

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA



**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVE
MANVALE PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN
PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S.A.”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO
GEÓLOGO**

PRESENTADO POR:

BACH. Janeth Marivel HUAMAN MARTEL

ASESOR:

Mg. Julio Alejandro MARCELO AMES

Cerro de Pasco -2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGÍA



TESIS

**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVE
MANAVALE PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN
PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S.A.”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

BACH. HUAMAN MARTEL, Janeth Marivel

Sustentado y aprobado ante la comisión de jurados:

Dr. Magno, LEDESMA VELITA.

PRESIDENTE

Mg. Javier, LOPEZ ALVARADO.

MIEMBRO

Mg. Eder Guido, ROBLES MORALES

MIEMBRO

Cerro de Pasco - 2018

Dedicatoria:

A Dios:

Por iluminar y guiar nuestros caminos.

A Nuestros Padres:

Por darnos la vida y su apoyo incondicional.

A Nuestros Docentes:

Por darnos su sabiduría y guiarnos

En el camino de ser profesionales.

A Nuestros Amigos:

Por brindarnos su amistad y tiempo

En los momentos cuando más los necesitamos.

Agradecimientos:

Primero que nada agradecemos a Dios por habernos traído a este mundo a cumplir con muchas misiones, por habernos dado vida y salud hasta hoy.

A nuestros padres que sin dudar nos han dado todo el apoyo y la educación necesaria y nos han inculcado todos los valores.

A nuestros amigos con los cuales compartimos muchísimos momentos inolvidables.

A nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Geológica, y a mi Asesor por sus enseñanzas brindadas y su colaboración en la realización del presente trabajo.

De igual manera agradecemos a todos los que de una u otra manera colaboraron en la elaboración del presente trabajo.

A todos muchísimas Gracias.....

RESUMEN

En Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de nuestra “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, me permito a presentar la Tesis Intitulada “**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DE LA RELAVERA MANAVALÉ PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S A**” con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

El presente trabajo de Investigación tiene por objeto comprobar el comportamiento positivo para soportar la disposición de relave en pasta bajo las actuales condiciones de trabajo, en mérito a los resultados del laboratorio geo-sísmico y los estudios de estabilidad física y geotécnica, realizados en el mismo depósito de relaves.

El depósito de relaves Manavale, estaba inicialmente diseñado para acumular relaves en pulpa, los relaves en pulpa requieren de mayor espacio para su disposición, cuando dicha relavera cumpla con su vida útil, se dispondrá relave en pasta, para cual se realiza el análisis de estabilidad

física del depósito de relaves Manavale, para lo cual se tuvo que determinar las características geotécnicas de las unidades que yacen en los cimientos del depósito de relaves Manavale, de los materiales que conforman el dique de contención y las características físicas de los relaves depositados ya. La teoría, las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio usados para el análisis y diseño de esta propuesta son explicados en los capítulos respectivos.

Los resultados del análisis de estabilidad física del depósito de relaves Manavale indican que para las condiciones proyectadas tomando en cuenta los cambios realizados en la disposición de relaves, el depósito de relaves Manavale obtiene valores favorables de los factores de seguridad para la sección analizada, certificando una operación segura.

Palabra Clave: Estabilidad Física, Relave en Pasta.

El autor.

INTRODUCCION

Compañía Minera Aurex S.A., empresa minera privada dedicada al tratamiento de relaves que han sido acumuladas en operaciones mineras de la época colonial (argentíferos), para tal fin, se viene trabajando en la Planta Andes (planta de beneficio) con capacidad de 250 TMS/día, la cual tiene un depósito de relaves e instalaciones auxiliares para garantizar la continuidad de la operación por los próximos años.

En la actualidad en la minería peruana el proceso de disposición de relaves, desde el tradicional relave en pulpa, espesado, en pasta y filtrado, se inicio con los relaves producidos por flotación y lixiviación, extrayendo arenas muy finas y partículas sumamente pequeñas (lamas); sin embargo en aquellos tiempos cuando se inicio la minería las formas de disposición no eran las ideales (se vertía al río y lechos de lago); debido a ello

empíricamente se dio inicio a la ejecución de la construcción de depósitos de relaves con el método hoy conocido como “aguas arriba”. A causa de fallas en depósitos de relave dispuestos con este método, se tuvo la necesidad de cambiar el método de construcción al conocido como “aguas abajo”, con lo cual se mejoró la estabilidad de los depósitos de relave.

Luego se tuvo experiencias de fallas de presas de relaves por eventos sísmicos, en el Perú en el año 1952 ocurrió la falla del depósito Casapalca-CENTROMIN, a partir de entonces se tiene información de depósitos afectados por eventos sísmicos, por efecto de la licuación del material ante la presencia de movimiento sísmico y la saturación del relave; ante dichos eventos y el avance de la tecnología, se viene implementando el proceso de disposición de relaves con contenido de agua cada vez menores, mas densidad y mayor concentración de sólidos. Dichas características ayudan a mejorar la estabilidad de los depósitos de relaves; además, estos tipos de disposición generan mejores condiciones geotécnicas.

Luego de finalizada la vida útil de la relavera Manavale, se modifica el método operativo de disposición al descargar relaves en pasta que es una metodología de depósito amigable al medio ambiente, la salud, la seguridad y producción limpias, gracias a sus características.

Para el análisis de la estabilidad física del depósito de relaves Manavale de la planta de beneficio Andes, se ha tomado en cuenta una apreciación del

comportamiento de suelos con la que fue construida esta infraestructura muy independiente a las diferentes fuentes de presión de poros y la forma en las que estas afectan la interpretación de resistencia al corte. Este depósito está construido desde el dique de arranque (en su primera etapa de vida útil), con material de préstamo, fundamentalmente compuesta por Gravas con arena que la hacen por si sola resistente. A estas características se le incrementa el suficiente espesor de soporte, generado por la estructura de sus taludes.

Para llegar fácilmente a la lectura e interpretación del presente análisis se presenta una estructura que empieza desde la ubicación del depósito de relaves, su descripción geológica, la imagen topográfica, geográfica y climatológica; además del análisis ingenieril de comportamiento y estabilidad, los correspondientes exámenes de campo y laboratorio, enriquecidos con conclusiones, recomendaciones, anexos, planos y fotografías mostradas a lo largo del presente informe.

Para realizar la descripción geológica del área donde se ubica la relavera, se ha dividido el correspondiente Capítulo en el tipo de suelo, su geomorfología, deslizamientos, hidrografía, geotecnia y la geología histórica regional.

Las unidades litológicas constituidas por areniscas, calco-areniscas y conglomerados, presentes en el lugar del proyecto, han facilitado la

construcción del dique, utilizando el material de préstamo que, según los estudios geo-sísmicos y geotécnicos son de excelente comportamiento de soporte de los diques de arranque y crecimiento de la Relavera Manavale que luego de su vida útil servirán para el recrecimiento vertical-final con Relave en Pasta.

La topografía circundante a la Relavera Manavale es relativamente plana hacia el lado noreste, sureste y suroeste; sin embargo, hacia el lado noreste presenta afloramientos rocosos de pendientes medias.

El área donde se encuentran las operaciones de la Planta Andes corresponde a una altitud promedio de 4200 msnm.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I.....1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....1

1.1 Determinación del problema.....1

1.2 Formulación del problema.....1

1.2.1 Problema general.....3

1.2.2 Problemas específicos.....3

1.3 Objetivos.....4

1.3.1 Objetivos Generales.....4

1.3.2 Objetivos Específicos.....4

1.4 Justificación del problema.....5

1.5 Importancia y Alcances de Investigación.5

1.5.1. Importancia.....5

1.5.2. Alcance.....6

1.6 Limitaciones.....6

CAPITULO II.....7

MARCO TEÓRICO.....7

2.1 Antecedentes del problema.....7

2.2 Marco Legal.....19

2.3 Actividades de la Industria Minera.....20

2.3.1 Productos en Planta Concentradora.....21

2.4 Bases teóricos – Científicos.....22

2.4.1 Depósitos de Relaves.....	22
2.4.2 Relave Minero.....	23
2.4.3 Talud.....	23
2.4.4 Estabilidad de Depósitos de Relave.....	24
2.4.5 El factor de seguridad.....	25
2.4.6 Movimientos de masa.....	26
2.5 Definición de Términos.....	29
2.6 Formulación de hipótesis	31
2.6.1 Hipótesis general	31
2.6.2 Hipótesis específicas	31
2.7 Identificación de variables.....	32
2.7.1 Variable independiente.....	32
2.7.2 Variable dependiente.....	32
2.7.3 Variable Intervinientes.....	32
CAPITULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1 Tipo de investigación.....	33
3.2 Diseño de la investigación.....	33
3.3 Población y muestra	34
3.4 Métodos de investigación.....	34
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.	35
3.7 Ubicación de la zona de estudio.....	36
3.7.1 Extensión de la relavera manavale.....	38
3.8 Ambiente físico.....	39
3.8.1 Fisiografía y topografía.....	39

3.8.2	estratigrafía regional.....	39
3.8.3	geología superficial local.....	41
3.8.4	geomorfología.....	44
3.8.5	estratigrafía.....	44
3.8.6	tipo de suelo.....	47
3.8.7	geotecnia.....	47
3.8.8	sismicidad.....	48
3.8.9	riesgos naturales.....	51
3.8.10	clima y meteorología.....	53
CAPITULO IV.....		55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		55
4.1	PRESENTACION DE RESULTADOS	55
4.1.1	Metodología De Campo.....	55
4.1.2	SISMICIDAD DEL ÁREA EN ANÁLISIS.....	62
4.1.2.1	Sismicidad.....	62
4.1.2.2	Zonificación Sísmica.....	65
4.1.2.3	Intensidad.....	69
4.1.2.4	Evaluación probabilística de riesgo.....	71
4.1.2.5	Características del sismo máximo de diseño.....	72
4.1.3	INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.....	74
4.1.3.1	Investigaciones geotécnicas de campo.....	76
4.1.4	RELAVE EN PASTA:.....	76
4.1.4.1	Diseño y Disposición.....	76
4.1.4.2	Técnicas para la caracterización de pastas minerales.....	79

4.1.5	Diseño de Recrecimiento de Relavera Manavale Utilizando Relave en Pasta.....	88
4.1.5.1	Consideraciones de diseño.....	88
4.1.5.2	Modelos de Disposición de Pastas Minerales y Tiempo de vida útil.....	89
4.2	DISCUSION:.....	92
	CONCLUSIONES.....	94
	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFIA.....	101
	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	103
	ANEXOS.....	104

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Determinación del problema.

En todas las minas del mundo se están formulando las mismas preguntas concernientes a la seguridad protección y calidad del medio ambiente natural en que nos desarrollamos, así como del ambiente de trabajo, a fin de prevenir daños que afectaría a la propiedad (infraestructuras), a los trabajadores (personas), al ambiente y también al entorno social.

Actualmente, la mayoría de las empresas mineras utilizan el proceso convencional de depositación de relaves, es decir levantamiento de muros a partir de arena del mismo material; este sistema tiene la ventaja de ser una tecnología probada y de reducido costo en el corto plazo, pero en el mediano plazo la situación se hace más compleja, ya que el ángulo del talud del muro es bajo de modo que

se requieren grandes extensiones. Esto significa que si se sigue aplicando el método tradicional, en el largo plazo el depósito de relave no tendrá la capacidad suficiente para almacenar todo el relave, haciendo necesario buscar, construir, habilitar y operar un nuevo depósito, lo que implicaría nuevas inversiones incrementando costos de inversión y de operación.

La Planta Concentradora de Minerales Andes es propiedad de la Empresa Aurex SA., cuya capacidad de tratamiento es de 250 TMD, no es ajeno a la aplicación y adecuación a las Normas de la Legislación Minera y Ambiental, a fin de prevenir riesgos que afectaría en lo técnico, económico, ambiental, social y legal.

El análisis de la estabilidad física del depósito de relaves Manavale para el Recrecimiento Vertical con Relave en Pasta de la Planta Concentradora Andes, es ayudar a prevenir riesgos y peligros que ocasionaría posteriores daños a las personas, a la propiedad y al ambiente, así mismo nos va permitir la aplicación correcta y oportuna de los procedimientos de manejo de crisis de una manera estructurada.

El depósito de relaves Manavale de la Planta de beneficio Andes tiene una capacidad máxima de los depósitos de relave de 380,000

m³, por lo que el volumen útil del recremento representa un aumento de la capacidad de almacenamiento de 49.7%, dando el soporte de garantía a la estabilidad física de la mencionada relavera, luego de finalizada su vida útil la misma que admite la modificación del método operativo de disposición al descargar relaves en pasta que es una metodología de depósito amigable al medio ambiente, la salud, la seguridad y producción limpia, gracias a sus características.

1.2 Formulación del problema.

Para analizar la estabilidad física de la relavera Manavale para su recreciendo vertical con relave en pasta del depósito de relaves de la Planta Concentrado Andes, se formula lo siguiente.

1.2.1 Problema general.

¿De qué manera influye en la estabilidad física del depósito de relave Manavale el recrecimiento vertical con relave en pasta en la empresa minera Aurex S.A.?

1.2.2 Problemas específicos.

a. ¿De qué manera puede influir las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las

diferentes unidades geotécnicas en la estabilidad física de la relavera Manavale para su recrecimiento vertical con relave en pasta.

b. ¿Cómo influyen las propiedades físicas del relave en pasta, en el depósito de relaves Manavale.?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales.

Determinar la influencia que tienen sobre la estabilidad física del depósito de relave Manavale de planta de Beneficio Andes, el recrecimiento vertical con relave en pasta.

1.3.2 Objetivos Específicos.

a. Determinar las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las diferentes unidades geotécnicas en la estabilidad física de la relavera Manavale para su recrecimiento vertical con relave en pasta.

b. Determinar las propiedades físicas del relave en pasta, en el depósito de relaves Manavale.

1.4 Justificación del problema.

La justificación de esta investigación, está basada en determinar la estabilidad física de la relavera Manavale, para el recremento vertical con relave en pasta, En qué medida el relave en pasta, su disposición, caracterización y parámetros operativos, afectaran la estabilidad física del depósito de relave Manavale, en caso de detectarse algún tipo de debilidad, establecer los trabajos que se realizan a fin de asegurar la estabilidad física del depósito de relave Manavale. De modo que una vez asegurada la estabilidad física se puedan disponer relaves en pasta y así seguir su vida útil.

1.5 Importancia y Alcances de Investigación.

1.5.1. Importancia.

La presente investigación trató sobre el análisis de la estabilidad física de la relavera Manavale y su recremento vertical con relave en pasta de la empresa minera Aurex S.A., esto nos ayudara a evitar riesgos naturales y antrópicos, y asegurar la toma de precauciones por parte de las instituciones involucradas en esta actividad.

1.5.2. Alcance

El alcance de la presente investigación considero que es a nivel nacional o tal vez internacional, ya que sus aportes van a contribuir al análisis de la estabilidad física de depósitos de relave para el recrecimiento vertical con relave en pasta de otras Plantas Concentradoras que se tiene en nuestro país y en el exterior a nivel de minería y pequeña minería.

1.6 Limitaciones.

El trabajo de investigación por la naturaleza de su contenido e impacto, afrontó una serie de limitaciones en el proceso de su formulación, situación previsible en la mayoría de los trabajos de investigación, pudiéndose señalar los principales aspectos restrictivos encontrados:

La escasa o incipiente información documental referida al tema de la investigación, presumiblemente por la carencia de un acervo documental debidamente acreditado en un archivo técnico.

CAPITULO II:

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del problema.

2.1.1 Roberto Eduardo AGUIRRE RAMOS, ANALISIS DE LA ESTABILIDAD FISICA DEL DEPOSITO DE RELAVE N° 5 DE LA CONCESION DE BENEFICIO BELEN DE MINERA TITAN DEL PERU S.R.L. Perú. 2017.

Síntesis:

Se propone realizar el cambio en la disposición de relaves, para lo cual fue necesario realizar antes un nuevo análisis de estabilidad física del depósito de relaves N° 5, de los materiales que conforman el dique de contención y las características físicas de los relaves a depositar en el vaso. Los resultados del análisis de estabilidad física del depósito de relaves N° 5 indican que para las condiciones proyectadas tomando en cuenta los

cambios realizados en la disposición de relaves así como la construcción de la berma de contención, el depósito de relaves N° 5 obtiene valores favorables de los factores de seguridad para la sección analizada, certificando una operación segura.

2.1.2 Denis Omar ALMERCÓ PALOMINO, CONSTRUCCION DE DIQUE CON TRATAMIENTO DE RELAVE, EN MINA CATALINA HUANCA – REGION AYACUCHO. Lima, Peru. 2014.

Síntesis:

La regulación legal, técnica y ambiental que tiene nuestro país para la construcción, operación, mantenimiento y cierre de los depósitos de relave mineros, exige que se cumplan diversos requerimientos de seguridad, destinados a la protección de las personas y el medio ambiente, por ello, todos los esfuerzos que se hagan para establecer criterios que se tendrán en cuenta sobre el control de los riesgos e impactos son de suma importancia.

2.1.3 Alberto Michael SANCHEZ MENDOZA, Angel A Junior TAZA ROJAS, ANALISIS DE ESTABILIDAD SISMICA PARA UNA PRESA UTILIZANDO RELAVE GRUESO CON EL

MÉTODO SUELO ARMADO (HUACHOCOLPA UNO – HUANCAVELICA). Lima, Peru. 2017.

Síntesis:

Analizar la estabilidad sísmica para una presa de relaves utilizando relave grueso con el método de suelo armado, cuyo objetivo es garantizar la estabilidad sísmica de una presa usando como herramienta el programa slide para obtener como resultado los factores de seguridad de acuerdo a la normatividad peruana.

2.2 Marco Legal.

2.2.1 Marco de Referencia Legal de Recrecimiento de Relaveras.

- **RM-120-2014-MEM/DM: Criterios Técnicos que regulan la modificación de componentes mineros o ampliaciones y mejoras tecnológicas en las unidades mineras, que cuenten con Certificación Ambiental.**

C. COMPONENTES MINEROS – C.1. (3) Depósito de Relaves:
Modificación de altura del dique (recrecimiento).

- **DS-040-2014-EM 12nov14 (Artículos 20°, 21°, 38°, 52°, 60°, 71° y 77°-c): Reglamento para la protección y gestión ambiental para actividades de beneficio y otros.**

El titular de actividad minera debe asegurar la oportuna identificación y el manejo apropiado de todos los aspectos ambientales, factores y riesgos de sus operaciones que puedan incidir sobre el ambiente.

De presentarse variaciones a nivel de la ingeniería de detalle, que difieran de manera significativa respecto de la descripción a nivel de factibilidad efectuada en el estudio ambiental o modificación aprobada, la DREM consultará a la Autoridad Competente.

- **Ley N° 27314. 24-mar-2010: Ley General de Residuos Sólidos.**

Artículo 22°, Numeral 2. Se considerará residuo sólido peligroso aquel que presente por lo menos una o más de las siguientes características: auto combustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radioactividad o patogenicidad.

Artículo 37°. (Artículo modificado por el DL 1065 del 28-jun-2008).

Los generadores de Residuos Sólidos (RS) del ámbito de gestión no municipal, remitirán en formato digital, a la autoridad a cargo de la fiscalización correspondiente a su Sector: Una Declaración Anual del Manejo de RS; un Plan de Manejo de RS que estiman van a ejecutar

en el siguiente periodo; un Manifiesto de Manejo de RS Peligrosos por cada operación de traslado.

- **DS-057-2004-PCM. 24-jul-2004. Reglamento de la Ley 27314.**

Artículo 26º. Los titulares de los proyectos de obras o actividades, públicas o privadas, que generen o vayan a manejar residuos, deben incorporar compromisos legalmente exigibles relativos a la gestión adecuada de los residuos sólidos generados. Dichos compromisos deben aparecer claramente descritos, en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), en los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y en otros instrumentos ambientales.

- **DS-023-2017-EM. 18-ago-2017: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería.**

Artículo 400º.- Los residuos generados y/o producidos en la unidad minera como ganga, desmonte, **relaves**, lixiviados, aguas ácidas, escorias, entre otros serán según el caso, almacenados, encapsulados o dispuestos en lugares diseñados para tal efecto hasta su disposición final, asegurando la estabilidad física y química de dichos lugares, a fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

- **Ley 28090 Ley que regula el Cierre de Minas y su modificatoria Ley 28507 del 8 de mayo de 2005.**

La prevención, minimización y el control de los riesgos y efectos sobre la salud, la seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad, que pudieran derivarse del cese de las operaciones de una unidad minera o sus componentes como la relavera por ejemplo.

- **DS-033-2005-EM: Reglamento de la Ley de Cierre de Minas y su modificatoria DS-035-2006-EM.**

El objetivo del Reglamento de la Ley de Cierre de Minas, es la prevención, minimización y el control de los riesgos y efectos sobre la salud, la seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad, que pudieran derivarse del cese de las operaciones de una unidad minera.

- **Ley N° 28611. 15-oct-2005: Ley General del Ambiente.**

Artículo 24º, numeral 1. Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – SEIA.

- **Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, del 23-Abr-2001.**

Artículo 3º modificado por DL 1078 del 28-jun-2008, establece la obligatoriedad de la certificación ambiental.

- **DS-019-2009-MINAM: Reglamento de la Ley Del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, del 25-set-2009.**

Artículo 51º. El titular tramitará ante la Autoridad Competente la Solicitud de Certificación Ambiental adjuntando el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental.

- **Ley N° 27651: Ley de formalización y promoción de la pequeña minería y la minería artesanal, del 24-ene-2002.**

Artículo 15º. Para el inicio o reinicio de actividades, los pequeños productores mineros y productores mineros artesanales estarán sujetos a la presentación de Declaración de Impacto Ambiental o Estudio de Impacto Ambiental Semi-detallado, según sea su caso, para la obtención de la Certificación Ambiental referida en la Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

- **DS-013-2002-EM: Reglamento de Ley de formalización y promoción de la pequeña minería y la minería artesanal, del 24-ene-2002.**

Artículo 36°. La autoridad competente en asuntos ambientales es la autoridad regional, ante la cual, los pequeños productores mineros deberán presentar los Estudios de Impacto Ambiental Semi-detallado – EIASd; los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA; los Planes de Cierre; y las modificaciones de tales documentos, según sea el caso; enunciado que concuerda con lo establecido en el **Artículo 3°** del DS-051-2009-EM, del 13-jun-2009, que establece que, la competencia y funciones del Ministerio de Energía y Minas, se entenderá como hechas por la Autoridad Regional.

