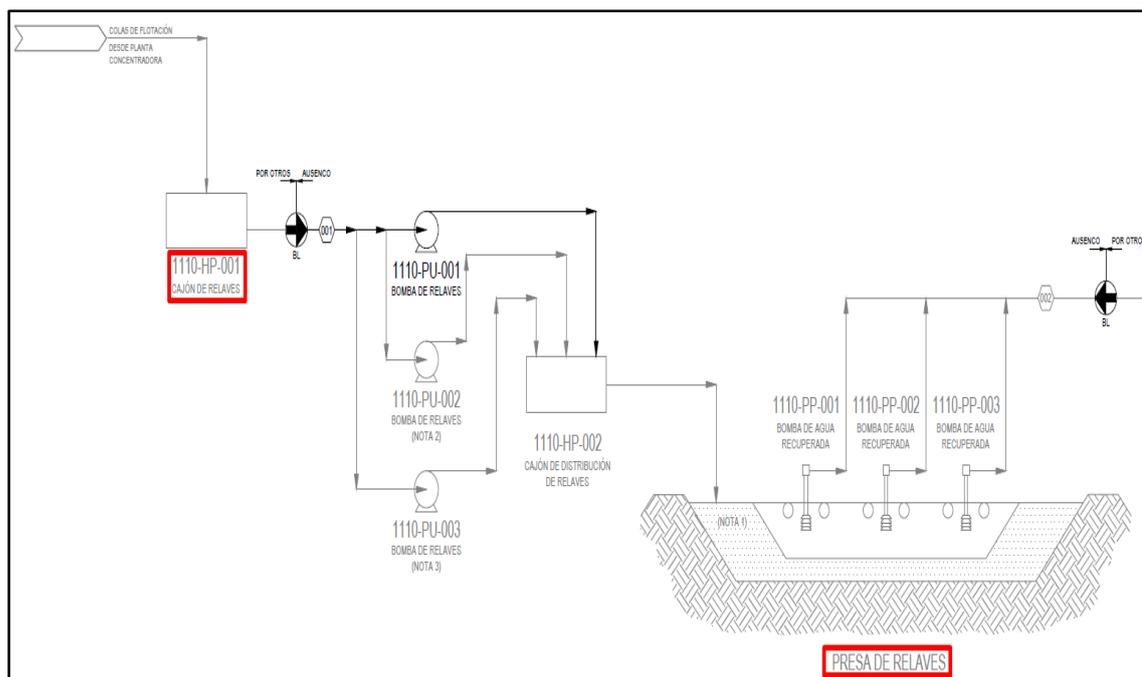
Los diagramas de Flujo se pueden ver en el Anexo 4.2: Planos de Procesos del presente trabajo.

i. Alternativa 1: Relave Sin Tratamiento

Para la alternativa "Relave sin tratamiento"; se consideró el uso de una bomba nueva y una línea de impulsión de 8" que transportará el relave desde el cajón de relaves de la planta concentradora hasta un cajón de distribuidor existente cerca de la Relavera Tucush este se encarga de alimentar el depósito de relaves.

La Figura 51 muestra un diagrama de flujo del proceso.

Figura 51: Opción 1 – Relave sin tratamiento



Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-F-101

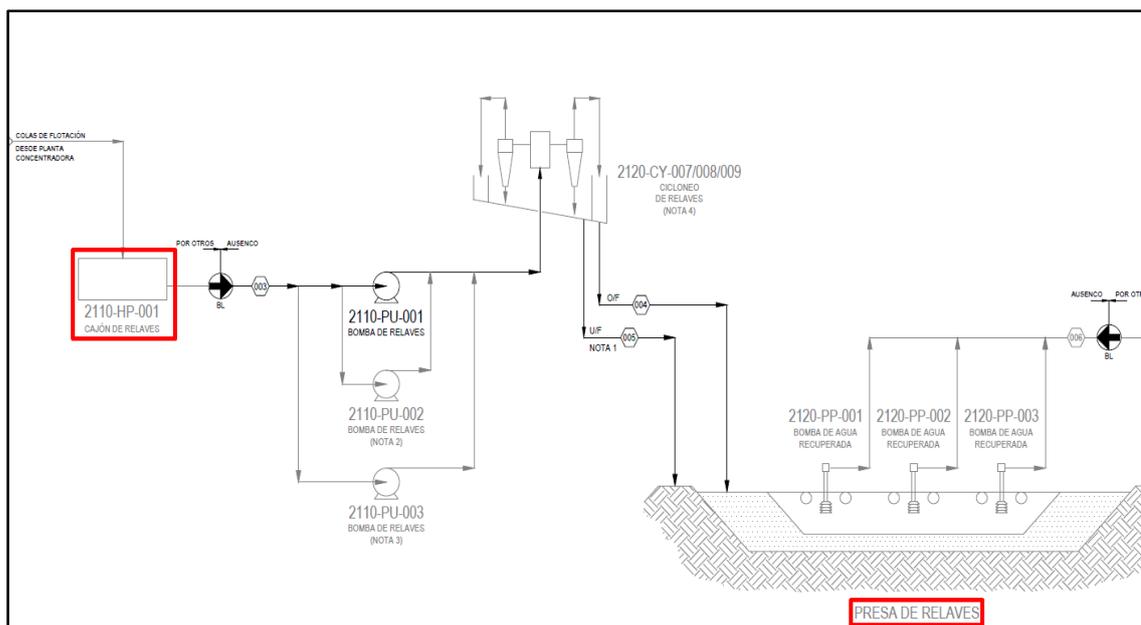
## ii. Alternativa 2: Relave Cicloneado

En la alternativa 2, se consideró el uso de una bomba nueva y una línea de impulsión de 8" que transportará el relave desde el cajón de relaves de la planta concentradora hasta 03 ciclones de 12" de diámetro estos estarán distribuidos sobre el dique de la presa de manera equidistante, paralela y que pueden ser movidos de acuerdo a la necesidad operativa del depósito de relaves.

Parte del material grueso de los ciclones será usado como material de préstamos para la construcción del dique del depósito de relaves, mientras que el material remanente y el material fino producto del cicloneo serán almacenados en la presa.

La Figura 52 muestra un diagrama de flujo del proceso.

Figura 52: Opción 2 – Relave Cicloneado



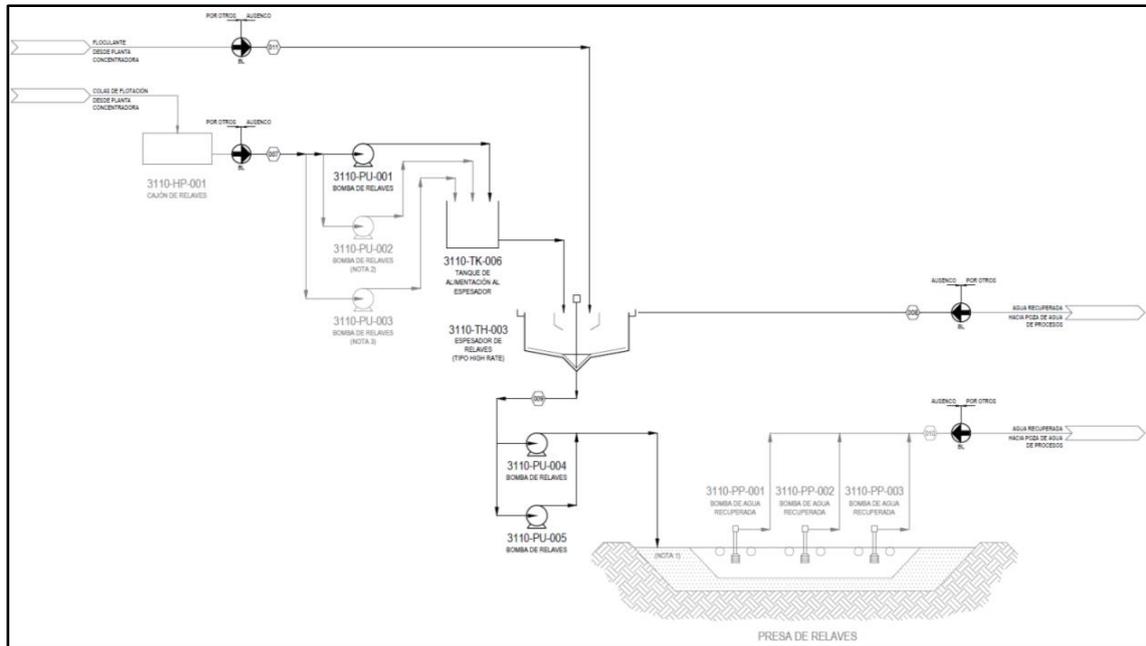
Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-F-102

### iii. Alternativa 3: Relave Espesado

En la alternativa de “Relave Espesado” se consideró el uso de una bomba nueva y una línea de impulsión de 8” que transportará el relave desde el cajón de relaves de la planta concentradora hasta el cajón de alimentación de un espesador High Rate de 25 metros de diámetro ubicado al SO de la realvera Tucush, donde incrementa el porcentaje de sólidos de los relaves desde 28% hasta 60%. El overflow del espesador (agua de procesos), es retornado a la planta concentradora por gravedad; mientras que el relave espesado es bombeado hasta el depósito de relaves.

La Figura 53 muestra el diagrama de flujo.

Figura 53: Opción 3 – Relave Espesado



Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-F-103

#### iv. Alternativa 4: Relave Filtrado

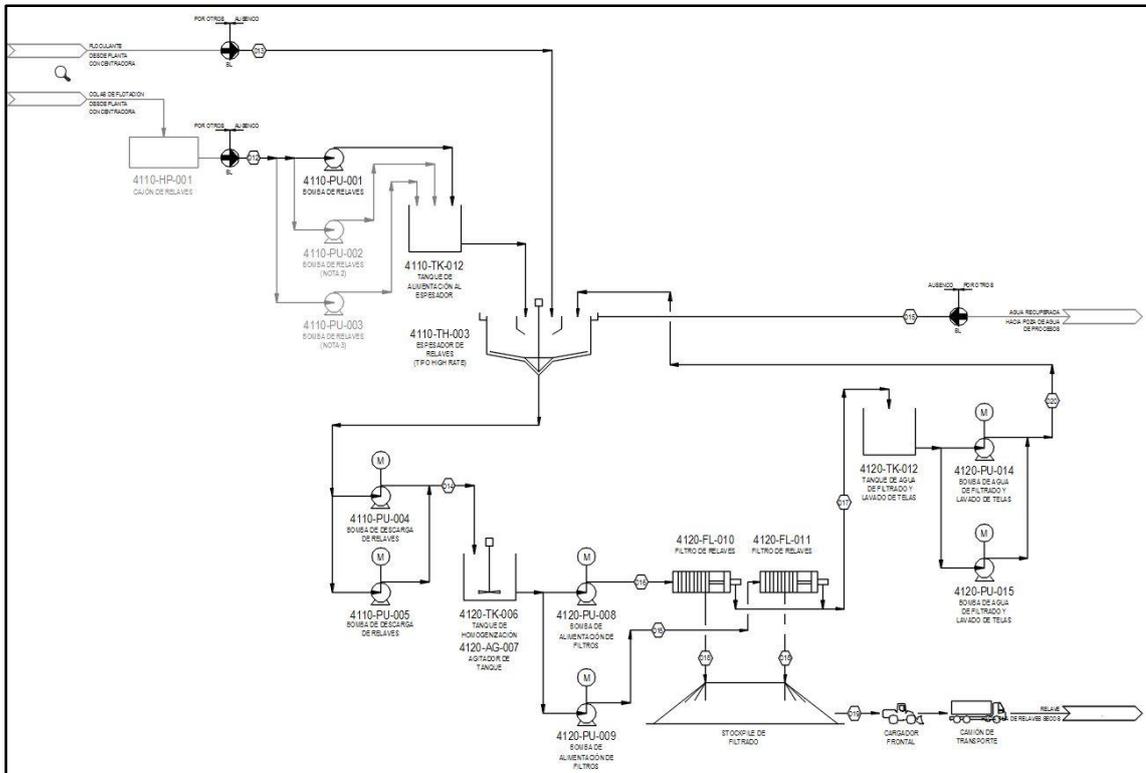
En la alternativa de “Relave Filtrado” se consideró el uso de una bomba nueva y una línea de impulsión de 8” que transportará el relave desde el cajón de relaves de la planta concentradora hasta la planta de espesamiento ubicado al SO de la realvera Tucush.

La planta de espesamiento cuenta con:

- Un espesador como el caso anterior donde incrementa el porcentaje de sólidos hasta 60% además el overflow del espesador (agua de procesos), es retornado a la planta concentradora por gravedad.
- Tanque de homogenización, aquí son depositados los relaves espesados que vienen del espesador y van alimentados a los filtros.
- Dos filtros de marcos y placas de cámaras de 2 x 2 metros, el cual producirá un relave con un contenido de humedad del orden del 15%, la torta descargada de los filtros será cargada y transportada por camiones hasta el depósito de relaves donde será almacenado.

La Figura 54 muestra un diagrama de flujo del proceso.

Figura 54: Opción 4 – Relave Filtrado



Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-F-104

#### d) Criterios de selección

Los criterios de selección han sido desarrollados sobre la base indicados por el MINEM (Ministerio de Energía y Minas) para este tipo de actividades, asimismo, las recomendaciones del staff de ingenieros sugieren en base a la experiencia, proyectos de similar naturaleza, prácticas estándar de la industria minera, estándares del cliente, y los cálculos generales.

Los criterios de diseño considerados por las diferentes disciplinas de: Procesos, Mecánica, Civil y Geotecnia involucradas en el presente estudio, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6: Criterio de Selección para el proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente (1)
<b>Planta y Procesos</b>				
1.00	<b>Características físicas del mineral</b>			
1.01	Humedad	%	5,0	A
1.02	Gravedad específica	-	3,10	A
2.00	<b>Bases de operación de planta</b>			
2.01	Programa de tratamiento			
2.01.01	Días operacionales por año	d/a	365	A
2.01.02	Disponibilidad de planta de proceso (área húmeda)	%	95	A
2.01.03	Utilización de planta de proceso (área húmeda)	%	93	A
2.01.04	Guardias por día	-	2	A
2.01.05	Horas trabajadas por turno	h	12	A
2.01.06	Horas efectivas trabajadas por turno	h	11,2	A
2.02	Capacidad de Planta			
2.02.01	Capacidad nominal de planta actual	t/d	1 200	A
2.02.02	Capacidad nominal de planta futura	t/d	2 000	A
2.01.03	Utilización de planta de proceso (área húmeda)	%	93	A
2.01.04	Guardias por día	-	2	A
2.01.05	Horas trabajadas por turno	h	12	A
2.01.06	Horas efectivas trabajadas por turno	h	11,2	A
2.03	Características del relave de planta			
2.03.01	Relación de relaves / mineral	%	93	A
2.03.02	Gravedad específica del relave	-	2,7	A
2.03.03	Densidad de pulpa del relave	Kg/L	1,21	A
2.03.04	Porcentaje de sólidos en relaves	%	28	A

Ítem	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente (1)
2.04	Producción de relaves			
2.04.01	Producción diaria actual	t/d	1 038	D
2.04.02	Producción diaria actual	t/a	378 826	D
2.04.03	Producción diaria futura	t/d	1 730	D
2.04.04	Producción diaria futura	t/a	631 377	D
3.00	<b>Tratamiento de relave</b>			
3.01	Alternativa 1: Relaves sin tratamiento			
3.01.01	Producción diaria actual	t/h	47	D
3.01.02	Producción diaria futura	t/h	78	D
3.01.03	Porcentaje de sólidos promedio hacia relavera	%	28	A
3.01.04	Producción diaria actual	m3/h	137	D
3.01.05	Producción diaria futura	m3/h	229	D
3.01.06	Pendiente de playa	%	1,0	C
3.02	Alternativa 2: Relave cicloneado			
3.02.01	Ciclones de clasificación			
3.02.01.01	Cantidad de ciclones	-	3	D
3.02.01.02	Diámetro del ciclón	pulgadas	12	B
3.02.01.03	Tamaño de alimentación, P80	micras	135	A
3.02.02	Overflow			
3.02.02.01	Densidad de overflow	Kg/L	1,12	A
3.02.02.02	Porcentaje de sólidos - Overflow	%	13,2	A
3.02.02.03	Gravedad específica - Overflow	-	2,97	A
3.02.02.04	Fracción de flujo	%	37,0	A
3.02.03	Underflow			
3.02.03.01	Densidad de underflow	Kg/L	2,10	A
3.02.03.02	Porcentaje de sólidos - Underflow	%	76,2	A
3.02.03.03	Gravedad específica - underflow	-	3,19	A
3.02.03.04	Fracción de flujo	%	63,0	A
3.02.03.05	Tamaño de producto, P80	micras	215	A
3.02.04	Pendiente de playa	%	1,0	C



Ítem	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente (1)
3.03	Alternativa 3: Relave espesado			
3.03.01	Tipo de espesador	-	Hi Rate	C
3.03.02	Porcentaje de sólidos alimento espesador	%	28	A
3.03.03	Porcentaje de sólidos Underflow espesador	%	60	B
3.03.04	Tasa de carga de sólidos	t/m <sup>2</sup> -h	0,65	B
3.03.05	Número de espesadores	-	1	C
3.03.06	Diámetro de espesador	m	25,0	F
3.03.07	Tipo de reactivo	-	Aniónico	B
3.03.08	Estado físico	-	Sólido	B
3.03.09	Tipo de despacho	-	Sacos de 25 Kg.	B
3.03.10	Dosificación	g/t	5,00	F
3.03.11	Densidad reactivo	t/m <sup>3</sup>	0,825	B
3.03.12	Porcentaje en solución	%	0,05	B
3.03.13	Pendiente de playa	%	1,0	C
3.04	Alternativa 4: Relave filtrado			
3.04.01	Tipo de espesador	-	Hi Rate	C
3.04.02	Porcentaje de sólidos alimento espesador	%	28	A
3.04.03	Porcentaje de sólidos Underflow espesador	%	60	B
3.04.04	Tasa de carga de sólidos	t/m <sup>2</sup> -h	0,65	B
3.04.05	Número de espesadores	-	1	C
3.04.06	Diámetro de espesador	m	25,0	F
3.04.07	Tipo de filtro	-	Prensa	C
3.04.08	Tasa de alimentación (Máx. para diseño)	t/h	77,5	D
3.04.09	Tasa de filtración específica	Kg/m <sup>2</sup> /h	207	F
3.04.10	Humedad de torta del filtro	%	15	B
3.04.11	Número de equipos	-	2	C
3.04.12	Dimensiones de cámara	mm	2,000 x 2,000	C

Ítem	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente (1)
3.04.13	Duración del ciclo de filtrado	min	TBD	F
3.04.14	Presión máxima alimentación	bar	9	F
3.04.15	Tipo de reactivo	-	Ayuda filtrante	B
3.04.16	Estado físico	-	Líquido	B
3.04.17	Tipo de despacho	-	Cilindros de 200 L.	B
3.04.18	Dosificación	g/t	30,0	B
3.04.19	Densidad reactivo	t/m3	0,98	B

*Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off*

*Nota:*

1) *Simbología*

*A: Información o Criterio proporcionado por Unidad Minera Contonga*

*B: Práctica Industrial Estándar*

*C: Recomendaciones de Ausenco*

*D: Criterios a partir de Cálculos de Proceso*

*E: Datos de proveedor*

*F: A ser confirmado – será proporcionado por el cliente.*

#### e) *Proyección Topográfica de la planta procesadora*

Las alternativas desarrolladas en este estudio de trade-off comprendieron el movimiento de tierras, disposición de relaves y disposición de equipos para el depósito de relaves “Relavera Tucush” en sus recrecimientos proyectados. Ausenco Perú S.A.C elaboró los arreglos generales de 4 alternativas en función a las características del relave a depositar, las mismas que satisfacen las necesidades operacionales y de capacidad para dicha instalación.

Las alternativas de disposición de relaves fueron evaluadas sobre la actual ubicación del depósito de relaves y en sus alrededores, en un área aproximada de 950 000 m<sup>2</sup>. Para cada alternativa se configuraron tres arreglos de disposición, las cuales están definidas de acuerdo a los casos

constructivos delimitadas a conveniencia de Unidad Minera Contonga; los casos identificadas son:

- Caso 1 - Máxima capacidad hasta el Límite Sur: corresponde a la obtención de la máxima capacidad, para la alternativa analizada, considerando no exceder el límite de propiedad en la zona sur, aquella que delimita la propiedad con Antamina.
- Caso 2 - Capacidad a 20 años: corresponde al arreglo del depósito de relaves configurado a partir del recrecimiento del Caso 1. Este caso debe almacenar una producción mínima de relaves de 20 años de operación. La alternativa no considera como restricción el límite de propiedad con Antamina, ubicado en la zona sur y este del depósito.
- Caso 3 – Máxima Capacidad Posible: corresponde al máximo recrecimiento de la alternativa evaluada, considerando no exceder el límite sureste de la propiedad, aquella delimitada por el camino de acceso al depósito de desmontes de Antamina.

Si bien la secuencia de los casos descritos son mandatorios para las alternativas desarrolladas, existe una excepción para el caso de la Alternativa 4, el de relave filtrado, que debido a condiciones propias del relave, el arreglo generado para el Caso 1 (máxima capacidad hasta el límite sur) y el arreglo para el Caso 2 (capacidad para 20 años de operación) son de similar configuración; debido a ello, se propuso un arreglo sobre las condiciones iniciales del proyecto, a fin de homologar la comparación con las otras alternativas del Trade-off.

Para el modelamiento se consideraron los siguientes parámetros:

- Base topográfica UTM WGS84 18S, proporcionada por el cliente en setiembre del 2017; una Base topográfica UTM WGS84 18S con curvas @5m, extraída de las ingenierías anteriores (GRAMSA, 2015); y una Base topográfica UTM WGS84 18S con curvas @5m, extraída de la Carta Nacional;
- Presa de relaves con un ancho de coronamiento mínimo igual a 5 m
- Pendiente del relave en el vaso del depósito de 1%.

A solicitud de la Unidad Minera Contonga, las alternativas a desarrollar serán configuradas sobre la topografía base, lo cual incluirá al depósito de relaves existente, con cota 4 236 msnm, y al depósito de relaves Tucush, el cual tiene como cota de corona de dique la cota 4 215 msnm. Estos serán considerados como las Consideraciones Iniciales del proyecto.

i. Alternativa 1 – Relave sin tratamiento

La alternativa 1 considera la configuración de un sistema convencional para un depósito de relaves, el cual estará conformado por un dique, de material de préstamo, y un vaso de almacenamiento, para la contención relaves sin tratamiento.