- **Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos, 31-mar-2009.**

Artículo 80°.- Autorización de vertimiento. Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva.

Artículo 83°.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias. Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen

riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bio-acumulación.

- **DS-001-2009-AG: Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, del 24-mar-2010.**

Artículo 134º.- Contenido del instrumento ambiental. El instrumento ambiental de cualquier proyecto, debidamente aprobado por la autoridad competente, debe contemplar el sistema de tratamiento de aguas residuales y el efecto del vertimiento en el cuerpo receptor.

Artículo 135º. Ningún vertimiento de aguas residuales podrá ser efectuado en las aguas marítimas o continentales del país, sin la autorización de la Autoridad Nacional del Agua. En ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de riego, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca.

- **RM-011-96 EM/VMM: Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero – Metalúrgicas, del 13-ene-1996. Artículo 6º.**- Los titulares mineros deberán asegurar que las concentraciones de los parámetros...de mercurio, cromo y otros, cumplan con las

disposiciones legales vigentes en el país o demostrar técnicamente ante la autoridad competente que su vertimiento al cuerpo receptor **no ocasionará efectos negativos a la salud humana y al ambiente.**

- **DS-002-2013-MINAM:** Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECA para suelo), del 25-mar-2013.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. Artículo 2°.-
Ámbito de Aplicación.

- **DS-002-2008-MINAM:**

Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA para agua), del 31-jul-2008.

El objetivo de estos estándares, es establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional (Perú), en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- **DS-003-2008-MINAM:** Estándares de Calidad Ambiental para aire (ECA para aire), del 22-ago-2008.

Los Estándares de Calidad del Aire, son aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire; que, en su condición de cuerpo receptor, es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.

- **RM-315-96-EM/VMM:** Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presentes en Emisiones Gaseosas provenientes de las Unidades Minero Metalúrgica, del 16-jun-1996.

Artículo 8°.- Los titulares mineros están obligados a establecer en el EIA y/o PAMA, un punto de control por cada fuente emisora así como un número apropiado de estaciones de monitoreo, a fin de determinar la cantidad y concentración de cada uno de los

parámetros regulados, además del flujo de descarga. Dichos puntos de control, deberán ser identificados; además, deberán indicarse el número y tipo de los equipos de detección a emplear.

- **DL-17752: Ley General de Aguas.**

Según la tradición histórica peruana y la Constitución vigente, las aguas pertenecen al Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.

Artículo 1º.- Las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado; y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.

- **DS-014-92-EM: TUO de la Ley General de Minería.**

La presente Ley comprende todo lo relativo al aprovechamiento de las sustancias minerales del suelo y del subsuelo del territorio nacional, así como del dominio marítimo. Se exceptúan del ámbito de aplicación de esta Ley, el petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano, los recursos geotérmicos y las aguas minero-medicinales.

Son actividades de la industria minera, las siguientes: cateo, prospección, exploración, explotación, labor general, beneficio, comercialización y transporte minero.

- **RD-440-96-EM/DGM:** Normas que Garantizan la Estabilidad de Depósitos de Relaves.
- **RD-224-97-EM/DGM:** Evaluación especial de la estabilidad física.
- **RD-19-97-EM/DGAA:** Estructura del Reporte de Estabilidad Física de Presas de Relaves. Períodos de retorno de sismos: 150 años para depósitos operativos y 500 años para depósitos inactivos.

2.2.2 Marco de Base Técnica de Recrecimiento de Relaveras.

- **Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes del Depósito de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras.**
- **Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros.**
- **Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves.**

- **Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas.**
- **Guía Ambiental de Manejo de aguas en Operaciones Minero-metalúrgicas.**
- **Guía Ambiental para el Abandono y Cierre de Minas.**
- **Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros.**

Esta Guía de Manejo de Relaves Mineros proveniente de la Industria Minero-Metalúrgica ha sido preparada bajo los auspicios del Banco Mundial en asociación con el Programa de Asistencia Técnica al Ministerio de Energía y Minas del Perú.

En este contexto, la Asistencia Técnica del Banco Mundial contempla la revisión, modernización y consolidación de asuntos ambientales relacionados a la actividad minera en el país.

2.3 Actividades de la Industria Minera

La industria minera atraviesa por varias actividades desde la búsqueda del mineral, el cateo, prospección hasta la comercialización en concordancia al T.U.O de la Ley General de Minería D.S. 014-92-EM, como se indica en la figura N° 1:



Figura Nº 1 Actividades de Industria Minera

2.3.1 Productos en Planta Concentradora

El mineral que se extrae de la mina, ingresa a la Planta Concentradora con la finalidad de mejorar la calidad de su producto, obteniéndose los concentrados y el relave como se indica el siguiente figura Nº 2:



Figura Nº 2. Productos de la planta concentradora.

2.4 Bases teóricas – Científicos.

2.4.1 Depósitos de Relaves

Se tienen a grandes rasgos dos grandes grupos de depósitos de relaves, estos son los llamados embalses de relaves los cuales se caracterizan por tener muros perimetrales construidos con materiales de empréstito con sus respectivos geosintéticos para impermeabilizar el muro. Este es el caso de los llamados depósitos de relaves espesados.

El otro tipo de depósito corresponde a los denominados tranques de relaves. En este tipo de estructura, los muros perimetrales están constituidos por medio de una segregación de arenas del propio relave, la que se realiza mediante cicloneo típicamente en las cercanías del muro de contención.

Existen a grandes rasgos tres metodologías de construcción en presas de relaves, y la diferencia entre ellas radica en cómo el muro de arenas gruesas o empréstimo va siendo levantado en las sucesivas etapas constructivas. De esta forma, las tres maneras de construcción son aguas arribas (upstream), aguas abajo (downstream) y eje central (centerline).

2.4.2 Relave Minero.

El relave minero es un conjunto de desechos producto del proceso metalúrgico para la obtención de minerales comerciales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua, minerales de ganga y productos químicos usados en el proceso metalúrgico, aunque también se encuentran bajas concentraciones de metales pesados, tales como, cobre, plomo, mercurio y metaloides como el arsénico.

2.4.3 Talud.

Bajo el nombre de talud se denomina a cualquier superficie inclinada que limita un macizo de suelo, de rocas o de suelo y roca. Estos pueden ser naturales, como las laderas o artificiales, como los

taludes de cortes y terraplenes. La figura N° 3 nos muestra la terminología usualmente adoptada.

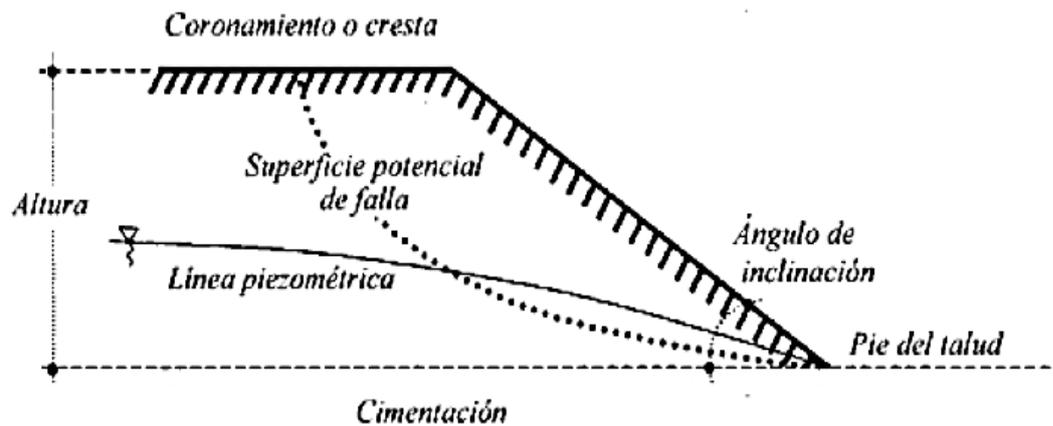


Figura N° 3. Terminología usada para describir un talud.

2.4.4 Estabilidad de Depósitos de Relave.

La estabilidad física de los depósitos de relave tanto durante la época de operación como en el periodo de cierre, está determinada por la estabilidad de las presas y las estructuras relacionadas a ellas, que se usan para retener los relaves descargados. El punto central para comprender los problemas de estabilidad es la apreciación de los tipos de depósitos de relaves y cuál ha sido su comportamiento sísmico.

En los estudios de estabilidad de taludes intervienen decisivamente condiciones relativas a la naturaleza de los materiales y agentes perturbadores, siendo éstos de naturaleza geológica, hidrológica y geotécnica, lo que los tornan de mayor complejidad, abriendo amplios horizontes a los especialistas de estas ramas.

El proyecto adecuado de una estructura geotécnica requiere que soporte las máximas fuerzas que tengan probabilidad razonable de presentarse durante el periodo de vida útil de la estructura, y que dicha estructura cumpla bien su función, pero dentro de un costo razonable. La evaluación de la estabilidad de la estructura es cuantificada usando el llamado “factor de seguridad global” o simplemente “factor de seguridad”.

2.4.5 El factor de seguridad.

El factor de seguridad “FS”, para un talud se define generalmente como la relación entre la resistencia al corte disponible con respecto del esfuerzo cortante sobre la superficie de falla crítica. Las características de esfuerzos y deformaciones de la mayoría de suelos son tales que se pueden presentar deformaciones plásticas relativamente grandes en cuanto se aproximan los esfuerzos cortantes aplicados a la resistencia al corte del material. En el diseño

de un talud o depósito, el factor de seguridad debe ser mayor a la unidad

2.4.6 Movimientos de masa.

Es un término usado en general para describir el movimiento cuesta abajo de los suelos y rocas bajo efecto de la gravedad. Las distintas clasificaciones de movimientos de masas están asociadas con mecanismos específicos de falla del talud y las propiedades y características de los tipos de falla.

Existen otras frases o vocablos similares que son usados con el término “movimientos de masa”, incluyendo movimiento de masas, falla de taludes, etcétera. Independientemente de la definición exacta usada o del tipo de movimientos de masa bajo discusión, el entendimiento de las partes básicas de un movimiento de masa típico es útil. En la siguiente figura se muestra la posición y los términos usados más comunes para describir las partes de un movimiento de masa.

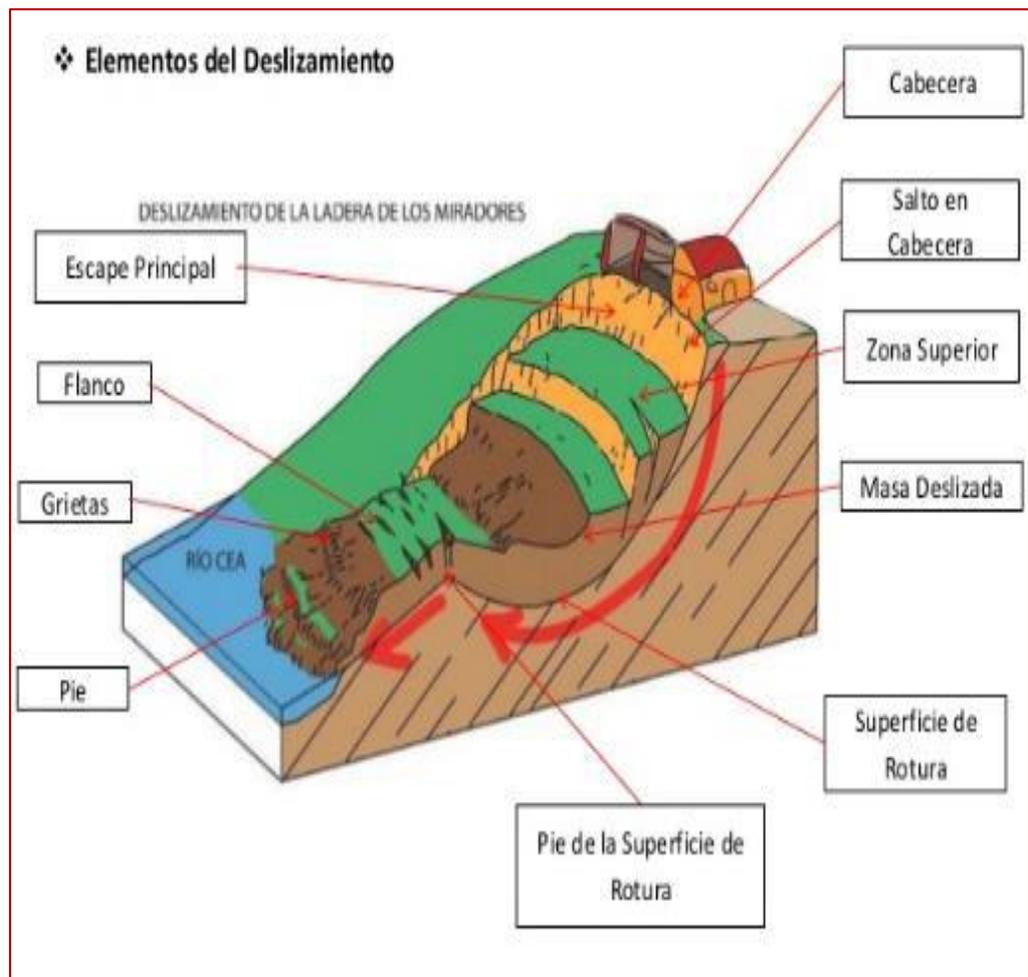


Figura. N° 4. Elementos de un movimiento de masa.

Un movimiento de masa es un movimiento cuesta abajo de rocas o suelo, o ambos, que ocurre sobre una superficie de ruptura, ya sea curva (deslizamiento rotacionales) o ruptura planar (deslizamiento traslacional), en la que la mayor parte de material a menudo se mueve como una masa consolidada o semiconsolidada con poca deformación interna. Cabe resaltar, que en algunos casos, los deslizamientos de tierra pueden involucrar otros tipos de

movimiento, ya sea al comienzo de la falla o al final, si las propiedades cambian a medida que el material desplazado se mueve cuesta abajo.

Los deslizamientos de tierra pueden ser clasificados en distintos tipos, en base al tipo de movimiento y al tipo de material involucrado. En resumen, la masa del material de un deslizamiento es roca o suelo (o ambos), el suelo es descrito como tierra si está compuesto de partículas del tamaño de arena o granos más finos, y *escombros*, si está compuesto de fragmentos más gruesos. El tipo de movimiento describe la mecánica interna actual de como los deslizamientos de tierra se desplazan: Por desprendimiento, vuelco, deslizamiento, desplazamiento lateral o flujo. En consecuencia, los deslizamientos son descritos usando dos términos que hacen referencia respetivamente al material y al movimiento. Los movimientos de masa además pueden formar fallas complejas abarcando más de un tipo de movimiento. Algunas de las clasificaciones más extendidas (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988), con diversos criterios y fines, son de gran utilidad para abordar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos.

2.5 Definición de Términos.

AASHTO: Siglas en ingles de American Association of State Hihhway and Transportation Officials: (asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes).

AGREGADO: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO GRUESO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

ARCILLAS: Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

ARENA: Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

ASENTAMIENTO: Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

ASENTAMIENTO DIFERENCIAL: Diferencia de nivel como consecuencia del desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

ENSAYO DE COMPRESIÓN: Ensayo para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

GEOTECNIA

Es la ciencia que se ocupa de las modificaciones que en los estados de equilibrio y tensión de la corteza terrestre producen las construcciones humanas.

La Geotecnia es la aplicación de la Geología en la construcción de obras de Ingeniería.

GRAVA: Suelo de partículas gruesas de tamaño que van de 10 a 76 mm.

IMPERMEABLE: Resistente al movimiento del agua.

LIMITE LÍQUIDO: El contenido de agua al cual el suelo cambia de estado plástico a estado líquido.

LIMITE PLÁSTICO: es el porcentaje de humedad límite entre el estado plástico y el estado semisólido.

LIMO: Suelo compuesto de partículas de tamaño que varían entre 0.09 y 0.006 mm.

MATERIAL COHESIVO: Suelo que posee propiedades de cohesión.

2.6 Formulación de hipótesis

2.6.1 Hipótesis general

La estabilidad física del depósito de relave Manavale influye en el recrecimiento vertical con relave en pasta de la planta de beneficio Andes.

2.6.2 Hipótesis específicas

- a) Las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las diferentes unidades geotécnicas del depósito de relave Manavale, como influyen para su recrecimiento vertical con relave en pasta.

- b) Las propiedades físicas del relave en pasta, como influye en el depósito de relaves Manavale.

2.7 Identificación de variables

2.7.1 Variable independiente.

Recrecimiento vertical con relave en pasta.

2.7.2 Variable dependiente.

Análisis de estabilidad física.

2.7.3 Variable Intervinientes.

Política de gobierno

Normas legales del estado.

Costo de muestreo.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación.

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo y explicativo. El propósito es dar solución a problemas prácticos.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño a utilizarse en la investigación será por objetivos conforme al siguiente esquema.

OG = OBJETIVO GENERAL
HG = HIPÓTESIS GENERAL
CG = CONCLUSIÓN GENERAL

3.3 Población y muestra

Población

Depósitos de relave que se encuentran en la Planta de beneficio andes en un área de 223,945.733 m².

Muestra

El depósito de relave Manavale con un área de 40, 056.65 m² (área superficial).

3.4 Métodos de investigación

Para la realización de esta investigación se ha aplicado como método de investigación el método descriptivo; ya que se muestra el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado..

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas.

Referente a las técnicas, se usara la información extraída de relavera Manavale, entre ellas tenemos.

- ✓ Calicatas
- ✓ Puntos de muestreo.

- ✓ Estudio geotécnico, con la finalidad de determinar las características físicas - mecánicas del depósito de relaves Manavale.
- ✓ Ensayo de abatimiento del relave en pasta.
- ✓ Ensayo de Canaleta

Instrumentos

Los principales instrumentos que utilizaré en la investigación son:

- Registro de muestreo de calicatas.
- Registro de muestras.
- Inspección visual.

3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

Se realizaron las calicatas y puntos de muestreo en distintas partes con el fin de extraer muestras para ser enviadas al laboratorio y realizar los ensayos, asimismo se realizaron ensayos de campo con el fin de obtener el peso unitario para los distintos materiales que conforman el depósito de relaves Manavale, así como los materiales que conforman el basamento.

En la obtención de las propiedades índice de los materiales, se usaron los ensayos de análisis granulométrico y límites de Atterberg para la clasificación del suelo, el ensayo de contenido de humedad en la

obtención del porcentaje de humedad y el ensayo de próctor estándar para la determinar la densidad seca máxima y humedad óptima, cabe aclarar que dicha condición sería la ideal a alcanzar en obra, ya que supone la máxima concentración posible de sólidos y unas condiciones muy estables para el material compactado.

Para la caracterización de los parámetros geotécnicos de resistencia y deformación de los materiales como vienen a ser la cohesión y el ángulo de fricción se usaron los ensayos de compresión triaxial aplicados en los distintos materiales. Una vez obtenidos estos datos se procedió a realizar la caracterización geotécnica de los distintos materiales que existen en el depósito de relaves Manavale y sobre los que se emplaza el dique.

Para realizar el análisis de estabilidad de taludes ha sido utilizado el programa de computo SLIDE versión 6.0 de la firma Rocscience Inc., el cual es un programa que calcula por varias metodologías de equilibrio límite los Factores de Seguridad menores de un número de potenciales superficies de deslizamiento.

3.7 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El área del proyecto en estudio (Relavera Manavale), está ubicado al interior de la Concesión de Beneficio denominada Planta Andes cuyo Titular es AUREX S.A. y presenta las siguientes características:

- Departamento : Pasco
- Provincia : Pasco
- Distrito : Simón Bolívar
- Anexo : Yurajhuanca
- Paraje : Uchucancha
- Coordenadas UTM: Punto Centro de la Planta E 356990; N 8816541

El acceso desde la Ciudad de Lima es mediante la Carretera Central hasta la ciudad Cerro de Pasco y desde esta ciudad, mediante una carretera asfaltada y afirmada intermitentemente, se llega a la Planta de Beneficio Andes luego de un recorrido total de 318 Km (Lima-Planta Andes).

Abajo encontramos la distribución espacial de los componentes de dicha planta enfocados fundamentalmente en la posición de sus Relaveras, principalmente la **Relavera Manavale**, motivo del presente estudio. **Ver Fotografía N° 1; y Anexo : Planos P-1 y P-2;** plano de ubicación.

3.7.1 EXTENSIÓN DE LA RELAVERA MANAVALÉ:

FOTOGRAFÍA N° 1

VISTA AEREA MÓDULO DE RELAVES
PLANTA ANDES
INCLUYE RELAVERA MANAVALÉ



Fuente: www.google.com/maps

La extensión se refiere al área medida de la superficie de la Relavera Manavale y sus colindantes las mismas que componen un módulo de disposición de residuos sólidos industriales producto del tratamiento de recuperación de plata y oro, en la Planta Andes.

Esta superficie está expresada en unidades de medida denominadas unidades de superficie, en este caso es en metros cuadrados.

La extensión topográfica de la Relavera Manavale, en estudio, es de 40,056.65 m², de área superficial; como se puede observar en los detalles de volumen, vida útil.

3.8 AMBIENTE FISICO.

3.8.1 FISIOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

Dentro del área de influencia directa, la morfología que presenta esta área es el resultado de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización que han actuado sobre las unidades litológicas constituidas por areniscas, calcoareniscas y conglomerados.

Dentro de los agentes meteorizantes que han tenido un papel preponderante en el modelado actual del área, han sido la temperatura del medio ambiente, las precipitaciones pluviales y la escorrentía superficial.

La topografía circundante al depósito de relaves es relativamente plana y el área del proyecto se encuentra rodeado por el río Quiulacocha hacia el Este y por el río San Juan hacia el Oeste, limitando por el Norte con la Comunidad Yurajhuanca.

3.8.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL.

La estratigrafía regional está representada por eventos sucedidos en escala geológica que van desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario Reciente, diferenciadas por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas e ígneas.

El Neoproterozoico está caracterizada por presentar esquistos micáceos expuestos en Ambo. En discordancia angular aflora el Ordovícico con lutitas y areniscas.

El Devónico está representado por pizarras, filitas y areniscas cuarcíticas del Grupo Excélsior.

El Grupo Mitu se presenta en discordancia angular, algunas veces sobre el Complejo del Marañón y el Grupo Excélsior; ocasionalmente sigue una secuencia normal constituida por areniscas, conglomerados y volcánicos de color rojo púrpura.

El Triásico-Jurásico del Grupo Pucará presenta espesores reducidos al Oeste de Cerro de Pasco, mientras que al Este y Sureste de Ondores los afloramientos son bastante potentes. Formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

El Grupo Goyllarisquizga se ubica sobre un alto estructural denominado Geoanticlinal del Marañón en grosores delgados, mientras que en la cuenca del Miogeosinclinal (SO de Ondores) se acumularon las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

En concordancia sobreyace la secuencia carbonatada del Cretáceo inferior, formaciones denominadas Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

Cubriendo en ligera discordancia al Cretáceo se presentan Capas Rojas de la Formación Casapalca de edad Cretáceo-Paleógeno, ocupando áreas extensas de los cuadrángulos de Cerro de Pasco y Ondores.

3.8.3 GEOLOGIA SUPERFICIAL LOCAL.

Al entorno de Cerro de Pasco y Colquijirca (entorno donde se encuentra la Planta Andes), se ubican también dos importantes yacimientos emplazados en lavas, tufos y aglomerados que por cercanía, similitud litoestratigráfica y ocurrencia mineral se le ha denominado como Volcánico Rumiallana.

Después de la última fase de la Tectónica Andina hubo una erosión acumulándose posteriormente tufos riolíticos de la Formación Huayllay.

Las formaciones rocosas que yacen en el área de interés pertenecen al cretácico inferior y corresponden al grupo Gollyllarisquisga Indiviso del Sector Oriental.

El área de la Relavera Manavale, se emplaza sobre un anticlinal; el afloramiento ubicado al Oeste de la confluencia de los ríos Quiulacocha y San Juan, también es un Anticlinal Simétrico.

Estas acumulaciones sedimentarias cuaternarias están conformadas por fragmentos redondeados y angulares en menor proporción de diversos

tipos de rocas (calizas, volcánicos, dioritas, arcillas de fricción, etc.) y relaves antiguos.

En general, los estratos son bastante compactos y completamente saturados y sedimentados en un área de configuración topográfica muy suave del tipo meseta y rellenan en forma estable toda la cuenca de los ríos Quiulacocha, Rancas y San Juan de esta área y que a nivel regional forma parte de lo que se ha llamado “La meseta de Bombón”.

La estratigrafía del área fue controlada por una actividad discontinua de fallas establecidas al final del Paleozoico, lo que originó la formación de cuencas sedimentarias acompañado de fallas longitudinales, las mismas que fueron reconstruidas por sedimentos.

El marco estructural está controlado por fallas locales, tal como la Falla Sacrafamilia y Falla Yurajhuanca, existen también plegamientos y sobre-escurrimientos ocasionados en diferentes épocas orogénicas.

Estas fallas tienen las siguientes características: La falla Sacra Familia, de rumbo N-S de 50 Km. de longitud y la falla Yurajhuanca de rumbo N-O, la cual pasa por el cementerio de Yurajhuanca.

Es importante puntualizar que la presencia de las antes mencionadas Fallas Sacrafamilia y Yurajhuanca, están muy cercanas a la Relavera Manavale y que pueden traernos repercusiones estructurales de hacerse

activas y suceder sismos mayores a 8 Mw interpretadas en Magnitud/Causa (Grados Richter) e Intensidad/Efecto (Grados Mercali).

La secuencia de cambios y perturbaciones a lo largo de la historia geológica ha originado la presencia de diferentes zonas estructurales tales como: el geoanticlinal del Marañón, zona Imbricada y la zona Miogeosinclinal.

La secuencia sedimentaria del mesozoico reposa sobre el geoanticlinal del Marañón con dos cuencas bien diferenciadas, al Este de Cerro de Pasco y al Oeste del Lago Junín (Chinchaycocha).

Es decir, al Este de la Falla Cerro de Pasco hay pequeñas estructuras, donde la secuencia mesozoica es delgada y descansa sobre los esquistos infrayacentes, al Oeste de la falla de Cerro de Pasco se observa anticlinales y sinclinales apretados, los cuáles son idénticos a las estructuras encontradas en el Miogeosinclinal.

De todo lo observado se desprende que la deformación ha sido causa del esfuerzo máximo orientado de Suroeste-Noreste, dando como resultado pliegues orientados de Noroeste-Sureste.

Este esquema alternativo de compresión y tensión ha producido dos grupos de fracturas: por compresión de 45° a 225° y por tensión de 45° a 225°; lo más resultante es que estas fallas son de tendencia andina.

3.8.4 GEOMORFOLOGIA:

La morfología del área del proyecto es el resultado de la degradación del terreno producido por la meteorización de las unidades litológicas constituidas mayormente por calizas y areniscas (en menor proporción).

Las precipitaciones pluviales, los cambios de temperatura y las escorrentías superficial y subterránea se consideran como los principales agentes de la meteorización que afecta la morfología de la zona.

3.8.5 ESTRATIGRAFIA:

De acuerdo al análisis de muestras recogidas en campo y, contrastando con lo descrito en las cartas del INGEMMET, la Litología del área de la Relavera Manavale se ubica en los pisos del Grupo Pucará del Jurásico inferior, Formación Casapalca del Cretáceo Superior e inicios del Paleoceno y Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior.

FORMACIÓN CASAPALCA: Referente al Cretácico superior–paleoceno, está constituida por lutitas, limolitas, areniscas de colores rojo ladrillo. Hacia la base presenta niveles de conglomerados con clastos de calizas, areniscas rojas, intrusivos y esquistos subangulares: hacia el tope se observa predominancia de calizas blanquecinas con intercalaciones de areniscas conglomerádicas

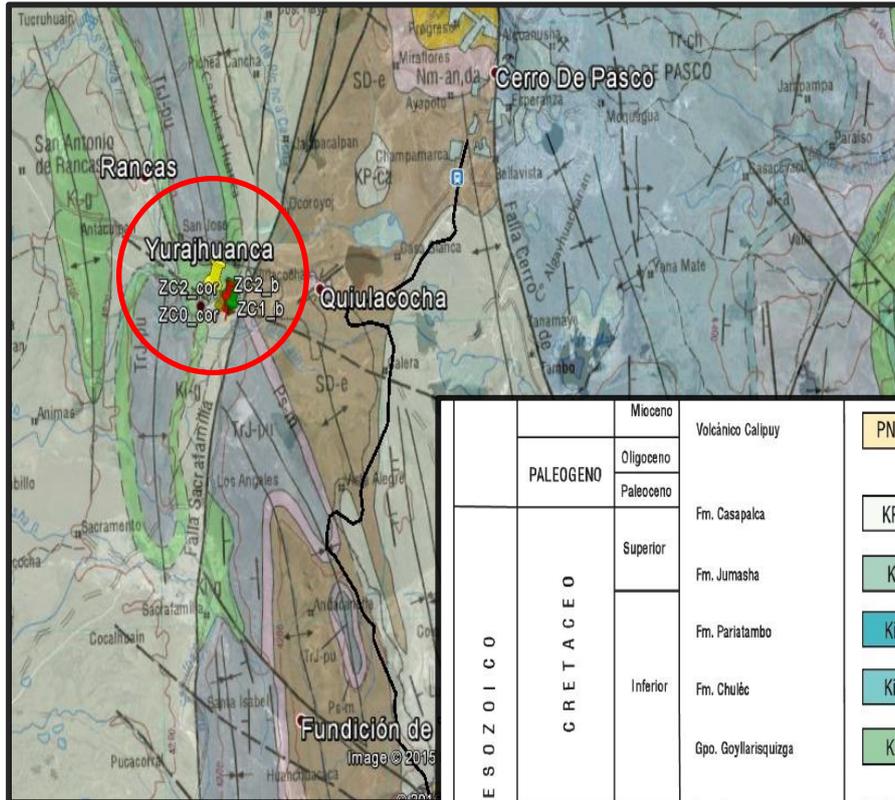


Figura N° 5
Vista de la Geología del Área
Relavera Manavale y su Entorno

MESOZOICO	PALEOGENO	Mioceno	Volcánico Callpuy	PN-vca	Monzogranito	N-mz
		Oligoceno				
		Paleoceno	Fm. Casapalca	KP-ca		
	CRETACEO	Superior	Fm. Jumasha	Ks-j		
			Fm. Pariatambo	Ki-pt		
		Inferior	Fm. Chuñac	Ki-ch		
			Gpo. Goyllarisquiza	Ki-g		
	JURASICO	Inferior	Gpo. Pucará		Ji-c	
			Fm. Condorsinga		Ji-a	
			Fm. Aramachay		Tr-ch	
TRIASICO	Superior	Fm. Chamará				
PERMICO	Superior	Gpo. Mitú		Ps-m		
CARRONERO	Pensilvaniano	Gpo. Tarma - Copacabana		CP-tc		
					Granito	Ps-gr

En el área de Cerro de Pasco, colindante con Yurajhuanca, han sido reconocidos (3) tres miembros geológicos (JENKS, W. 1951).

Miembro Inferior: Constituido por lutitas rojas, areniscas semiconsolidadas de color verde grisáceo a rojizo, conglomerados con varias capas y lentes de calizas.

Miembro Conglomerado Shuco: Constituido por conglomerados resistentes con clastos de calizas, cuarcitas, chert, areniscas rojas y filitas, englobada en una matriz calcárea y brechada, los fragmentos

presentan bordes sub-angulares de tamaños variables de unos pocos centímetros a cerca de 1.5 m. de diámetro. La potencia varía entre 150 y 200 m.

Miembro Calera: En la base presentan margas y lutitas en estratos delgados gradando a calizas y dolomías con nódulos de chert con espesor aproximado de 60 a 65 m. La parte media está compuesta por calizas y margas con intercalaciones de lutitas con estratificación delgada, en este nivel se emplaza la mineralización de Colquijirca.

GRUPO GOYLLARISQUIZGA:

Formación Chimú:

Constituida por areniscas cuarcíticas a ortocuarcitas, de grano medio a grueso, compactadas en blancos medianos, bastante resistentes a la erosión, se presentan como crestas conspicuas y abruptas en partes se observa estratificación cruzada a veces, muy fracturada. Esporádicamente se presentan intercalaciones de lutitas grises con lutitas bituminosas con horizontes de carbón antracítico de 1 a 5 m. de potencia.

Formación Santa:

Constituida por afloramientos calcáreos con intercalaciones de lutitas y margas. Descansa en concordancia sobre las areniscas Chimú e infrayace de la misma forma a la Formación Carhuaz, aunque en el Norte del Perú los contactos son discordantes.

Formación Carhuaz:

Secuencia netamente pelítica que aflora en los alrededores de Carhuaz departamento de Ancash.

Formación Chulec:

Litológicamente está constituida por calizas grises en capas medianas a delgadas con intercalaciones de calizas margosas y margas de color pardo grisáceo.

3.8.6 TIPO DE SUELO:

Sobre este grupo se encuentran depósitos del cuaternario conformados por material aluvial: Intercalación de gravas arcillosas, gravas limosas, horizontes de limo, arcillas y turbas; materiales que definen la elección del material de préstamo, para la construcción del dique de arranque y/o crecimiento y de la Relavera Manavale y la influencia en los Pasivos Coloniales que, luego de ser tratadas en la planta de beneficio, generarán los correspondientes relaves con contenido de estos no metálicos.

3.8.7 GEOTECNIA:

Con la finalidad de conocer las propiedades y condiciones geotécnicas (humedad, densidad, resistencia al corte y permeabilidad) del talud se han tomado muestras en tubos de

polietileno con una longitud de 40 cm, en coordinación con el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) para los ensayos de laboratorio correspondientes. Los resultados, nos permitirán determinar los parámetros geotécnicos para el análisis de la estabilidad del talud de la presa de relaves en actual funcionamiento.

3.8.8 SISMICIDAD:

Las investigaciones de Mittal y Morgenstern (1977) han demostrado que la compactación de arenas de relaves a densidades relativas mayores de 50-60% es suficiente para evitar la licuefacción con aceleraciones menores de 0.1 g. y que compactaciones con densidades relativas mayores de 75% evitan la licuefacción bajo aceleraciones más altas.

La mínima densidad relativa requerida para prevenir la licuefacción depende de:

- Características de los relaves.
- Altura de la presa.
- Nivel de saturación.
- Características del sismo, incluyendo aceleración y duración.

En el análisis bajo excitación sísmica se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

- Durante la ocurrencia de un sismo se originan variaciones en la presión de poros y resistencia de los relaves.
- En el método pseudoestático la acción del sismo es representada por una fuerza actuando en dirección horizontal con una intensidad equivalente al producto de la aceleración equivalente por unidad de peso del relave.
- Kramer (1996) considera que dada la respuesta elástica de los taludes la aceleración pseudoestática en la práctica debería ser mucho menor que la máxima aceleración.
- Marcuson (1981) sugiere el empleo de coeficientes sísmicos entre $1/3$ y $1/2$ de la aceleración máxima para el diseño.
- La experiencia que existe sobre el comportamiento de las presas ante eventos sísmicos, recomienda emplear en el análisis pseudoestático un coeficiente sísmico de hasta $0.20g$.

Para valores mayores, el análisis de estabilidad sísmica se recomienda evaluarla mediante el concepto de acumulaciones de deformaciones permanentes en el relleno de la presa, para lo cual se aplicará por ejemplo los métodos de análisis de Newmark, y de Seed y Martin.

De acuerdo al plano de Zonificación Sísmica del Perú del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, el área donde se desarrolla las operaciones de la Relavera 2007 pertenece a la Zona de intensidad de Grado VIII (Mercalli).

El contexto geo-dinámico del área de interés está bajo la influencia de la interacción de la Placa Continental Sudamericana y la Placa Oceánica de Nazca, lo que da lugar a dos fuentes principales de terremotos.

La primera de ellas es la zona de Wadatti-Benioff que incluye sismos que ocurren en la vecindad del contacto entre las dos placas y en el mismo contacto interplaca.

La segunda fuente y más importante para el área de estudio (Rancas – Yurajhuanca), es la parte superior de la corteza continental que genera sismos a lo largo de fallas activas como la zona de fallas de Huaytapallana, distante aproximadamente 100 Km. de la zona del proyecto, la cual ha producido terremotos superficiales destructivos.

El análisis estadístico de los datos instrumentales indica que el evento más fuerte que podría ocurrir en más de 100 años en la zona de estudio, sería de una escala de magnitud de momento (M_w) igual a 7,8 Ms.

Se esperan la ocurrencia de 18 terremotos de magnitud 6,8 Ms durante los próximos 50 años. Esta estimación puede oscilar produciéndose menos sismos de magnitud mayor o más eventos de menor magnitud.

El rango de sismicidad estaría entre 5,75 y 6,5 Ms. Las máximas aceleraciones sísmicas esperadas en la zona de estudio serían de

235 y 305 Gals (cm/seg²), para períodos de retorno de 50 y 100 años, respectivamente.

Las máximas intensidades estimadas para esos períodos de retorno de IX y X grados pueden ser ligeramente altos debido a la aplicación de la Ley de Atenuación.

3.8.9 RIESGOS NATURALES:

En todas las actividades de construcción y operación de la relavera manavale, serán identificadas la probabilidad de que un determinado fenómeno natural se produzca así como también, los puntos de vulnerabilidad en donde podría ocurrir un incidente/ accidente de impacto ambiental. Se considerarán casos extremos que tienen intervalos de recurrencia de quizás algunas pocas decenas de años, pero no todos tendrán el mismo grado de riesgo. Entre estos riesgos tenemos: Sismos y deslizamientos.

✓ SISMOS:

Ya se explicó líneas arriba que este fenómeno geológico tiene su origen en la envoltura externa del globo terrestre y que se manifiesta a través de vibraciones o movimientos bruscos de corta duración e intensidad variable.

Repetimos que, de acuerdo al plano de zonificación sísmica del Perú, el área en estudio se encuentra ubicada en la zona de intensidad de Grado VIII (Escala de Mercalli).

Según análisis estadísticos de los datos instrumentales indica que el evento más fuerte que podría ocurrir en más de 100 años en la zona del proyecto, sería de una magnitud de momento de 7,8 Ms. Dieciocho terremotos con magnitudes de 6,0 Ms. se esperan en los próximos 50 años. Esta estimación puede oscilar produciéndose menos sismos de magnitud mayor o más eventos de menor magnitud.

✓ **DESLIZAMIENTOS:**

Sabemos que los deslizamientos son fenómenos de desplazamiento masivo de material sólido que se produce bruscamente.

Este fenómeno se podría dar en los taludes de los depósitos de relaves en la Planta Andes (Relavera 2000 y Relavera Manavale) producidos por exceso de lluvia; sin embargo, AUREX S.A. dentro de su Plan de Cierre Progresivo, ya tiene remediada la Relavera 2000 con vegetación que recubre y protege el talud de esta relavera, acompañado de canales de escorrentías en coronado y pie de talud.

Las acciones que se desplegarán (de suceder una emergencia) ante la presencia de estos fenómenos será la actuación inmediata de las Brigadas de Respuesta a las Emergencias, capacitadas y

entrenadas para estos casos por la Titular en coordinación con Defensa Civil.

3.8.10 CLIMA Y METEOROLOGÍA:

En función a las (4) cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera, el clima correspondiente a la zona del proyecto tiene un comportamiento similar a la mayor parte de los Andes Peruanos.

Diciembre, enero y febrero, el verano en la sierra peruana es fuertemente lluvioso mientras que en marzo, abril y mayo, el otoño es frígido agudizándose el frío de invierno con fuertes heladas en las noches y soleado en el día.

El frío agudiza los meses de junio, julio y agosto; para que en primavera setiembre, octubre y noviembre haya una combinación de clima menos frígido en las noches, soleado durante el día e inicio de ligeras precipitaciones pluviales, prosiguiendo el ciclo climático y meteorológico con torrenciales lluvias en el denominado “verano serrano” (enero, febrero y marzo), acompañadas con granizada y nevada a partir de fines de diciembre.

Las precipitaciones pluviales, alcanzan a un promedio anual de 854,00 mm; presentando la característica climatológica de frío de tundra o boreal seca de alta montaña y valles meso-andinos.

La temperatura promedio anual oscila entre 7° C en época de verano alcanzando a 0° C en invierno por las intensas heladas.

La humedad relativa promedio es de 83,5 %.

La concentración de oxígeno en el aire es escasa. El aire es seco, denso y por lo tanto sin la capacidad para absorber ni retener calor.

Los vientos en ésta zona tienen una velocidad aproximada de 11,00 a 19,00 Km/h.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCION

4.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1.1 Metodología De Campo.

Luego de un proceso de análisis de la información existente, se preparó un plan de trabajo de campo, posteriormente como parte del procedimiento de Inspección Técnico, el personal Técnico se constituyó a la zona del proyecto para verificar in situ las condiciones físicas en las que se encuentra actualmente la Relavera Manavale.

Se realizó una evaluación geotécnica para determinar el comportamiento físico-mecánico de los materiales con que ha sido construido el depósito de relaves para lo cual, se hizo el trazado del

“Zoneamiento de Áreas Críticas” de todos los taludes de la presa de relaves.

Esta acción nos ha permitido tipografiar y determinar los perfiles aparecidos en el Plano P-1 del Anexo y localizar o descartar las posibles áreas de aparente criticidad. Este examen ha dado como resultado que el talud tiene una relación H:V de 2 a 1 (Horizontal:Vertical) como se ven en las siguientes Fotografías N° 2 y 3.



FOTOGRAFÍA N° 2
Trazado de “Zoneamiento de Áreas Críticas”



FOTOGRAFÍA N° 3
Muestra pendientes favorables del talud, con una
inclinación V:H = 2:1

MP: Dique construido con Material de Préstamo;

MC: Dique construido con Material de Relleno Convencional.

Como parte del procedimiento del trabajo de campo, luego de definir las áreas críticas, se tomaron muestras de material con el que está construida la relavera tanto del material de préstamo como del material de relleno convencional.

Estas muestras fueron derivadas al Laboratorio de Geo-sísmica y Mecánica de suelos para definir la caracterización física a través de los ensayos del Contenido de humedad, Granulometría por tamizado, Límites de consistencia de Atterberg, clasificación

SUCS, compactación Proctor modificado, Corte directo, Comprensión Triaxial UU y Comprensión Triaxial CU. Ver Cuadros N° 1, 2, 3 y 4 (abajo).

In situ se ha verificado que la construcción del dique, luego del dique de arranque, se ha realizado en dos etapas:

1. La primera etapa, utilizando material de préstamo del sedimento existente al entorno de la referida relavera;
2. La segunda etapa, después de una altura de 20 m, se ha utilizado relave grueso seleccionado.

De ambos materiales, se tomaron muestras de 40 cm. de longitud cada uno en diferentes puntos de la cresta, los taludes y del propio relave, los que repetidos han sido llevados al laboratorio para ser sometidos a las pruebas correspondientes expuestas arriba y poder determinar los parámetros que ayuden la definición del factor de seguridad de cada área o zona definida.

CUADRO N° 1
ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS DEL MATERIAL DE
PRÉSTAMO
LABORATORIO GEOTÉCNICO
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID

Muestra	Profundidad (m)	Clasificación (SUCS)	Clasificación (AASHTO)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Húmeda (g/cm³)
M - 3A	0,40 m	GC - GM	A - 1a (0)	0.7	2.02
M - 4A	0,40 m	GC - GM	A - 1b (0)	1.4	2.06
M - 4B	0,40 m	GM	A - 1b (0)	---	---
M - 4C	0,40 m	CL - ML	A - 4 (0)	15.0	1.75
M - 5B	0,40 m	GM	A - 1b (0)	1.0	2.00

CUADRO N° 2
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEL MATERIAL DE PRESTAMO
(MT)
RELAVERA MANAVAL. PLANTA ANDES - AUREX S. A.

MUESTRA (M-4A) - CORONA MT					
ESFUERZO AXIAL	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm²)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm²)	FACTOR DE SEGURIDAD	FS PROMEDIO	TALUD / PRESA
1 Kg/cm ²	1.325	0.645	2.054	> 1	Adecuado
2 Kg/cm ²	1.850	1.53	1.209		
4 Kg/cm ²	2.900	3.091	0.938		

CUADRO N° 3					
ENSAYO DEL MATERIAL DE RELAVE SELECTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE DIQUE					
RECRECIMIENTO AGUAS ARRIBA CON MATERIAL DE RELAVE CONVENCIONAL					
RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE : RELAVERA 2007					
MUESTRA (P1)				FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm2)	< 1	No Adecuado
1	0.404	0.397	1.018		
2	0.808	0.869	0.930		
4	1.616	1.62	0.998		
MUESTRA (P2)				FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm2)	> 1	Adecuado
1	0.700	0.397	1.763		
2	1.400	0.869	1.611		
4	2.800	1.62	1.728		
MUESTRA (P3)				FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm2)	> 1	Adecuado
1	0.845	0.397	2.128		
2	1.151	0.869	1.325		
4	1.762	1.620	1.088		

CUADRO N° 4
CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (FS) DEL MATERIAL DE
PRESTAMO (MT) TALUDES DE LA RELAVERA - PLANTA DE BENEFICIO
ANDES AUREX S. A.