✓ Curva de Crecimiento

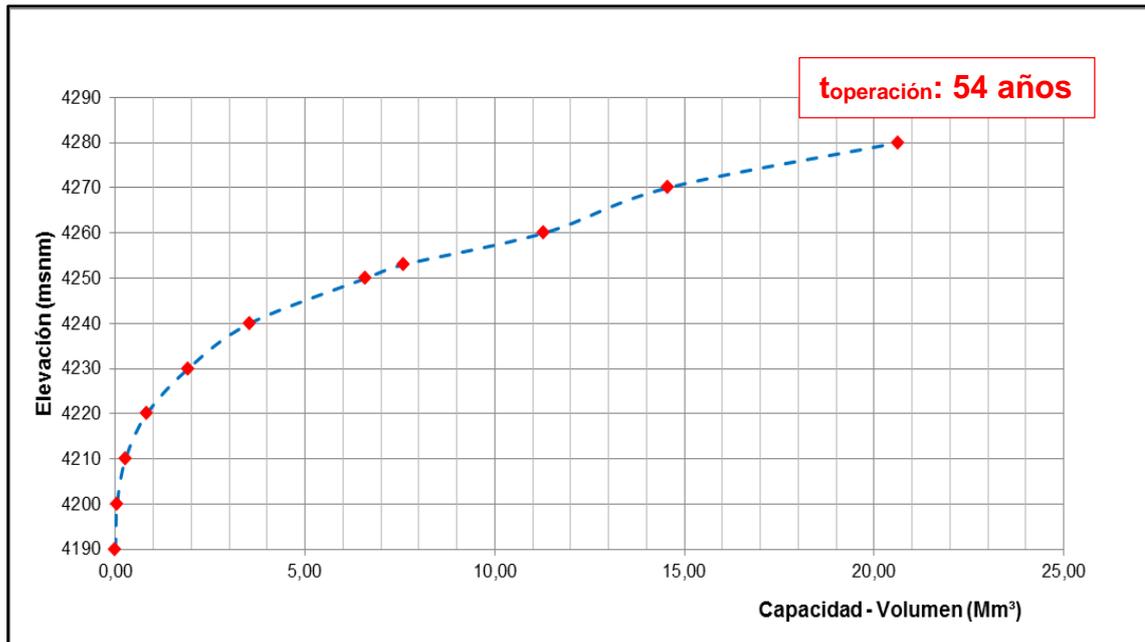
Tras la configuración de estos tres casos, se ha configurado una curva de Altura – Volumen, que expresa el crecimiento del almacenamiento en función de la cota máxima a la que se encuentra el relave. Los datos para la configuración de esta curva se presentan en la Tabla 7, así como la curva en la Figura 55.

*Tabla 7: Alternativa I – Datos para la curva*

Cota de Almacenamiento (msnm)	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Año de Operación
4 190	0	0
4 200	43 005	0
4 210	266 200	1
4 220	825 955	2
4 230	1 922 295	5
4 240	3 543 230	9
4 250	6 602 420	17
4 253	7 593 110	20
4 260	11 296 600	30
4 270	14 559 770	38
4 280	20 630 000	54

*Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off*

Figura 55: Alternativa 1 - Curva Elevación vs Volumen



Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

## ii. Alternativa 2 – Relave Cicloneado

La alternativa 2 considera el aprovechamiento de la fracción gruesa del relave para la conformación del dique, para lo cual se plantea un sistema que permite el proceso de clasificación hidráulica en estaciones de ciclones.

El proceso constructivo considera que, luego del proceso de cicloneo, toda la fracción gruesa será dispuesta hacia aguas abajo para conformar el cuerpo del dique y la fracción fina será dispuesta en el vaso de almacenamiento. Sin embargo, de acuerdo a los porcentajes de separación de relave en el cicloneo, el material grueso es mayor al material fino; por lo que, en principio y de acuerdo a los arreglos, existirá un exceso de capacidad de material de relave grueso para el dique; por ello, este exceso será depositado en el vaso del depósito hasta que se requiera un crecimiento del dique. De este modo se calcularon los volúmenes de material para el análisis de la presente alternativa.

Cabe resaltar que esta es la tecnología de disposición que usan ahora tal como se observa en la Figura 56.

Figura 56: Tecnología de disposición actual de la Unidad Minera Contonga



Fuente: Unidad Minera Contonga

✓ Curva de Crecimiento.

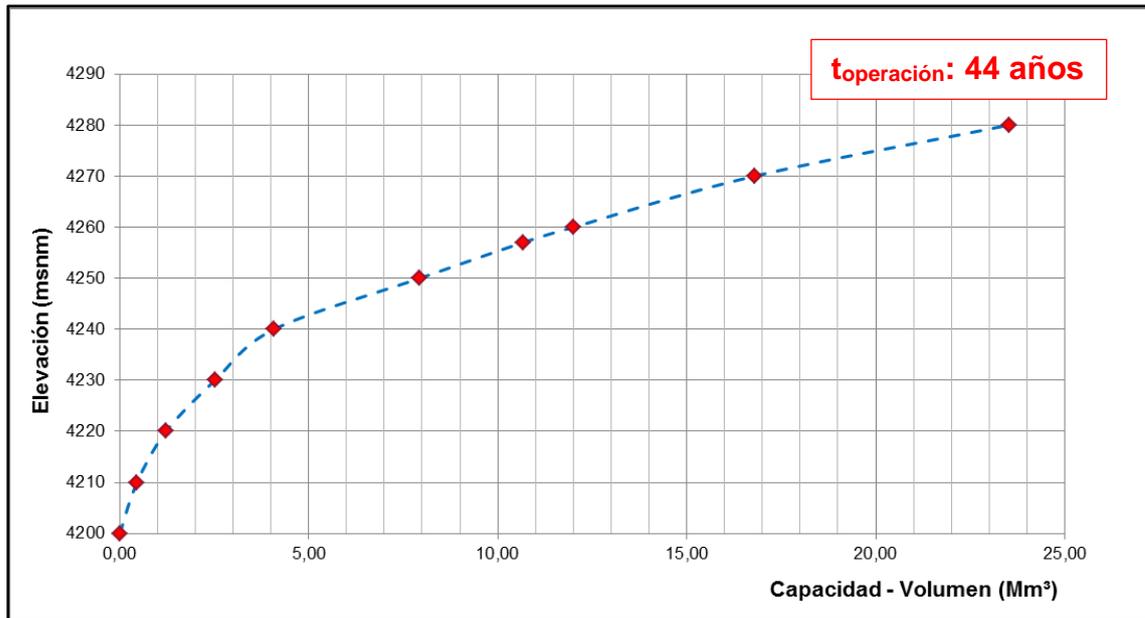
A continuación, se presentan los datos para la configuración de la curva en la Tabla 8, así como la curva en la Figura 57.

Tabla 8: Alternativa 2 – Datos para curva

Cota de Almacenamiento (msnm)	Relave Grueso (m <sup>3</sup> )	Relave Fino (m <sup>3</sup> )	Total Relave (m <sup>3</sup> )	Años de Operación
4 210	258 100	197 020	455 115	0
4 220	694 805	530 385	1 225 190	1
4 230	1 427 330	1 089 565	2 516 895	2
4 240	2 316 040	1 767 970	4 084 010	5
4 250	4 501 090	3 435 940	7 937 030	8
4 257	6 050 465	4 618 675	10 669 140	19
4 260	6 806 855	5 196 070	12 002 925	23
4 270	9 519 020	7 266 425	16 785 445	32
4 280	13 341 125	10 184 065	23 525 190	44

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Figura 57: Alternativa 2 - Curva Elevación vs Volumen



Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

### iii. Alternativa 3 – Relave Espesado

La alternativa 3 está basada en la remoción del agua contenida en los relaves, mediante el uso de un espesador, para obtener una concentración de sólidos de aproximadamente 60%, para aprovechar el aumento de sus propiedades (menor segregación, aumento de su homogeneidad) y mejorar la capacidad de almacenamiento.

La ubicación es comparable a la alternativa 1, pues ambas alternativas requieren del dique de material de préstamo para la contención de sus relaves, variando en la cantidad de volumen requerido para un periodo similar de tiempo.

#### ✓ Curva de Crecimiento

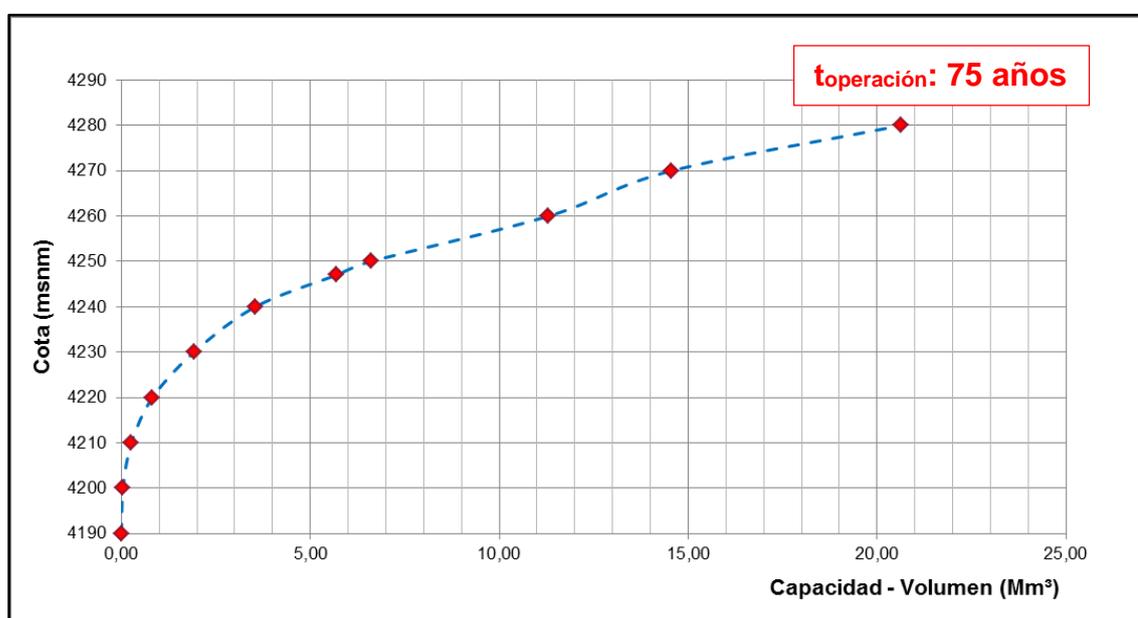
A continuación, se presentan los datos para la configuración de la curva en la Tabla 9, así como la curva en la Figura 58.

Tabla 9: Alternativa 3 – Datos para curva

Cota de Almacenamiento (msnm)	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Año de Operación
4 190	0,00	0
4 200	43 005	0
4 210	266 200	1
4 220	825 955	3
4 230	1 922 300	7
4 240	3 543 230	13
4 247	5 682 360	21
4 250	6 602 420	24
4 260	11 296 600	41
4 270	14 559 770	53
4 280	20 630 000	75

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Figura 58: Alternativa 3 – Curva Elevación vs Volumen



Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off



iv. Alternativa 4 – Relave Filtrado

La alternativa 4 está basada en la remoción del agua contenida en los relaves, mediante el uso de un espesador y dos filtros, para obtener una concentración de sólidos mayor al 80%, para aprovechar el aumento de sus propiedades (menor segregación, aumento de su homogeneidad) y mejorar la capacidad de almacenamiento.

✓ Curva de Crecimiento.

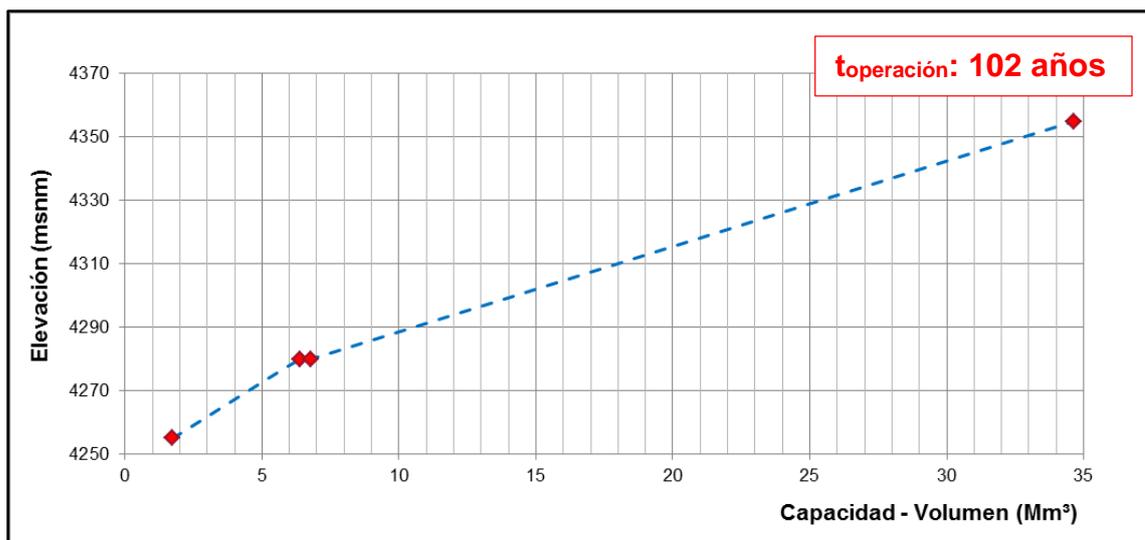
A continuación, se presentan los datos para la configuración de la curva en la Tabla 10, así como la curva en la Figura 59.

Tabla 10: Alternativa 4 – Datos para curva

Cota de Almacenamiento (msnm)	Total Relave (m <sup>3</sup> )	Años de Operación
4 255	1 730 555	5
4 280	6 386 165	19
4 280	6 776 175	20
4 355	34 647 130	102

Fuente: Informe Final Estudio de Trade off

Figura 59: Alternativa 4 – Curva Elevación vs Volumen



Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

v. Control de flujos sub-superficiales e Impermeabilización del vaso

Teniendo como referencia los criterios de diseño de las estructuras existentes y proyectadas en el área de trabajo (GRAMSA; 2015), todas las alternativas evaluadas tienen un sistema de impermeabilización en la base y un sistema de control de flujos sub-superficiales.

Estos sistemas inciden directamente en el apartado económico del trade-off, siendo considerada dentro del análisis de costo como un rate de dólares por metro cuadrado (USD/m<sup>2</sup>).

✓ Control de flujos sub-superficiales

Permite la captación de los flujos sub-superficiales mediante la colocación de tuberías perforadas y accesorios de HDPE, de diámetros variables entre 100 y 450 mm, y tuberías no perforadas y/o sólidas, de dimensiones similares, distribuidos en forma de “espina de pescado”, e instaladas en trincheras de subdrenaje.

Preferiblemente las tuberías son instaladas con pendientes mayores a 2%, en trincheras excavadas con taludes menores a 2:1 (H:V). Todo el sistema será proyectado en el vaso del depósito de relaves, debajo del sistema de revestimiento; y sobre la superficie de cimentación del dique, o en zonas donde se considere necesario.

Teniendo como referencia proyectos similares desarrollados por Ausenco se ha asumido un valor de 23,12 USD/m<sup>2</sup> para el sistema de control de flujos sub-superficiales.

✓ Sistema de impermeabilización

Consiste en el revestimiento del fondo del vaso del depósito de relaves con material geosintético. Se utilizará geomembrana lisa de HDPE de 1,5 mm, colocada sobre geotextil no tejido de 270 gr/m<sup>2</sup> en casos de pendientes leves, menores a 2:1 (H:V), o sobre GCL (Revestimiento sintético de arcilla), en caso de pendientes mayores a 2:1 (H:V).

Todo el sistema es proyectado bajo toda el área del vaso del depósito de relaves, y sobre la cara interna de los diques. Se ha agregado dentro del presupuesto un valor de 11,80 USD/m<sup>2</sup> para representar el sistema de impermeabilización del depósito de relaves.

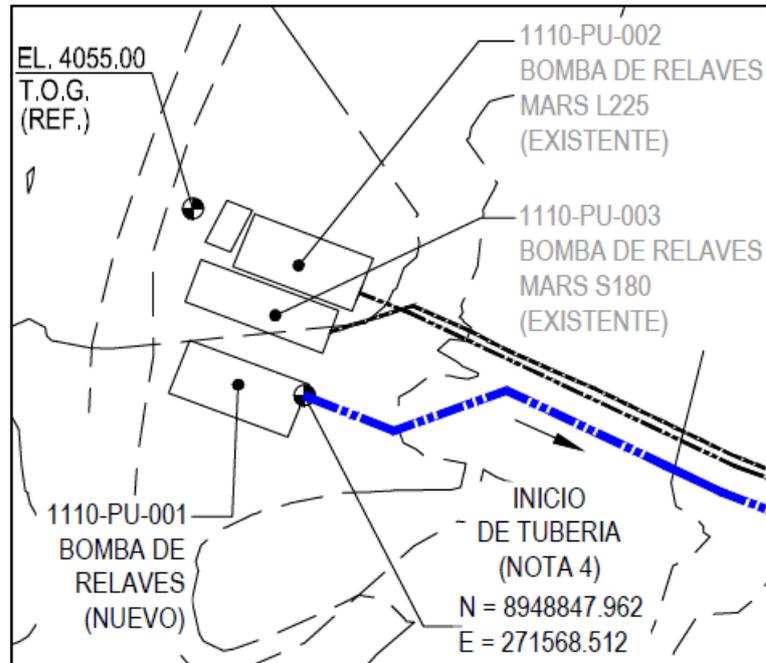
f) Disposición de equipos

La disposición de equipos fue en base a las alternativas de tecnología de disposición de relaves, esto es coordinado con los proyectistas civiles y los proyectistas mecánicos para que ambos manejen en tiempo real la disposición de los relaves y los equipos mecánicos para cada una de las alternativas.

i. Alternativa 1 – Relave sin tratamiento

Para esta alternativa sólo se consideró el uso de una bomba nueva que transportará relaves desde la planta concentradora a la “Relavera Tucush”, esta se encuentra en el patio de bombas de la planta concentradora tal como se ve en la Figura 60.

Figura 60: Disposición de Equipos alternativa 1

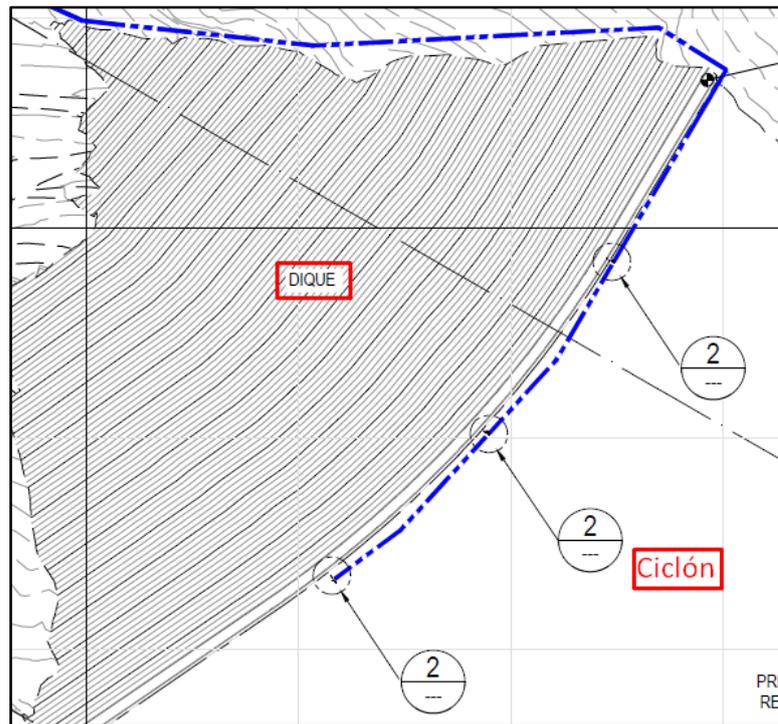


Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-G-103

ii. Alternativa 2: Relave Cicloneado

Al igual que la alternativa anterior se consideró el uso de una bomba nueva, además 03 ciclones de 12" de diámetro, estos estarán distribuidos sobre el dique de la presa de manera equidistante, paralela como se observa en la Figura 61.

Figura 61: Disposición de Equipos alternativa 2

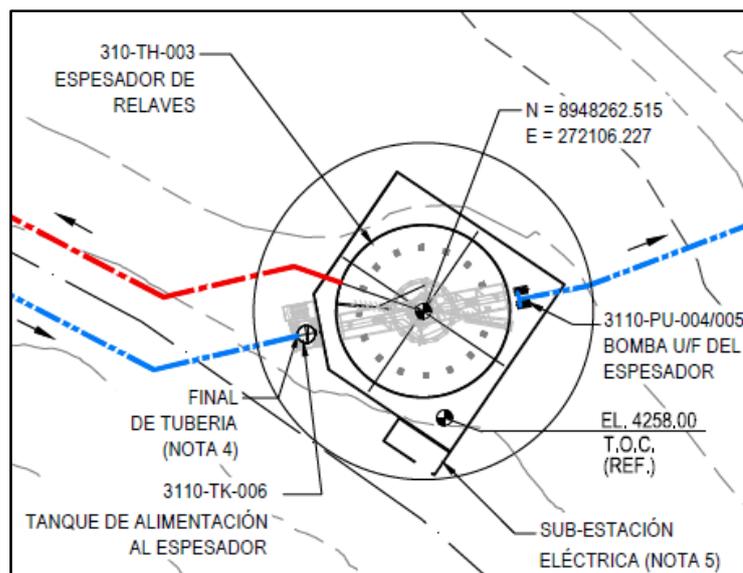


Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-G-106

iii. Alternativa 3: Relave Espesado

Al igual que la alternativa anterior se consideró el uso de una bomba nueva, además un espesador con su tanque de alimentación, estos estarán ubicados al Sur de la Relavera Tucush como se observa en la Figura 62.

Figura 62: Disposición de Equipos alternativa 3

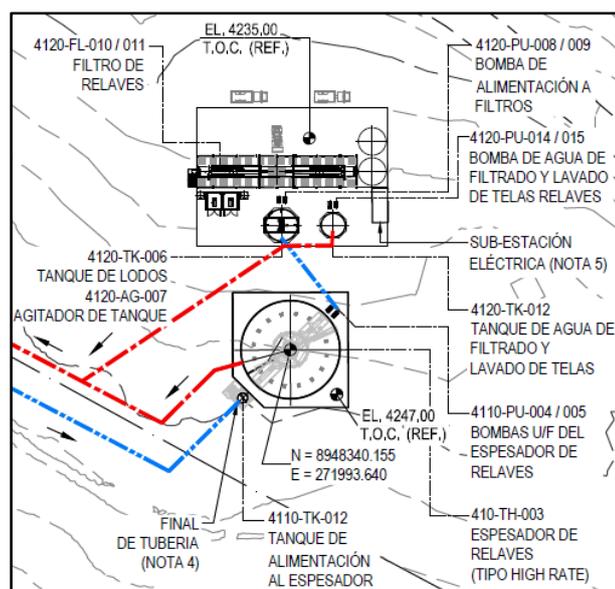


Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-G-107

iv. Alternativa 4: Relave Filtrado

Al igual que la alternativa anterior se consideró el uso de una bomba nueva, además un espesador con su tanque de alimentación y dos filtros con equipamiento completo, estos estarán ubicados al Sur de la Relavera Tucush como se observa en la Figura 63.