MUESTRA (M-3A) – CORONA MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD	> 1	Adecuado
0.753	0.628	1.119		
1.507	1.487	1.013		
3.014	3.067	0.982		
MUESTRA (M-5B) – TALUD MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD	> 1	Adecuado
0.781	0.711	1.098		
1.562	1.759	0.888		
3.125	2.962	1.055		
MUESTRA (M-4B) – TALUD MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD	> 1	Adecuado
0.781	0.711	1.098		
1.562	1.759	0.888		
3.125	2.962	1.055		
MUESTRA (M-4A) – CORONA MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD	< 1	No adecuado No considerado por Descarte
0.753	0.645	1.167		
1.507	1.53	0.984		
3.014	3.091	0.975		
MUESTRA (M-4C) – RELAVE: DENTRO DE LA PRESA			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD	< 1	No adecuado/ Normal. No problema por ser relave
0.587	0.612	0.959		
1.075	1.078	0.997		
2.05	2.618	0.783		

4.1.2 SISMICIDAD DEL ÁREA EN ANÁLISIS:

El Perú es considerado como una de las regiones de más alta actividad sísmicas. Forma parte del cinturón de Fuego del Pacífico por este motivo, es necesario considerar la influencia de los sismos sobre la estabilidad de los taludes de toda relavera.

4.1.2.1 Sismicidad:

Yurajhuanca (Cerro de Pasco), en cuyo seno se ubica la Relavera Mnavale al igual que la parte central del Perú, muestra una gran actividad sísmica relacionada a la interacción entre la placa Continental con la Zona de Subducción de la Placa de Nazca.

Esta interacción origina sismos superficiales en la línea de la costa peruana, sismos intermedios y profundos, conforme se introduce en el continente y sismos superficiales en la zona paralela a la cadena volcánica.

El Perú, entre ellos la región de Pasco, situada en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes (Porción occidental del Nudo de Pasco), se ubica sobre el Círculo de Fuego del Pacífico, una de las zonas sísmicas más activas del mundo que por la distancia respecto a las Placas de Nasca se clasifica como Zona de Mediana Sismicidad (como veremos más adelante).

El distrito Yurajhuanca y el área del proyecto, que precisamente se ubican en la región Pasco, se encuentran constantemente sometidos a la acción de eventos sísmicos con altas intensidades que generalmente ocasionan fuertes daños.

La predicción máxima para un movimiento telúrico en el área está en el orden de 7 a 8 Mw.}

**MAPA ISOSISTA QUE INCLUYE A CERRO DE PASCO (YURAJHUANCA)
REPRESENTA GRÁFICAMENTE
LOS NIVELES Y ORIGEN DE INTENSIDAD SISMICA**

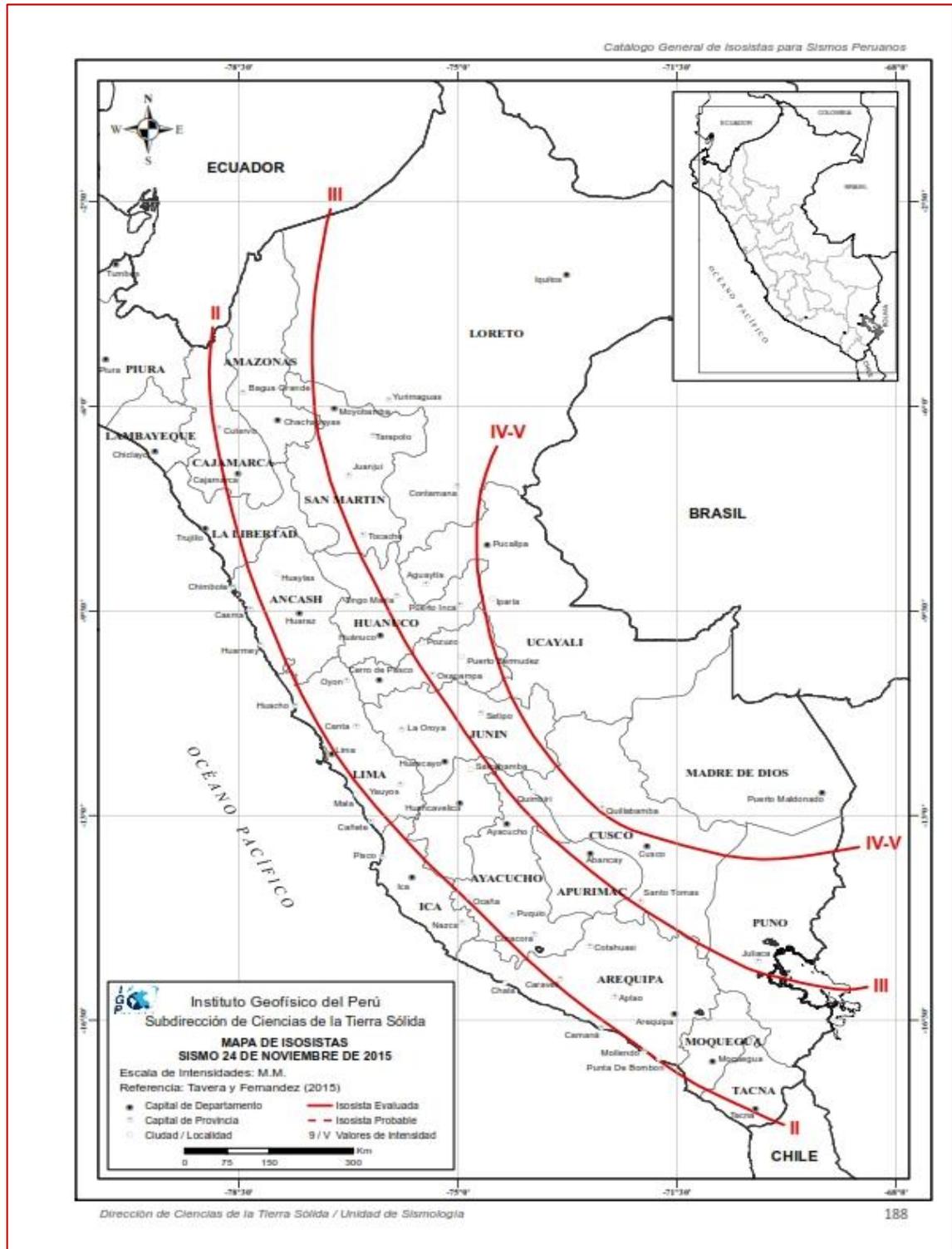


FIGURA N° 6

Las predicciones de un movimiento telúrico para el área del proyecto son también las mismas que las predicciones para el área de Lima, Nasca, Pucallpa y Cerro de Pasco.

Los estudios de riesgo sísmico de la zona, involucrando el área del proyecto, han sido dirigidos a definir la aceleración efectiva máxima del terreno para el diseño del depósito de relaves, el contexto geodinámico del área está denominado por la interacción de 2 placas litosféricas, una es la placa Subcontinental Sud americana y la otra es la Placa Oceánica de Nazca. En el Perú la placa tiene una inclinación de 30° y una profundidad hasta de 100 Km.

4.1.2.2 Zonificación Sísmica:

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. En esta zonificación hay que tener en cuenta la presencia visible de Fallas activas como la Falla de Huaytapallana en Huancayo que influye directamente al área del proyecto.

Según el mapa de zonificación sísmica propuesto por la nueva norma de Diseño sismo-resistente E-030 del reglamento nacional de construcciones (1997), el área de la Relavera Manavale se encuentra comprendida en la Zona 2 clasificada como “Zona de Mediana Sismicidad”.

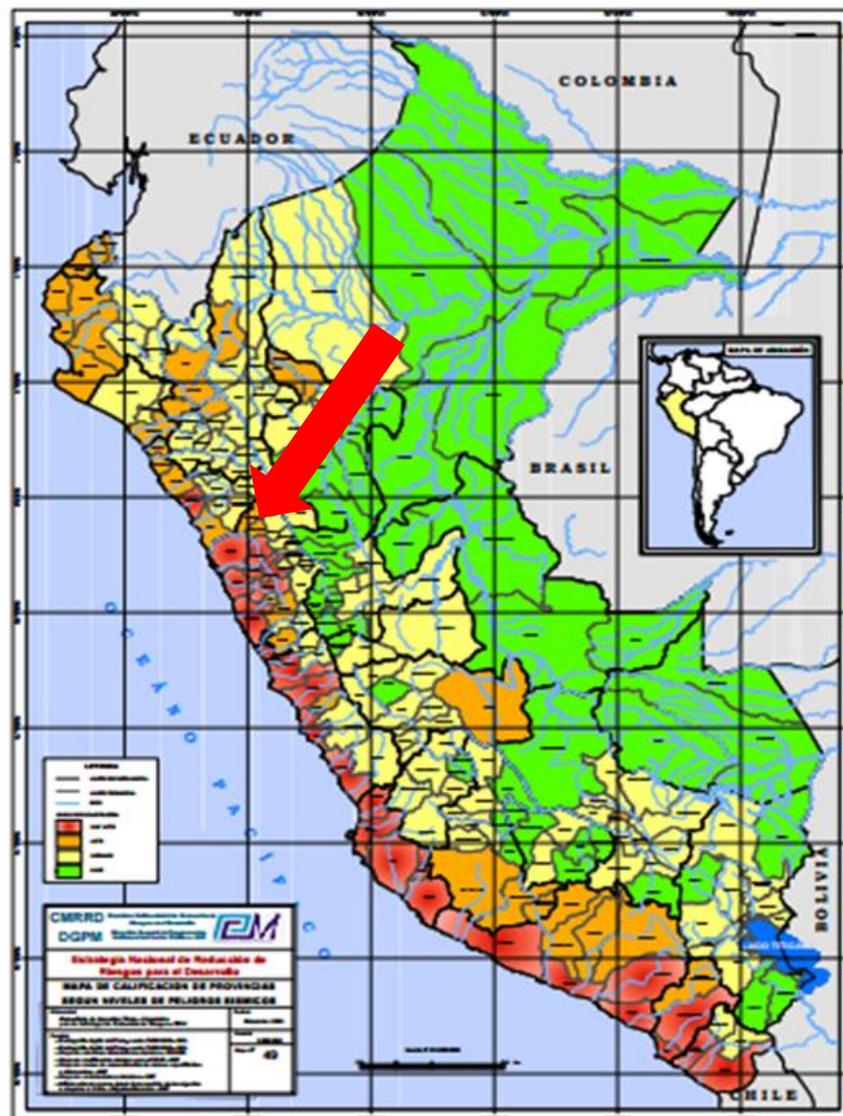


FIGURA N° 7
Zona crema: Mediana Sismicidad
Ubicación de Relavera Manavale

A continuación se especifica la Zonificación Sísmica del Perú, según la Norma Peruana E.030-97 de Diseño Sismorresistente; por el cual el territorio nacional se considera dividido en (3) tres zonas según se muestra en la figura.

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información geotectónica.

A cada Zona se asigna un “Factor Z” según se indica en la **Cuadro N° 5 (abajo)**. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El valor del “Factor Z” está expresado en Gals (g).

**Cuadro N° 5
ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO
DETERMINADO POR EL FACTOR DE ZONA**

ZONA	FACTOR DE ZONA (Z)
3	0.40
2: Pasco y sus Prov	0.30
1	0.15

Factor de Zona: Fuente: Norma E-030 - NPE

DESCRIPCIÓN DE ZONAS:

Las descripciones de las zonas son como sigue:

Zona 1:

- Departamento de Loreto. Provincias de Ramón Castilla, Mainas, y Requena.
- Departamento de Ucayali. Provincia de Purús.
- Departamento de Madre de Dios. Provincia de Tahuamanú.

Zona 2:

- Departamento de Loreto. Provincias de Loreto, Alto Amazonas, y Ucayali.
- Departamento de Amazonas. Todas las provincias.
- Departamento de San Martín. Todas las provincias.
- Departamento de Huánuco. Todas las provincias.
- Departamento de Ucayali. Provincias de Coronel Portillo, Atalaya y Padre Abad.
- **Departamento de Cerro de Pasco. Todas las provincias.**
- Departamento de Junín. Todas las provincias.
- Departamento de Huancavelica. Provincias de Acobamba, Angaraes, Churcampa, Tayacaja y Huancavelica.
- Departamento de Ayacucho. Provincias de Sucre, Huamanga, Huanta y Vilcashuamán.
- Departamento de Apurímac. Todas las provincias.
- Departamento de Cusco. Todas las provincias.
- Departamento de madre de Dios. Provincias de Tambo Pata y Manú.
- Departamento de Puno. Todas las provincias.

Zona 3:

- Departamento de Tumbes. Todas las provincias.
- Departamento de Piura. Todas las provincias.
- Departamento de Cajamarca. Todas las provincias.

- Departamento de Lambayeque. Todas las provincias.
- Departamento de La Libertad. Todas las provincias.
- Departamento de Ancash. Todas las provincias.
- Departamento de Lima. Todas las provincias.
- Provincia Constitucional del Callao.
- Departamento de Ica. Todas las provincias.
- Departamento de Huancavelica. Provincias de Castrovirreyna y Huaytará.
- Departamento de Ayacucho. Provincias de Cangallo, Huanca, Lucanas, Víctor Fajardo, Parinacochas, Paucar del Sara Sara.
- Departamento de La Arequipa. Todas las provincias.
- Departamento de Moquegua. Todas las provincias.
- Departamento de Tacna. Todas las provincias.

4.1.2.3 Intensidad:

El análisis de intensidad se realiza por comparación de comportamientos análogos así por ejemplo, según el análisis sísmico tectónico existente en el mundo, son (2) dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas, una como el Círculo Alpino Himalayo y la otra como el Círculo Circunpacífico.

En esta última, donde se localiza el Perú, han ocurrido el 80 % de los eventos sísmicos en el mundo. Por lo tanto, nuestro país está

comprendido entre una de las regiones de más alta sismicidad o actividad sísmica.

La fuente de datos básica de intensidades sísmicas en las que se describen los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido presentada por Silgado (1978).

En 1984 Alva presenta un mapa de distribuciones máximas de intensidades sísmicas observadas, de acuerdo a esta observación se concluye que según la historia sísmica del entorno del área en estudio (400 años), han ocurrido sismos de intensidades altas entre VI – VII en la escala de Mercalli Modificado.

La intensidad sísmica de los terremotos ocurridos en el área estudiada varía entre VI – VIII grados en la escala modificada de Mercalli como se puede observar en la siguiente **Figura N° 7**:

MAGNITUD E INTENSIDAD DE SISMOS EN LA ZONA DE RELAVERA MANAVALÉ

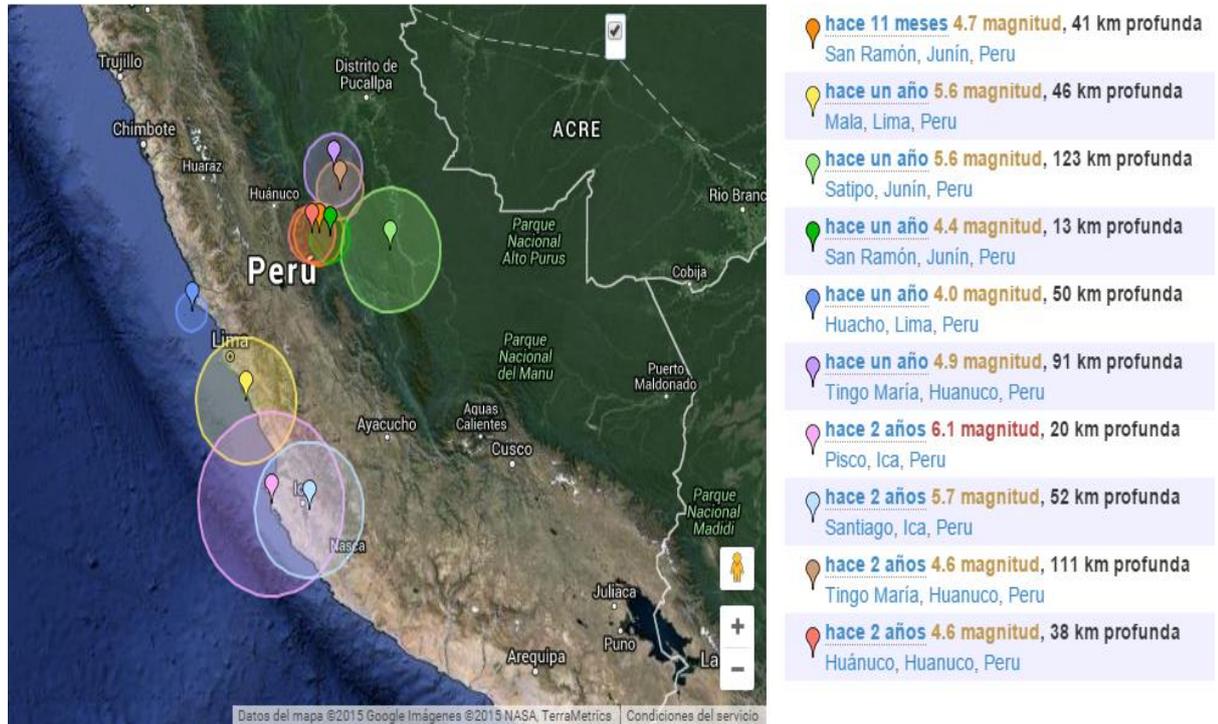


FIGURA N ° 7

4.1.2.4 Evaluación probabilística de riesgo:

La relación Magnitud-ocurrencia y Magnitud máxima para cada zona son estimadas a partir de la sismicidad registrada dentro de cada zona de fuente.

La información de estudios anteriores de ARA INGENIEROS, las proporcionadas por Castillo y Alva (1993) y a la información disponible procedente de estudios anteriores indican que la “Aceleración Máxima de Terreno (AMT)” para la zona en estudio es

aproximadamente de 0.42 g, para un 10% de excedencia en 50 años, lo que representa un periodo de retorno de 500 años.

El Cuadro N° 6 (abajo) muestra las diferentes aceleraciones sísmicas y la escala en la que se ubica la zona de la relavera de la planta Andes, haciendo ver las Características de Aceleración Máxima del Terreno (AMT).

CUADRO N° 6
CARACTERÍSTICAS DE ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO (AMT)

<u>Escala de Mercalli³</u>	Aceleración sísmica (g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve
VI	0.092 - 0.18	8.1 – 16	Fuerte	Leve
VII	0.18 - 0.34	16 – 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 - 0.65	31 – 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 - 1.24	60 – 116	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

4.1.2.5 Características del sismo máximo de diseño:

Los sismos máximos a suceder en un período de retorno de 500 años serán de intensidad de VI y VIII en la escala de Mercalli Modificado (Gutenberg y Richter).

Los sismos básicos de diseño serán asumidos por el mismo valor anterior, pero se realizará la corrección del valor de sus aceleraciones respectivas.

En ese sentido el valor de aceleración máxima de diseño para los análisis de estabilidad, de acuerdo al mapa de iso-aceleraciones, considerando un período de retorno de 500 años es de 0.42 Gals: **a**

$$\text{max} = 0.42 \text{ g}$$

Es aceptado internacionalmente que el coeficiente sísmico a ser considerado en el análisis de estabilidad en condiciones pseudo-estáticas de diseño de taludes sea obtenido como una fracción que varía entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$ de la aceleración esperada. Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

Por lo tanto, la aceleración adoptada en los análisis de estabilidad, para el caso pseudo-estático, se considera un valor de aceleración básica de diseño horizontal de $\frac{1}{2}$ de la aceleración pico, igual a 0.21

$$\text{Gals: } \mathbf{a_{diseño} = 0.21g}$$



FOTOGRAFÍA N° 4
Muestra el Laboratorio del CISMID

4.1.3 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS:

Consiste en los trabajos de investigación necesarios para la caracterización de los materiales utilizados para la construcción de la Relavera Manavale, en sus dos etapas la primera parte, incluido el dique de arranque, utilizando material de préstamo de la misma zona; y la segunda parte, utilizando material grueso, propio de los relaves generados en la Planta Andes.

Los ensayos de laboratorio, realizados en el **CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES (CISMID)**, garantizan los mencionados trabajos de investigación geotécnica y geosísmica.

Luego de la toma de muestras, el laboratorio ha realizado trabajos de caracterización física: Contenido de humedad (ASTM-D2216),

Granulometría por Tamizado (ASTM-D422), Límites de Consistencia (ASTM-D4318), Clasificación SUCS (ASTM-D2487) y AASHTO (ASTM-D3282).

Del mismo modo, en el laboratorio se realizaron pruebas de Compactación Proctor Modificado (ASTM-D1557) de Corte Directo – Material < Tamiz N° 4 (ASTM-D3080) y Compresión Triaxial CU – Diámetro 5.0 cm (ASTM-D4767).

El análisis de comportamiento de los taludes se hizo en el marco de investigaciones geotécnicas de campo con la finalidad de evaluar las características y propiedades de los materiales de cimentación del área del entorno de la Relavera Manavale, de donde provendrán los materiales para este fin.

Toma de muestras in situ para los ensayos correspondientes y determinar los parámetros geotécnicos de resistencia, las mismas que se utilizarán también en las consideraciones de Diseño de la Nueva Presa de Relaves. Son tan importantes tomar estos datos ya que el mismo material de la cimentación, también ha sido utilizado en la construcción de crecida de diques en la primera parte de la vida operativa del mencionado depósito de relaves.

4.1.3.1 Investigaciones geotécnicas de campo:

Como ya se ha descrito en el Punto 4.2. para determinar las características físico-mecánicas, geo-técnicas y geo-sísmicas más representativas de los taludes de la relavera en actual funcionamiento y el tipo de material de dicha relavera, se ha empleado diversos métodos de trabajos e investigación de campo.

Lo más saltante del trabajo de campo ha sido la determinación y “Zoneamiento de las Áreas Críticas”, seguido de la toma de muestras en tubos de polietileno (tubos que si bien es cierto alteran propiedades químicas de la muestra que contenga sulfatos, estos no alteran las propiedades físicas que, en este caso, nos interesan para los resultados del laboratorio).