Figura 63: Disposición de Equipos alternativa 4



Fuente: Ausenco Perú S.A.C. - Plano 102288-01-G-109

g) Estimación de la potencia de la bomba de relaves

Como todas las alternativas requerían una bomba de impulsión de relaves nueva se realizó una estimación de la potencia de la bomba con los siguientes parámetros, que se encuentran en la Tabla 6:

- $Q = 236 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\rho = 1210 \text{ kg/m}^3$
- $SG = 2.70$
- $H_{\text{geo}} = 190 \text{ m}$
- Material de la tubería: Acero ASTM A53 Gr.B
- $\varnothing_{\text{tub}} = 8'' \text{ SCH } 80$
- $L_{\text{tub}} = 1300 \text{ m}$

i. Cálculo de la Velocidad:

Se sabe:

$$\varnothing_{\text{int}} = \varnothing_{\text{ext}} - 2 * t_{\text{SCH}}$$

Por tablas, para tubería de acero ASTM A 53 Gr.B  $\varnothing 8'' \text{ SCH } 80$ :

$$\varnothing_{\text{ext}} = 219.1 \text{ mm}; t_{\text{SCH}} = 12.7 \text{ mm} \rightarrow \varnothing_{\text{int}} = 193.7 \text{ mm}$$

Reemplazando en:

$$Q = V \times A$$

$$\frac{236}{3600} = V \times \pi * 0.25 * (193.7 * 0.001)^2$$

$$V = 2.22 \text{ m/s}$$

ii. Cálculo del Número de Reynolds

Se sabe:

$$Re = \frac{V \times \varnothing_{\text{int}}}{\nu}$$

Reemplazando:

$$Re = 969555.15$$

iii. Cálculo del factor de fricción

Por ser flujo turbulento ( $Re > 4000$ ), se sabe:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{K}{3.7 * \varnothing_{int}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Se obtiene:

$$f = 0.02$$

iv. Cálculo de la altura dinámica

Fueron evaluadas por las ecuaciones:

$$Hd = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} ; Hl = K \frac{v^2}{2g}$$

✓ Succión

Considerando:

- $L_{succión} = 5.0$  m (Aproximado)
- Válvula Check:  $K = 2.1$ , Cant. 1
- Válvula de Bola:  $K = 0.06$ , Cant. 1

$$Hd = 0.12 \text{ y } Hl = 0.54$$

✓ Descarga

- $L_{succión} = 1300.0$  m (Aproximado)
- Válvula Check:  $K = 2.1$ , Cant. 1
- Válvula de Bola:  $K = 0.06$ , Cant. 1

$$Hd = 27.13 \text{ y } Hl = 0.00177$$

v. Cálculo de la altura geométrica

Se sabe que:

$$H_{geo} = H_{descarga} - H_{succión}$$

Reemplazando:

$$H_{geo} = 190 \text{ m}$$

vi. Cálculo de la altura manométrica total

Se sabe que:

$$H = H_{geom} + \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^3 - V_s^2}{2g} + H_{pérdidas}$$

Reemplazando:

$$H = 280 \text{ m}$$

vii. Cálculo de la potencia de accionamiento

Se sabe que:

$$P_{bomba} = \rho * g * Q * H * n^{-1}$$

Reemplazando:

$$P_{bomba} = 434.9 \text{ KW}$$

h) Cotizaciones Presupuestarias

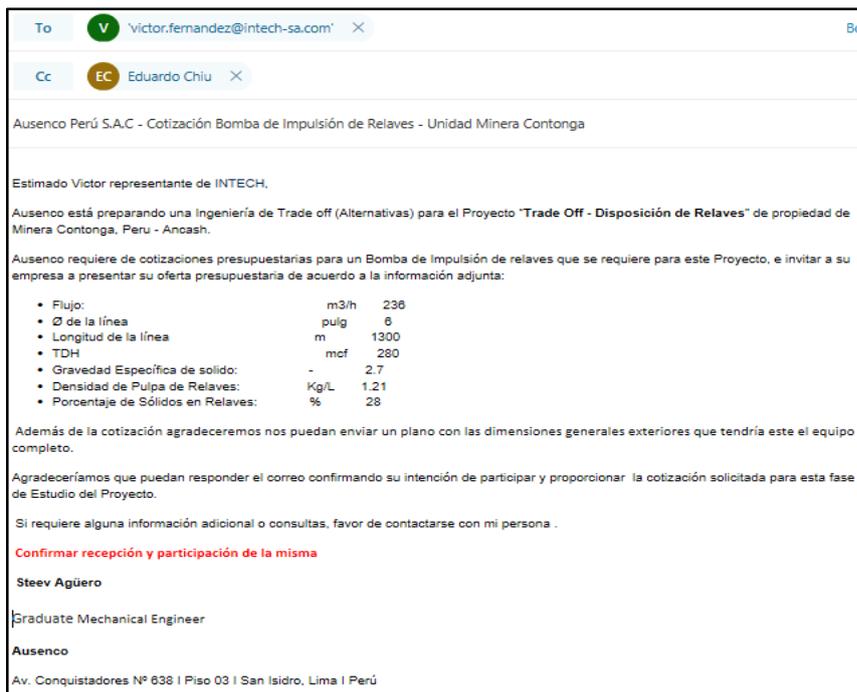
En esta actividad se busca seleccionar un modelo que cubra por encima las necesidades de las alternativas que se están evaluando, esto parte desde la bomba de impulsión de relaves hasta el espesador y los filtros además de los equipos complementarios a estos

Comienza con la solicitud a los proveedores para cada equipo, en el cual se le adjunta la información necesaria para que ellos puedan enviar la información técnico-comercial para su evaluación e inclusión dentro del alcance del proyecto.

En la Figura 64 se muestra el correo de solicitud de un equipo y en la Figura 65, Figura 66 y Figura 67 se muestra la propuesta del proveedor.

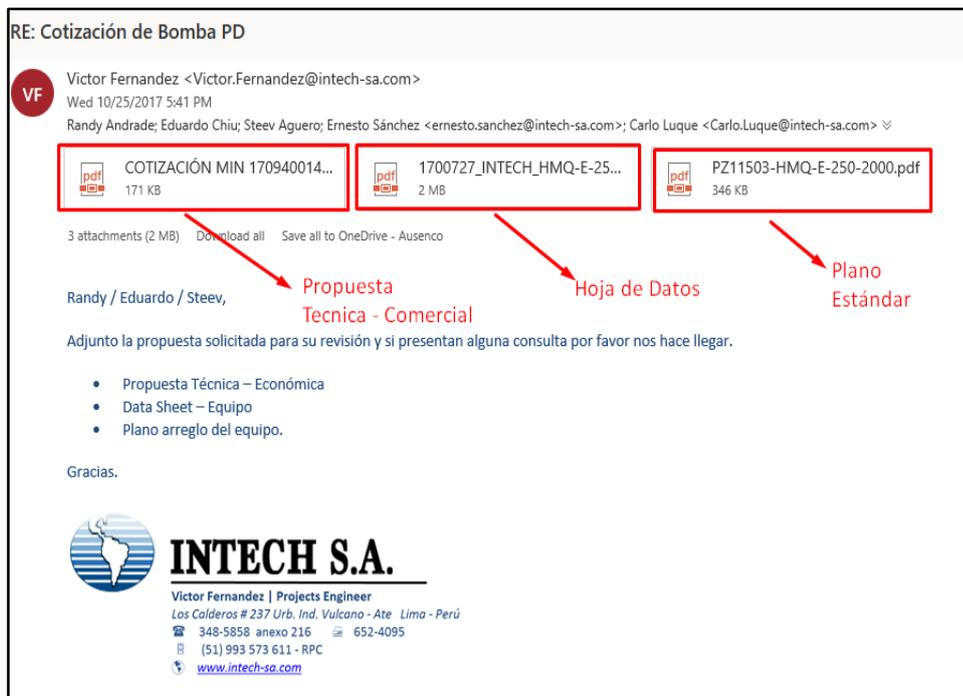


Figura 64: Solicitud de cotización a proveedor



Fuente: Elaboración propia

Figura 65: Propuesta técnico-comercial de un proveedor



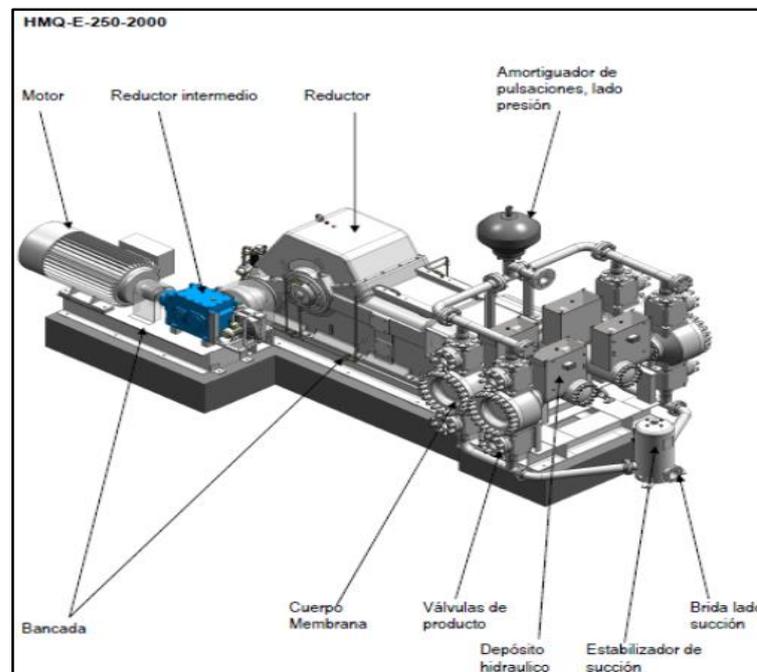
Fuente: INTECH

Figura 66: Hoja de Datos de la bomba

<b>Marca:</b>	<b>ABEL</b>
<b>Tipo:</b>	<b>HMQ-E-250-2000</b>
<b>Procedencia:</b>	<b>ALEMANIA</b>
<b>Aplicación :</b>	Transporte o Transferencia
<b>Fluido:</b>	Relave de Mina
<b>Numero de golpes por minuto :</b>	49
<b>Temperatura de Bombeo (°C):</b>	23°C
<b>Gravedad Específica:</b>	1.21
<b>Nivel de PH:</b>	2 – 11.0
<b>Proporción de Sólidos :</b>	28 %
<b>Caudal Máximo (m3/hora):</b>	236
<b>Presión de Impulsión Máxima (bar):</b>	33.2 bar
<b>Potencia del Motor (kW):</b>	450 kW
<b>Velocidad del Motor (rpm):</b>	1750
<b>Motor Auxiliar para Lubricacion</b>	2.2kw
<b>Tolerancias:</b>	
<b>Diámetro del Pistón:</b>	280 mm
<b>Carrera del Pistón:</b>	350 mm
<b>Tipo de Válvula</b>	Bola
<b>Lubricación Forzada</b>	Si
<b>Reductor:</b>	
<b>Tipo:</b>	Helicoidal
<b>Lubricación Forzada:</b>	Si
<b>Numero de Etapas</b>	1
<b>Materiales de Construcción:</b>	
<b>Cuerpo de la bomba:</b>	Fundición Nodular (GGG40)
<b>Cuerpo de Valvulas</b>	Fundición Nodular (GGG40)
<b>Membranas:</b>	NBR
<b>Valvulas Conicas:</b>	Acero / PU
<b>Camisa piston</b>	Acero Endurecido con Cromo
<b>Crucetas</b>	Fundición Nodular
<b>Caja de Engranajes :</b>	Fundición nodular y acero templado

Fuente: INTECH

Figura 67: Modelo de la bomba



Fuente: INTECH

Los demás equipos fueron estimados de la data que maneja Ausenco Perú S.A.C ya que había variables metalúrgicas que para el alcance no estaban definidas ya que se requería pruebas diversas al relave, como se observa en la Figura 68.

Figura 68: Equipos Referenciales



Fuente: Ausenco Peru S.A.C.

#### i) Listado de Equipos y Materiales

Para definir el equipamiento adicional por alternativa, se ha tenido en consideración el equipamiento actual que posee la planta concentradora y el depósito de relave Tucush. Se espera que el tiempo de operación de los equipos propuestos, al 100% de efectividad, para cada alternativa, sea de 20 años; por lo tanto, pasado dicho periodo, si se desea ampliar el tiempo de operación a más de 20 años, se debe realizar una reingeniería para evaluar las condiciones del equipamiento, repotenciarlos o adquirir nuevos equipos.

La disposición de equipos en cada alternativa se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Lista de Equipos y Materiales

Equipos / Otros	Descripción	Potencia Estimada (KW)	Cantidad
<b>Alternativa 1: Relave Sin Tratamiento</b>			
Bomba de Impulsión de Relaves	Bomba de Piston, caudal requerido 236 m <sup>3</sup> /h	450	1 und
Bomba MARS L-225 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 180 m <sup>3</sup> /h	300	1 und (Stand By)
Bomba MARS S-180 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 78 m <sup>3</sup> /h	220	1 und (Stand By)
Tubería Ø8" - Pipeline	<sup>(1)</sup> Tubería de Ø8" STD, API 5L.	-	1 100 m
<b>Alternativa 2: Relave Cicloneado</b>			
Bomba de Impulsión de Relaves	Bomba de Piston, caudal requerido 236 m <sup>3</sup> /h	450	1 und
Bomba MARS L-225 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 180 m <sup>3</sup> /h	300	1 und (Stand By)
Bomba MARS S-180 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 78 m <sup>3</sup> /h	220	1 und (Stand By)
Ciclones (Ø12")	Cylon Ø= 12 inch , Flujo de Entrada: 79 m <sup>3</sup> /h. Alimentación: P80 = 135µm.	-	3 und
Tubería Ø8" - Pipeline	<sup>(1)</sup> Tubería de Ø8" STD, API 5L.	-	1 160 m
<b>Alternativa 3: Relave Espesado</b>			
Bomba de Impulsión de Relaves	Bomba de Piston , caudal requerido 236 m <sup>3</sup> /h	450	1 und

Equipos / Otros	Descripción	Potencia Estimada (KW)	Cantidad
Bomba MARS L-225 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 180 m <sup>3</sup> /h	300	1 und (Stand By)
Bomba MARS S-180 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 78 m <sup>3</sup> /h	220	1 und (Stand By)
Tanque de Alimentación al Espesador	Tanque de acero estructural ASTM A36; Ø=2,0 m, h=2,0 m	-	1 und
Espesador de Relave	Espesador del tipo HRT, de tanque elevado, Ø 25 m	30	1 und
Bombas de Transvase de lodo	Bomba Centrifuga de Relaves, Caudal requerido 82,1 m <sup>3</sup> /h	90	2 und (Duty / Stand By)
Tubería Ø8" – Pipeline	<sup>(1)</sup> Tubería de Ø8" STD, API 5L.	-	1100 m
Sub Estación Skid e implementos	-	-	1 und
<b>Alternativa 4: Relave Filtrado</b>			
Bomba de Impulsión de Relaves	Bomba de Piston, caudal requerido 236 m <sup>3</sup> /h	450	1 und
Bomba MARS L-225 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 180 m <sup>3</sup> /h	300	1 und (Stand By)
Bomba MARS S-180 ( <i>Existente</i> )	Bomba de Piston, caudal requerido 78 m <sup>3</sup> /h	220	1 und (Stand By)
Tanque de Alimentación al Espesador	Tanque de acero estructural ASTM A36; Ø=2,0 m, h=2,0 m	-	1 und
Espesador de Relave	Espesador del tipo HRT, de tanque elevado, Ø 25 m	30	1 und

Equipos / Otros	Descripción	Potencia Estimada (KW)	Cantidad
Bomba de Transvase de lodo	Bomba Centrífuga de Relaves, Caudal requerido 82,1 m <sup>3</sup> /h	90	2 und (Duty / Stand By)
Tanque de lodos	Tanque de acero estructural ASTM A36; Ø=8,0m, h=9,0m, Vol. de Operación 472,00 m <sup>3</sup> .	-	1 und
Agitador del tanque de lodos	Agitador Simple, 3 álabes, eje de acero al carbono con revestimiento de goma.	45	1 und
Bomba de Alimentación al filtro	Bomba Centrífuga de Relaves caudal requerido: 41,05 m <sup>3</sup> /h	110	2 und
Filtro prensa	Filtro de Prensa Placa vertical, Área de Placa 2x2 m. Alimentación: 39,6 t/h, w/w 60%; discharge cake 15% humedad. Incluye sistema de aire comprimido.	300	2 und
Tanque de Agua	Tanque de acero estructural ASTM A36; Ø=6,0m, h=5,0m, Vol. de Operación 100,00 m <sup>3</sup> .	-	1 und
Bomba para Lavado de Telas	Bomba de Agua, Caudal: 19 m <sup>3</sup> /h	15	2 und (Duty / Stand By)
Tubería Ø8" – Pipeline	<sup>(1)</sup> Tubería de Ø8" STD, API 5L.	-	1100 m
Sub Estación Skid e implementos	-	-	1 und

Fuente: Informe Final Estudio de Trade off

## j) Revisión Documentaria

Cumpliendo con el cronograma el cliente recibe toda la información comprometida y realiza las observaciones que el considerar necesaria para complementar el desarrollo de la ingeniería.

En la Figura 69 se muestra como el cliente comenta acerca de un entregable.

Figura 69: Modelo de comentario del cliente

The screenshot displays a document review interface. On the left, a document titled "Alternativa 2: Relave Cicloneado" is shown. The text describes the alternative 2, involving a zinc scavenger relay, pumps, and cyclones. A yellow highlight is placed over the text "relaves a 13,2% de sólidos". A red box highlights a comment bubble on the document. Below the text is a flow diagram labeled "Figura 3-2. Opción 2 - Relave Cicloneado". A red box highlights a comment bubble on the diagram. On the right, a comment thread is visible. The first comment is from "crequejo" dated "dic. 1". The second comment is from "crequejo" dated "nov. 30" with the text "Corregir Figura 3-2". The third comment is from "crequejo" dated "nov. 30" with the text "No se nota la figura??? debe ser mas clara". The interface also shows a search bar, a "Publicar" button, and a page number "PÁGINA 23".

Fuente: Ausenco Perú S.A.C

## k) Análisis Técnico-Económico de alternativas tecnológicas

### i. Estimado de Cantidades

El estimado de cantidades consideró el equipamiento, materiales y partidas de movimiento de tierras por alternativa, al inicio del proyecto y durante el proceso de operación. En el ANEXO 1: ESTIMADO DE CANTIDADES Y COSTOS se detalla la lista de equipos y el metrado de las partidas de movimiento de tierras.

Cabe indicar que el metrado de movimiento de tierra considera un factor de contingencia de 10%.

ii. Costo del Proyecto

El costo total del proyecto por alternativa contempla el costo de inversión inicial por equipamiento, materiales y movimiento de tierras (CAPEX\_i), costo de inversión complementaria por movimiento de tierras del recrecimiento de la presa de relaves hasta el año 20 (CAPEX\_c), y el costo de operación desde la planta hasta la descarga del relave en la presa Tucush (OPEX).

La suma del CAPEX\_i y el CAPEX\_c corresponde al CAPEX\_f total hasta el año 20.

En las tablas que se muestran a continuación de detalla el coste de cada alternativa según las disposiciones de relaves que se han considerado para el diseño.

Tabla 12: Costo del Proyecto a 20 años

Alternativa	(1) Volumen de relave (m3)	(3)CAPEX FINAL Total (US\$)	(4)OPEX Total (US\$)	Costo del Proyecto (US\$)
1: Relave Sin Tratamiento	7 593 110	63 501 011	2 594 040	66 095 051
2: Relave Cicloneado	(2) 10 669 140	31 623 547	2 950 040	34 573 588
3: Relave Espesado	5 682 360	52 942 680	4 249 420	57 192 100
4: Relave Filtrado	6 776 175	13 204 797	(5) 22 479 656	35 684 437

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Notas:

(1) Volumen de relave almacenado o dispuesto en el depósito de relave.

(2) Volumen de relave grueso y fino, para dique y almacenamiento.



<sup>(3)</sup> El CAPEX<sub>FINAL</sub> total, representa la inversión final total hasta el año 20 (mecánica y obras civiles para disposición).

<sup>(4)</sup> El OPEX total considera el estimado de costos por operación.

<sup>(5)</sup> La alternativa 4, considera un costo de operación adicional por carguío, transporte, acomodo y compactación de material filtrado de 1,43 US\$/m<sup>3</sup>.

La Tabla 12 muestra el resumen del Capex y Opex total por cada alternativa del costo de inversión y operación del proyecto para alcanzar su máxima capacidad.

Tabla 13: Costo del Proyecto – Máxima Capacidad Posible

Alternativa	(1) Volumen de relave (m3)	(3)CAPEXFINAL Total (US\$)	(4)OPEX Total (US\$)	Costo del Proyecto (US\$)
1: Relave Sin Tratamiento	20 632 010	150 930 873	7 133 610	158 064 484
2: Relave Cycloneado	(2) 23 525 190	58 622 859	6 637 590	65 260 449
3: Relave Espesado	20 632 010	153 166 047	15 935 325	169 101 372
4: Relave Filtrado	34 647 130	38 367 917	112 398 200	150 766 117

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Notas:

<sup>(1)</sup> Volumen de relave almacenado o dispuesto en el depósito de relave.

<sup>(2)</sup> Volumen de relave grueso y fino, para dique y almacenamiento.

<sup>(3)</sup> El CAPEX<sub>FINAL</sub> total considera la inversión final total la máxima capacidad (mecánica y obras civiles para disposición)

<sup>(4)</sup> El OPEX total considera el estimado de costos por operación. Sólo la alternativa 4, considera un costo de operación adicional por carguío, transporte, acomodo y compactación de material filtrado de 1,43 US\$/m<sup>3</sup>.

### iii. Estimado de Costo Operativo (OPEX)

Los costos operativos para las cuatro alternativas se desarrollaron en base a cinco áreas principales: Energía, Reactivos, Consumibles, Personal y Mantenimiento.

El costo de energía fue dado por la potencia instalada de los equipos considerados en cada alternativa\*\*. El costo unitario de la energía fue proporcionado por La Unidad Minera Cotonga y es de 0,095 US\$/kWh.

El costo de reactivos sólo se considera en las alternativas de espesamiento y filtrado donde se utiliza floculantes y ayuda filtrante.

Los costos unitarios de estos reactivos fueron tomados de benchmarking de proyectos similares.

El costo por consumibles viene del benchmark de proyectos similares, considerando 0,02 US\$/t procesada.

En la alternativa de relave filtrado se considera un costo adicional por el reemplazo de telas para los filtros.

El costo de personal se considera para las alternativas que consideran necesario el incremento de personal para el manejo de nuevas operaciones unitarias (cicloneado, espesamiento o filtrado), considerando sólo el incremento de operarios.

Y el costo de mantenimiento se estima en función de los costos de capital de los equipos instalados en cada alternativa.

En la alternativa de relave filtrado, se considera adicionalmente un costo por carguío, transporte, acomodo y compactación del material de relave filtrado. Se usa las tarifas de equipos proporcionado por La Unidad Minera Contonga; considerando camiones de 15m<sup>3</sup> y una distancia de transporte promedio de 0,5 km, cargador frontal CAT, tractor D-6 y un rodillo de 10 tn, obteniendo un costo unitario de 1,43 US\$/m<sup>3</sup>. Una comparación de los costos operativos de cada alternativa se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14: Costo de Operación - OPEX

Item	Alternativa 1 Relave sin tratamiento		Alternativa 2 Relave Cicloneado		Alternativa 3 Relave Espesado		Alternativa 4 Relave Filtrado	
	US\$/año	US\$/t	US\$/año	US\$/t	US\$/año	US\$/t	US\$/año	US\$/t
Energía	35 102	0,05	35 102	0,05	44 463	0 06	70 594	0,10
Reactivos	-	-	-	-	20 243	0 03	97 769	0,13
Consumibles	14 600	0,02	14 600	0,02	14 600	0 02	164 600	0,23
Personal	8 000	0,01	16 000	0,02	16 000	0 02	16 000	0,02
Mantenimiento	80 000	0,11	81 800	0,11	117 166	0 16	284 747	0,39
Total	129 702	0,18	147 502	0,20	212 471	0 29	633 710	0,87
	Costo por transporte de material filtrado						348 879	*0,48
	Costo por compactación de material filtrado						141 393	*0,19
	Costo total anual para alternativa de relave filtrado						1 123 983	-

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Notas:

\* El OPEX de la alternativa 4, considera un costo de operación adicional de 1,43 US\$/m<sup>3</sup> por carguío, transporte, acomodo y compactación de relave filtrado, equivalente a 0,67 US\$/t procesada. Considerando una densidad de 2.1.

Tabla 15: Costo de Operación a 20 años - OPEX

Alternativa	OPEX (US\$/t)	OPEX (US\$/Año)	OPEX (US\$)
1: Relave Sin Tratamiento	0,18	129 702	2 594 040
2: Relave Cicloneado	0,20	147 502	2 950 040
3: Relave Espesado	0,29	212 471	4 249 420
4: Relave Filtrado	0,87	633 710	12 674 200
	*0,67	490 272	9 805 440

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off.

Notas:

\* El OPEX de la alternativa 4, considera un costo de operación adicional de 1,43 US\$/m<sup>3</sup> por carguío, transporte, acomodo y compactación de material de relave filtrado, equivalente a 0,67 US\$/t procesada.

Tabla 16: Costo de Operación hasta la máxima capacidad - OPEX

Alternativa	Años	OPEX (US\$/t)	OPEX (US\$/Año)	OPEX (US\$)
1: Relave Sin Tratamiento	55	0,18	129 702	7 133 610
2: Relave Cicloneado	45	0,20	147 502	6 637 590
3: Relave Espesado	75	0,29	212 471	15 935 325
4: Relave Filtrado	100	0,87	633 710	63 371 000
		*0,67	490 272	49 027 200

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off.

Notas:

\* El OPEX de la alternativa 4, considera un costo de operación adicional de 1,43 US\$/m<sup>3</sup> por carguío, transporte, acomodo y compactación de material de relave filtrado, equivalente a 0,67 US\$/t procesada.

## 3.2 Evaluación Técnica-Económica

Para seleccionar la mejor alternativa para el tratamiento y disposición de relave en la presa de relaves Tucush existente, se ha elaborado una matriz de evaluación de alternativas, en función a 4 aspectos multidisciplinarios (1er nivel de evaluación), y para medir el desarrollo y/o alcance que cada una de estas alternativas logra con respecto a estos aspectos, se ha definido sus correspondientes criterios de evaluación (2do nivel de evaluación); estos criterios pueden ser cuantitativos o cualitativos; es decir, medible o no, tales como volumen.

### 3.2.1 Aspectos y Criterios de Evaluación

Los aspectos considerados en el 1er nivel de evaluación son:

- Evaluación de Procesos y Equipamiento
- Disposición de Relave
- Evaluación Ambiental
- Evaluación de Riesgo
- Evaluación Económica

Cada uno de estos aspectos ha sido medido de acuerdo a sus correspondientes criterios de evaluación (2do nivel de evaluación); estos criterios pueden ser cualitativos y/o cuantitativos; es decir, pueden ser medibles o no. Cada una de las alternativas es evaluada y/o calificada con estos criterios; luego la calificación es estandarizada, y posteriormente ponderada de acuerdo al peso asignado en el primer y segundo nivel de evaluación. Cabe indicar que los pesos asignados a cada uno de los aspectos y criterios de evaluación fueron establecidos de forma multidisciplinaria.

La estandarización y ponderación de la calificación permite un análisis de forma homogénea.

Tabla 17: Matriz de Evaluación – Aspectos y Pesos Asignados

N°	1er Nivel de Evaluación	Peso Asignado	
	Aspectos	P1	P1 %
1	Evaluación de Proceso y Equipamiento	1,0	10 %
2	Evaluación de Disposición de Relave	2,0	20 %
3	Evaluación Ambiental	1,0	10 %
4	Evaluación Económica	3,0	30 %
5	Evaluación de Riesgo	3,0	30 %
	Total	10	100 %

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Nota:

Los pesos asignados a cada aspecto, fueron definidos de forma multidisciplinaria en reunión de coordinación del staff de ingenieros asignados al proyecto.

### 3.2.2 Evaluación de Procesos y Equipamiento

Este aspecto considera la eficiencia del tratamiento de relave y la capacidad de transporte hasta el depósito de relaves Tucush, así como las características físicas obtenidas para su almacenamiento dentro del depósito. El peso asignado a este aspecto es 10% de la evaluación total y los criterios considerados para evaluar el desarrollo de este aspecto que cada alternativa alcanza son:

- Tecnología.
- Número de equipos adicionales
- Tiempo de implementación
- Instalación y constructibilidad

- Producción de relave a almacenar en el depósito de relaves Tucush

Tabla 18: Matriz de Evaluación - Criterios de Procesos y Equipamiento

N°	Aspecto	1er nivel de Evaluación	2do Nivel de Evaluación		Peso Asignado	
		P1%	N°	Criterios	P2	P2 %
1	Proceso y Equipamiento	10%	1	Tecnología	20	5,4 %
			2	Número de equipos adicionales	1	0,3 %
			3	Tiempo de implementación	1	0,3 %
			4	Instalación y Constuctibilidad	5	1,4 %
			5	Producción de relave a almacenar en el depósito de relave Tucush	10	2,7%
Total					37	10 %

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Los criterios que tienen mayor peso para la evaluación son el de tecnología a usar y el de las condiciones de producción del relave, ya que son estos parámetros los que influyen altamente en la capacidad final necesaria del depósito de relaves Tucush.

### 3.2.3 Evaluación de Disposición de Relave

Este aspecto permite evaluar las ventajas que cada alternativa propone, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Capacidad de almacenamiento;
- Cumplimiento de límites de propiedad y necesidad de adquisición de terrenos;
- Características físicas y propiedades de los materiales;
- Necesidad de fuentes de préstamo; y
- Facilidad y eficiencia constructiva (constructabilidad).

El peso asignado a este aspecto es 20% de la evaluación total y los criterios considerados para evaluar este aspecto son:

- Capacidad de Almacenamiento (m3)

Consiste en ponderar las alternativas de acuerdo a su eficiencia en el almacenamiento de relave. De acuerdo a los distintos procesos que sigue el relave desde que entra a planta, hasta su disposición final en la relavera, las alternativas presentan distinto requerimiento de volumen para el periodo de estudio de 20 años. Este volumen impacta directamente en los siguientes apartados: reubicación y/o retiro de estructuras existentes (campamento, acceso, etc.), adquisición de terrenos, CAPEX y constructibilidad.

Cabe mencionar que la eficiencia y, por lo tanto, puntaje de evaluación es indirectamente proporcional al volumen de relave para los 20 años. Es decir, a aquella alternativa con mayor volumen de relave requerido se le asigna el menor puntaje en la matriz de evaluación, y a aquella con menor volumen requerido se le asigna el mejor puntaje en este apartado.

- Compra de terrenos (m2)

Debido a las dimensiones que alcanzan cada arreglo, de las alternativas, para el periodo de estudio de 20 años, el límite de propiedad se ve superado



y por lo tanto es necesaria la adquisición de terrenos. Se han diferenciado en dos los propietarios de los terrenos afectados que serán sensibles de compra:

- Los habitantes de las comunidades cercanas; para este apartado, la evaluación contará el área afectada que será necesaria comprar a la comunidad para la construcción y operación de la presa de relave; y
- El área afectada y requerimiento de compra, será aquella perteneciente a la mina Antamina, vecina en los límites Sur y Sur-este del límite de propiedad.

El área necesaria será contada por metro cuadrado, para posteriormente ser evaluada. Siendo el área requerida inversamente proporcional al puntaje de evaluación de cada alternativa.

- Requerimiento de Material de préstamo y constructibilidad (m<sup>3</sup>)

La evaluación de este criterio se efectúa para representar la mejor o peor conveniencia de cada alternativa según las dimensiones del dique (de contención) necesario para generar un vaso de almacenamiento en la relavera. Es por ello que en este apartado se puntuará el volumen del dique en base a su volumen en metros cúbicos.

La puntuación de cada alternativa será inversamente proporcional al volumen de su dique necesario. Siendo mayor el puntaje cuanto menos volumen de dique necesite, y siendo mayor el puntaje en el caso el volumen sea el menor.

De acuerdo a la disposición de relave que se propone en cada alternativa, todas requieren la adquisición de mayor área de propiedad, siendo la alternativa 2 la que más área necesita. Con respecto a la necesidad de material de préstamo, la alternativa 4 es la que ofrece mejor disposición, dado que para este nivel de estudio, no requeriría dique de relleno estructural a 20 años de disposición; por otro lado, la alternativas 1 es la que requiere mayor volumen para el dique principal (relleno estructural); y la alternativa 3 es aquella que ofrece mayor capacidad de almacenamiento de volumen de relave.

Tabla 19: Matriz de Evaluación - Criterios de Disposición de Relave

N°	Aspecto	1er nivel de Evaluación	2do Nivel de Evaluación		Peso Asignado	
		P1%	N°	Criterios	P2	P2 %
2	Disposición de Relave	20%	1	Capacidad de Almacenamiento	1	3,3%
			2	Compra de terreno a Comunidad	1	3,3%
			3	Compra de terreno a Antamina	2	6,7%
			4	Requerimiento de Material de préstamo y constructibilidad	2	6,7%
Total					6	20%

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Se puede observar que los pesos asignados para los criterios de Volumen de relave (1), Compra de terreno a Comunidad (1), Compra de terreno a Antamina (2) y Volumen de Dique (2) son mayores en los dos últimos casos. Esto se debe a la influencia de los criterios 3 y 4, pues una alternativa será mejor desde el punto de diseño civil adquiriendo preferentemente terreno de Antamina y construyendo un dique con menor volumen. En cuanto al criterio 1, ya que el volumen de las alternativas presenta las mismas órdenes de magnitud, el peso otorgado es de 1 (uno) para representar esta similitud. En cuanto al criterio 2 se refleja la menor conveniencia de adquirir terreno de comunidad otorgándole un peso de 1 (uno), menor al del criterio 3.

### 3.2.4 Evaluación Ambiental

Para evaluar el aspecto ambiental se ha evaluado de forma conceptual, los potenciales impactos ambientales que podrían ocurrir por la ejecución de cada una de las alternativas. Sin embargo, solo se ha considerado aquellos potenciales impactos ambientales que nos permitan comparar las alternativas; aquellos potenciales impactos que son similares para las alternativas evaluadas no han sido considerados.

El peso asignado para este aspecto es 10% de la evaluación total y los criterios considerados para evaluar el aspecto ambiental son:

- Impacto Potencial a la calidad del Aire;
- Impacto Potencial a la Calidad del Agua;
- Impacto Potencial a la Calidad del Suelo; y
- Impacto Potencial a la Flora.

*Tabla 20: Matriz de Evaluación - Criterios Ambientales*

N°	Aspecto	1er nivel de Evaluación	2do Nivel de Evaluación		Peso Asignado	
		P1%	N°	Criterios	P2	P2 %
3	Disposición de Relave	10%	1	Impacto potencial de Calidad de Aire	1	2,5 %
			2	Impacto Potencial a la Calidad del Agua	1	2,5 %
			3	Impacto Potencial a la Calidad del Suelo	1	2,5 %
			4	Impacto Potencial a la Flora	1	2,5 %
Total					4	10 %

*Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off*

Se ha considerado que el peso asignado será similar para cada uno de los criterios evaluados, porque los factores ambientales que potencialmente podrían ser impactados tienen una relevancia similar, teniendo en cuenta las características del medio físico, biológico y social del área en donde se emplazan cada una de las cuatro alternativas.

### 3.2.5 Evaluación Económica

Para evaluar el aspecto económico se ha considerado el estimado de costo requerido para iniciar el proyecto, costo de operación y el costo de inversión total por cada alternativa.

El peso asignado para este aspecto es 30% de la evaluación total y los criterios considerados para evaluar el aspecto económico son:

- CAPEX (Maquinaria) (US\$);
- CAPEX<sub>i</sub> (Mov. de tierra) (US\$);
- CAPEX<sub>f</sub> (Mov. de tierra) (US\$);
- OPEX (Procesos) (US\$); y
- OPEX (Transporte) (US\$).

En este caso los criterios de evaluación son valores cuantitativos, y tienen como unidad de medida US\$. El criterio correspondiente al CAPEX permite evaluar la inversión que cada alternativa requiere al inicio del proyecto; se ha evaluado por separado, la inversión requerida por equipamiento y movimiento de tierras. Asimismo, se ha considerado el valor estimado por el costo operativo para la disposición del relave hasta la presa existente de cada alternativa; dicho costo representa los costos por energía, reactivos, costos de consumible, personal requerido de operación y mantenimiento.

Para el riesgo económico no se considera los costos de campamentos y facilidades que serían impactadas por el recrecimiento de la presa de relaves, con lo cual la diferencia sería mayor a los 20 años.

Tabla 21: Matriz de Evaluación - Criterios Económicos

N°	Aspecto	1er nivel de Evaluación	2do Nivel de Evaluación		Peso Asignado	
		P1%	N°	Criterios	P2	P2 %
4	Económico	30%	1	CAPEX (maquinaria)	1	3,8 %
			2	CAPEX inicial (mov. de tierra)	1	3,8 %
			3	CAPEX final (mov. de tierra)	2	7,5 %
			4	OPEX (procesos)	2	7,5 %
			5	OPEX (transporte)	2	7,5 %
<b>Total</b>					<b>6</b>	<b>30 %</b>

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Se considera que, la valoración o importancia del costo operativo (OPEX) y costo de inversión a lo largo de la operación (CAPEX final), tienen mayor importancia en la evaluación económica; por lo tanto, a ambos criterios se les ha asignado un peso igual a 2 con respecto al CAPEX inicial.

### 3.2.6 Evaluación de Riesgo

Para evaluar el aspecto de Riesgo, se ha realizado una evaluación cualitativa con respecto al desarrollo y buen funcionamiento del sistema operativo y disposición de relave en la presa de relaves de cada alternativa. El peso asignado para este aspecto es 30% de la evaluación total y los criterios considerados para evaluar el aspecto económico son:

- Riesgo de Operación;
- Riesgo de Estabilidad;
- Riesgo de la Disposición; y
- Riesgo Económico.

El impacto que puede presentar el sistema de tratamiento de relave, ya sea por contratiempos en la operación del sistema de tratamiento de relaves, falla del equipamiento o problemas en la operación, ocasionando la paralización de la producción de relave en la presa, está siendo evaluado mediante el riesgo de operación.

Asimismo, para evaluar el riesgo de estabilidad física del depósito de relaves, se ha considerado la altura final del apilamiento, tipo de recrecimiento de la presa, material del dique de contención y condiciones hidráulicas de la disposición de relave.

Por otro lado, el aspecto de riesgo por disposición considera el procedimiento seguido para la disposición y/o apilamiento del relave dentro del embalse existente, se considera número de pasos seguidos y equipamiento; finalmente, el riesgo económico evalúa la probabilidad de pérdida de la inversión para dar inicio al proyecto y el costo económico que se puede generar, de ocurrir un escenario de emergencia.

Tabla 22: Matriz de Evaluación - Criterios de Riesgo

N°	Aspecto	1er nivel de Evaluación	2do Nivel de Evaluación		Peso Asignado	
		P1%	N°	Criterios	P2	P2 %
5	Riesgo	30%	1	Riesgo de Operación	1	7,5 %
			2	Riesgo de Estabilidad	1	7,5 %
			3	Riesgo de Disposición	1	7,5 %
			4	Riesgo Económico	1	%
<b>Total</b>					<b>4</b>	<b>30 %</b>

Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off

Se ha considerado un peso igual a 1 para todos los criterios considerados en este aspecto.

### 3.3 Análisis de resultados

Para seleccionar la mejor alternativa para el tratamiento y disposición de relave en el depósito de relave Tucush, se ha realizado una evaluación de alternativas de forma multidisciplinaria, considerando el aspecto de proceso y equipamiento, diseño de la disposición final en el depósito de relave, evaluación económica y evaluación ambiental. La matriz de evaluación detallada se muestra en el ANEXO 2: MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

De acuerdo a los resultados de la matriz de evaluación de alternativas, la calificación estandarizada y ponderada obtenida por cada alternativa se muestra en la Tabla 23, siguiente.

Los resultados muestran que, la mejor alternativa propuesta para el tratamiento y disposición de relave dentro del depósito de relave Tucush, contemplando un recrecimiento del mismo, es la alternativa 4 “Relave Filtrado”, la cual alcanza una calificación total de 0,575.

*Tabla 23: Resultados de la Matriz de Evaluación – Calificación Ponderada Final*

Aspectos de Evaluación	Calificación Estandarizada y Ponderada por Alternativa			
	1	2	3	4
Evaluación de Procesos	0,020	0,032	0,059	0,069
Evaluación de Disposición de Relaves	0,046	0,045	0,093	0,136
Evaluación Ambiental	0,056	0,069	0,069	0,094
Evaluación Económica	0,197	0,195	0,146	0,127
Evaluación de Riesgo	0,150	0,150	0,113	0,150
<b>Calificación Estandarizada Ponderada Total</b>	<b>0,469</b>	<b>0,491</b>	<b>0,479</b>	<b>0,575</b>

*Fuente: Ausenco Peru S.A.C. - Estudio de Trade off*

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tras describir y analizar los diferentes resultados obtenidos del análisis de alternativas, procede ahora realizar unas discusiones y conclusiones que sirvan para consolidar lo obtenido.

### 4.1 Discusión

- El objetivo general que se planteó en nuestro trabajo era el de seleccionar un sistema de disposición de relaves para una tasa de producción de 2000 toneladas por día mediante una evaluación técnica-económica a fin de extender el mayor tiempo de operación de la Unidad Minera Contonga.
- En base a las conclusiones de los antecedentes corroboramos que la mejor alternativa de disposición de relaves para una tasa de producción es la que espese y filtre los relaves tal como lo describe la alternativa 4.
- Corroboramos que es una de las más caras y la menos utilizada, pero en el avance de la tecnología esta alternativa será la más óptima y será la más implementada.
- Los campos evaluados técnicamente de cada una de las plantas mostraron la realidad de cada unidad minera parametrizando los alcances de cada uno de los proyectos.
- Las alternativas en este trabajo y lo evaluado en los antecedentes llegan a una sola conclusión, que la alternativa que garantice el mayor tiempo de vida de una unidad minera es aquella que espese y filtre los relaves mineros.



## 4.2 Conclusiones

- Se seleccionó un sistema de disposición de relaves para una tasa de producción de minerales polimetálicos hasta 2000 toneladas por día mediante una evaluación técnica – económica a fin de extender el mayor tiempo de operación de la Unidad Minera Contonga – Ancash, tal selección se basó en la matriz de evaluación técnica-económica desarrollada para este proyecto.

La matriz de evaluación arrojó como resultado que la mejor alternativa tecnológica de disposición de relaves es la Alternativa 4: Disposición de relave filtrado.

- Se analizó el alcance integral del proyecto de la Unidad Minera Contonga a fin de lograr satisfacer sus requerimientos, esto se realizó mediante la emisión del entregable titulado: “INFORME DE VISITA TÉCNICA”.
- Se evaluó los aspectos técnicos – reales de la planta procesadora de minerales con la finalidad de parametrizar los alcances del proyecto, realizando la visita técnica, emitiendo el entregable titulado: “INFORME DE VISITA TÉCNICA” y el Listado de Comprobación de Equipos.
- Se evaluó y seleccionó la alternativa tecnológica de disposición de relaves bajo un análisis técnico – económico para una posterior exposición y sustentación con el objetivo de implementar en la fase de ingeniería siguiente.