La correspondiente toma de muestras de suelos de construcción del dique, fueron muestras tomadas en la corona de la presa hecha con material de préstamo, así como en la plataforma de coronado, hecha con el material grueso del relave tradicional, para luego llevar a cabo las pruebas de laboratorio y determinar parámetros geotécnicos, geo-mecánicos y geo-sísmicos.

4.1.4 RELAVE EN PASTA:

4.1.4.1 Diseño y Disposición.

Técnicamente es conocido que los relaves en pasta corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene **abundante partículas finas y un bajo contenido de agua**, de modo que esta mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.

La pasta de relave de la Planta Andes de AUREX S. A. es técnicamente definida como una **buena pasta porque tiene 15% de concentración en peso de partículas de tamaño menor a 20 micrones** y la mejor propiedad de esta pasta es que es eficientemente transportada por tuberías sin los problemas de segregación o sedimentación que ocurren normalmente en las pulpas de relaves.

Esta propiedad física **permite una gran flexibilidad en el desarrollo del concepto del sitio de emplazamiento**, una vez depositados los relaves, se dejan secar, luego de acopiar, permitiendo así minimizar la superficie de suelo cubierto con relaves antiguos, de una relavera cuya vida útil ya ha sido utilizada. Estamos hablando de un nuevo tipo de recrecimiento vertical de presas de relave.

La consistencia alcanzada sobre el ángulo de reposo de 5% permite que la pasta permanezca estable, aun cuando esté varias horas sin moverse. La pasta que viene disponiéndose en la Relavera Manavale, está conformada a partir de una gran variabilidad de componentes como

cuarzo, feldespato, arcillas, micas y sales, producto restante del mineral de Pasivos Coloniales.

Al disponer pasta de relaves en la superficie aproximadamente horizontal de la Relavera Manavale, una muy pequeña fracción de agua dreña y filtra, hasta alcanzar las cunetas de drenaje ya que la mayor parte de la humedad es retenida en la pasta debido a la tensión superficial de la matriz de material fino.

La flexibilidad que permiten las pastas en cuanto al desarrollo del lugar de emplazamiento del depósito, en el caso de Relavera Manavale, es extendida al uso de técnicas de construcción aguas arriba, donde las consideraciones de diseño antisísmicos de otra manera sería prohibida.

Con la alternativa del tipo de pasta que tiene AUREX no se requiere una solución tipo embalse. Para este tipo de faenas de pequeña escala, la pasta es transportada por una tubería de 4 pulgadas de diámetro: Polietileno de alta densidad y alta presión-HDPE; instaladas desde las instalaciones de operación y descargadas en el lugar de disposición final. Una vez depositada, se deja secar y se acopia.

Esta forma de acumular, permite minimizar la superficie de suelo cubierto con relaves hasta piramidarlas y realizar un cierre progresivo al cese de las operaciones de la Planta Andes, de tal modo que el depósito sea dejado sin requerir medidas adicionales de cierre, por su calidad

orgánica comprobada en los taludes de la Relavera 2000, que ya está en proceso de cierre y hoy reluce verde, por acciones de remediación.

Para faenas de mayor tamaño, por economía de escala para el manejo de materiales, el sistema considera el uso de bombas o cintas transportadoras hasta un repartidor que realiza la disposición final. Cabe destacar que debido a su alta densidad, las pastas son transportadas mediante el uso de bombas de desplazamiento, con los esperados resultados positivos.

Además se pueden desarrollar actividades de vegetación o de remediación en forma paralela a la operación. Permite la encapsulación de contaminantes en el depósito.

4.1.4.2 TÉCNICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE PASTAS MINERALES:

a. Ensayo de abatimiento:

In situ, en el punto de descarga de pasta se ha realizado la primera prueba de campo, utilizando la metodología de “Ensayo de Abatimiento”, como puede ser observada en la **Figura 8 (abajo)** como se puede apreciar, este es un método muy simple que sirve para caracterizar la consistencia de pasta en su condición de mezcla sólido-líquido (más sólido y muy poquísimo porcentaje de agua).

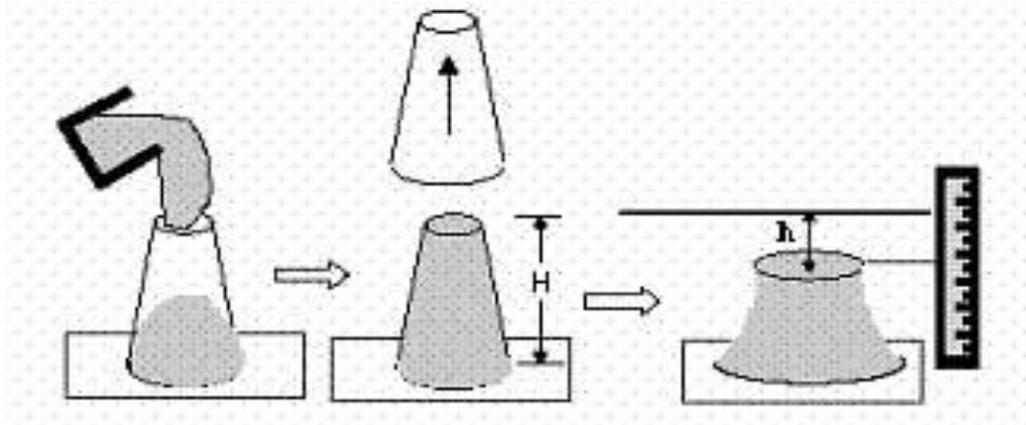


Fig. 8: Procedimiento del ensayo de abatimiento (Clayton et al., 2003)

Según la metodología empleada en el trabajo de Clayton et al. (2003), presenta un análisis comparativo de ambas geometrías empleadas en el ensayo de abatimiento



Fotografía N°5

Para el caso práctico de la Pasta utilizada en la Relavera Manavale de AUREX se tomó como base el procedimiento de la **Norma Brasileña ABNT-NBR NM 67 (1998)**. **Fotografía N°5**

Según esta normativa el tiempo de llenado del cono o cilindro debe ser de máximo 30 segundos y la temperatura ambiente (5° C) se registró como referencia.

Fotografía N° 6: Muestra realizando el ENSAYO DE ABATIMIENTO.

Según la Norma antes mencionada, se puede utilizar un cono o cilindro (Pueden ser tubos de PVC o HDPE, cuando se trata de pruebas físicas) en este caso se ha preferido utilizar un cilindro de tubo HDPE. Una vez lleno el cilindro, éste es retirado cuidadosamente, registrándose la diferencia entre la altura inicial del cilindro y la altura del material (h).

Las dimensiones del cilindro de HDPE utilizado en este caso fueron 10 cm de diámetro por 10 cm de altura con un volumen total aproximado de 800 cm³ reposado sobre un tablero de madera de 30 x 30 cm. Ver Fotografía N° 5 (arriba) y la Fotografía N° 6 (abajo).



Fotografía N° 6: Muestra la calidad de Pasta que permitirá calcular el % de abatimiento.

Para la prueba realizada se determinó que el relave en pasta tiene una masa muy consistente, el porcentaje de abatimiento fue calculado dividiendo la altura de abatimiento por la altura del cilindro.



Fotografía N° 7 Muestra el proceso de medida para lograr la altura de abatimiento.

CUADRO N° 7: Prueba de Campo N° 1

Porcentaje de Abatimiento de Pasta

Relavera Manavale. Planta Andes. Minera AUREX S. A.

Altura de Pasta abatida (cm)	Altura del cilindro HDPE (cm)	Abatimiento de la pasta	Pendiente de Pasta (en porcentaje)	Angulo de reposo de la Pasta (en grados)	Tiempo de reposo
8.00	10.0	0.80	80%	38.66° = 39° Red	30 seg
2.80	10.0	0.28	28%	15.65° = 16° Red	120 seg
1.73	10.0	0.17	17%	9.65° = 10° Red	240 seg
1.20	10.0	0.12	12%	6.84° = 7° Red	10 hr
0.90	10.0	0.09	9%	5.14° = 5° (Red)	20 hr

El Cuadro N° 7 y la Fotografía N° 7 son el resultado de un proceso de campo efectivo y práctico, que define el ángulo de reposo de la pasta, basado en la altura de abatimiento que, dividida entre la altura del Cilindro HDPE, nos dá como resultado el abatimiento de pasta que, expresado en porcentaje, es la Pendiente de Pasta a partir de la cual se halla el Angulo de Reposo Final de la Pasta, gracias al Cálculo Trigonométrico se halla la Cotangente de dicha pendiente porcentual.

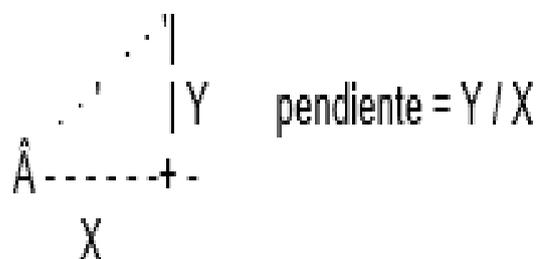


FOTOGRAFÍA N° 8

Muestra el comportamiento de la pasta descargada **luego de 20 horas de disposición**, también se ve el comportamiento de dicha pasta con sometimiento de carga; y no sufre alteraciones en su pendiente o ángulo de reposo:
 $9\% = 5^\circ$ Sobre la horizontal.

La cuarta dimensión (el tiempo) es determinante en el **DISEÑO DE DESCARGA y COMPORTAMIENTO DE LA PASTA SOBRE EL DEPÓSITO**, es por este motivo que se ha tenido mucho cuidado en estudiar los tiempos de “acción de pasta” 30 segundos inmediatamente después de la descarga; 120 segundos, 240 segundos, 10 horas y finalmente 20 horas momento en el cual se ha aplicado una carga de 70 kg, estándar para este tipo de pruebas, logrando cero de deformación en su ángulo de reposo tal como se puede observar en la **Fotografía N° 8 (arriba)**.

Otra forma de hallar el **ángulo de reposo de pasta** con pruebas de campo es el “Método de la Pendiente”, a partir de la “Prueba de Abatimiento”, mostrada en las **Fotografías N°7 y 8 (arriba)**; en este método, el arco tangente del resultado de la división del cateto opuesto sobre el cateto adyacente, nos da el ángulo de reposo de pasta, tal como puede apreciarse en el **Cuadro N° 8**.



CUADRO N° 8: Prueba de Campo N° 2
Cálculo del Ángulo de Reposo a partir de la Prueba de Abatimiento
Considera la Longitud de Desplazamiento de Pasta
Relavera Manave. Planta Andes. Minera AUREX S. A.

Altura de pasta abatida (Y en cm)	Longitud de desplazamiento de pasta (X en cm)	Pendiente de pasta (Y/X)	Arco Tangente del cociente de altura y long	Angulo de reposo de la Pasta (en grados)	Tiempo de reposo
8.00	4.5	1.77	atan(1.77)	60.53° = 61° Red	10 seg
2.80	5.0	0.56	atan(0.56)	29.25° = 29° Red	30 seg
2.50	7.0	0.35	atan(0.35)	19.29° = 19° Red	120 seg
2.0	10.0	0.20	atan(0.20)	11.31° = 11° Red	240 seg
1.7	14.0	0.12	atan(0.12)	6.90° = 7° Red	10 hr
1.3	15.0	0.09	atan(0.09)	5.14° = 5° Red	20 hr

Nota:

Para el Diseño de disposición de relave en pasta, se pueden considerar los Ángulos de Reposo de 10 o 20 horas o considerar el promedio de ambos. En este caso, se ha decidido trabajar los modelos de descarga con 5° de ángulo de reposo; por el tiempo máximo de deformación y la prueba de carga a la que fue sometida la muestra en prueba.

a. Ensayo de Canaleta:

La metodología de “Ensayo de Canaleta” se hizo utilizando un prisma rectangular construido de material acrílico, mediante el cual se pudo determinar el ángulo de reposo de la pasta mineral de disposición en la Relavera Manavale.

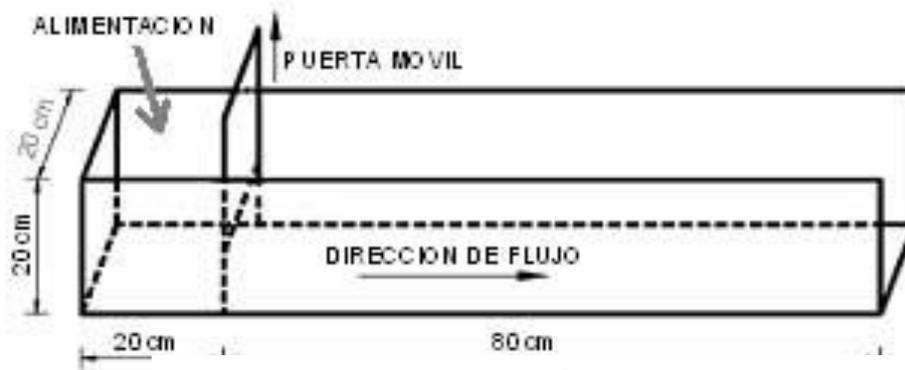
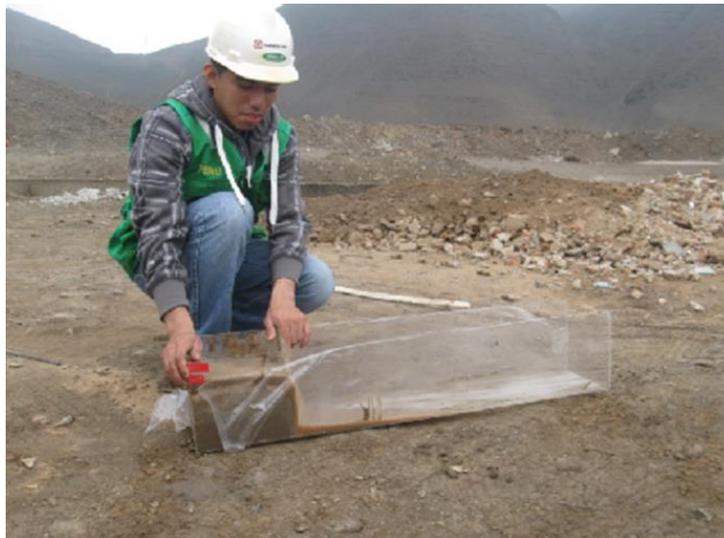


Fig. 9

Forma y dimensiones de la canaleta utilizada. (Adaptada de Kwak et al., 2005)

Las dimensiones de este equipamiento de escala de laboratorio fueron las siguientes: 100 cm de largo por 20 cm de ancho, con un espesor de 1 cm. **Ver Figura N° 9 (arriba).**



FOTOGRAFÍA N° 9
Muestra, realizando el "Ensayo de Canaleta"

El volumen de pasta utilizado en todos los ensayos fue de 7 litros aproximadamente, o sea considerando una altura de 18 cm en el compartimiento de alimentación de 20 por 20 cm. El largo máximo que pudo recorrer el material cuando la puerta de la alimentación fue retirada es de 48 cm de 80 cm libres (60% del total), medido horizontalmente.

Se realizaron distintas pruebas para determinar la fluidez de la pasta, calculando su velocidad de desplazamiento, para ello se realizaron pruebas con ángulos de diferentes inclinaciones: 10°, 15° y 30° respecto de la horizontal.

Al realizar este ensayo en el campo, se pudo observar mejor la velocidad de desplazamiento del relave en pasta de la Relavera Manavale bajo distintas situaciones que podrían ocurrir.

CUADRO N° 9: Determinación de fluidez de la pasta

Angulo de inclinación	Tiempo de desplazamiento en segundos	Longitud de desplazamiento cm
10°	12.21	48 cm
15°	1.89	60 cm
30°	0.95	90 cm

b. Determinación de la Viscosidad:

La viscosidad es una magnitud que representa la "resistencia a fluir" o densidad de un fluido. A mayor viscosidad, más espeso es el fluido y a menor viscosidad, menos espeso.

Unidad de medida: Pa.s o mPa.s

Para nuestro caso, la viscosidad del relave en pasta define el rozamiento interno entre las capas de fluido. A causa de la viscosidad es necesario ejercer una fuerza para obligar a una capa de fluido a deslizar sobre otra.

La viscosidad se manifiesta en la pasta-agua en movimiento lo que nos permite confirmar la definición de viscosidad, como la relación existente entre el esfuerzo cortante y la gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica; y la representaremos con la letra griega μ

Se ha determinado que el fluido de la pasta al momento de salir del tubo que lo expulsan a la Relavera Manavale es altamente viscosos por su consistencia y por la cantidad de floculantes (0.01%) que tiene en su composición, por ser altamente viscoso se mueve con menos facilidad que un fluido de baja viscosidad, debido a que es directamente proporcional a la intensidad de estas fuerzas que le apliquen.

4.1.5 Diseño de Recrecimiento de Relavera Manavale

Utilizando Relave en Pasta:

4.1.5.1 Consideraciones de diseño:

Área (A) : 40,056.65 m² (Área Superficial de la Relavera Manavale).

Densidad (d) : 1.64 Tn/m³ (Densidad de la pasta).

Descarga (Dc) : 200 Tn/día (Descarga de la pasta) = 121.95 m³/día.

Superficie : Prácticamente horizontal.

Tabiques de Presa:

- a. Al Nor-Oeste (NW): Intermitente de 2,0 a 8,0 m (requiere uniformizar a 8.50 m.
- b. Al Sur-Este (SE) y el Sur-Oeste (SW): Prom. 0,90 m.

4.1.5.2 Modelos de Disposición de Pastas Minerales y Tiempo de Vida Útil:

a. Modelos:

Figura N° 10: Muestra 3 Modelos de descarga de relave en pasta propuestos y 1 ya existente (Modelo 4) con actual descarga al

44.32% de volumen utilizado (Modelo 5); y 55.68% por utilizar; los siguientes Croquis.

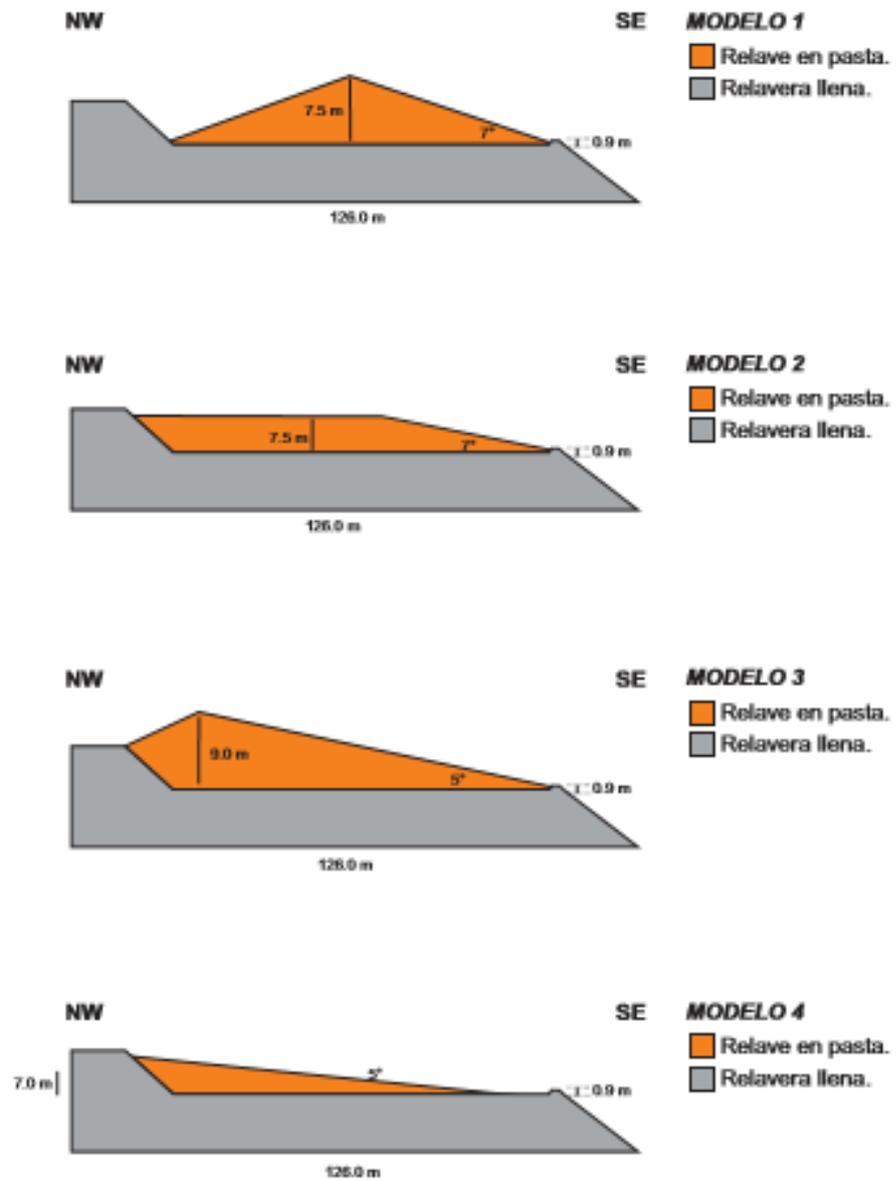


Figura N° 10: CROQUIS DE MODELOS DE DISPOSICIÓN DE CARGA

b. Tiempo de Vida Útil:

El **Anexo**, muestra los **Planos P-3 y P-4**, donde se observa la Vista Tridimensional y Perfiles de la Relavera en actual en proceso de disposición para su recrecimiento vertical y el Proyecto de cómo será al finalizar su vida útil.

MODELO 1:

Volumen : 76,089.00 m³ (126,815.00 m³ menos el Factor de Seguridad:

FS = -40%.

Descarga : 121.95 m³/día (Relave en pasta)

Vida Útil : 1 año 8 meses.

MODELO 2:

Volumen : 72,912.90 m³ (121,521.50 m³ menos el FS)

Descarga : 121.95 m³/día (Relave en pasta)

Vida Útil : 1 año 8 meses

MODELO 3:

Volumen : 112,828 m³ (188,064.96 m³ menos el FS)

Descarga : 121.95 m³/día

Vida Útil : 2 años 6 meses.

MODELO 4: Modelo de actual situación: Muestra parte de la **Relavera Manavale ya utilizada.**

Volumen : 43,776.39 m³

Descarga : 121.95 m³/día x 12 meses x 30 días/mes =
43,902.00 m³

Situación Real: 43,776.39 – 43,902.00 = - 126.00 m³

Vida Útil : 0 días (en las condiciones actuales – a
diciembre 2015).

MODELO 5: Modelo de actual situación: Muestra parte de la **Relavera Manavale por utilizar.**

Volumen : 32,993.88 m³ (54,989.80 m³ menos el FS)

Descarga : 121.95 m³/día

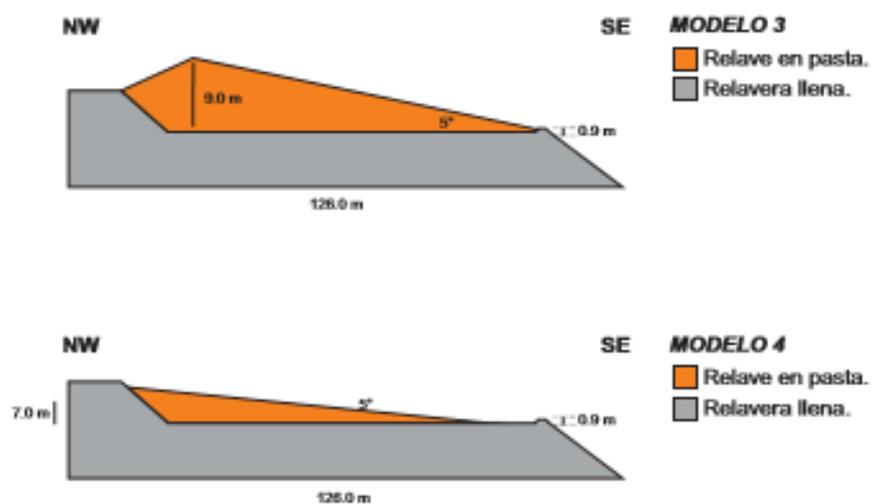
Vida Útil : 8 meses y 21 días.

4.2 DISCUCION:

Conforme al análisis realizado en el punto anterior se pudo verificar que a condición actual, el depósito de relaves Manavale, es favorablemente estable, de acuerdo a los ensayo de características físicas, de comprensión triaxial y cálculo del factor de seguridad.

Al realizar el análisis nos dimos cuenta que la variación del ángulo de reposo del relave en pasta hacen que varíen los porcentajes de estructuras favorables para cada modo de falla estructuralmente controlado.

Al disponer los relaves en pasta estos formaran una estructura en forma de un triángulo rectángulo o cono truncado sobre la revalera Manavale, el cual no tendrá repercusiones si no tipo fuerza de gravedad vertical ya que todo los esfuerzos de tipo vectorial irán orientados a la base de la relavera y no a los lados laterales, como se muestra en el siguiente grafico.



CONCLUSIONES

1. Se concluye que el **comportamiento físico-sísmico-pluvial de la Relavera Manavale es favorablemente estable**; lo que se observa en los Cuadros N° 1, 2, 3 y 4, de los Ensayos de Caracterizaciones Físicas, de Compresión Triaxial y de Cálculo del Factor de Seguridad (FS) de Taludes de dicha Relavera Manavale, tanto para la parte construida con material de préstamo, como para la parte que está hecha con relave selectivo (arena limosa). Resultados cuantitativos del Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres: CISMID.
2. Se consuma que por las características propias del material de préstamo, el sometimiento a acciones pluviales fuertes (propias de la zona) y los ángulos de reposo del Talud de Presa (36 a 38° grados de

rango de inclinación), la Relavera Manavale cumple con una Pendiente de Talud, cuya Relación H:V = 3:1 (Promedio), lo que garantiza su estabilidad, tanto pluvial como sísmica.

3. Se finiquita que estas características de reposo también se cumplen en el Relave Selectivo (Arena Limosa), utilizada como continuidad de Talud de Presa de Relavera Manavale, con el mismo ángulo de reposo H:V = 3:1; sin embargo, será necesario recubrirlo con material de préstamo o geo-membrana, como medida preventiva a las acciones pluviales.
4. Se concluye que cualquiera sea el peso de la infraestructura aproximadamente un **“Triángulo Rectángulo”** o **“Cono Truncado” (Modelos 3 y 4 – Capítulo IV), construido sobre la Relavera Manavale, con relave en pasta**, no tendrá repercusiones sino de tipo “Fuerza de Gravedad Vertical” ya que todos los esfuerzos de tipo vectorial irán orientados a la base de la relavera y no a los lados laterales.
5. Se ultima que debido a que el ángulo de reposo de dicho cono truncado o triángulo equilátero (aproximado o aparente), es sólo de 5° sobre la horizontal cualquier cuerpo trigonométrico construido sobre la Relavera Manavale tendrá un centro de gravedad, cuya resultante de esfuerzos

siempre será orientada a la base de la presa sin que las caracterizaciones físicas del dique o el talud de presa sean afectadas.

6. Se concluye que por las consideraciones geotécnicas, geofísicas y de resistencia, expuestas en los puntos anteriores **el recrecimiento vertical con relave en pasta es aceptado**: Amigable, técnico y ambientalmente admitido, sin ninguna repercusión de peligro ni riesgo que dañe la salud, seguridad, ambiente y producción de los elementos ni componentes ambientales del entorno de la Relavera Manavale, ni el entorno de la Planta Andes de AUREX S. A.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tener presente los resultados que se observan en los Cuadros N° 1, 2, 3 y 4, de Ensayos de Caracterizaciones Físicas, de Compresión Triaxial y de Cálculo de Factor de Seguridad (FS) de Taludes de la Relavera Manavale, tanto en la parte construida con material de préstamo como para la que está hecha con relave selectivo (arena limosa) dado a que estos resultados proceden de una institución reconocida y Certificada por INDECOPI como es el Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres: CISMID, lo cual garantiza **lo favorable que es el comportamiento físico-sísmico-pluvial de la Relavera Manavale de la Planta Andes.**

2. Se encomienda mantener libres y expeditos los canales de recolección de agua pluvial y agua remanente que discurre del relave en pasta, los cuales están ubicados al pie del contorno interior de la Relavera Manavale, para evitar la erosión del material de construcción del Talud de Presa y conservar los ángulos de reposo (36 a 38° grados de rango de inclinación), cuya Relación H:V = 3:1 (Promedio), garantizará su estabilidad, tanto pluvial como sísmica.

3. Se exhorta construir un canal de recolección de agua de lluvia en la plataforma de corona hecha con arena limosa y se prosigan con los trabajos de mantenimiento de canales de recolección en los ductos existentes en la plataforma intermedia del tabique, sobre el material de préstamo y al pie del contorno de la Relavera Manavale a fin de conservar las características de reposo del Relave Selectivo (Arena Limosa), utilizada como continuidad de Talud de Presa de Relavera Manavale y atesorar el mismo ángulo de reposo H:V = 3:1. Por otro lado, se recomienda recubrir con material de préstamo o geomembrana, la cresta de arena limosa (relave selectivo) como medida preventiva de acciones pluviales.

4. Se recomienda que la distribución de relave en pasta en la Relavera 2007 sea uniforme, utilizando **“Patas de Gallo”**, para el Modelo 3 – **Capítulo IV**, distribuidas equidistantemente (cada 20 m), a lo largo de la plataforma de corona Nor-Oeste (NW) del dique; de modo que, la

descarga sea a $1/3$ del ancho de la relavera y que cualquiera sea el peso de la infraestructura tipo **“Cono Truncado” construido con relave en pasta**, no tenga repercusiones sino de tipo “Fuerza de Gravedad Vertical” y que todos los esfuerzos de tipo vectorial vayan orientados a la base de la relavera y no a los lados laterales.

5. Se exhorta que en el canal de recolección del contorno interior de la relavera, se coloque un tubo HDPE de 8 pulgadas de diámetro (Tipo Quena) para recolectar el agua remanente del relleno en pasta y el agua de lluvia y facilitar el monitoreo del ángulo de reposo de dicho cono truncado o triángulo equilátero (aproximado o aparente), de 5° sobre la horizontal, recordemos que hay que mantener cualquier cuerpo trigonométrico construido sobre la Relavera Manavale, que tenga un centro de gravedad, cuya resultante de esfuerzos siempre sea orientada a la base de la presa sin que las caracterizaciones físicas del dique o el talud de presa sean afectadas.

6. Se exhorta que tanto los operadores como los supervisores de la Relavera Manavale sean muy celosos en las inspecciones y mantenimiento de los estándares de disposición de relave en pasta, recomendados en los puntos anteriores por las consideraciones geotécnicas, geofísicas y de resistencia; garantizando **el recrecimiento vertical con relave en pasta** a punto de hacerlo

siempre amigable, técnico y ambientalmente admitido, sin ninguna repercusión de peligro ni riesgo que todo el tiempo evite el daño a la salud, seguridad, ambiente y producción de los elementos componentes ambientales del entorno de la Relavera Manavale y el entorno de la Planta Andes de AUREX S. A.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVA HURTADO JORGE. (2006) "Análisis de estabilidad de taludes", Universidad Nacional de Ingeniería.
2. MENDOZA LOAYZA JOEL ARTURO. (2016) "Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapacay".
3. JUAREZ BADILLO, RICO RODRIGUEZ. (2004) "Mecánica de suelos – Teoría aplicaciones de la Mecánica de Suelos".
4. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS – DIRECCION DE ASUNTOS AMBIENTALES (1997). "Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Desechos sólidos de Mina".

5. ROCA ROJAS, MARIO EDILBERTO. (2000) Tesis "Análisis de estabilidad de taludes a través del método esfuerzo-deformación" Universidad Nacional de Ingeniería.
6. RODRIGUEZ PACHECO ROBERTO. (2012) Residuos mineros y su impacto ambiental, Instituto Geológico y Minero de España.
7. AGUIRRE RAMOS ROBERTO EDUARDO. (2017) Tesis "Análisis de estabilidad física del depósito de relave N° 5 de la concesión de beneficio Belén de Minera Titan del Peru S.R.L" Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DISÑO	METODOLOGIA
<p>“ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA DEL DEPOSITO DE RELAVE MANAVALE PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S.A.”</p>	<p>Problema General ¿De qué manera influye en la estabilidad física del depósito de relave Manavale el recrecimiento vertical con relave en pasta en la empresa minera Aurex S.A.?</p> <p>Problemas específicos. a¿De qué manera puede influir las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las diferentes unidades geotécnicas en la estabilidad física de la relavera Manavale para su recrecimiento vertical con relave en pasta. B ¿Cómo influyen las propiedades físicas del relave en pasta, en el depósito de relaves Manavale.?</p>	<p>Objetivo General. Determinarla la influencia que tienen sobre la estabilidad física del depósito de relave manavale de planta de Beneficio Andes, el recrecimiento vertical con relave en pasta.</p> <p>.Objetivo Específico. a. Determinar las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las diferentes unidades geotécnicas en la estabilidad física de la relavera Manavale para su recrecimiento vertical con relave en pasta. b. Determinar las propiedades físicas del relave en pasta, en el depósito de relaves Manavale.</p>	<p>Hipótesis General La estabilidad física del depósito de relave Manavale influye en el recrecimiento vertical con relave en pasta de la planta de beneficio Andes.</p> <p>Hipótesis Específica a) Las características físicas - mecánicas de los materiales que conforman el dique y las diferentes unidades geotécnicas del depósito de relave Manavale, como influyen para su recrecimiento vertical con relave en pasta. b) Las propiedades físicas del relave en pasta, como influye en el depósito de relaves Manavale.</p>	<p>Variables Independientes Recrecimiento vertical con relave en pasta.</p> <p>Variables dependientes. Análisis de estabilidad física.</p> <p>Variables intervinientes. Política de gobierno Normas legales del estado. Costo de muestreo.</p>	<p>El diseño a utilizarse en la investigación será por objetivos conforme al siguiente esquema.</p> <p>OG=OBJETIVO GENERAL HG=HIPÓTESIS GENERAL CG=CONCLUSIÓN GENERAL</p>	<p>TIPO DE IONVESTIGSCION: APLICATIVO</p> <p>TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS: Técnicas: calicatas, puntos de muestreo, estudio geotécnico, ensayo de abatimiento, ensayo de canaleta.</p> <p>Instrumentos: Registro de muestreo de calicatas, registro de muestras, inspección visual.</p>

ANEXOS



Se aprecia vista panorámica del módulo de relave manavale



Se aprecia el trazado de zoneamiento del relave manavale.



Se aprecia las muestras del talud con relación H:V de 2 a 1 (Horizontal:Vertical), en dique construido con material de préstamo y con material convencional.



Se aprecia la muestra en el laboratorio de CISMID



Se aprecia el ensayo de abatimiento de pasta



Se aprecia el ensayo de abatimiento de pasta.



Se aprecia el proceso de medida para lograr la altura de abatimiento



Se aprecia la muestra de la pasta descargada luego de 20 horas de disposición.



Se aprecia el ensayo de canaleta para determinar la fluidez de la pasta



DISPOSICIÓN DE RELAVE EN PASTA

DATOS :

Area	40056,65 m ²	(Area Superficial de la Relavera 2007)
Densidad	1,64 Tn/m ³	d (Densidad de la pasta)
Descarga	200,00 Tn/día	Dc (Descarga de la pasta)

Ingreso Datos Formula

$$d = m/v \quad v = m/d \quad \Rightarrow \quad m = 1000 \text{ kg} \\ d = 1640 \text{ kg/m}^3 \quad \text{por día}$$

$$v = 0,61 \text{ m}^3$$

Volumen en m³ por cada Tm.

$$Dc = 200 \text{ Tn} \quad \text{día}$$

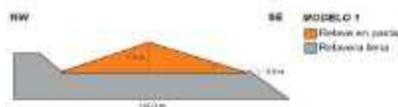
$$v = 121,95 \text{ m}^3$$

Volumen en m³ ingresado por día

MODELO 1

Volumen:	126815,00 m ³
Vida Util:	1039,88 días
	33,54 meses
	2,85 años

FS (-40%)	76089,00 m ³
	623,93 días
	20,13 meses
	1,71 años



MODELO 2

Volumen:	121521,50 m ³
Vida Util:	996,48 días
	32,14 meses
	2,73 años

FS (-40%)	72912,90 m ³
	597,89 días
	19,29 meses
	1,64 años



MODELO 3 -

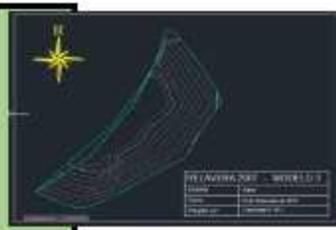
Volumen:	188064,96 m ³
Vida Util:	1542,13 días
	49,75 meses
	4,23 años

FS (-40%)	112838,98 m ³
	925,28 días
	29,85 meses
	2,54 años



VOLUMEN POR UTILIZAR (Ref. Modelo 3) DIFERENCIA (Mod. 3 - Mod. 4)

	al 100%	FS (-40%)
Volumen	144288,57 m ³	86573,142 m ³
Vida Util	1183,17 días	709,90 días
	38,17 meses	22,90 meses
	3,24 años	1,94 años



MODELO 4 -

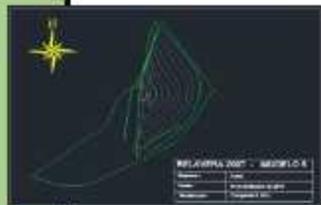
Volumen: 43776,39 m³
Vida Util: 358,97 días
 11,58 meses
 0,98 años

FS (-40%)
 26265,83 m³
 215,38 días
 6,95 meses
 0,59 años



VOLUMEN POR UTILIZAR (Ref. Modelo 5)
COMPLEMENTO (Modelo 4)

	al 100%	FS (- 40%)
Volumen	54989,80 m ³	32993,88 m ³
Vida Util	450,92 días	270,55 días
	14,55 meses	8,73 meses
	1,24 años	0,74 años

**MODELO 5**

Volumen: 54989,80 m³
Vida Util: 450,92 días
 14,55 meses
 1,24 años

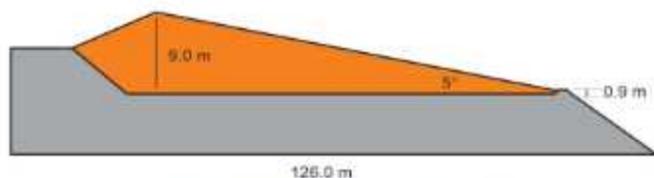
FS (-40%)
 32993,88 m³
 270,55 días
 8,73 meses
 0,74 años



MODELO 3 - ANGULO DE REPOSO DE LA PASTA = 5°

		FS (-40%)
Volumen:	188064,96 m ³	112838,98 m ³
Vida Util:	1542,13 días	925,28 días
	49,75 meses	29,85 meses
	4,23 años	2,54 años

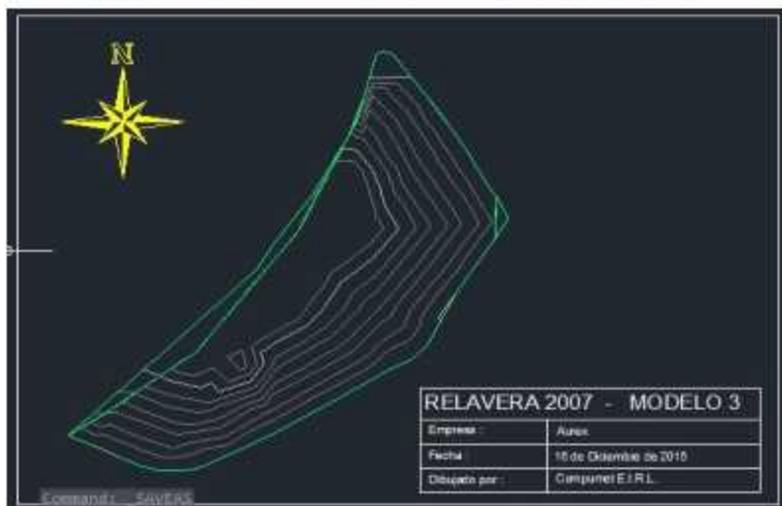
NW



SE

MODELO 3

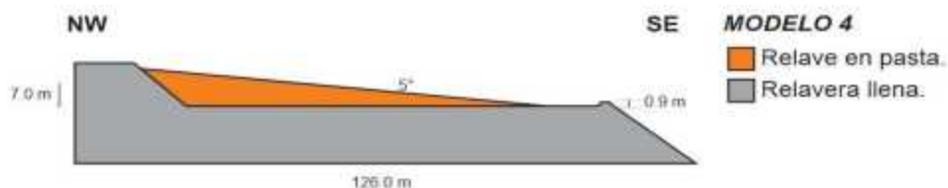
- Relave en pasta.
- Relavera llena.



MODELO 4 - ANGULO DE REPOSO DE LA PASTA = 5° (Volumen Rellenado)

Volumen:		43776,39	m3
Material descargado:	(121,95 m3/día x 12 meses x 30 día/mes)	43902,00	m3
Situación Real:	(43776,39 - 43902,00)	-126,00	m3

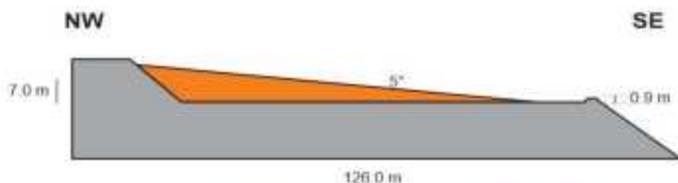
Vida Util: 0,00 días (condiciones actuales - Dic 2015)
0,00 meses
0,00 años



MODELO 5 - ANGULO DE REPOSO DE LA PASTA = 5°

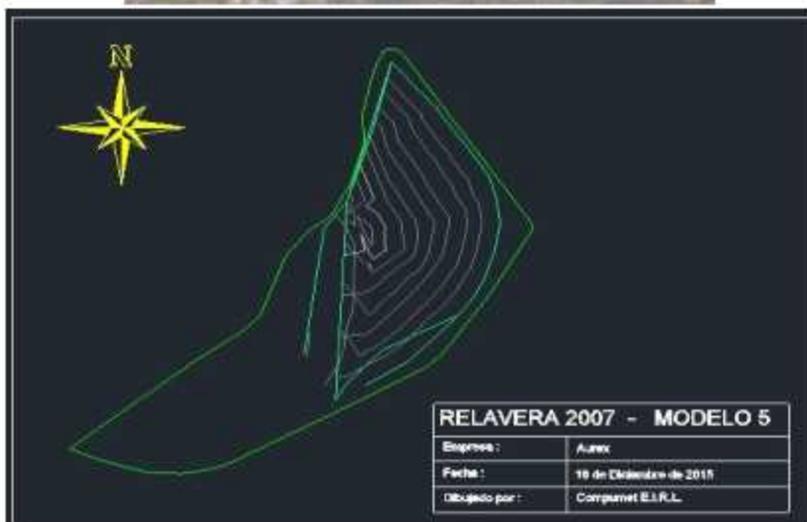
Volumen: 54989,80 m³
Vida Util: 450,92 días
14,55 meses
1,24 años

FS (-40%)
32993,88 m³
270,55 días
8,73 meses
0,74 años



SE **MODELO 5**

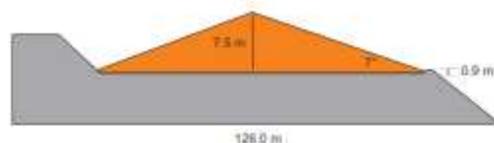
- Relave en pasta.
- Relavera llena.



CROQUIS PARA VISUALIZAR MODELOS DE DISPOSICIÓN DE RELAVE EN PASTA

NW

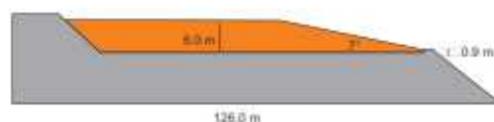
SE **MODELO 1**



- Relave en pasta.
- Relavera llena.

NW

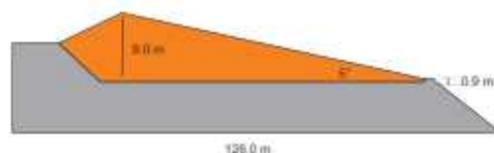
SE **MODELO 2**



- Relave en pasta.
- Relavera llena.

NW

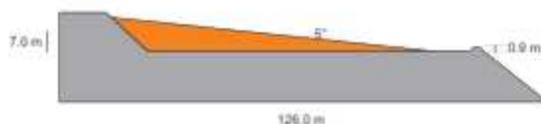
SE **MODELO 3**



- Relave en pasta.
- Relavera llena.