En la exposición y sustentación se respondió a las consultas del cliente esperando la posibilidad de que se implemente la siguiente fase de ingeniería

## V. RECOMENDACIONES

- En una siguiente etapa de estudio se debe realizar la evaluación técnica económica del sistema de disposición con más detalle, esto implica analizar el comportamiento del material filtrado considerando las condiciones físicas de éste dentro del depósito existente, para diferentes etapas de crecimiento, hasta 20 o más años.
- A futuro para el análisis integral del proyecto debe incorporar todos los aspectos que para el desarrollo de este trabajo han sido considerado en base a estudios anteriores realizados por la Unidad Minera Contonga.
- Para la siguiente etapa de estudio se recomienda realizar una visita más prolongada a fin de lograr una inspección técnico- real actual de la planta procesadora obteniendo mejores parámetros del alcance del proyecto.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- D. Marcelo (2012). Máquinas hidráulicas: Bombas centrífugas. Piura: Universidad de Piura.
- P. Fernández (2012). Bombas centrífugas y volumétricas. España: Universidad de Cantabria.
- Actis, Raúl A. 2000. Diques de Colas Mineras, Cálculo, Diseño, Construcción y Operación. EMPREMIN. Córdoba;
- Chow, V. T. 1959. Open Channel Hydraulics. Mc Graw Hill Book Co. New York;
- Chow, V. T., Maidment D. R., Mays L. W. 1994. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill Book Co. New York;
- French R. M. 1985. Open-Channel Hydraulics. Mc Graw Hill Book Co. New York;
- Henderson, F. M. 1966, Open Channel Flow.
- IDOT. 2001. Low Water Stream Crossings: Design and Construction Recommendations, Final Report. Iowa Department of Transportation, State of Iowa;
- USBR. 1987. Design of Small Dams, Third Edition. U.S. Bureau of Reclamation, Washington, D.C.; y
- USBR. 1978. Design of Small Canal Structures, Third Edition. U.S. Bureau of Reclamation, Washington, D.C.
- Páez, ing. Néstor ramos. 1994. Bombas, ventiladores y compresores. Bombas, ventiladores y compresores. Cuba : ispjae, 1994.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: ESTIMADO DE CANTIDADES Y COSTOS

**Estimado de Cantidades y Costos de Capital**  
**Alternativa 1 - Relave Sin Tratamiento**

Cliente: Unidad Minera Contonga  
 Proyecto: Estudio de Trade-Off Depósito de Relaves Tucush  
 Código: 102288-01  
 Revisión: 0

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad Neta	Factor de Conting.	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
<b>1.0</b>	<b>Mecánico - CAPEX INICIAL</b>						
1.01	Costo de Equipos Principales	und	1	0%	1	-	600,000.00
1.02	Pipeline relaves	m	1 100	0%	1 100	116.99	128,687.00
1.03	Costo de Instalación	gib	1	0%	1	#####	335,759.74
	<b>Sub-Total Ítem 1.0</b>						<b>1,064,447</b>
<b>2.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX INICIAL</b>						
2.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	560,332	10%	616,365	19.90	12,265,667
2.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	87,292	10%	96,021	23.12	2,220,049
2.03	Canales de Coronación	m	2,500	10%	2,750	115.00	316,250
2.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	75,402	10%	82,942	11.80	978,969
	<b>Sub-Total Ítem 2.0</b>						<b>15,780,935</b>
<b>3.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 2 al 5)</b>						
3.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	560,331	10%	616,364	19.90	12,265,646
3.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	43,646	10%	48,011	23.12	1,110,024
3.03	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
3.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	37,701	10%	41,471	11.80	489,485
	<b>Sub-Total Ítem 3.0</b>						<b>13,903,105</b>
<b>4.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 6 al 10)</b>						
4.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	280,166	10%	308,183	19.90	6,132,834
4.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	91,657	10%	100,822	23.12	2,331,051
4.03	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
4.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	79,172	10%	87,089	11.80	1,027,918
	<b>Sub-Total Ítem 4.0</b>						<b>9,529,752</b>
<b>5.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 11 al 15)</b>						
5.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	196,920	10%	216,612	19.90	4,310,579
5.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	89,038	10%	97,942	23.12	2,264,450
5.03	Canales de Coronación	m	200	10%	220	115.00	25,300
5.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	76,910	10%	84,601	11.80	998,549
	<b>Sub-Total Ítem 5.0</b>						<b>7,598,877</b>
<b>6.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 16 al 20)</b>						
6.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	412,574	10%	453,831	19.90	9,031,245
6.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	184,744	10%	203,218	23.12	4,698,490
6.03	Canales de Coronación	m	400	10%	440	115.00	50,600
6.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	141,994	10%	156,194	11.80	1,843,560
	<b>Sub-Total Ítem 6.0</b>						<b>15,623,895</b>
<b>7.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 21 hasta la Máxima Capacidad)</b>						
7.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	3,249,037	10%	3,573,941	19.90	71,121,420
7.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	431,824	10%	475,006	23.12	10,962,328
7.03	Canales de Coronación	m	800	10%	880	115.00	101,200
7.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	402,433	10%	442,676	11.80	5,224,915
	<b>Sub-Total Ítem 7.0</b>						<b>87,429,863</b>

	1.0 + 2.0	CAPEX INICIAL TOTAL	16,845,382
	3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0	CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (2 a 20 años)	46,655,629
	1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0	CAPEX FINAL TOTAL (a 20 años)	63,501,011
	3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0	CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (año 2 a máx. capacidad)	134,085,491
	1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0	CAPEX FINAL TOTAL (máxima capacidad)	150,930,873

**Notas:**

- El precio del material de préstamo para la construcción del dique principal considera el transporte desde una cantera ubicada a 2 km del proyecto.
- El sistema de revestimiento y el de subdrenaje poseen un precio a razón del área de colocación, el cual cubre el costo para el sistema total.
- El costo de canales es referencial a una sección trapezoidal de geocelda (e=0,15) con concreto 245 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los cálculos de CAPEX se obtuvieron con precios actuales al desarrollo del presente proyecto. El CAPEX complementario a 20 años consiste en la inversión adicional para alcanzar la capacidad de estudio de 20 años, mientras que el CAPEX para la Máxima capacidad consiste en la inversión adicional para alcanzar el máximo almacenamiento posible partiendo del arreglo para 20 años.
- La planta actual de procesos deberá abastecer eléctricamente a la nueva Bomba de impulsión, si no se debe considerar una nueva sub-estación eléctrica.
- El trazado de la tubería nueva Ø8" es referencial, se analizará con mas detalle en la siguiente fase de estudio.

**Estimado de Cantidades y Costos de Capital**  
**Alternativa 2 - Relave Cicloneado**

**Ciente:** Unidad Minera Contonga  
**Proyecto:** Estudio de Trade-Off Depósito de Relaves Tucush  
**Código:** 102288-01  
**Revisión:** 0

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad Neta	Factor de Conting.	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
<b>1.0</b>	<b>Mecánico - CAPEX INICIAL</b>						
1.01	Costo de Equipos Principales	und	4	0%	4	-	636,000.00
1.02	Pipeline relaves	m	1 160	0%	1 160	114.47	132,778.60
1.03	Costo de Instalación	glb	1	0%	1	#####	366,070.03
	<b>Sub-Total Item 2.0</b>						<b>1,134,850</b>
<b>2.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX INICIAL</b>						
2.10	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	8,300	10%	9,130	19.90	181,695
2.11	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	567,329	10%	624,062	5.50	3,432,340
2.12	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	87,292	10%	96,021	23.12	2,220,049
2.13	Canales de Coronación	m	2,500	10%	2,750	115.00	316,250
2.14	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	75,402	10%	82,942	11.80	978,969
	<b>Sub-Total Item 1.0</b>						<b>7,129,303</b>
<b>3.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 2 al 5)</b>						
3.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	2,593	10%	2,853	19.90	56,770
3.02	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	216,706	10%	238,377	5.50	1,311,072
3.03	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	98,821	10%	108,703	23.12	2,513,246
3.04	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
3.05	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	75,711	10%	83,282	11.80	982,975
	<b>Sub-Total Item 3.0</b>						<b>4,902,013</b>
<b>4.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 6 al 10)</b>						
4.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	5,498	10%	6,047	19.90	120,345
4.02	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	395,674	10%	435,241	5.50	2,393,826
4.03	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	111,668	10%	122,834	23.12	2,839,977
4.04	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
4.05	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	90,668	10%	99,734	11.80	1,177,166
	<b>Sub-Total Item 4.0</b>						<b>6,569,264</b>
<b>5.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 11 al 15)</b>						
5.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	1,765	10%	1,941	19.90	38,632
5.02	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	127,016	10%	139,718	5.50	768,448
5.03	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	148,890	10%	163,779	23.12	3,786,636
5.04	Canales de Coronación	m	400	10%	440	115.00	50,600
5.05	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	120,890	10%	132,979	11.80	1,569,555
	<b>Sub-Total Item 5.0</b>						<b>6,213,871</b>
<b>6.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 16 al 20)</b>						
6.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	5,750	10%	6,325	19.90	125,877
6.02	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	413,718	10%	455,090	5.50	2,502,995
6.03	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	84,370	10%	92,807	23.12	2,145,725
6.04	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
6.05	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	66,370	10%	73,007	11.80	861,689
	<b>Sub-Total Item 6.0</b>						<b>5,674,245</b>
<b>7.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 21 hasta la Máxima Capacidad)</b>						
7.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	27,282	10%	30,010	19.90	597,208
7.02	Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique	m <sup>3</sup>	1,963,662	10%	2,160,029	5.50	11,880,158
7.03	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	401,924	10%	442,117	23.12	10,221,918
7.04	Canales de Coronación	m	500	10%	550	115.00	63,250
7.05	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	326,324	10%	358,957	11.80	4,236,778
	<b>Sub-Total Item 7.0</b>						<b>26,999,312</b>

	<b>1.0 + 2.0</b>	<b>CAPEX INICIAL TOTAL</b>	<b>8,264,153</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>	<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (2 a 20 años)</b>	<b>23,359,395</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>	<b>CAPEX FINAL TOTAL (a 20 años)</b>	<b>31,623,547</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0</b>	<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (año 2 a máx. capacidad)</b>	<b>50,358,706</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0</b>	<b>CAPEX FINAL TOTAL (máxima capacidad)</b>	<b>58,622,859</b>

**Notas:**

- El precio del material de préstamo para la construcción del dique de arranque considera el transporte desde una cantera ubicada a 2 km del proyecto.
- El sistema de revestimiento y el de subdrenaje poseen un precio a razón del área de colocación, el cual cubre el costo para el sistema total.
- El costo de canales es referencial a una sección trapezoidal con revestimiento de geocelda (e=0,15) y concreto 245 kg/cm<sup>3</sup>.
- Los cálculos de CAPEX se obtuvieron con precios actuales al presente proyecto. El CAPEX complementario a 20 años consiste en la inversión adicional para alcanzar la capacidad de estudio de 20 años, mientras que el CAPEX para la Máxima capacidad consiste en la inversión adicional para alcanzar el máximo almacenamiento posible partiendo del arreglo para 20 años.
- La planta actual de procesos deberá abastecer eléctricamente a la nueva Bomba de impulsión, si no se debe considerar una nueva sub-estación eléctrica.
- El trazado de la tubería nueva Ø8" es referencial, se analizará con mas detalle en la siguiente fase de estudio.
- La distribución de los ciclones es referencial para fines de costos, deberá ser definido con más detalle para peración a criterio del cliente.

**Estimado de Cantidades y Costos de Capital**  
**Alternativa 3 - Relave Espesado**

**Cliente:** Unidad Minera Contonga  
**Proyecto:** Estudio de Trade-Off Depósito de Relaves Tucush  
**Código:** 102285-01  
**Revisión:** 0

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad Neta	Factor de Conting.	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
<b>1.0</b>	<b>Mecánico - CAPEX INICIAL</b>						
1.01	Costo de Equipos Principales	und	8	0%	8	-	1,711,359.75
1.02	Pipeline relaves	m	1 100	0%	1 100	116.90	128,687.00
1.03	Costo de Instalación	glb	1	0%	1	1,459,573.39	1,459,573.39
	<b>Sub-Total Ítem 2.0</b>						<b>3,299,620</b>
<b>2.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX INICIAL</b>						
2.10	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	560,332	10%	616,365	19.90	12,265,667
2.11	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	87,292	10%	96,021	23.12	2,220,049
2.12	Canales de Coronación	m	2,500	10%	2,750	115.00	316,250
2.13	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	75,402	10%	82,942	11.80	978,969
	<b>Sub-Total Ítem 1.0</b>						<b>15,780,935</b>
<b>3.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 2 al 5)</b>						
3.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	420,264	10%	462,290	19.90	9,199,579
3.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	43,646	10%	48,011	23.12	1,110,024
3.03	Canales de Coronación	m	200	10%	220	115.00	25,300
3.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	37,701	10%	41,471	11.80	489,485
	<b>Sub-Total Ítem 3.0</b>						<b>10,824,388</b>
<b>4.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 6 al 10)</b>						
4.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	282,849	10%	311,134	19.90	6,191,565
4.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	126,845	10%	139,529	23.12	3,225,965
4.03	Canales de Coronación	m	250	10%	275	115.00	31,625
4.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	102,498	10%	112,747	11.80	1,330,762
	<b>Sub-Total Ítem 4.0</b>						<b>10,779,917</b>
<b>5.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 11 al 15)</b>						
5.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	176,050	10%	193,655	19.90	3,853,735
5.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	82,491	10%	90,740	23.12	2,097,935
5.03	Canales de Coronación	m	200	10%	220	115.00	25,300
5.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	68,992	10%	75,892	11.80	895,750
	<b>Sub-Total Ítem 5.0</b>						<b>6,872,719</b>
<b>6.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 16 al 20)</b>						
6.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	104,105	10%	114,516	19.90	2,278,658
6.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	85,068	10%	93,575	23.12	2,163,492
6.03	Canales de Coronación	m	150	10%	165	115.00	18,975
6.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	71,151	10%	78,266	11.80	923,775
	<b>Sub-Total Ítem 6.0</b>						<b>5,385,101</b>
<b>7.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 21 hasta la Máxima Capacidad)</b>						
7.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención de relave	m <sup>3</sup>	3,715,760	10%	4,087,336	19.90	81,337,986
7.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>2</sup>	502,859	10%	553,145	23.12	12,788,926
7.03	Canales de Coronación	m	1,200	10%	1,320	115.00	151,800
7.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	457,868	10%	503,655	11.80	5,944,654
	<b>Sub-Total Ítem 7.0</b>						<b>100,223,367</b>
	<b>1.0 + 2.0</b>						<b>CAPEX INICIAL TOTAL</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>						<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (2 a 20 años)</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>						<b>CAPEX FINAL TOTAL (a 20 años)</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0</b>						<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (año 2 a máx. capacidad)</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0 + 7.0</b>						<b>CAPEX FINAL TOTAL (máxima capacidad)</b>

**Notas:**

- El precio del material de préstamo para la construcción del dique de arranque considera el transporte desde una cantera ubicada a 2 km del proyecto.
- El sistema de revestimiento y el de subdrenaje poseen un precio a razón del área de colocación, el cual cubre el costo para el sistema total.
- El costo de canales es referencial a una sección trapezoidal de geocelda (e=0.15) con concreto 245 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los cálculos de CAPEX se obtuvieron con precios actuales al presente proyecto. El CAPEX complementario a 20 años consiste en la inversión adicional para alcanzar la capacidad de estudio de 20 años, mientras que el CAPEX para la Máxima capacidad consiste en la inversión adicional para alcanzar el máximo almacenamiento posible partiendo del arreglo para 20 años.
- La planta actual de procesos deberá abastecer eléctricamente a la nueva Bomba de impulsión, si no se debe considerar una nueva sub-estación eléctrica.
- El trazado de la tubería nueva Ø8" es referencial, se analizará con mas detalle en la siguiente fase de estudio.
- La ubicación de la sub estación eléctrica se consideró cercana a la línea de alta tensión para facilidad de instalación.

**Estimado de Cantidades y Costos de Capital**  
**Alternativa 4 - Relave Filtrado**

Cliente: Unidad Minera Contonga  
 Proyecto: Estudio de Trade-Off Depósito de Relaves Tucush  
 Código: 102288-01  
 Revisión: 0

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad Neta	Factor de Conting.	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
<b>1.0</b>	<b>Mecánico - CAPEX INICIAL</b>						
1.01	Costo de Equipos Principales	und	17	0%	17	-	#####
1.02	Pipeline relaves	m	1 100	0%	1 100	116.99	128 687.00
1.03	Costo de Instalación	glb	1	0%	1	2,528,814.27	#####
	<b>Sub-Total Item 2.0</b>						<b>7,459,639</b>
<b>2.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX INICIAL (Hasta 5 años)</b>						
2.10	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	12,000	10%	13,200	11.80	155,800
	<b>Sub-Total Item 1.0</b>						<b>155,800</b>
<b>3.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 6 al 10)</b>						
3.01	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	35,083	10%	38,591	23.12	892,244
3.02	Canales de Coronación	m	2,000	10%	2,200	115.00	253,000
3.03	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	23,083	10%	25,391	11.80	299,693
	<b>Sub-Total Item 3.0</b>						<b>1,444,937</b>
<b>4.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 11 al 15)</b>						
4.01	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	43,503	10%	47,853	23.12	1,106,382
4.02	Canales de Coronación	m	500	10%	550	115.00	63,250
4.03	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	43,503	10%	47,853	11.80	564,811
	<b>Sub-Total Item 4.0</b>						<b>1,734,444</b>
<b>5.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 16 al 20)</b>						
5.01	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	61,746	10%	67,920	23.12	1,570,349
5.02	Canales de Coronación	m	300	10%	330	115.00	37,950
5.03	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	61,747	10%	67,921	11.80	801,679
	<b>Sub-Total Item 6.0</b>						<b>2,409,978</b>
<b>6.0</b>	<b>Movimiento de Tierras y Geosintéticos - CAPEX COMPLEMENTARIO (del año 21 hasta la Máxima Capacidad)</b>						
6.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en dique de contención	m <sup>3</sup>	6,770	10%	7,447	19.90	148,195
6.02	Sistema de Subdrenaje	m <sup>3</sup>	645,565	10%	710,122	23.12	16,418,298
6.03	Canales de Coronación	m	1,700	10%	1,870	115.00	215,050
6.04	Sistema de Revestimiento	m <sup>2</sup>	645,564	10%	710,121	11.80	8,381,577
	<b>Sub-Total Item 7.0</b>						<b>25,163,120</b>
	<b>1.0 + 2.0</b>						<b>CAPEX INICIAL TOTAL 7,615,439</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0</b>						<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (6 a 20 años) 5,589,358</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0</b>						<b>CAPEX FINAL TOTAL (a 20 años) 13,204,797</b>
	<b>3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>						<b>CAPEX COMPLEMENTARIO CIVIL (año 6 a máx. capacidad) 30,752,478</b>
	<b>1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 + 5.0 + 6.0</b>						<b>CAPEX FINAL TOTAL (máxima capacidad) 38,367,917</b>

**Notas:**

- El precio del material de préstamo para la construcción del dique principal considera el transporte desde una cantera ubicada a 2 km del proyecto.
- El sistema de revestimiento y el de subdrenaje poseen un precio a razón del área de colocación, el cual cubre el costo para el sistema total.
- Transporte, colocación y conformación de relave grueso en dique
- Los cálculos de CAPEX se obtuvieron con precios actuales al presente proyecto. El CAPEX complementario a 20 años consiste en la inversión adicional para alcanzar la capacidad de estudio de 20 años, mientras que el CAPEX para la Máxima capacidad consiste en la inversión adicional para alcanzar el máximo almacenamiento posible partiendo del arreglo para 20 años.
- La planta actual de procesos deberá abastecer eléctricamente a la nueva Bomba de impulsión, si no se debe considerar una nueva sub-estación eléctrica.
- El trazado de la tubería nueva Ø8" es referencial, se analizará con mas detalle en la siguiente fase de estudio.
- La ubicación de la nueva bomba de Impulsión es referencial, se analizará con mas detalle en la siguiente fase de estudio.
- La ubicación de la sub estación eléctrica se consideró cercana a la línea de alta tensión para facilidad de instalación.



## ANEXO 2: MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

**Matriz de Evaluación de Alternativas**

**Disposición de Relave a 20 años**

Cliente: Contonga Perú S.A.C.