NW

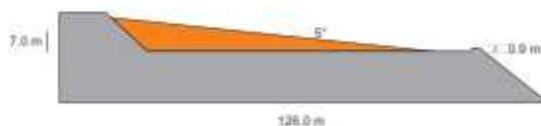
SE **MODELO 4**



- Relave en pasta.
- Relavera llena.

NW

SE **MODELO 5**



- Relave en pasta.
- Relavera llena.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

Informe : LG18-027

Fecha : Julio, 2018

Solicitante : HUAMAN MARTEL, Janeth

Proyecto : Estabilidad de Talud - Relavera M. - Planta de Beneficio Andes.

Ubicación : CP. Yurajhuanca. Distrito Simon Bolivar de Rancas. Region Pasco.

Sondaje : --- Velocidad : 0.25 mm/min
Muestra : M - 4A AASHTO : A-1b (0)
Prof. (m) : --- SUCS : GC - GM / Grava arcillo limosa con arena
Estado : Remoldeado Hoja : 2 de 4

ESFUERZO NORMAL : 2 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm

Altura : 2 cm

Contenido de humedad

Humedad : 1.4 %

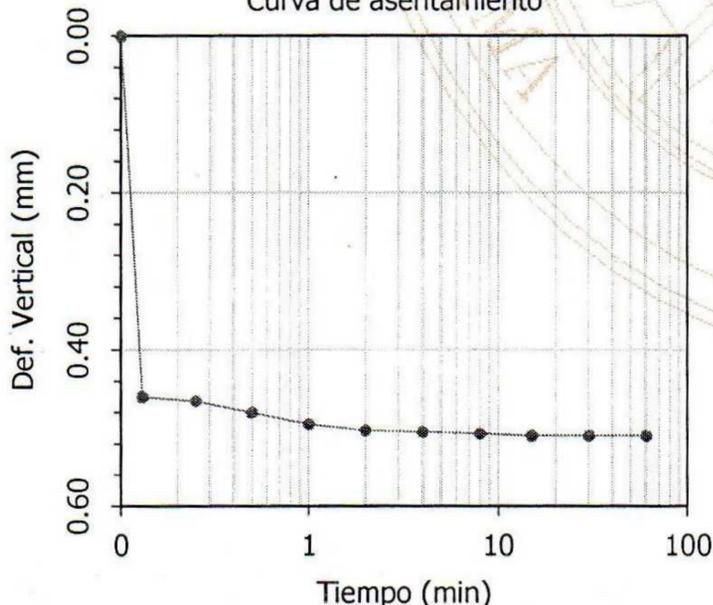
Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	2.030
0.13	0.460	19.540	2.078
0.25	0.465	19.535	2.078
0.5	0.480	19.520	2.080
1	0.495	19.505	2.082
2	0.503	19.497	2.082
4	0.505	19.495	2.083
8	0.507	19.493	2.083
15	0.510	19.490	2.083
30	0.510	19.490	2.083
60	0.510	19.490	2.083

Aplicación del esfuerzo cortante

Tiempo (min)	Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
	Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0	0.00	0.000	19.490	2.083	0.000	0.000
0.13	0.05	0.015	19.475	2.085	0.347	0.174
0.25	0.10	0.030	19.460	2.086	0.469	0.235
0.5	0.20	0.060	19.430	2.090	0.628	0.314
1	0.35	0.080	19.410	2.092	0.760	0.380
2	0.50	0.093	19.397	2.093	0.826	0.413
4	0.75	0.100	19.390	2.094	0.926	0.463
8	1.00	0.120	19.370	2.096	1.025	0.512
15	1.25	0.140	19.350	2.098	1.091	0.545
30	1.50	0.140	19.350	2.098	1.157	0.578
60	1.75	0.140	19.350	2.098	1.230	0.615
	2.00	0.130	19.360	2.097	1.273	0.636
	2.50	0.130	19.360	2.097	1.289	0.645
	3.00	0.110	19.380	2.095	1.405	0.702
	3.50	0.110	19.380	2.095	1.454	0.727
	4.00	0.110	19.380	2.095	1.478	0.739
	4.50	0.090	19.400	2.093	1.487	0.744
	5.00	0.065	19.425	2.090	1.497	0.749
	6.00	0.050	19.440	2.089	1.521	0.760
	7.00	0.040	19.450	2.088	1.527	0.764
	8.00	0.045	19.445	2.088	1.530	0.765
	9.00	0.050	19.440	2.089	1.530	0.765
	10.00	0.050	19.440	2.089	1.530	0.765
	11.00	0.050	19.440	2.089	1.530	0.765
	12.00	0.050	19.440	2.089	1.530	0.765

Curva de asentamiento



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = 1.4%, densidad seca = 2.03g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: humedad = 1.4%; densidad húmeda = 2.06g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

DAVID LUNA DURAN

INGENIERO CIVIL - CIP 43988

JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 - LIMA 25 - PERÚ - Apartado Postal 31-250 Lima 31

Teléfono (+51) 1 482-0804 , (+51) 1 482-0777 - FAX: (+51) 1 481-0170

Correos: labgeoc@uni.edu.pe / director@uni.edu.pe - Web: <http://www.cismid-uni.org>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

Informe : LG18-027

Fecha : Julio, 2018

Solicitante : Huaman Martel, Janeth

Proyecto : Estabilidad de Talud - Relavera M. - Planta de Beneficio Andes.

Ubicación : CP. Yurajhuanca. Distrito Simon Bolivar de Rancas. Region Pasco.

Sondaje : ---

Velocidad : 0.25 mm/min

Muestra : M - 3A

AASHTO : A-1a (0)

Prof. (m) : ---

SUCS : GC - GM / Grava arcillo limosa con arena

Estado : Remoldeado

Hoja : 3 de 4

ESFUERZO NORMAL : 4 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm

Altura : 2 cm

Contenido de humedad

Humedad : 0.7 %

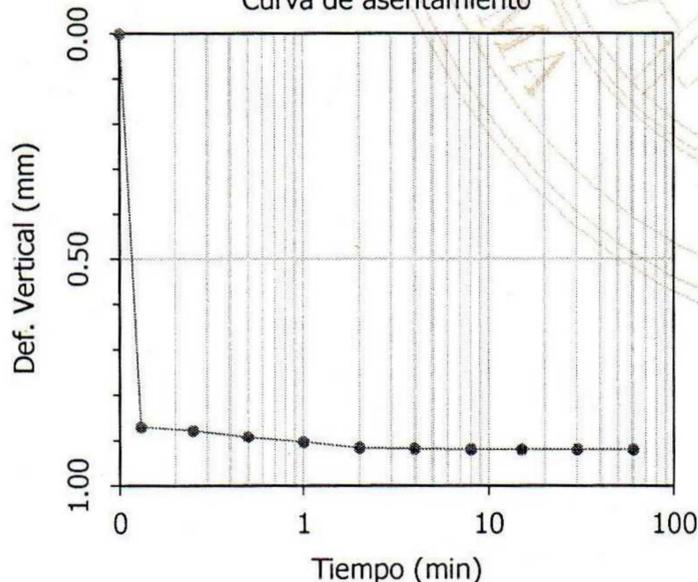
Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	2.010
0.13	0.870	19.130	2.102
0.25	0.878	19.122	2.102
0.5	0.892	19.108	2.104
1	0.903	19.097	2.105
2	0.916	19.084	2.107
4	0.918	19.082	2.107
8	0.920	19.080	2.107
15	0.920	19.080	2.107
30	0.920	19.080	2.107
60	0.920	19.080	2.107

Aplicación del esfuerzo cortante

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0.00	0.000	19.080	2.107	0.000	0.000
0.05	0.020	19.060	2.109	0.496	0.124
0.10	0.030	19.050	2.110	0.671	0.168
0.20	0.048	19.032	2.112	0.959	0.240
0.35	0.070	19.010	2.115	1.091	0.273
0.50	0.090	18.990	2.117	1.256	0.314
0.75	0.110	18.970	2.119	1.421	0.355
1.00	0.130	18.950	2.122	1.521	0.380
1.25	0.150	18.930	2.124	1.653	0.413
1.50	0.160	18.920	2.125	1.785	0.446
1.75	0.170	18.910	2.126	1.878	0.469
2.00	0.190	18.890	2.128	2.039	0.510
2.50	0.205	18.875	2.130	2.215	0.554
3.00	0.230	18.850	2.133	2.413	0.603
3.50	0.250	18.830	2.135	2.545	0.636
4.00	0.260	18.820	2.136	2.644	0.661
4.50	0.265	18.815	2.137	2.793	0.698
5.00	0.270	18.810	2.137	2.876	0.719
6.00	0.270	18.810	2.137	2.975	0.744
7.00	0.270	18.810	2.137	3.058	0.764
8.00	0.270	18.810	2.137	3.064	0.766
9.00	0.270	18.810	2.137	3.067	0.767
10.00	0.270	18.810	2.137	3.067	0.767
11.00	0.270	18.810	2.137	3.067	0.767
12.00	0.270	18.810	2.137	3.067	0.767

Curva de asentamiento



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = 0.7%, densidad seca = 2.01g/cm³ los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: humedad = 0.7%; densidad húmeda = 2.02g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

DAVID LUNA DURÁN

INGENIERO CIVIL - CIP 43988

JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 - LIMA 25 - PERÚ - Apartado Postal 31-250 Lima 31
Teléfono (+51) 1 482-0804 , (+51) 1 482-0777 - FAX: (+51) 1 481-0170

Correos: labgeoc@uni.edu.pe / director@uni.edu.pe - Web: <http://www.cismid-uni.org>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

Informe : LG18-027

Solicitante : Huaman Martel, Janetth

Proyecto : ESTABILIDAD DE TALUD RELAVERA MANAVALLE

Fecha : JULIO, 2018

Ubicación : Yurajhuanca - Cerro de Pasco

Sondaje : P - 1

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.25 mm/min

AASHTO : A-4 (0)

SUCS : ML / Limo

Hoja : 3 de 4

ESFUERZO NORMAL : 4 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm

Altura : 2 cm

Contenido de humedad

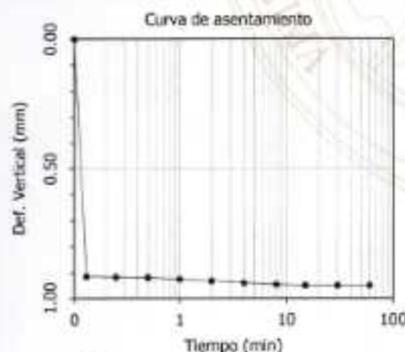
Humedad : 20.3 %

Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	1.510
0.13	0.915	19.085	1.582
0.25	0.917	19.083	1.583
0.5	0.919	19.081	1.583
1	0.925	19.075	1.583
2	0.932	19.068	1.584
4	0.940	19.060	1.584
8	0.946	19.054	1.585
15	0.950	19.050	1.585
30	0.950	19.050	1.585
60	0.950	19.050	1.585

Aplicación del esfuerzo cortante

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0.00	0.000	19.050	1.585	0.000	0.000
0.05	0.020	19.030	1.587	0.331	0.083
0.10	0.030	19.020	1.588	0.446	0.112
0.20	0.040	19.010	1.589	0.578	0.145
0.35	0.045	19.005	1.589	0.711	0.178
0.50	0.045	19.005	1.589	0.826	0.207
0.75	0.045	19.005	1.589	0.975	0.244
1.00	0.070	18.980	1.591	1.058	0.264
1.25	0.100	18.950	1.594	1.157	0.289
1.50	0.125	18.925	1.596	1.190	0.297
1.75	0.150	18.900	1.598	1.223	0.306
2.00	0.170	18.880	1.600	1.240	0.310
2.50	0.200	18.850	1.602	1.306	0.326
3.00	0.230	18.820	1.605	1.355	0.339
3.50	0.270	18.780	1.608	1.421	0.355
4.00	0.300	18.750	1.611	1.454	0.364
4.50	0.345	18.705	1.615	1.487	0.372
5.00	0.375	18.675	1.617	1.521	0.380
6.00	0.408	18.642	1.620	1.554	0.388
7.00	0.430	18.620	1.622	1.587	0.397
8.00	0.465	18.585	1.625	1.603	0.401
9.00	0.490	18.560	1.627	1.620	0.405
10.00	0.498	18.552	1.628	1.620	0.405
11.00	0.498	18.552	1.628	1.620	0.405
12.00	0.498	18.552	1.628	1.620	0.405



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Humedad = 20.3%, densidad seca = 1.51g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: humedad = 20.3%; densidad húmeda = 1.82g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

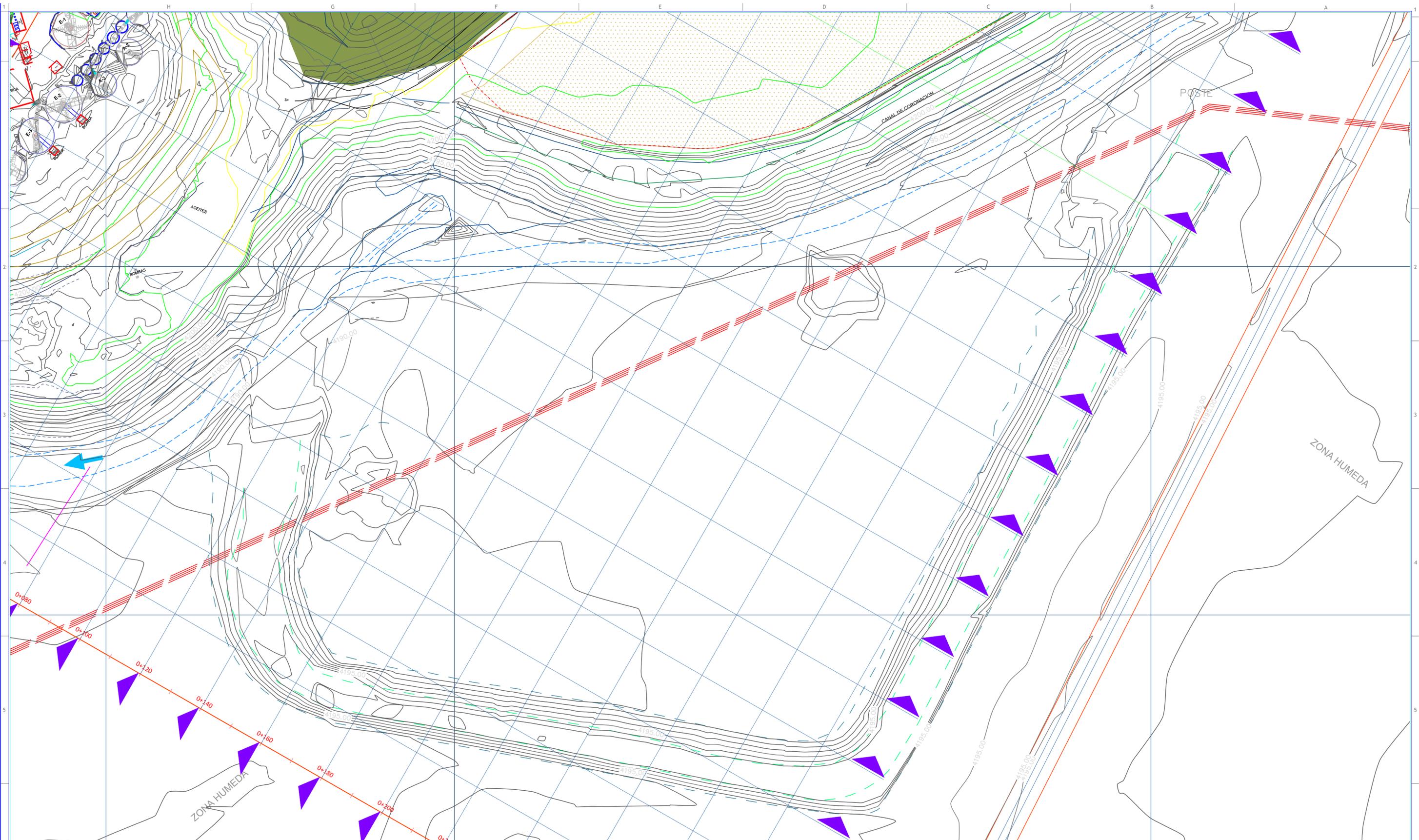
DAVID LUNA DURÁN

INGENIERO CIVIL - CIP 43988

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 - LIMA 25 - PERÚ, Apodado Postal 21, 250, Lima 21

Teléfono (+51) 1 482-0804, (+51) 1 482-0805, (+51) 1 482-0806, (+51) 1 482-0807

Correos: labgeoc@uni.edu.pe / director@uni.edu.pe - Web: <http://www.cismid-uni.org>



PLANO DE REFERENCIA	PLANO N°	Rev.	REVISIONES	Diseño	D.Cad.	Aprob.

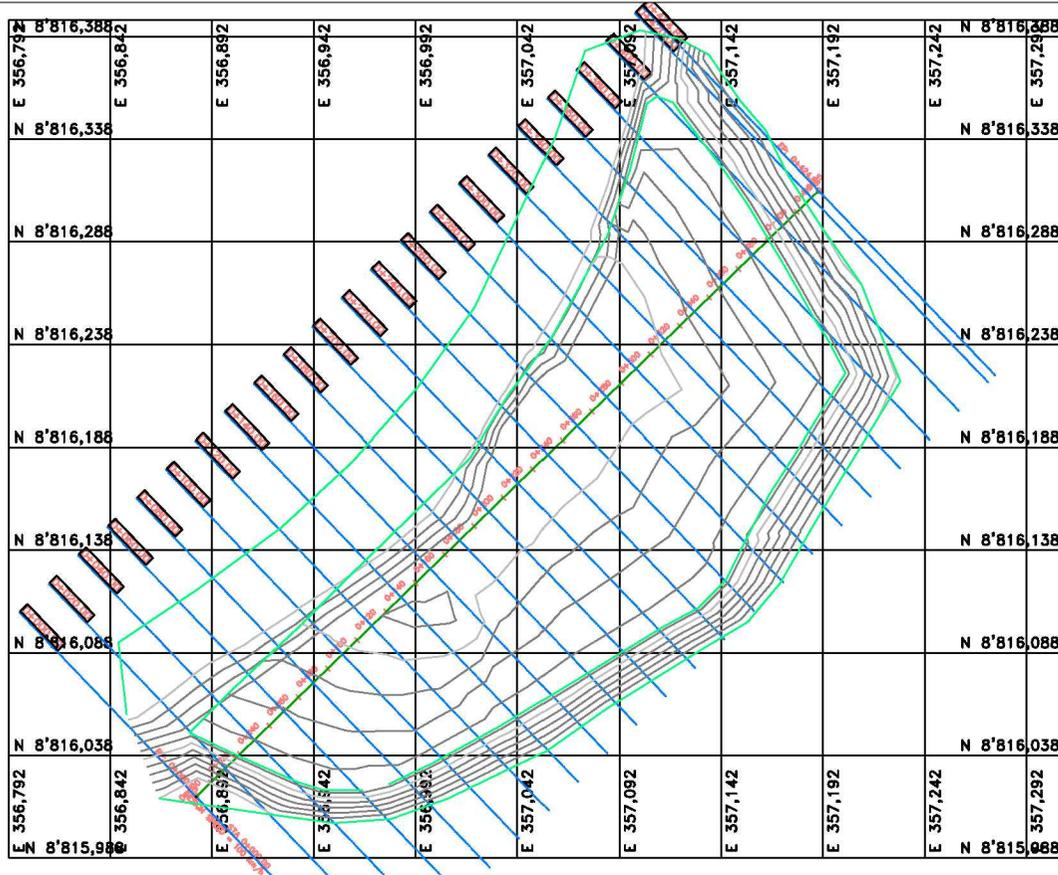
LA UNIDAD DE DIBUJO ES METROS ELIPSOIDE WGS 84

UBICACION:
 LUGAR: YURAJHUANCA
 DISTRITO: SIMON BOLIVAR
 PROVINCIA: PASCO
 DEPARTAMENTO: PASCO

EMPRESA: COMPAÑIA MINERA AURIFERA AUREX S.A.
 Proyecto: "TOPOGRAFIA DEL DEPOSITO DE RELAVES MANAVAL"

RESPONSABLE: Bach. HUAMAN MARTEL, Janeth
 APROBADO POR: Ing. TANIA MISARI
 COD PROYECTO: _____
 FECHA: JULIO DEL 2018

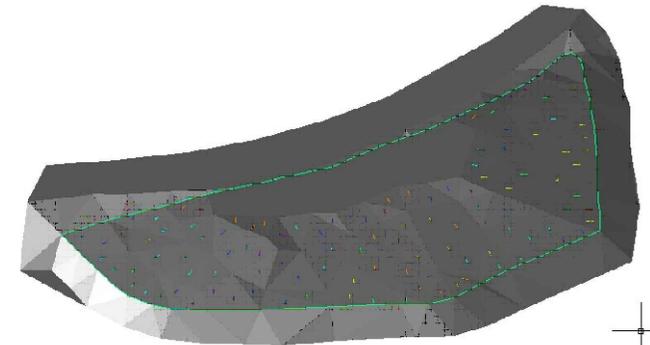
SECCION DE INGENIERIA BASICA:
 TOPOGRAFIA: L.P.F.
 DISEÑO:
 DIBUJO: L.P.F.
 REVISADO:
 PLANO: TOPOGRAFICO
 LÁMINA N°: TP-01
 ESCALA: INDICADA



VISTA: SE-NW



VISTA: SW-NE



VISTA: 3D



UBICACIÓN:

LUGAR: YURAJUANCA.
DISTRITO: SIMON BOLIVAR.
PROVINCIA: PASCO.
DEPARTAMENTO: PASCO.



PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MEJORA TECNOLÓGICA.
RECRECIMIENTO VERTICAL DE RELAVERA MANAVALÉ.

REALIZADO POR:
HUAMAN MARTEL, Janeth

APROBADO POR:
Ing. TANIA MISARI

CÓD. PROYECTO:

N° REVISIÓN:

PLANTA ANDES – AUREX S.A.

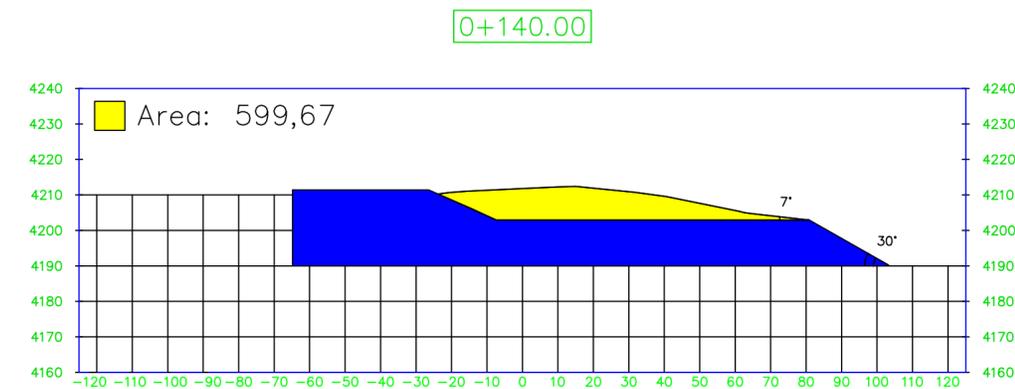
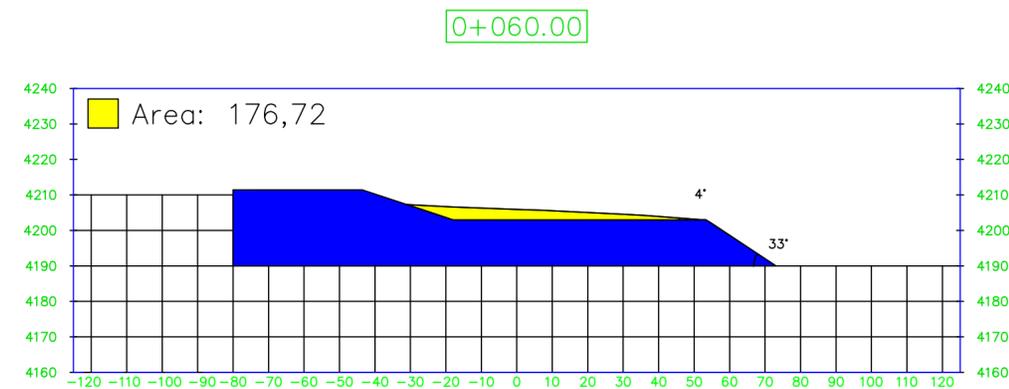
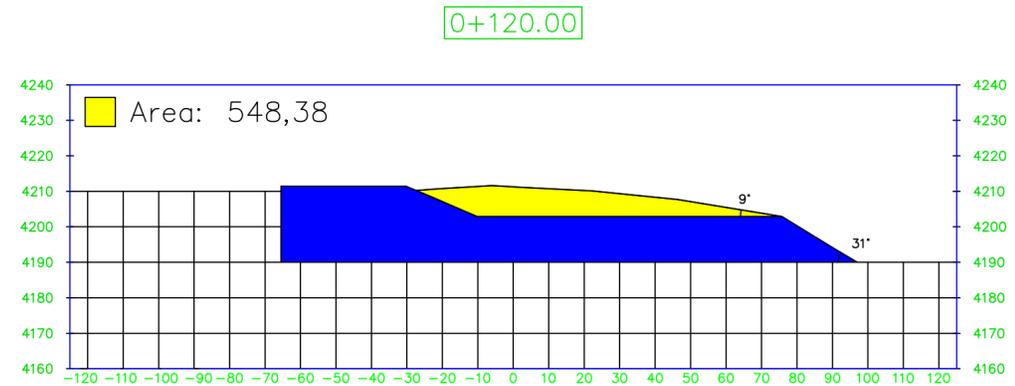
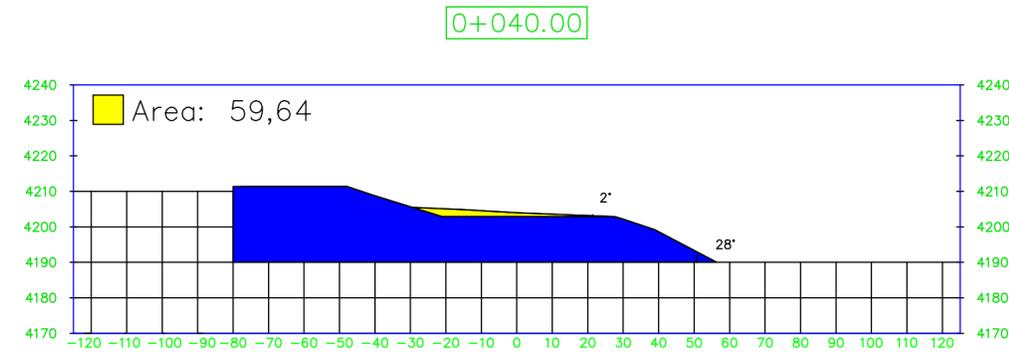
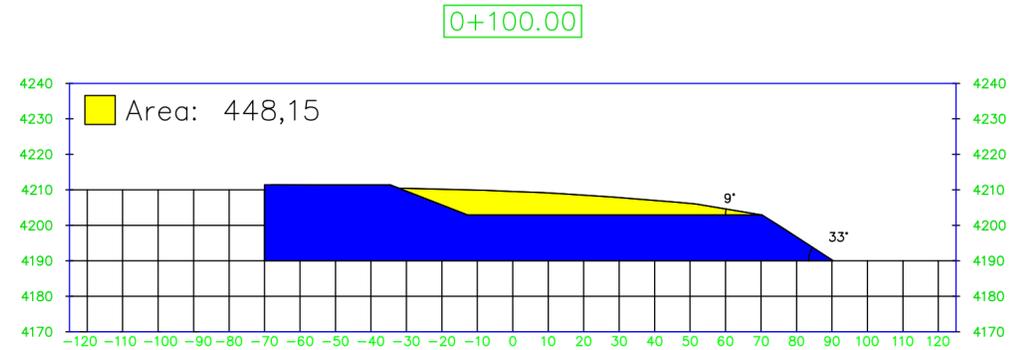
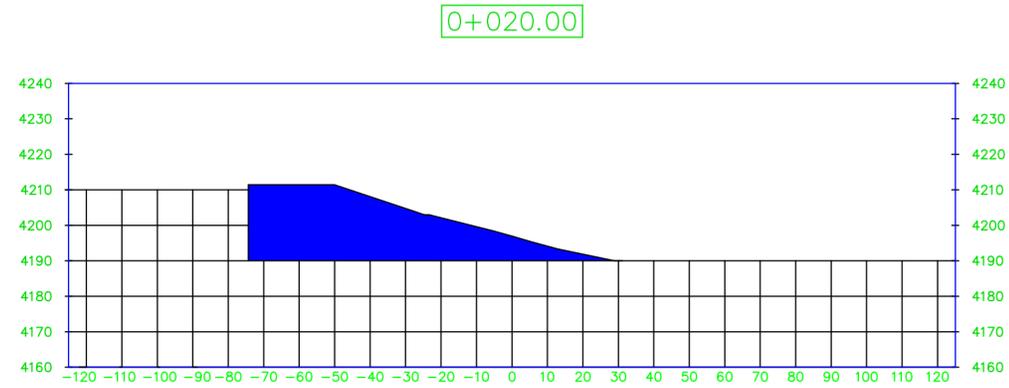
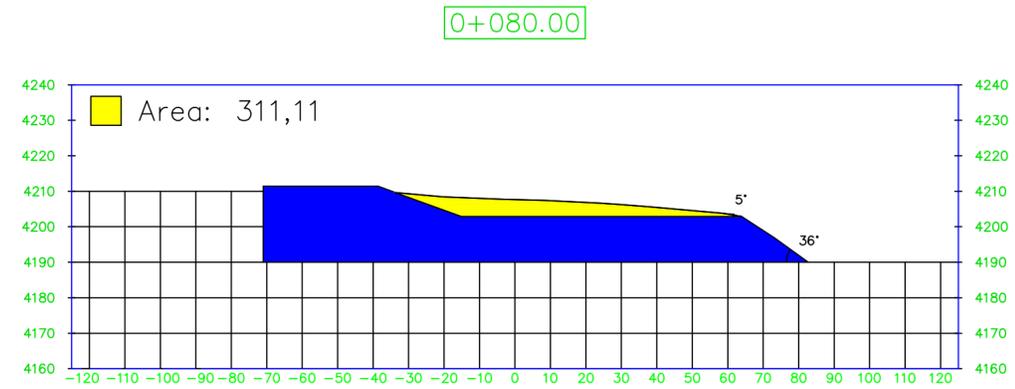
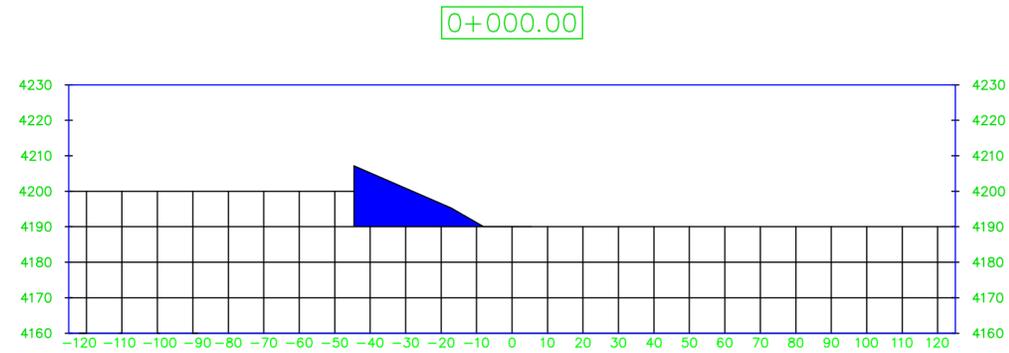


TOPOGRAFÍA:	
DISEÑO:	L.P.F.
DIBUJO:	L.P.F.
REVISADO:	TANIA MISARI

PLANO:
VISTAS: ALMACENAMIENTO FINAL
DE RELAVE EN PASTA

PLANO N°:
P-1

ESCALA:
INDICADA



	AREA DEL CORTE – RELAVE EN PASTA
	PERFIL DE LA RELAVERA 2007
LEYENDA	

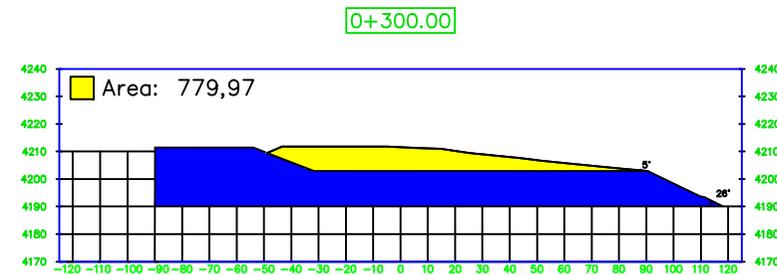
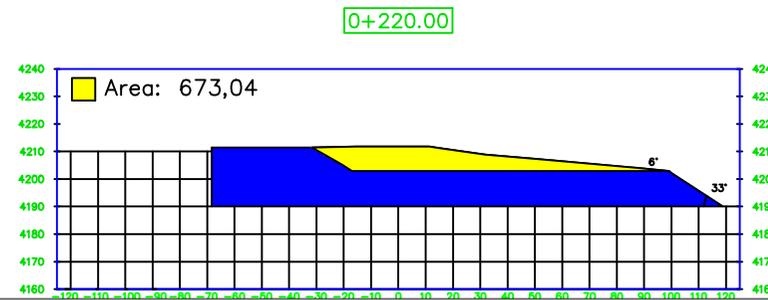
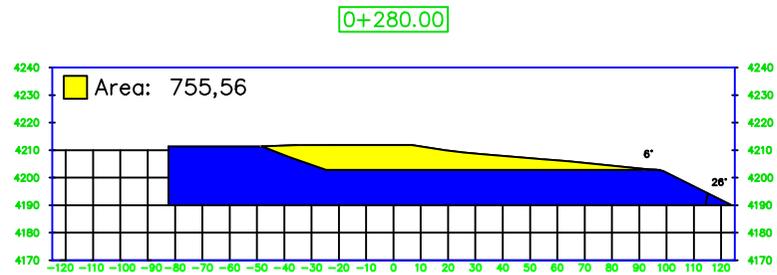
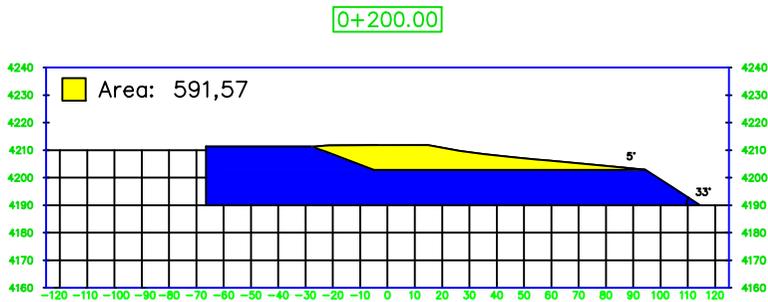
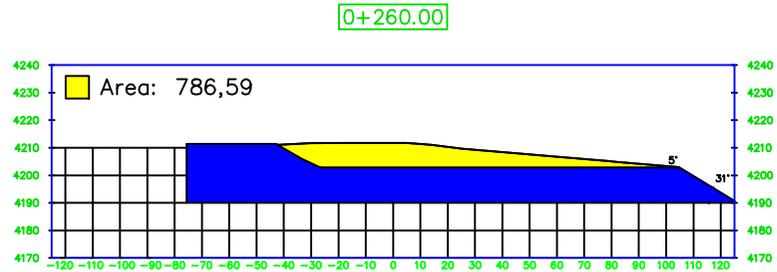
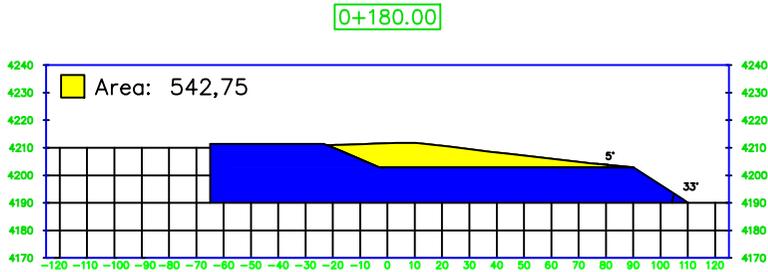
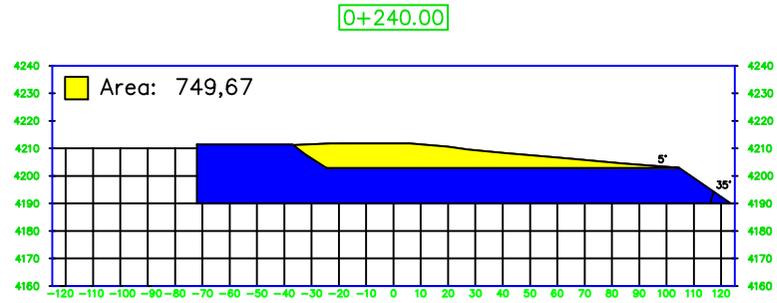
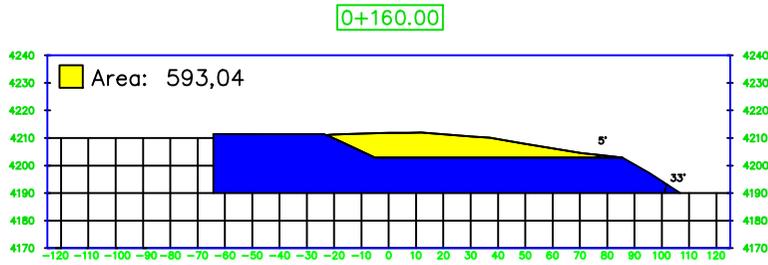
UBICACIÓN:
LUGAR: YURAJHUANCA.
DISTRITO: SIMON BOLIVAR.
PROVINCIA: PASCO.
DEPARTAMENTO: PASCO.



PLANTA ANDES – AUREX S.A.



PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MEJORA TECNOLÓGICA. RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN PASTA DE RELAVERA MANAVALÉ.		TOPOGRAFÍA: DISEÑO: L.P.F. DIBUJO: L.P.F.	PLANO N°: P-4A
ELABORADO POR: Huaman Martel, Janeth	APROBADO POR: TANIA MISARI	REVISADO: TANIA MISARI	ESCALA: INDICADA
COD. PROYECTO:	N° REVISIÓN:	PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES ALMACENAMIENTO FINAL DE RELAVE EN PASTA	



	AREA DEL CORTE - RELAVE EN PASTA
	PERFIL DE LA RELAVERA 2007
LEYENDA	

UBICACIÓN:

LUGAR: YURAJHUANCA.
 DISTRITO: SIMON BOLIVAR.
 PROVINCIA: PASCO.
 DEPARTAMENTO: PASCO.



PROYECTO:

MODIFICACIÓN Y MEJORA TECNOLÓGICA.
 RECRECIMIENTO VERTICAL DE RELAVERA MANAVALÉ

PLANTA ANDES - AUREX S.A.



PLANO N°:

P-4B

REVISADO POR:
 Huaman Martel, Janeth

APROBADO POR:
 TANIA MISARI

COD. PROYECTO:

N° REVISIÓN:

TOPOGRAFÍA:

DISEÑO:

DIBUJO:

REVISADO:

PLANO:

L.P.F.

L.P.F.

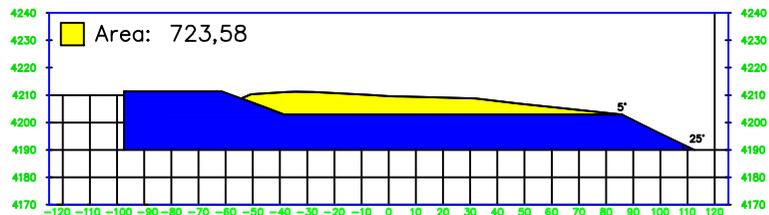
TANIA MISARI

SECCIONES TRANSVERSALES
 ALMACENAMIENTO FINAL DE RELAVE EN PASTA

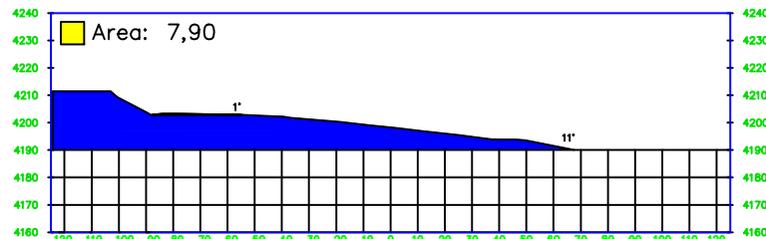
ESCALA:

INDICADA

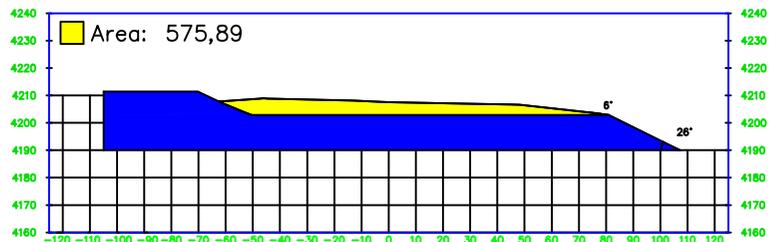
0+320.00



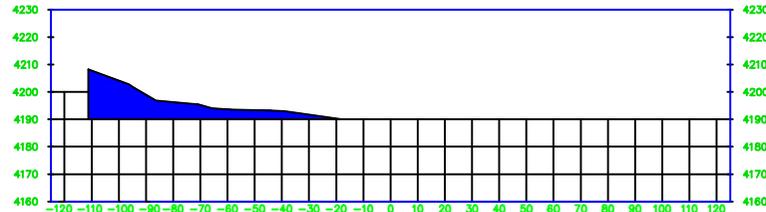
0+400.00



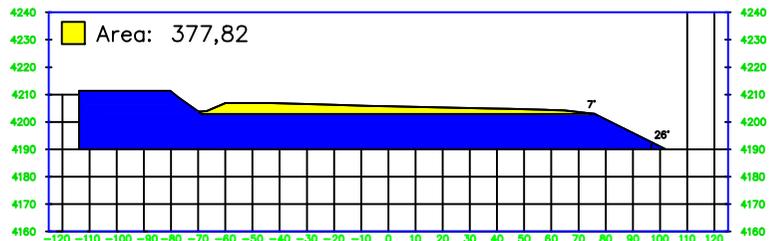
0+340.00



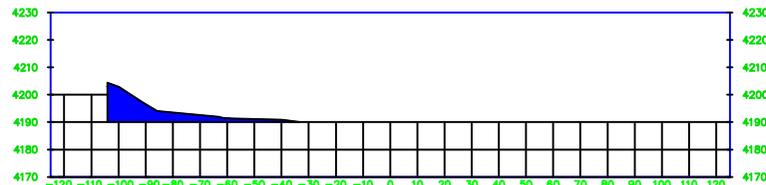
0+420.00



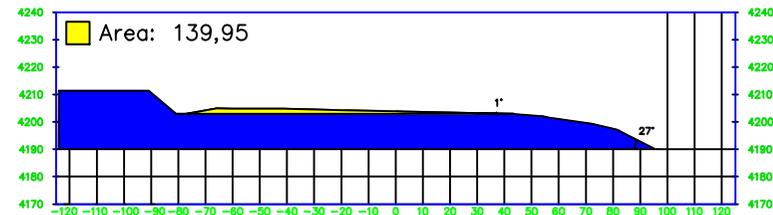
0+360.00



0+424.86



0+380.00



VOLUMEN PROYECTADO DEL RELAVE EN PASTA.

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Cálculo convencional del volumen. | • 188 695,37 m ³ |
| (Área de corte x distancia). | |
| 2. Cálculo de volúmen de la pasta con procedimientos del CIVICAD. | • 188 064,96 m ³ |

	AREA DEL CORTE - RELAVE EN PASTA
	PERFIL DE LA RELAVERA 2007
LEYENDA	

UBICACIÓN:

LUGAR: YURAJHUANCA.
DISTRITO: SIMON BOLIVAR.
PROVINCIA: PASCO.
DEPARTAMENTO: PASCO.



PLANTA ANDES - AUREX S.A.



PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MEJORA TECNOLÓGICA.
RECRECIMIENTO VERTICAL DE RELAVERA MANAUALE.

TOPOGRAFIA:
DISEÑO: L.P.F.
DIBUJO: L.P.F.
REVISADO: TANIA MISARI

PLANO N°:
P-4C

ELABORADO POR: Huaman Martel, Janeth
APROBADO POR: TANIA MISARI
COD. PROYECTO: N° REVISIÓN:

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES
ALMACENAMIENTO FINAL DE RELAVE EN PASTA

ESCALA:
INDICADA