Proyecto: Estudio de Trade-Off Depósito de Relaves Tucush

Revisión: 0

Código: 102288-01

Aspectos Evaluación:		P1
1	Evaluación de Procesos y Equipamiento	1.0
2	Evaluación de Disposición de Relave	2.0
3	Evaluación Ambiental	1.0
4	Evaluación Económica	3.0
5	Evaluación de Riesgo	3.0

Calificación Cualitativa:		C
Mejor Valor -> Alto		1.00
Muy Bueno / Muy Eficiente		0.75
Bueno / Eficiente		0.50
Regular / Med. Eficiente		0.25
Malo / Poco Eficiente		0.00
Muy Malo / No Eficiente		0.00

Calificación Cualitativa		C
Mejor Valor -> Bajo		0.00
Complejo / Muy Alto		0.25
Poco Complejo / Alto		0.50
Medianamente Complejo / Medianamente		0.75
Sencillo / Bajo		1.00
Muy Sencillo / Muy Bajo		1.00

Evaluación							Alternativas												
1er orden			2do orden			un	Mejor Valor	1: Relave Sin Tratamiento			2: Relave Cicloneado			3: Relave Espesado			4: Relave Filtrado		
Nº	Aspecto	P1%	P2	P2%	Criterio			C	CS	CSxP2	C	CS	CSxP2	C	CS	CSxP2	C	CS	CSxP2
1	Evaluación de Procesos y Equipamiento	10%	20	5.4%	1.-Tecnología	-	Alto	Muy Malo	0.00	0.000	Malo	0.25	0.014	Bueno	0.75	0.041	Bueno	0.75	0.041
			1	0.3%	2.-Número de equipos adicionales	un	Bajo	1.00	1.00	0.003	4.00	0.25	0.001	4.00	0.25	0.001	8.00	0.13	0.000
			1	0.3%	3.-Tiempo de Implementación	Años	Bajo	0.5	1.00	0.003	0.5	1.00	0.003	1.5	0.33	0.001	1.5	0.33	0.001
			5	1.4%	5.-Instalación y Constructibilidad	-	Bajo	Sencillo	0.75	0.010	Sencillo	0.75	0.010	Poco Complejo	0.25	0.003	Complejo	0.00	0.000
			10	2.7%	6.-Volumen de relave almacenado en la presa	m³/día	Bajo	5,488.80	0.17	0.005	4,665.60	0.20	0.005	1,840.80	0.50	0.014	928.80	1.00	0.027
Subtotal: 10%								Subtotal: 2.92	0.020	Subtotal: 2.45	0.032	Subtotal: 2.09	0.059	Subtotal: 2.21	0.069				
2	Evaluación de Disposición de Relave	20%	1	3.3%	1.- Capacidad de Almacenamiento	m³	Bajo	7,593,110.00	0.61	0.020	4,602,002.00	1.00	0.033	5,682,360.00	0.81	0.027	6,700,110.00	0.69	0.023
			1	3.3%	2.- Compra de terreno de Comunidad	m²	Bajo	94,000.00	0.00	0.000	106,980.00	0.00	0.000	67,505.00	0.00	0.000	0.00	1.00	0.033
			2	6.7%	3.- Compra de terreno de Antamina	m²	Bajo	8,825.00	0.38	0.026	18,505.00	0.18	0.012	3,395.00	1.00	0.067	16,730.00	0.20	0.014
			2	6.7%	5.- Requerimiento de Material de préstamo y constructibilidad	m³	Bajo	2,010,320.00	0.00	0.000	26,297.00	0.00	0.000	1,680,990.00	0.00	0.000	0.00	1.00	0.067
Subtotal: 20%								Subtotal: 0.99	0.046	Subtotal: 1.18	0.045	Subtotal: 1.81	0.093	Subtotal: 2.89	0.136				
3	Evaluación Ambiental	10%	1	2.5%	1.-Impacto Potencial a la calidad del Aire	-	Bajo	Bajo	0.75	0.019	Medianamente	1.00	0.025	Bajo	0.75	0.019	Medianamente	1.00	0.025
			1	2.5%	2.-Impacto Potencial a la Calidad del Agua	-	Bajo	Medianamente	0.50	0.013	bajo	0.75	0.019	bajo	0.75	0.019	Muy bajo	1.00	0.025
			1	2.5%	3.-Impacto Potencial a la Calidad del Suelo	-	Bajo	Medianamente	0.50	0.013	Medianamente	0.50	0.013	Bajo	0.75	0.019	Muy bajo	1.00	0.025
			1	2.5%	4.-Impacto Potencial a la Flora	-	Bajo	Medianamente	0.50	0.013	Medianamente	0.50	0.013	Medianamente	0.50	0.013	Bajo	0.75	0.019
Subtotal: 10%								Subtotal: 2.25	0.056	Subtotal: 2.75	0.069	Subtotal: 2.75	0.069	Subtotal: 3.75	0.094				
4	Evaluación Económica	30%	1	3.8%	1.-CAPEX (Maquinaria)	US\$	Bajo	1,064,446.74	1.00	0.038	1,134,849.63	0.94	0.035	3,299,620.14	0.32	0.012	7,459,639.02	0.14	0.005
			1	3.8%	2.-CAPEX_i (Civil)	US\$	Bajo	15,780,935.31	0.01	0.000	7,129,303.05	0.02	0.001	15,780,935.31	0.01	0.000	155,800.00	1.00	0.038
			2	7.5%	3.-CAPEX_c (Civil)	US\$	Bajo	46,655,628.50	0.12	0.009	23,359,394.70	0.24	0.018	33,862,124.37	0.17	0.012	5,589,357.93	1.00	0.075
			2	7.5%	4.-OPEX (Procesos)	US\$	Bajo	2,594,040.00	1.00	0.075	2,950,040.00	0.88	0.066	4,249,420.00	0.61	0.046	22,479,656.00	0.12	0.009
			2	7.5%	5.-OPEX (Transporte)	US\$	Bajo	0.00	1.00	0.075	0.00	1.00	0.075	0.00	1.00	0.075	9,805,440.00	0.00	0.000
Subtotal: 30%								Subtotal: 3.13	0.197	Subtotal: 3.08	0.195	Subtotal: 2.11	0.146	Subtotal: 2.26	0.127				
5	Evaluación de Riesgo	30%	1	7.5%	1.-Riesgo de Operación	-	Bajo	Muy Bajo	1.00	0.075	Bajo	0.75	0.056	Medianamente	0.50	0.038	Alto	0.25	0.019
			1	7.5%	2.-Riesgo de Estabilidad	-	Bajo	Alto	0.25	0.019	Muy Alto	0.00	0.000	Alto	0.25	0.019	Bajo	0.75	0.056
			1	7.5%	3.-Riesgo de Disposición	-	Bajo	Bajo	0.75	0.056	Bajo	0.75	0.056	Medianamente	0.50	0.038	Alto	0.25	0.019
			1	7.5%	4.-Riesgo Económico	-	Bajo	Muy Alto	0.00	0.000	Medianamente	0.50	0.038	Alto	0.25	0.019	Bajo	0.75	0.056
Subtotal: 30%								Subtotal: 2.00	0.150	Subtotal: 2.00	0.150	Subtotal: 1.50	0.113	Subtotal: 2.00	0.150				
TOTAL:		100%	100%	TOTAL:				CS	CSxP2	CS	CSxP2	CS	CSxP2	CS	CSxP2	CS	CSxP2		
				TOTAL:				11.29	0.469	11.46	0.491	10.26	0.479	13.11	0.575				

**Abreviaturas y Definición:**

CAPEX (Capital Expenditures): Inversión en el año 1:

OPEX (Operation Expenses): Gastos de Operación

C: Calificación

CS: Calificación Estandarizada

P1: Peso Nivel 1

P2: Peso Nivel 2

CSxP2: Calificación Estandarizada Ponderada hasta el nivel 2

**Calificación Global -->CSxP2:**

Valor max: La mejor alternativa

Valor min: La peor alternativa

## ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS



**Foto N° 01:** Vista panorámica de las instalaciones de la Mina Contonga



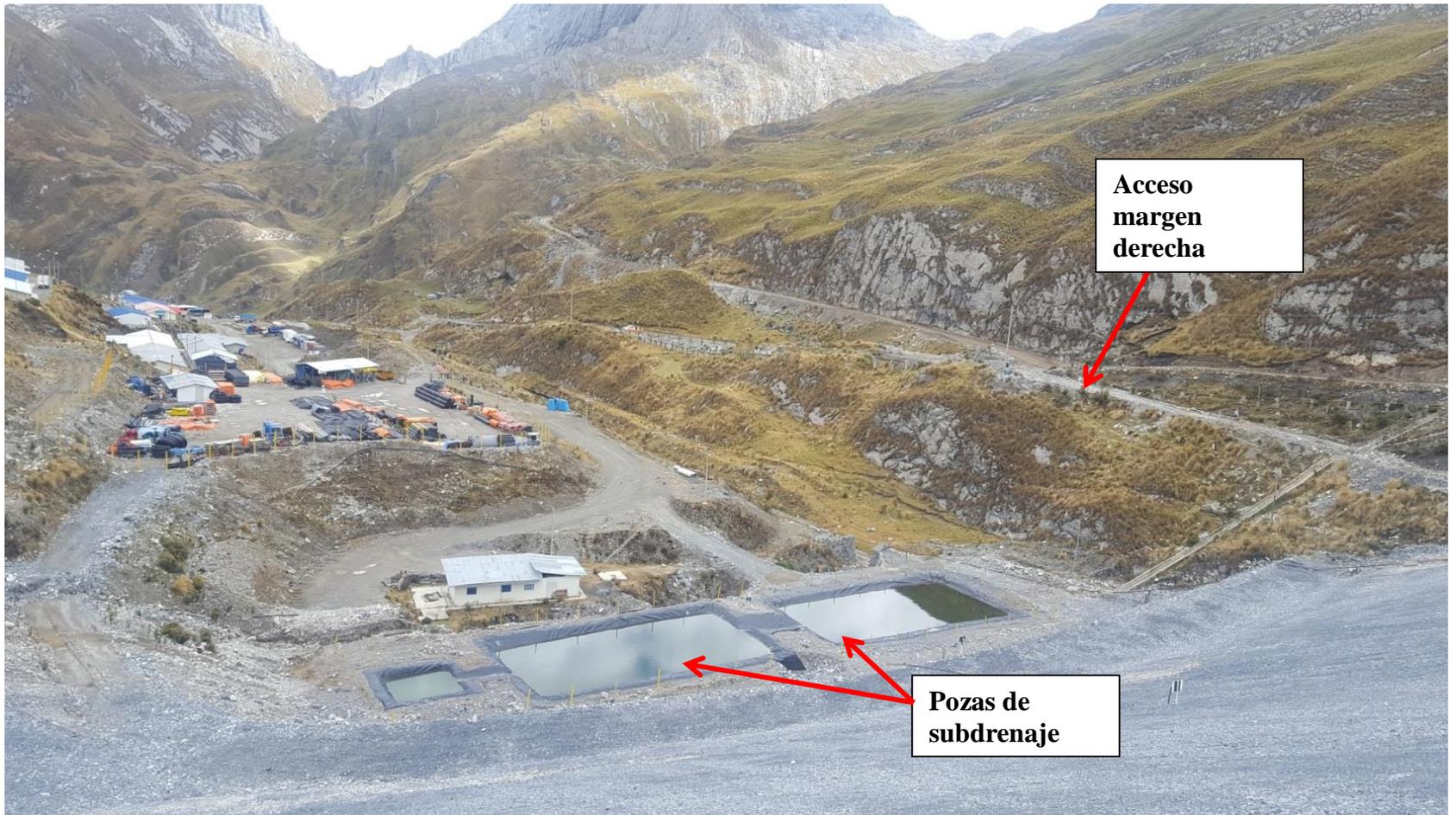
**Foto N° 02:** Vista panorámica de la Planta Concentradora



**Foto N° 03:** Vista panorámica de la corona del dique del depósito de relaves Tucush



**Foto N° 04:** Vista panorámica del talud aguas abajo del dique del depósito de relaves Tucush.



Acceso  
margen  
derecha

Pozas de  
subdrenaje

**Foto N° 05:** Vista panorámica del talud aguas abajo del dique del depósito de relaves Tucush.





**Muro de concreto  
revestido con  
geomembrana,  
margen izquierda.**

**Foto N° 06:** Vista del vaso del depósito de relaves Tucush y el muro de contención de concreto revestido con geomembrana



**Foto N° 07:** Vista panorámica de la parte posterior del depósito de relaves Tucush, margen izquierda.



**Foto N° 08:** Vista panorámica de la parte posterior del depósito de relaves Tucush



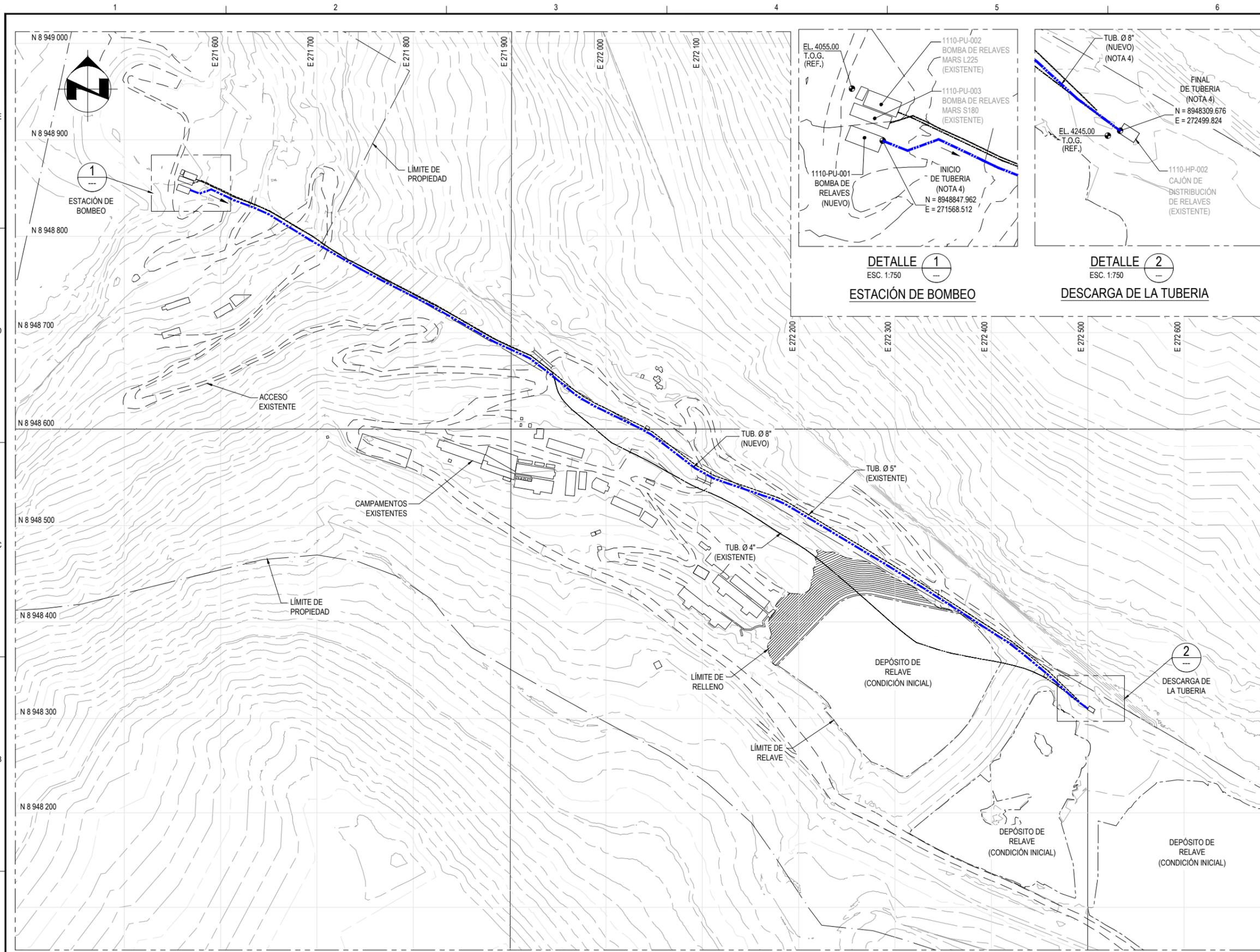
**Foto N° 09:** Vista de la captación del agua de la quebrada principal y su derivación, margen izquierda del depósito de relaves Tucush



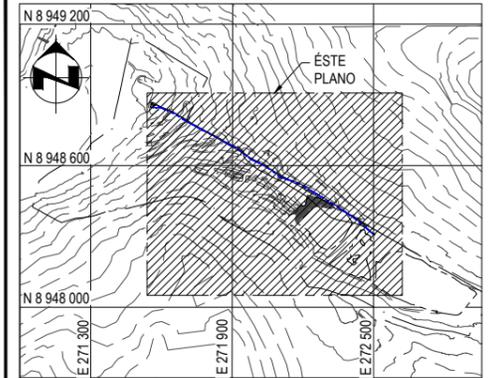
**Foto N° 10:** Vista panorámica del vaso del depósito de relaves Tucush y la cuenca de escorrentía

## ANEXO 4: PLANOS

### Anexo 4.1: Planos Generales

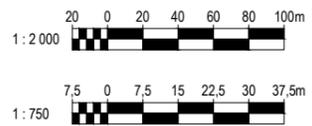


PLANTA



PLANO DE UBICACIÓN

- NOTAS:**
1. TODAS LAS COORDENADAS Y ELEACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERIA DE Ø 8" A INSTALAR ES REFERENCIAL, ASI COMO SUS COORDENADAS DE INICIO Y FINAL, ÉSTAS SE DEFINIRÁN EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.



**CONTONGA PERÚ**

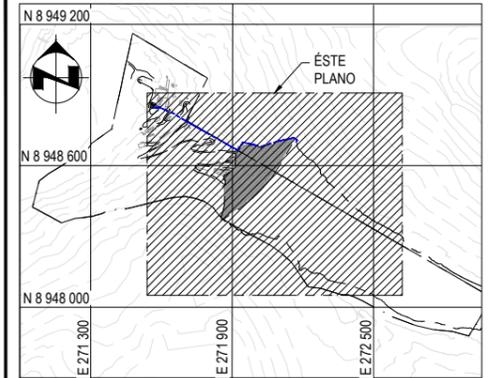
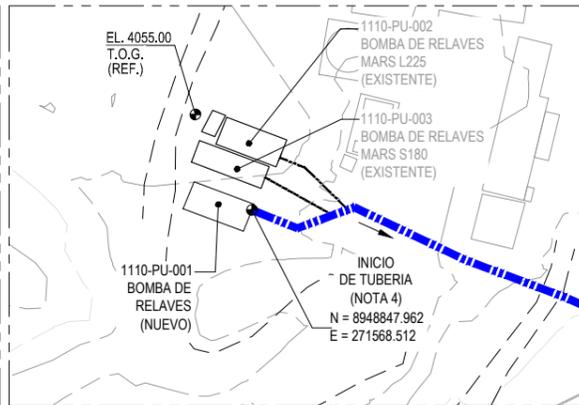
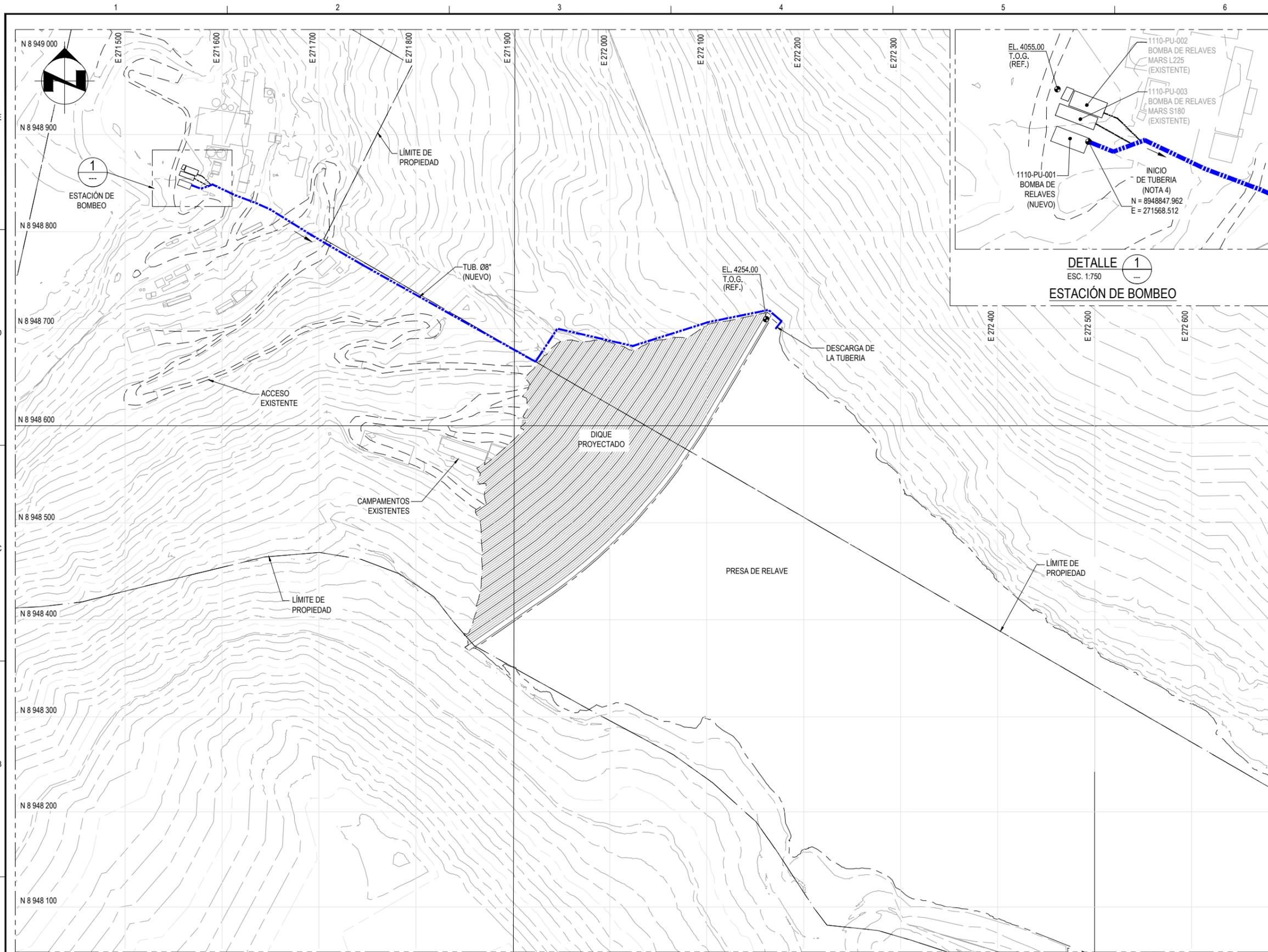
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO

<b>DIBUJADO:</b>	A. RIOJAS	03/01/2018
<b>REVISADO:</b>	S. AGUERO	03/01/2018
<b>DISEÑADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>VERIFICADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>APROBADO:</b>	P. MENDOZA	03/01/2018
<b>PROYECCIÓN:</b>	---	
<b>DATUM:</b>	---	
<b>FUENTE:</b>	---	

**Ausenco Perú**  
 Calle Esquilache 371  
 Piso 6, San Isidro  
 Lima 27  
 Perú  
 T +51 1 207 3800  
 F +51 1 207 3810  
 W www.ausenco.com

**CLIENTE:** CONTONGA PERÚ S.A.C.  
**PROYECTO:** UNIDAD MINERA CONTONGA  
 ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH  
**TÍTULO:** ALTERNATIVA N°1 - RELAVE SIN TRATAMIENTO  
 CONDICIONES INICIALES  
 ARREGLO GENERAL - PLANTA

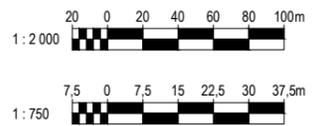
<b>ESCALA:</b>	INDICADA	<b>FORMATO:</b>	A1
TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)			
<b>REV. N°</b>	A	B	C
	1	1	1
<b>PLANO N°</b>	102288-01-G-103		



PLANO DE UBICACIÓN

PLANTA

- NOTAS:**
1. TODAS LAS COORDENADAS Y ELEVACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERIA DE Ø 8" A INSTALAR ES REFERENCIAL, ASI COMO SUS COORDENADAS DE INICIO Y FINAL, ÉSTAS SE DEFINIRÁN EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.



**CONTONGA PERÚ**

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO

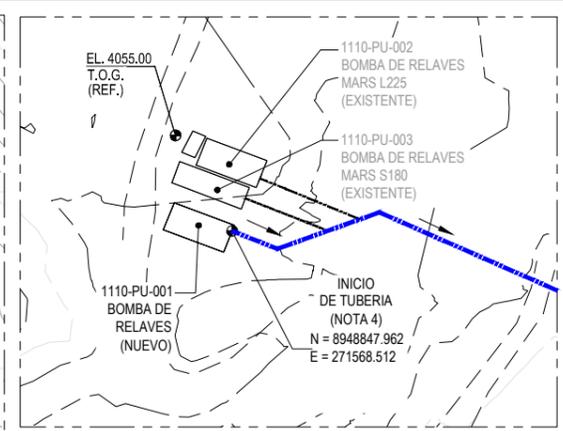
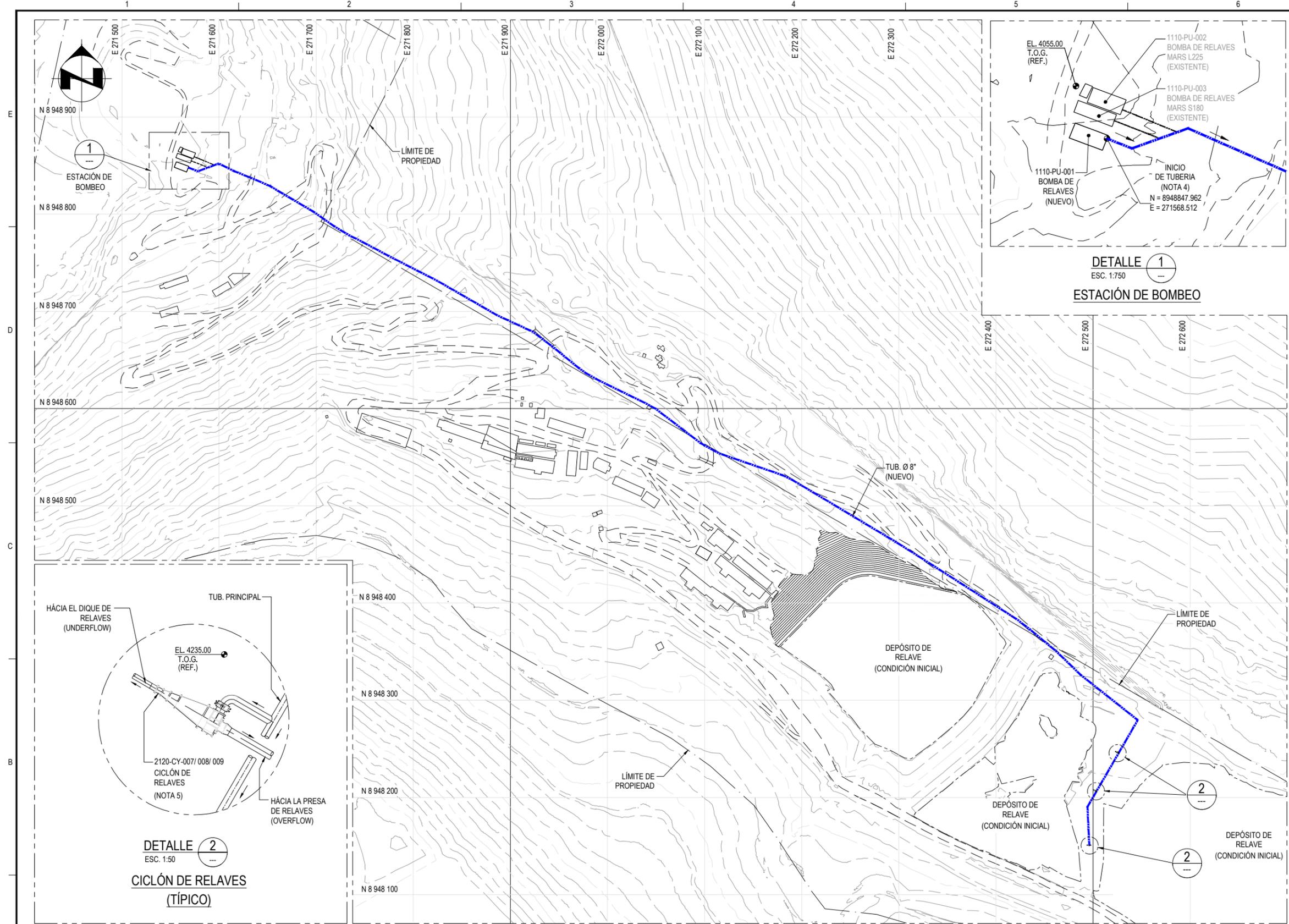
<b>DIBUJADO:</b>	A. RIOJAS	03/01/2018
<b>REVISADO:</b>	S. AGUERO	03/01/2018
<b>DISENADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>VERIFICADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>APROBADO:</b>	P. MENDOZA	03/01/2018
<b>PROYECCIÓN:</b>	----	
<b>DATUM:</b>	----	
<b>FUENTE:</b>	----	

**Ausenco Perú**  
 Calle Esquilache 371  
 Piso 6, San Isidro  
 Lima 27  
 Perú  
 T +51 1 207 3800  
 F +51 1 207 3810  
 W www.ausenco.com

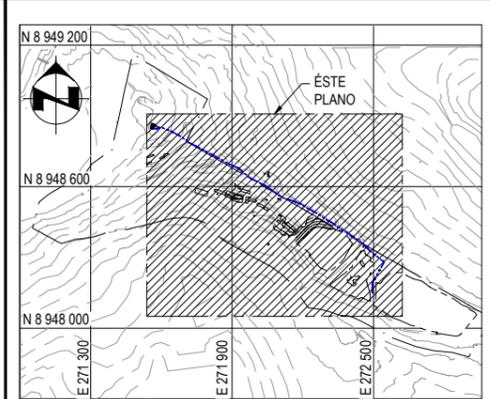
CLIENTE: **CONTONGA PERÚ S.A.C.**  
 PROYECTO: **UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH**  
 TÍTULO: **ALTERNATIVA N°1 - RELAVE SIN TRATAMIENTO CAPACIDAD A 20 AÑOS ARREGLO GENERAL - PLANTA**

ESCALA:	INDICADA	FORMATO:	A1
TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)			
REV. N°	A	B	C
	1	1	1
PLANO N°	102288-01-G-104		

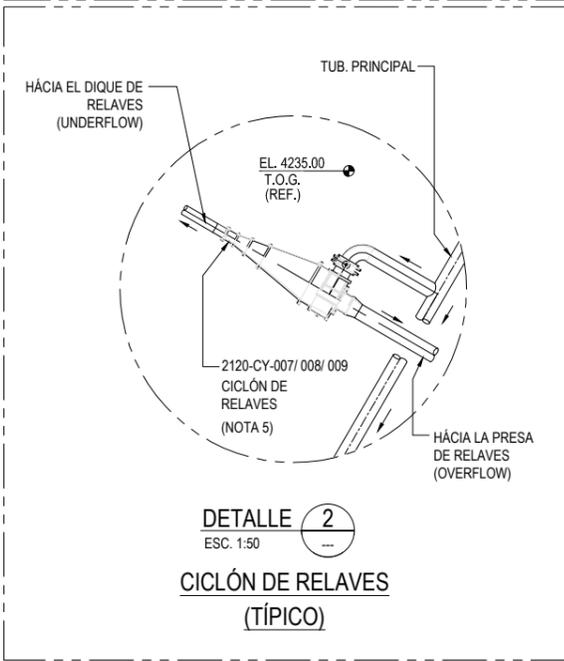




**DETALLE 1**  
ESC. 1:750  
**ESTACIÓN DE BOMBEO**

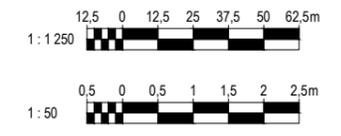


**PLANO DE UBICACIÓN**



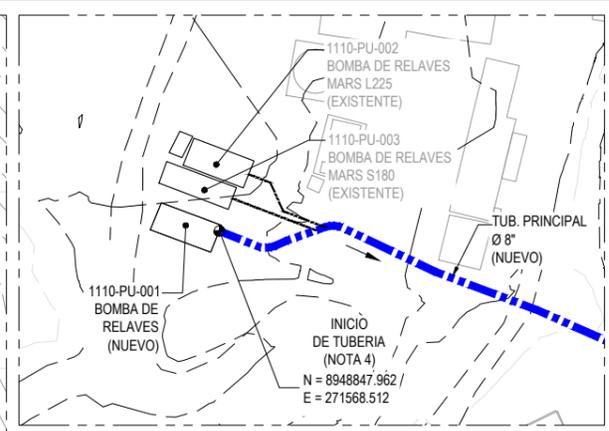
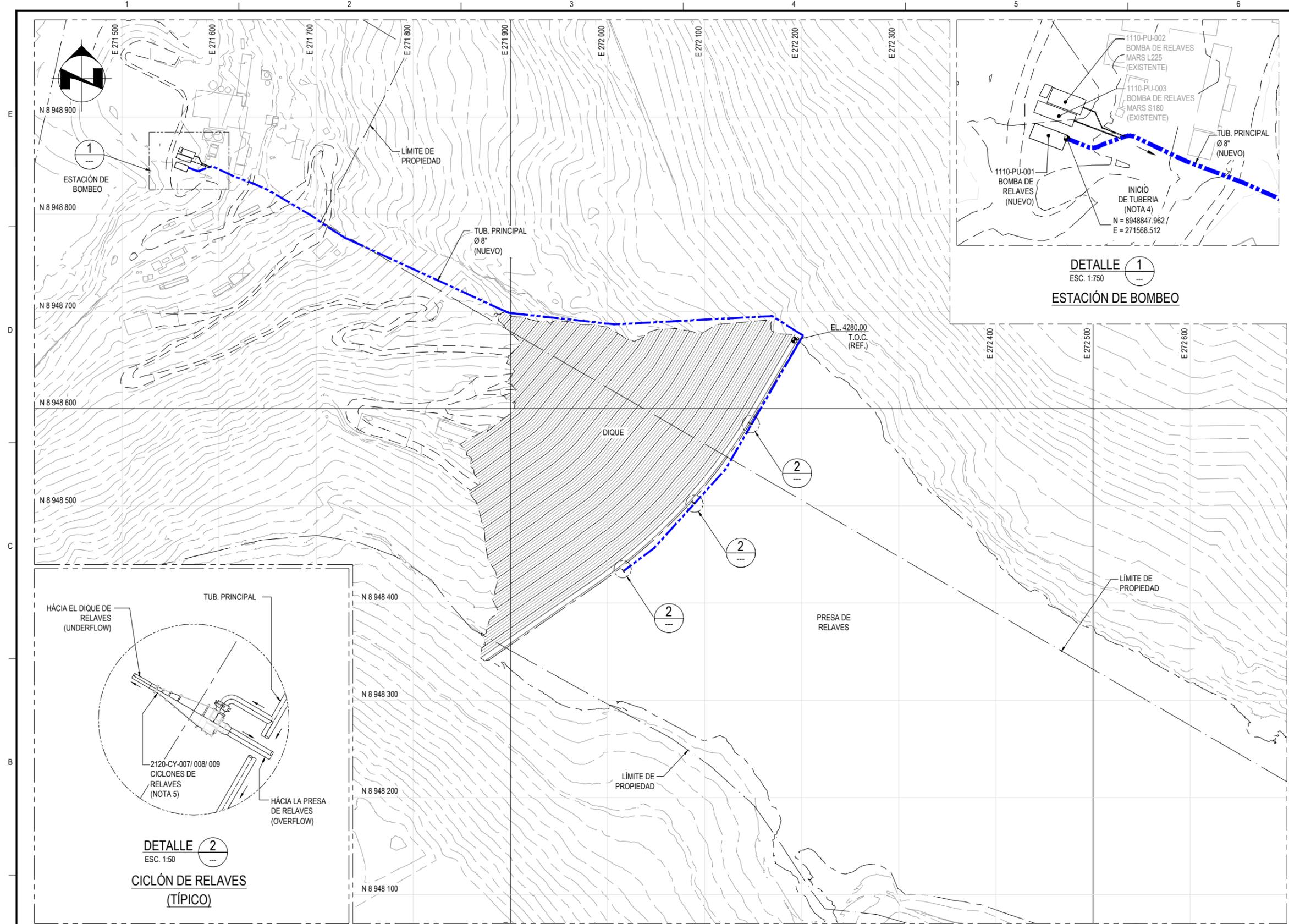
**DETALLE 2**  
ESC. 1:50  
**CICLÓN DE RELAVES (TÍPICO)**

- NOTAS:**
1. TODAS LAS COORDENADAS Y ELEVACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERIA DE Ø 8\"/>

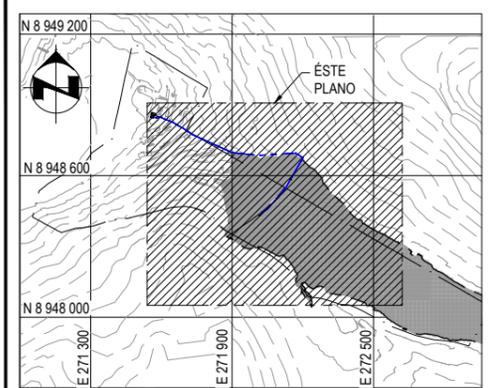


**PLANTA**

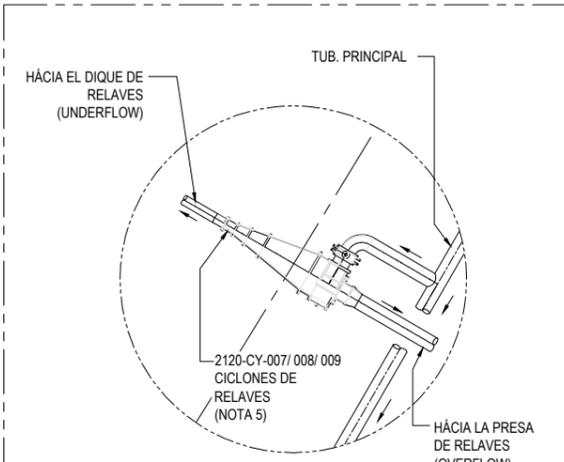
<b>CONTONGA PERÚ</b>	<table border="1"> <tr> <th>PLANO N°</th> <th>REFERENCIA DE PLANOS</th> <th>REV.</th> <th>POR</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>REVISADO</th> <th>APROBADO</th> <th>REV.</th> <th>POR</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>REVISADO</th> <th>APROBADO</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>										PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO															<b>DIBUJADO:</b> A. RIOJAS 03/01/2018 <b>REVISADO:</b> S. AGUERO 03/01/2018 <b>DISENADO:</b> E. CHIU 03/01/2018 <b>VERIFICADO:</b> E. CHIU 03/01/2018 <b>APROBADO:</b> P. MENDOZA 03/01/2018	<b>Ausenco Perú</b> Calle Esquilache 371 Piso 6, San Isidro Lima 27 Perú T +51 1 207 3800 F +51 1 207 3810 W www.ausenco.com	CLIENTE: <b>CONTONGA PERÚ S.A.C.</b> PROYECTO: <b>UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH</b> TÍTULO: <b>ALTERNATIVA N°2 - RELAVE CICLONEADO CONDICIONES INICIALES ARREGLO GENERAL - PLANTA</b>	ESCALA: INDICADA FORMATO: A1 TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m) REV. A B C D N° 1 1 1 1 PLANO N° <b>102288-01-G-105</b>
	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO																												
<b>Ausenco</b>																																										



**DETALLE 1**  
ESC. 1:750  
**ESTACIÓN DE BOMBEO**

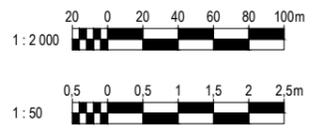


**PLANO DE UBICACIÓN**



**DETALLE 2**  
ESC. 1:50  
**CICLÓN DE RELAVES (TÍPICO)**

- NOTAS:**
1. TODAS LAS COORDENADAS Y ELEVACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERIA DE Ø 8" A INSTALAR ES REFERENCIAL, ASI COMO SUS COORDENADAS DE INICIO Y FINAL. ÉSTAS SE DEFINIRÁN EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.
  5. LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CICLONES ES REFERENCIAL ASI COMO EL DETALLE DEL MISMO, SE DEFINIRÁ EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.



**PLANTA**

**CONTONGA PERÚ**

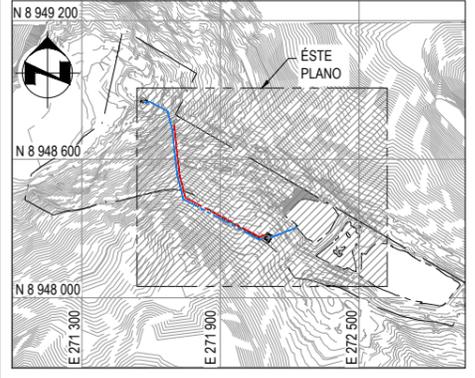
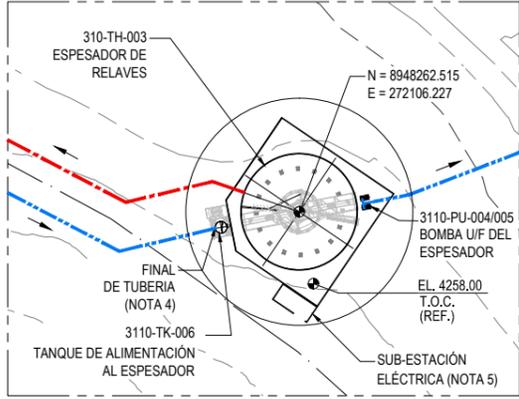
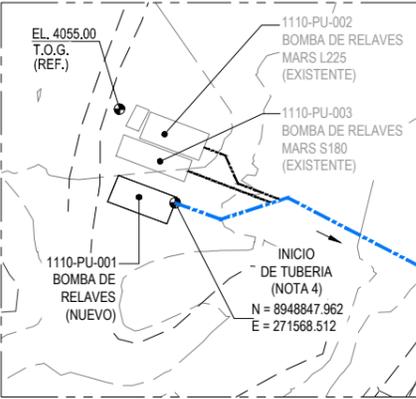
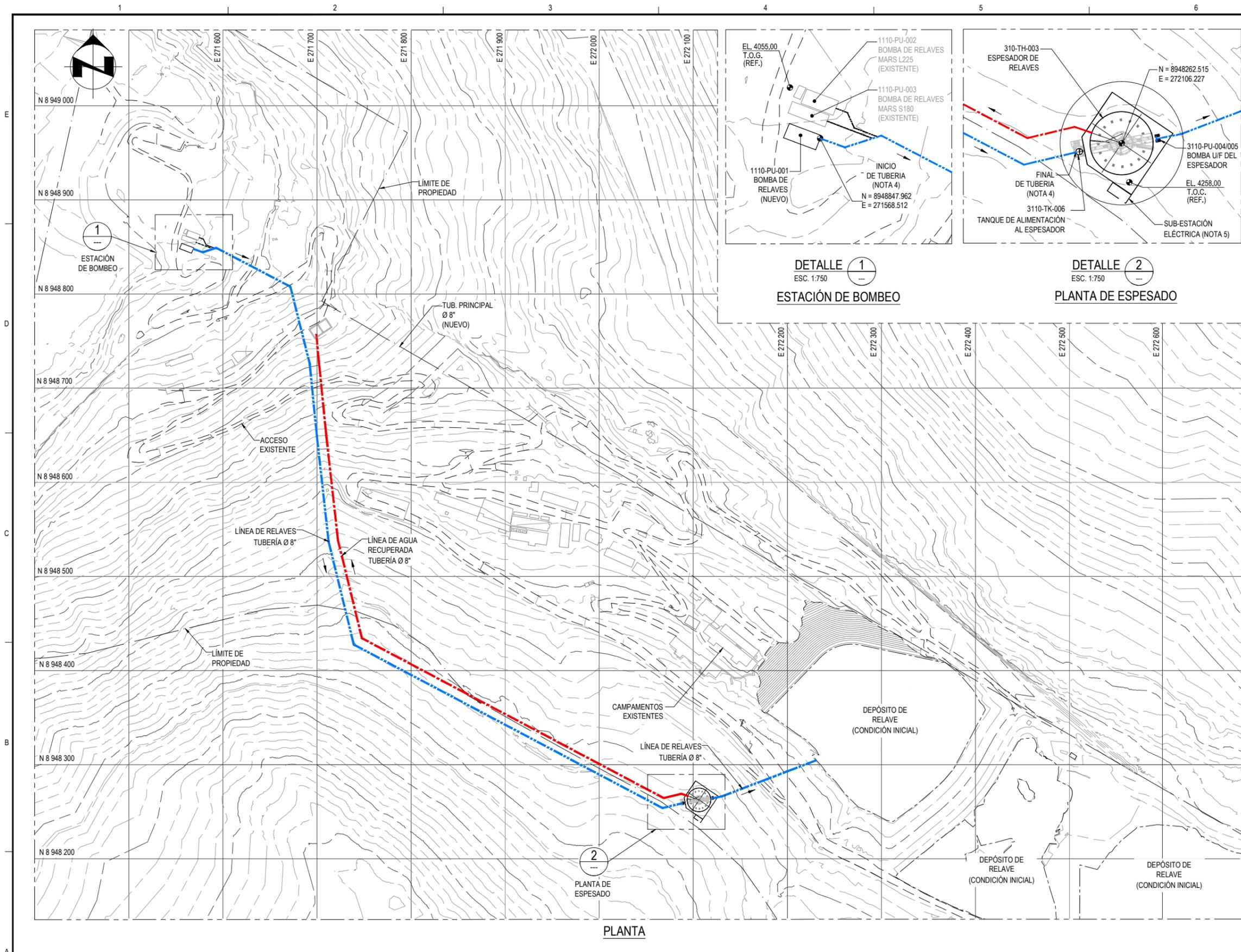
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO

<b>DIBUJADO:</b>	A. RIOJAS	03/01/2018
<b>REVISADO:</b>	S. AGUERO	03/01/2018
<b>DISENADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>VERIFICADO:</b>	E. CHIU	03/01/2018
<b>APROBADO:</b>	P. MENDOZA	03/01/2018
<b>PROYECCIÓN:</b>	----	
<b>DATUM:</b>	----	
<b>FUENTE:</b>	----	

**Ausenco Perú**  
Calle Esquilache 371  
Piso 6, San Isidro  
Lima 27  
Perú  
T +51 1 207 3800  
F +51 1 207 3810  
W www.ausenco.com

**CLIENTE:** CONTONGA PERÚ S.A.C.  
**PROYECTO:** UNIDAD MINERA CONTONGA  
ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH  
**TÍTULO:** ALTERNATIVA N°2 - RELAVE CICLONEADO  
CAPACIDAD A 20 AÑOS  
ARREGLO GENERAL - PLANTA

<b>ESCALA:</b>	INDICADA	<b>FORMATO:</b>	A1
<b>TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)</b>			
<b>REV. N°</b>	A	B	C
	1	1	1
<b>PLANO N°</b>	102288-01-G-106		

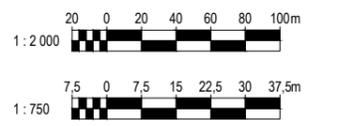


PLANO DE UBICACIÓN

DETALLE 1  
ESC. 1:750  
ESTACIÓN DE BOMBEO

DETALLE 2  
ESC. 1:750  
PLANTA DE ESPESADO

- NOTAS:**
1. TODAS LAS COORDENADAS E ELEVACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERÍA DE Ø 8" DE RELAVES Y DE AGUA RECUPERADA A INSTALAR ES REFERENCIAL, ASI COMO SUS COORDENADAS DE INICIO Y FINAL. ÉSTAS SE DEFINIRÁN EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.
  5. LA UBICACIÓN DE LA SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA ES REFERENCIAL, SE DEFINIRÁ EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.



**CONTONGA PERÚ**

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO

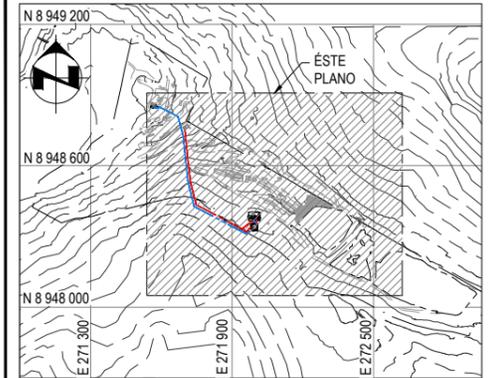
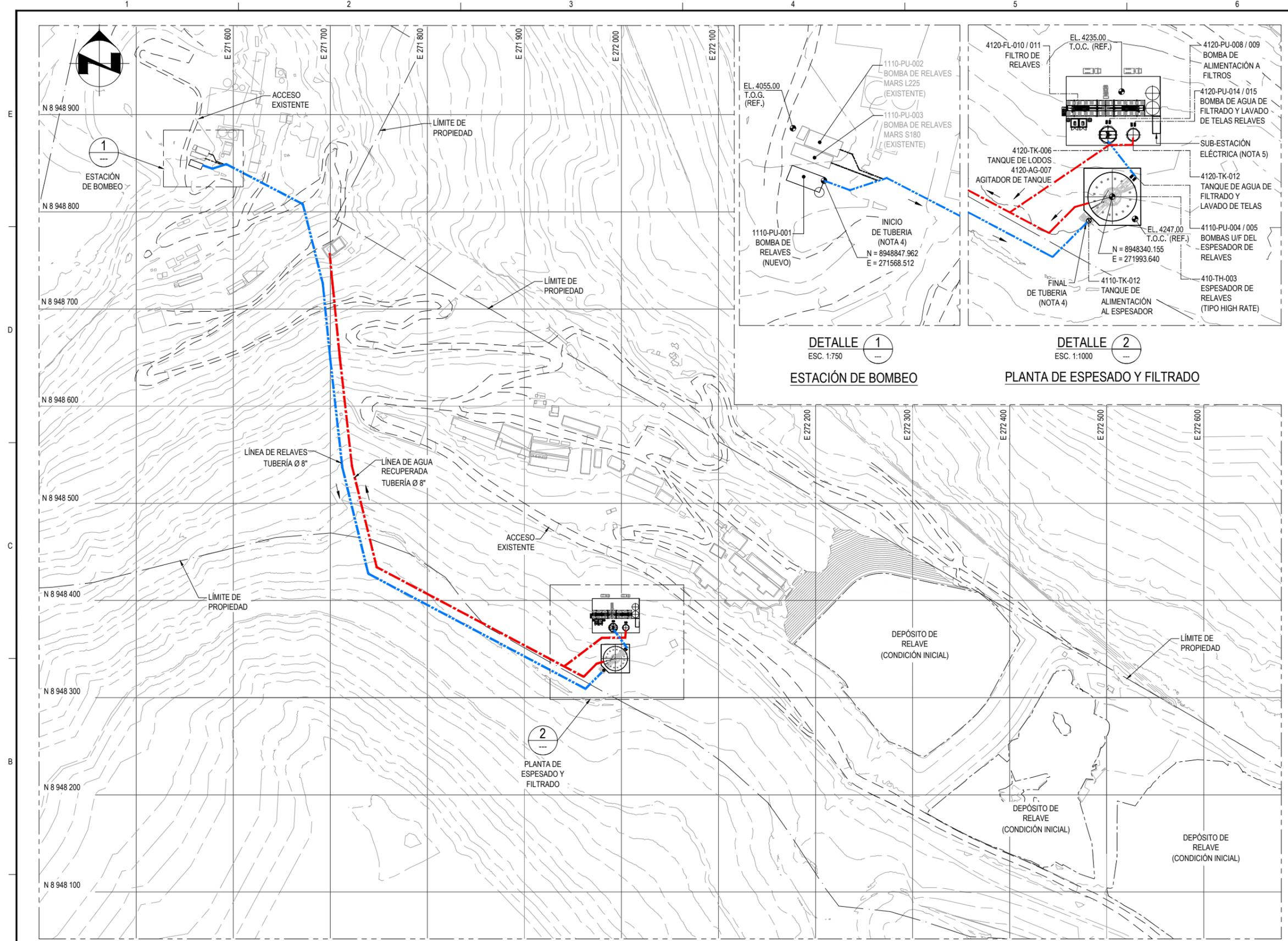
DIBUJADO:	A. RIOJAS	03/01/2018
REVISADO:	S. AGUERO	03/01/2018
DISEÑADO:	E. CHIU	03/01/2018
VERIFICADO:	E. CHIU	03/01/2018
APROBADO:	P. MENDOZA	03/01/2018
PROYECCIÓN:	---	
DATUM:	---	
FUENTE:	---	

**Ausenco Perú**  
Calle Esquilache 371  
Piso 6, San Isidro  
Lima 27  
Perú  
T +51 1 207 3800  
F +51 1 207 3810  
W www.ausenco.com

CLIENTE: **CONTONGA PERÚ S.A.C.**  
PROYECTO: **UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH**  
TÍTULO: **ALTERNATIVA N°3 - RELAVE ESPESADO CONDICIONES INICIALES ARREGLO GENERAL - PLANTA**

ESCALA:	INDICADA	FORMATO:	A1
TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)			
REV. N°	A	B	C
	1	1	1
PLANO N°	102288-01-G-107		





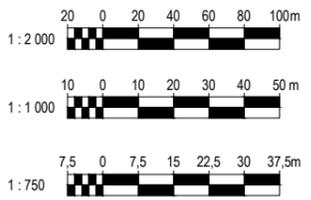
PLANO DE UBICACIÓN

DETALLE 1  
ESC. 1:750  
ESTACIÓN DE BOMBEO

DETALLE 2  
ESC. 1:1000  
PLANTA DE ESPESADO Y FILTRADO

PLANTA

- NOTAS:
1. TODAS LAS COORDENADAS Y ELEVACIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.
  2. LA TOPOGRAFÍA E INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.
  3. LOS ACCESOS Y RUTEO DE LAS LINEAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE.
  4. EL RUTEO DE LA TUBERÍA DE Ø 8" DE RELAVES Y DE AGUA RECUPERADA A INSTALAR ES REFERENCIAL, ASI COMO SUS COORDENADAS DE INICIO Y FINAL, ÉSTAS SE DEFINIRÁN EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.
  5. LA UBICACIÓN DE LA SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA ES REFERENCIAL, SE DEFINIRÁ EN LA SIGUIENTE FASE DE ESTUDIO.



CONTONGA PERÚ

PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO

DIBUJADO:	A. RIOJAS	03/01/2018
REVISADO:	S. AGUERO	03/01/2018
DISENADO:	E. CHIU	03/01/2018
VERIFICADO:	E. CHIU	03/01/2018
APROBADO:	P. MENDOZA	03/01/2018
PROYECCIÓN:	---	
DATUM:	---	
FUENTE:	---	

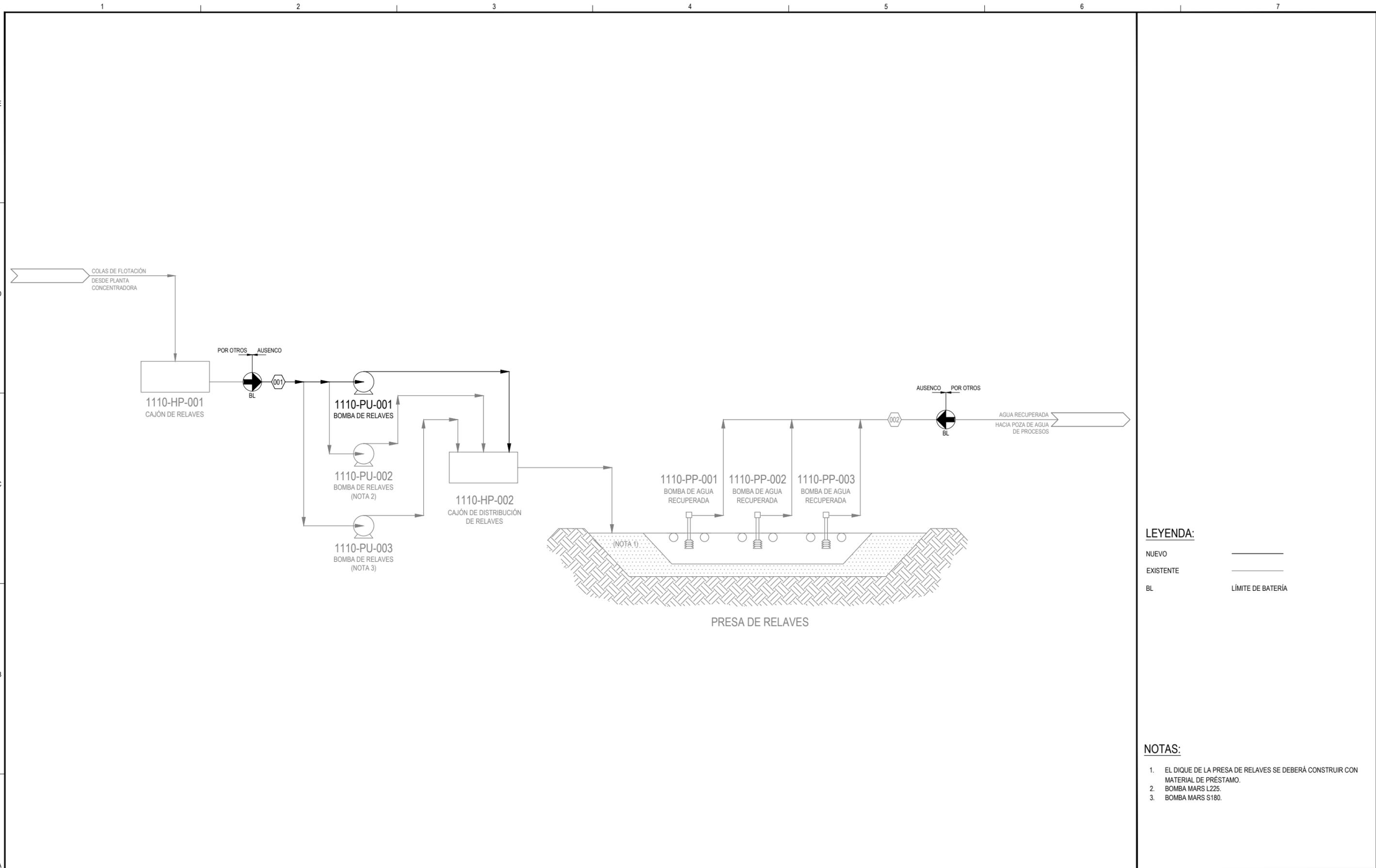
**Ausenco Perú**  
Calle Esquilache 371  
Piso 6, San Isidro  
Lima 27  
Perú  
T +51 1 207 3800  
F +51 1 207 3810  
W www.ausenco.com

CLIENTE: **CONTONGA PERÚ S.A.C.**  
PROYECTO: **UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH**  
TÍTULO: **ALTERNATIVA N°4 - RELAVE FILTRADO CONDICIONES INICIALES ARREGLO GENERAL - PLANTA**

ESCALA:	INDICADA	FORMATO:	A1
TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)			
REV. N°	A	B	C
	1	1	1
PLANO N°	102288-01-G-109		



## Anexo 4.2: Planos de Procesos



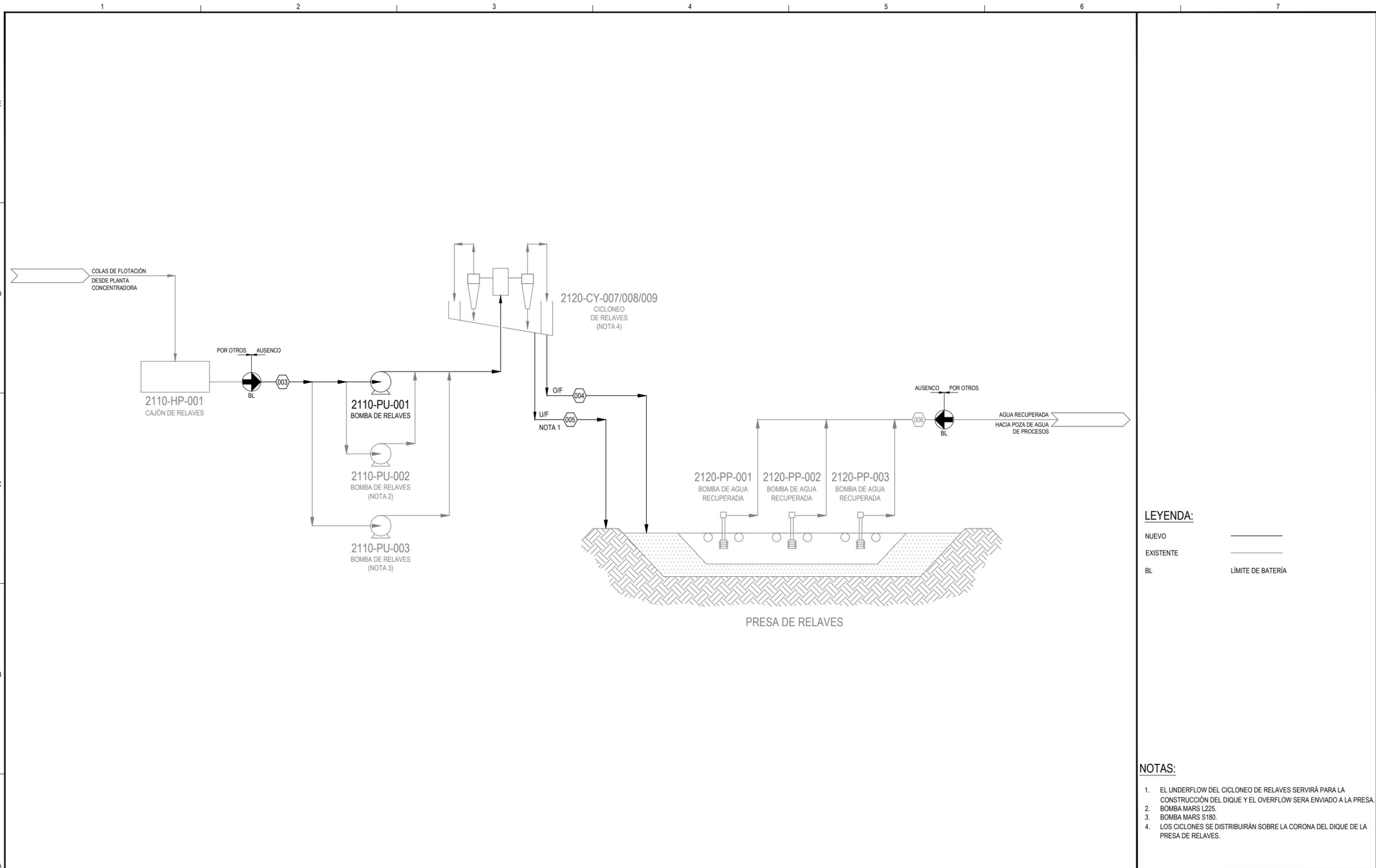
**LEYENDA:**

NUEVO	—————
EXISTENTE	—————
BL	LÍMITE DE BATERÍA

- NOTAS:**
- EL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES SE DEBERÁ CONSTRUIR CON MATERIAL DE PRÉSTAMO.
  - BOMBA MARS L225.
  - BOMBA MARS S180.

CONTONGA PERÚ											DIBUJADO: J. GONZALES 29/09/17	<b>Ausenco Perú</b> Calle Esquilache 371 Piso 6, San Isidro Lima 27 Perú T +51 1 207 3800 F +51 1 207 3810 W www.ausenco.com	CLIENTE: <b>CONTONGA PERÚ S.A.C.</b>	ESCALA: S/E	FORMATO: A1	
													REVISADO: DISEÑADO: VERIFICADO: APROBADO:	PROYECTO: UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH	TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m) REV. N° 1 1 - - - - -	
												PROYECCIÓN: DATUM: FUENTE:	TÍTULO: <b>RELAVE SIN TRATAMIENTO - ALTERNATIVA N°1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS</b>	PLANO N° <b>102288-F-101</b>		
PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO			



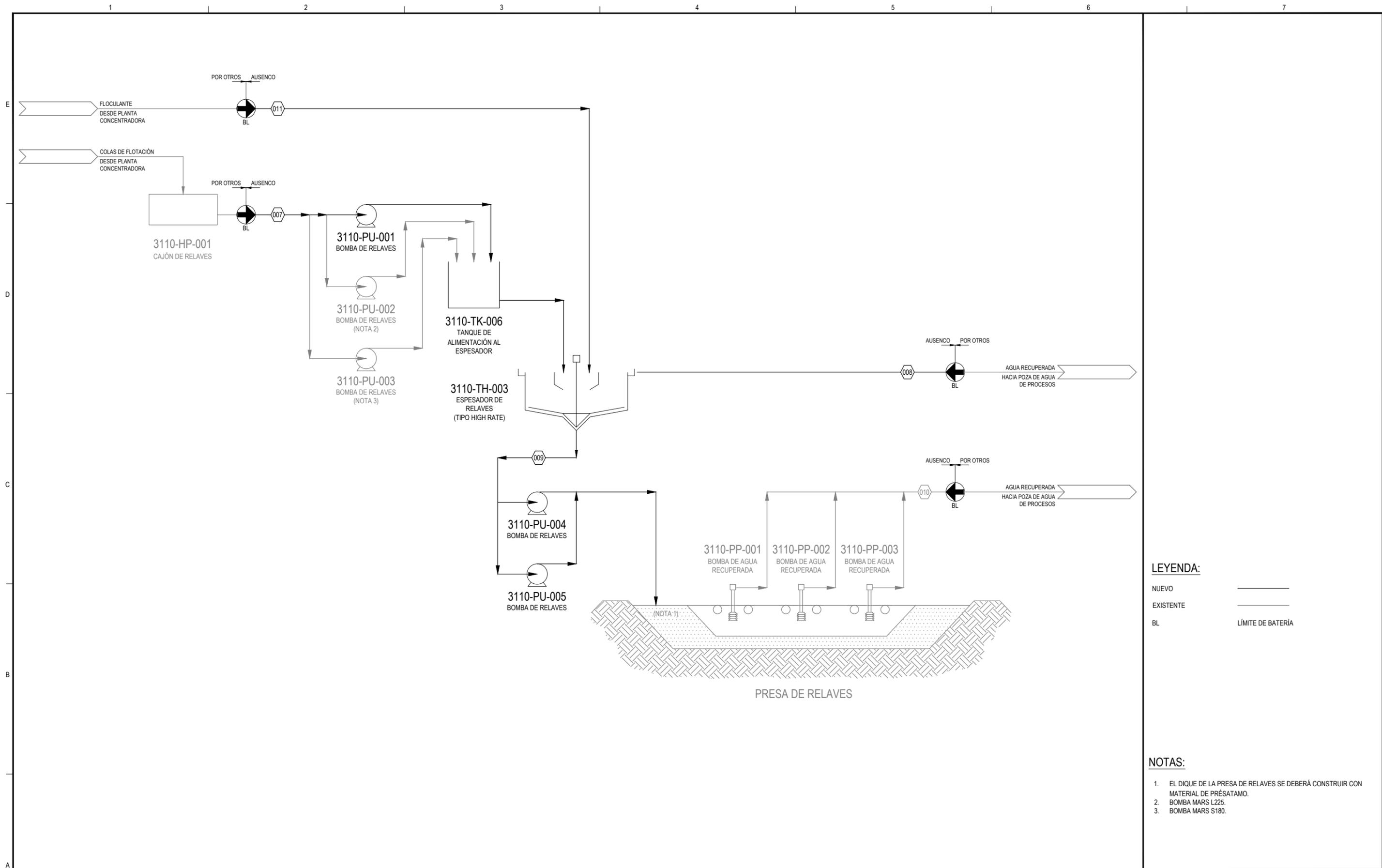


**LEYENDA:**

NUEVO	_____
EXISTENTE	_____
BL	LÍMITE DE BATERÍA

- NOTAS:**
- EL UNDERFLOW DEL CICLONEO DE RELAVES SERVIRÁ PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE Y EL OVERFLOW SERA ENVIADO A LA PRESA.
  - BOMBA MARS L225.
  - BOMBA MARS S180.
  - LOS CICLONES SE DISTRIBUIRÁN SOBRE LA CORONA DEL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES.

CONTONGA PERÚ											DIBUJADO: J. GONZALES 29/09/17 REVISADO: DISEÑADO: VERIFICADO: APROBADO:	<b>Ausenco</b> Calle Esquilache 371 Piso 6, San Isidro Lima 27 Perú T +51 1 207 3800 F +51 1 207 3810 W www.ausenco.com	CLIENTE: <b>CONTONGA PERÚ S.A.C.</b> PROYECTO: UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH	ESCALA: S/E FORMATO: A1 TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)			
	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	PROYECCIÓN:	DATUM:	FUENTE:



**LEYENDA:**

NUEVO \_\_\_\_\_

EXISTENTE \_\_\_\_\_

BL \_\_\_\_\_ LÍMITE DE BATERÍA

**NOTAS:**

- EL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES SE DEBERÁ CONSTRUIR CON MATERIAL DE PRÉSATAMO.
- BOMBA MARS L225.
- BOMBA MARS S180.

CONTONGA PERÚ											DIBUJADO: J. GONZALES 29/09/17 REVISADO: DISEÑADO: VERIFICADO: APROBADO:	<b>Ausenco</b> Calle Esquilache 371 Piso 6, San Isidro Lima 27 Perú T +51 1 207 3800 F +51 1 207 3810 W www.ausenco.com	CLIENTE: <b>CONTONGA PERÚ S.A.C.</b> PROYECTO: UNIDAD MINERA CONTONGA ESTUDIO DE TRADE OFF DEPÓSITO DE RELAVES TUCUSH	ESCALA: S/E FORMATO: A1 TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS (m)				
	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	REV.	POR	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	REV.	POR	FECHA		DESCRIPCIÓN	REVISADO	APROBADO	PROYECCIÓN:	DATUM:	FUENTE:

