



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**GOWEB APLICADO A CANALES DE CONDUCCIÓN EN  
CIERRE DEL BOTADERO DE UNIDAD MINERA PIERINA,  
DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER MILTON ALEJANDRO TAPIA CHAVEZ**

**ASESOR:**

**MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (\_\_\_) / Tesis (\_\_\_) / Trabajo de suficiencia profesional (\_\_\_x\_\_\_) / Trabajo académico (\_\_\_), titulado “**GEOWEB APLICADO A CANALES DE CONDUCCIÓN EN CIERRE DEL BOTADERO DE UNIDAD MINERA PIERINA, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022**” presentado por el(la) Bachiller **TAPIA CHAVEZ, MILTON ALEJANDRO** para obtener el grado académico (\_\_\_) o Título profesional (\_\_\_x\_\_\_) o Título de segunda especialidad (\_\_\_) de: **INGENIERO CIVIL**, y asesorado por el(la) **MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°268-2024-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de suficiencia profesional	Porcentaje de similitud
Ingeniería Civil	Tapia Chavez, Milton Alejandro	“GEOWEB APLICADO A CANALES DE CONDUCCIÓN EN CIERRE DEL BOTADERO DE UNIDAD MINERA PIERINA, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022”	25 % (29 de agosto de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **25 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 29 de agosto de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BÉDOYA JUSTO  
Jefe de la Unidad de Investigación

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
PÁGINA DEL JURADO .....	i
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1 Marco legal. ....	2
1.1.2 Referencias y Definiciones conceptuales. ....	3
1.2. Descripción de la institución y el tipo de servicio que otorga .....	4
1.2.1. Descripción de la institución. ....	4
1.2.2. Funciones de la institución. ....	5
1.3. Contexto socioeconómico y descripción del área de la institución.....	6
1.3.1 Aspectos socioeconómicos.....	6
1.3.2 Ubicación geográfica. ....	7
1.3.3 Descripción del área.....	9

1.4.	Descripción de la experiencia.....	10
1.5.	Explicación del cargo y función ejecutada .....	12
1.5.1.	Descripción de cargo: Supervisor Senior de Control de Proyectos. ....	12
1.5.2.	Funciones de Supervisor Senior de Control de Proyectos. ....	13
1.6.	Propósito del puesto (objetivos y retos) .....	14
1.7.	Producto o proceso que será objeto del informe.....	14
1.8.	Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo .....	17

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

2.1.	Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas .....	21
2.2.	Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe .....	23
2.2.1.	Acciones tomadas en el desarrollo de la Ingeniería .....	23
2.2.2.	Diseño de concreto hidráulico .....	24
2.2.3.	Materiales empleados .....	25
2.2.4.	Metodología empleada .....	28
2.2.5.	Procedimiento Constructivo .....	30
2.2.6.	Controles durante la ejecución .....	33

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

3.1	Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera.....	35
3.2	Desarrollo de experiencias.....	36
3.2.1.	Personal a emplearse.....	37
	CONCLUSIONES.....	39
	RECOMENDACIONES .....	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
	ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Dimensiones estándares de geoweb.....	20
Tabla 2: Características y componentes de diseño de concreto $f'c$ 310kg/cm <sup>2</sup> ....	25
Tabla 3: Resultados de compresión de testigos.....	26
Tabla 4: Cuadro de límites permisibles al agua proveniente de Garza 2.....	26
Tabla 5: Presupuesto de cierre de botadero de desmonte.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Ubicación geográfica de la Región Ancash .....	8
Figura 2: Ubicación de la unidad minera Pierina .....	8
Figura 3: Componentes: Pila de lixiviación, Tajo y Botadero de desmonte .....	11
Figura 4: Ilustraciones de dispositivos de conexión.....	15
Figura 5: Ilustraciones de dispositivos de anclaje y unión.....	16
Figura 6: Ilustraciones de Tendones.....	16
Figura 7: Ilustraciones de uso de geoweb en estabilización de suelo .....	17
Figura 8: Ilustraciones de uso de geoweb en estabilización de taludes.....	18
Figura 9: Ilustraciones de uso de geoweb en construcción de canales.....	19
Figura 10: Ilustraciones de uso de geoweb en muros de contención.....	20
Figura 11: Sistema de canales en botadero de desmonte de UM Pierina en etapa operativa.....	22
Figura 12: Sistema de canales en botadero de desmonte de UM Pierina para cierre de mina.....	22

## RESUMEN

El objetivo de este estudio, denominado GEOWEB APLICADO A CANALES DE CONDUCCION EN CIERRE DEL BOTADERO DE UNIDAD MINERA PIERINA, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022, es parte de la remediación ambiental del botadero de desmonte de la unidad minera Pierina. La unidad Minera Pierina es propiedad de Minera Barrick Perú, esta unidad minera será la primera unidad minera de gran minería en realizar un cierre de mina. El estudio plantea generar aportes técnicos-económicos para la construcción de canales y cunetas como parte de la estabilidad hidrológica en un botadero de desmonte. El cierre de minas en el Perú está regulado por ley N°28090 la cual indica que si un componente o área dentro del límite de propiedad de las unidades mineras (UM) cumplió su vida útil, este debe ser remediado medioambientalmente según el Plan de Cierre de Minas (PCM) aprobado para cada UM, esto establece al ministerio de energía y minas de Perú como usuario final del proyecto ya que su emisión de acta aceptación de cierre garantizaría el cumplimiento del PCM. La utilización de geoweb usado en proyectos civiles/hidráulicos son una de las alternativas eficientes ante problemas de ingeniería, su instalación es de bajo costo comparado con otras opciones, mejora los tiempos de ejecución de los proyectos, por lo tanto, es la opción técnica-económica en la construcción de canales para el cierre del botadero de desmonte más favorable para el proyecto y el estado peruano.

**Palabras clave:** Geoceldas, Gran Minería, Cierre de Mina, estabilidad hidrológica.

## ABSTRACT

The objective of this study, called GEOWEB APPLIED TO CONDUCTION CHANNELS IN THE CLOSURE OF THE PIERINA MINING UNIT WASTE DUMP, ANCASH DEPARTMENT, 2022, is part of the environmental remediation of the Pierina mining unit waste dump. The UM Pierina is owned by Minera Barrick Peru, will be the first mining unit of big mining to perform a closure. The study proposes to generate technical-economic contributions for the construction of canals and chutes as part of the hydrological stability of waste dump. Mine closure in Peru is regulated by Law N°28090 which indicates that if a component or area within the property boundary of the mining units has completed its useful life, it must be environmentally remediated according to the Mine Closure Plan (MCP) approved for each MU. This establishes the Peruvian Ministry of Energy and Mines as the end user of the project since its issuance of the closure acceptance certificate would guarantee compliance with the MCP. The study includes the construction of canals, gutters and chutes lined with masonry by means of adequate surface water management that will last over time until hydrological stability is achieved and that in turn will not pose a danger to physical stability. The study includes the construction of canals, gutters and chutes with masonry by means of adequate surface water management that will last over time until hydrological stability is achieved and will not represent a danger to physical stability. It is concluded that the application of stone masonry in canals, gutters and chutes has durability, requires a low construction cost and low maintenance cost; therefore, it is the most favorable technical-economic option for the project and the Peruvian government.

**Keywords:** Geocells, Big mining, Mine closure, hydrological stability.

## INTRODUCCIÓN

La actividad minera formal representa cerca del 14% del PBI del país (CONFIEP, 2021), teniendo un peso económico que se ha expandido en la última década, lo que ha desplazado a otras actividades productivas (Narrea, 2018). Dicha actividad no solo es importante por sus impactos económicos sino también por los impactos ambientales que implica su desarrollo, los cuales, además, pueden generar conflictos sociales. De hecho, según reportes a febrero de 2021, del total de conflictos sociales reportados en el país, el 64.8% corresponden al sector minero (Defensoría del Pueblo, 2021). De allí, la importancia de contar con un diseño normativo adecuado para las actividades del sector.

En la actualidad, la unidad minera Pierina es la primera UM de gran minería en el Perú que realizará un cierre de mina, no se tiene antecedentes en Latinoamérica de uso de tecnologías para cierres de mina, este estudio será el primero en aplicarse a un cierre de minas, específicamente al cierre hidrológico.

En este documento, se aportará la evaluación del uso de GEOWEB o también llamado sistema de confinamiento celular, en construcción de canales trapezoidales como una nueva tecnología aplicado en cierre de minas. Se puede definir las geoweb como un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado de polietileno de alta densidad con una superficie texturizada y paredes perforadas que mejoran la fricción con el concreto, así mismo, mejoran la resistencia y durabilidad del concreto, su uso no solo se limita a construcción de canales, sino que también se emplea en estabilización de suelos, revegetación de áreas disturbadas en taludes inclinados.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES DEL TEMA**

### **1.1. Antecedentes**

Siempre que nace un proyecto de construcción, se desarrolla la ingeniería para hacerlo realidad, y siempre se ha buscado nuevas tecnologías que sean más rápidas de instalar y más económicas, como parte de esta evolución de tecnologías empleadas en la construcción hoy en día el uso de geoweb está creciendo en la construcción de proyectos civiles.

Las geoceldas fue originalmente desarrollado por US Army Corps of Ingenieros, en la década de 1970 para aplicaciones militares, en 1980 la empresa Geosystems introdujo la tecnología de confinamiento de suelos con Geoceldas al mercado civil, desde entonces muchas otras empresas se han sumado a la investigación del uso que se le puede dar a las geoceldas, al día de hoy se emplea como solución de estabilidad de suelo en soporte de carga, protección de taludes, construcción de canales y soluciones de muro.

El cierre de minas en el Perú es regularizado desde el 2003 y a la fecha no se tiene ninguna unidad minera formal cerrada de acuerdo con las regulaciones del estado peruano, muy por el contrario, se tienen los antecedentes negativos como el

caso Quiruvilca. la Compañía Minera Quiruvilca S.A., titular en ese entonces, abandono en el 2018 las instalaciones comunicando a la DGM que no contaba con recursos económicos para solventar el cierre de la unidad minera he ahí la importancia de encontrar nuevas tecnologías que sean más económicas que puedan disminuir el costo de cierre de una mina.

### **1.1.1 Marco legal.**

#### **1.1.1.1 Ley N°28090 Ley que regula el cierre de minas.**

Esta ley tiene como “objetivo regular las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de las actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas y la constitución de las garantías ambientales correspondientes, que aseguren el cumplimiento de las inversiones que comprende, con sujeción a los principios de protección, preservación y recuperación del medio ambiente y con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad” (Congreso de la República del Perú, 2003, p.1).

#### **1.1.1.2 Decreto Supremo N°033-2005-EM Reglamento para el cierre de minas**

Este Reglamento tiene como objetivo 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” (MINEM, 2005, p.1).

### **1.1.1.3 Normas Técnicas Peruanas (NTP)**

Existen normas técnicas específicas relacionadas con la ingeniería hidráulica y la construcción de infraestructuras hidráulicas, que pueden aplicarse al diseño de canales utilizando tecnologías geoweb. Estas normas establecen los requisitos y criterios técnicos para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad.

## **1.1.2 Referencias y Definiciones conceptuales.**

### **1.1.2.1 Definiciones conceptuales.**

#### *a. Geoweb.*

La geoweb es un material de construcción utilizado para la estabilización y refuerzo de terrenos en la construcción de canales y otras infraestructuras. Consiste en una estructura tridimensional de celdas hechas de polímeros duraderos, que se expande para formar una malla flexible y resistente. Esta malla se rellena con materiales como suelo, grava o concreto, proporcionando soporte estructural y evitando la erosión. La geoweb es efectiva en la distribución de cargas y en la mejora de la capacidad portante del suelo, siendo una solución sostenible y económica para proyectos de ingeniería civil y medioambiental.

#### *b. Gran Minería.*

Se refiere a la actividad minera a gran escala que implica la extracción de minerales en grandes cantidades y con un alto nivel de inversión en infraestructura, maquinaria y tecnología. Esta actividad se caracteriza por la explotación de yacimientos minerales de considerable tamaño y valor económico, lo que generalmente requiere la participación de empresas mineras de gran envergadura, a menudo transnacionales.

*c. Cierre de Minas.*

El cierre de minas en Perú está regulado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y otras entidades gubernamentales, que establecen normas y requisitos para garantizar que las actividades de cierre se realicen de manera adecuada y se cumplan las obligaciones legales y ambientales. El incumplimiento de estas normas puede resultar en sanciones para las empresas mineras.

*d. Estabilidad hidrológica.*

La estabilidad hidrológica se refiere a la capacidad de un sistema hidrológico, como un río, un lago o una cuenca hidrográfica, para mantener un equilibrio o un estado de funcionamiento adecuado en relación con los procesos hidrológicos y los cambios en el flujo de agua. Esta estabilidad implica que el sistema sea capaz de mantener condiciones hidrológicas dentro de ciertos límites aceptables, tanto en términos de cantidad como de calidad del agua, y de resistir perturbaciones naturales o antropogénicas sin experimentar cambios drásticos o efectos adversos.

## **1.2. Descripción de la institución y el tipo de servicio que otorga**

### **1.2.1 Descripción de la institución.**

Minera Barrick Perú es una empresa de razón social peruana, subsidiaria de la canadiense Barrick Gold, esta empresa tiene actualmente operaciones mineras y proyectos en 15 países, a saber, Argentina, Australia, Canadá, Chile, Costa de Marfil, República Democrática del Congo, República Dominicana, Mali, Papúa Nueva Guinea, Perú, Arabia Saudita, Senegal, Estados Unidos y Zambia.

En Perú, Barrick inició sus operaciones en el año 1998 con la unidad minera Pierina, y posteriormente en el año 2005 con la unidad minera Laguna Norte.

La producción de Barrick ha contribuido a que Perú sea uno de los principales productores de oro del mundo y su activa presencia como una empresa comprometida con el ejercicio de una minería responsable, contribuye con el progreso de las comunidades vecinas a sus operaciones a través de los programas de salud, educación y desarrollo económico que impulsa. (Barrick Perú, 2022)

### **1.2.2 Funciones de la institución.**

Minera Barrick Perú, se dedica a la “producción y venta de oro, incluyendo actividades afines, tales como la exploración, desarrollo, minería y procesamiento” (Barrick Perú, 2022). A continuación, se detallan algunas de sus principales funciones como organización:

- Exploraciones mineras. - Barrick está constantemente identificando potenciales minas de oro, para lo cual cuenta con equipos especializados en investigación geotécnica que realizan exploraciones a través de perforaciones geotécnicas.
- Producción de Oro. – Posterior a la identificación de un yacimiento minero a través de las exploraciones, Barrick realiza la construcción de la Unidad Minera, para posteriormente entrar en operación y producción del oro, esto conlleva la contratación de un número de profesionales dedicados a la industria de la minería.
- Venta de Oro. – Finalmente se procede con la venta del Oro a su cartera de clientes, para lo cual la empresa dentro de sus unidades minera cuenta con plantas de procesamiento que obtienen el oro en lingotes.

Minera Barrick también está comprometida con el medio ambiente y la sociedad para lo cual también tiene como funciones indirectas:

- Cuidado de Medio ambiente. – Desarrollan planes de trabajo que no impacten el medio ambiente, para lo cual desarrollan controles medio ambientales permanentes que nos monitoreados por un equipo especial de profesionales.
- Cuidado de sus trabajadores. – Valoran la seguridad y la salud de los trabajadores sobre todo lo demás, tiene como reto el cero daño.
- Desarrollo social. – Se implementa un programa de desarrollo social, el cual tiene con objetivo que ayudar en el desarrollo socioeconómico a la población de sus alrededores a través de capacitaciones, apoyo en la creación de empresas, construcción de infraestructura como colegio, canales de riego, etc.

### **1.3. Contexto socioeconómico y descripción del área de la institución**

#### **1.3.1 Aspectos socioeconómicos.**

La unidad minera Pierina inicio su etapa de producción en 1998 bajo la práctica de la responsabilidad social y ambiental dentro y fuera de sus operaciones. Pierina se convirtió en la primera mina que Barrick construyo y operó en Sudamérica.

Desde el inicio de sus operaciones en Pierina, Barrick ha trabajado de manera conjunta con las comunidades, apoyando la realización de proyectos sostenibles que promovieran el beneficio y desarrollo de las comunidades aledañas a la operación. Para Barrick, el desarrollo de la minería va asociado necesariamente al crecimiento económico y social de las comunidades cercanas. Esto es parte de la

filosofía de minería responsable que aplica la compañía en todas sus operaciones alrededor del mundo, que además incluye la utilización de tecnología probada en todos los procesos, una especial preocupación por los trabajadores y su seguridad y una gestión ambiental de excelencia. (Barrick Perú, 2022)

Barrick realizó su producción durante 15 años desde 1998 hasta el 2013, finalmente Barrick comunicó el fin de actividades de productivas en el tajo de la mina por lo que iniciaron las actividades de cierre consideradas en el Plan de Cierre de Mina de la UM Pierina.

El área de influencia de Pierina incluye 18 comunidades distribuidas en dos distritos de la provincia Huaraz.

- Distrito de Independencia. – Shecta, San Juan de Pisco, Ramón Castilla, Chontayoc y Tinyash.
- Distrito de Jangas. – Jangas, Chaquecyaco, Mareniyoc, Pacollón, Tara, Cahuish, Jahua, Huanjam Huantallón, Antahurán, Mataquita, Atupa y Cuncashqa.

### **1.3.2 Ubicación geográfica.**

La Unidad Minera Pierina está ubicada en la cordillera negra específicamente en el distrito de Jangas en la provincia de Huaraz del departamento de Ancash, cerca de la UM Pierina se encuentra el centro poblado de Jangas y el centro poblado de Tarica, ambos a una distancia de 13 y 15 kilómetros respectivamente. La altitud de la UM Pierina se encuentra entre los 3 800 y 4 200 metros de altura sobre el nivel del mar.

**Figura 1**

*Ubicación geográfica de la Región Ancash*



*Nota:* Estudio de Pre-Factibilidad Proyecto de cierre UM Pierina. Fuente: Knight Piésold Consultores S.A. (2017)

**Figura 2**

*Ubicación de la unidad minera Pierina*



*Nota:* Estudio de Pre-Factibilidad Proyecto de cierre UM Pierina. Fuente: Knight Piésold Consultores S.A. (2017)

CLIMA. - El clima en el Callejón de Huaylas es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, los meses con mayores registros de lluvias corresponden a los meses entre septiembre hasta abril, la precipitación promedio anual es de 1 185,4 mm y la evaporación promedio anual 1 122,2 mm. La temperatura promedio anual es 6,3 °C, mientras que la temperatura mínima media mensual es de 1,0°C y la máxima media mensual de 14,0°C. La humedad relativa promedio es de 65,1%, y la velocidad del viento promedio mensual para la estación Mina es de 2,6 m/s.

### **1.3.3 Descripción del área.**

El área de trabajo tiene como nombre Oficina de Gestión de Proyecto o PMO por sus siglas en inglés (Project Management Office), esta oficina se encarga de desarrollar los proyectos de construcción de la Unidad Minera Pierna, dentro del portafolio de proyectos se desarrollan proyectos de sostenibilidad de la mina y proyectos nuevos de construcción o denominados proyectos de capitalización, dentro de las principales funciones del área tiene las siguientes:

- Supervisión del desarrollo de proyectos de ingeniería desarrollados por empresas consultoras, con el objetivo de optimizar las propuestas técnicas planteadas por las empresas consultoras y buscando optimizar los costos.
- Supervisar la construcción de los proyectos de construcción que son desarrollados por empresas contratistas terceros, garantizando un trabajo seguro para todo el personal que se involucra en el proyecto y buscando en todo momento no impactar el medio ambiente.
- Realizar el control de los proyectos bajo control de KPIs (Keep

Performances Indicators), para monitorear los avances de los proyectos.

- Identificar las desviaciones en tiempo y costo de los proyectos para tomar las acciones correspondientes de forma oportuna.
- Soportar la ingeniería de diseño con un equipo de ingenieros en campo, para absolver cualquier definición necesaria para complementar o aclarar el diseño de las casas consultoras de ingeniería.
- Llevar el control y registro documentario de todos los documentos desarrollados en el proyecto.
- Supervisar la calidad en el desarrollo de los trabajos de los proyectos de construcción y sostenimiento.

#### **1.4. Descripción de la experiencia**

Mi participación en el proyecto se dio desde octubre 2017 a noviembre 2021, bajo mi permanencia en el equipo de PMO, se han desarrollado proyectos de ingeniería y proyectos de construcción. El proyecto más grande que se desarrolló es el cierre de la unidad minera Pierina, en el cual participé desde la etapa inicial de ingeniería de prefactibilidad, donde vi cómo se plantean las alternativas de solución evaluándose criterios técnicos, económicos, sociales, ambientales y de riesgos. Posterior de la ingeniería de prefactibilidad se desarrolló la ingeniería de detalle para cierre de la unidad minera Pierina, donde se desarrollan los documentos técnicos como planos, especificaciones técnicas, memorias de cálculo, etc., todo lo necesario para el cierre que incluye la estabilidad física, estabilidad geoquímica y estabilidad hidrológica, este proyecto se estimó en USD 420 000 000 de dólares americanos, que incluye costos directos e indirectos.



## **1.5. Explicación del cargo y función ejecutada**

### **1.5.1 Descripción de cargo: Supervisor Senior de Control de Proyectos.**

El supervisor senior de control de proyectos es la persona con la suficiente experiencia en proyectos que se encargarse principalmente del control de costos y progreso del proyecto, así como el desarrollo de la planificación, el control de cambios, la estimación de costos, elaborar la reportabilidad del estado del proyecto, para lo cual debe cumplir con habilidades como la de liderazgo, capacidad analítica, comunicación efectiva, trabajar bajo presión, planeamiento estratégico, ética y gestión de personal. El ingeniero senior debe ser capaz de desarrollar planes de acción ante cualquier desviación identificada de cualquier índole, debe comunicar efectivamente y ser capaz de influir en la toma de decisiones de la gerencia. El perfil que cumplir dentro de la función fue:

- Bachiller de Ingeniería Civil.
- Experiencia 8 años en general, 5 años en el sector, 3 años en el puesto.
- Conocimientos en procesos constructivos de movimiento de tierras, civiles y mecánicos.
- Conocimientos de la gestión de costos.
- Conocimientos en la gestión de planeamiento y control de progreso.
- Conocimientos en la gestión de cambios.
- Conocimiento en gestión de estimaciones.
- Dominio avanzado de office (Excel a nivel de tablas dinámicas)
- Dominio avanzado de Software Primavera P6.
- Dominio avanzado de Software SAP Controlling
- Dominio básico de MS PROJECT.

### **1.5.2 Funciones de Supervisor Senior de Control de Proyectos.**

- Coordinas con los contratistas antes del inicio de todo trabajo, ya sea un servicio de construcción o un contrato de construcción la configuración de la forma de controlar los proyectos, definiendo los formatos, periodos de reportabilidad, el sustento que será necesario dependiendo la modalidad de contratación, esta puede variar si es un contrato a suma alzada, un contrato a Precios Unitarios o un contrato a Tiempo y Materiales.
- Realizar la revisión de los cronogramas iniciales denominados Línea Base, estos cronogramas tiene valor contractual y sobre este cronograma aprobado se medirán los avances del proyecto y potenciales reclamos.
- Realizar la revisión de la reportabilidad de los contratistas con la finalidad de asegurar que el avance físico el proyecto se refleje en los reportes, así como identificar las restricciones, causas de incumplimiento, así como la revisión de la proyección de la planificación de construcción.
- Identificación constante de potenciales adicionales que se puedan presentar al contrato o al proyecto, gestionando de manera oportuna, cuantificando en costo el potencial impacto.
- Revisar los adicionales de costos presentados por los contratistas para posteriormente gestionar su aprobación para que puedan ser incluidos al contrato y el contratista posteriormente pueda valorizarlos.
- Revisar las valorizaciones presentadas por los contratistas, revisando que el sustento sea el adecuado y necesario de acuerdo con los términos contractuales del contrato.
- Elaborar la reportabilidad hacia la gerencia del estado de los proyectos.

### **1.6. Propósito del puesto (objetivos y retos)**

El propósito del puesto es contar con una persona con experiencia comprobada en ejecución de proyecto de construcción y proyectos de ingeniería que pueda llevar en paralelo a la construcción o desarrollo de ingeniería el control de los costos incurridos y control del cronograma.

El objetivo del puesto es que los proyectos no excederse el presupuesto estimado, de encontrarse cambios que impliquen un mayor costo o plazo del proyecto, estos puedan ser identificados de forma oportuna para poder gestionar el incremento de presupuesto o plazo del proyecto, así mismo, control el cronograma de ejecución con la finalidad de culminar los proyectos en el plazo establecido, para lo cual se tiene que desarrollar la reportabilidad semanal y mensual para poder realizar el monitoreo y control de los KPIs del proyecto que permitirán medir el estado del proyecto respecto al costo y el avance del mismo.

### **1.7. Producto o proceso que será objeto del informe**

El producto que se será objeto de este informe es el uso de geo web aplicado en la construcción de los canales de conducción de agua en el botadero de desmonte de la unidad minera Pierina para la conducción de escorrentía superficial hacia la planta de tratamiento de la unidad minera Pierina, para posterior a un monitoreo ambiental y cumpliendo los límites permisibles establecidos por el ANA sean descargados al río Santa. Sobre el sistema GEOWEB, hace la función de “confinamiento celular y está formado por tiras de polietileno de Alta densidad, soldadas mediante uniones ultrasónicas, que aportan una alta resistencia estructural no comparable con otros sistemas” (Productos de Acero Cassado SA, 2023),

obteniendo una estructura muy resistente que retiene y confina el relleno empleado en el sistema.

La estructura forma en forma de alveolos puede rellenarse con cualquier material. Para garantizar la fricción entre las geoceldas y el material de relleno las paredes de las celdas se fabrican con acabados texturizados y perforados. Para la instalación de este producto es necesario contar con accesorios adicionales como:

**Dispositivo de conexión.** – Empleado para unir las secciones de GEOWEB, estos accesorios reducen el tiempo de instalación y proporciona una conexión más resistente.

**Figura 4**

*Ilustraciones de dispositivos de conexión*



*Nota:* Geoweb, Protección costanera, ribereña y de taludes. Fuente: Geosystems (2019)

**Anclajes y uniones.** – Se emplean como mecanismo de sujeción interna y en el borde de geoweb, proporciona una resistencia adicional a las fuerzas de deslizamiento el más común es el fabricado en forma de varillas corrugadas con diámetros y longitudes variables que incorporan en la parte superior un clip de fijación, este se instala sobre el terreno

**Figura 5**

*Ilustraciones de dispositivos de anclaje y unión*

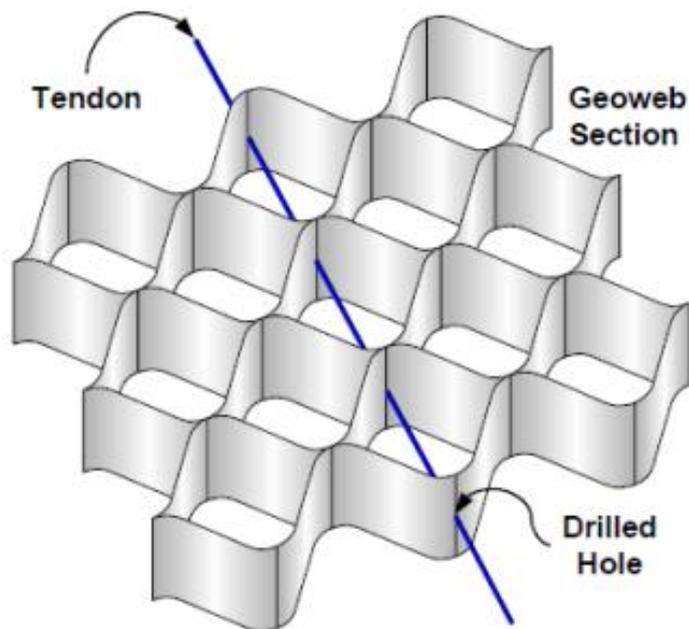


*Nota:* Geoweb, Protección costanera, ribereña y de taludes. Fuente: Geosystems (2019)

**Tendones.** – Es parte del diseño del geoweb, su uso es necesario para transferir las cargas y para suspender el sistema.

**Figura 6**

*Ilustraciones de Tendones*



*Nota:* Geoweb, Protección costanera, ribereña y de taludes. Fuente: Geosystems (2019)

## 1.8. Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo

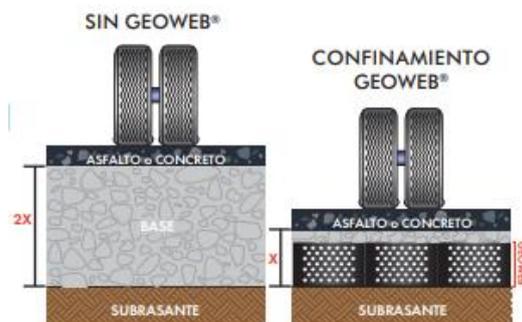
Actualmente las empresas que fabrican este producto son las principales interesadas en investigar su uso en distintas industrias, sus controles de calidad buscan tener un producto más resistente y un mejor diseño que permita su fácil manipulación e instalación. La calidad en la fabricación de este producto se controla con la norma ISO 9001:2015.

Este sistema es adecuado para una variedad de aplicaciones en distintas industrias y ofrece soluciones más económicas frente a los materiales convencionales, algunos usos más frecuentes actualmente son:

**Estabilización bajo superficies de asfalto y hormigón.** – Con este sistema se crea una capa de base de soporte de carga estabilizada bajo el pavimento de asfalto, concreto u otro material que soportan tráfico pesado y constante. Esta aplicación del geoweb se puede emplear en carreteras, estacionamientos, jardines, y otras áreas que se requieran plataforma y que soporten carga, esta aplicación reduce los costos considerablemente frente a las opciones tradicionales.

**Figura 7**

*Ilustraciones de uso de geoweb en estabilización de suelo*



*Nota:* Geoweb - Soporte de Carga. Fuente: Geosystem 2016

**Revestimiento y control de erosión en taludes.** – Este sistema de protección de taludes puede ser empleado en problemas complejos de estabilidad de pendientes. Su estructura tridimensional “crea un entorno estable para los materiales de terraplén. La estructura 3D previene problemas de erosión y ofrece beneficios como sustentabilidad a largo plazo, refuerzo de la capa superior del suelo y la resistencia a las condiciones erosivas y las fuerzas de deslizamiento” (Geosystems, 2020), sus costos de instalación es menor comparado con métodos tradicionales como shotcrete y revegetación que en taludes muy inclinados suelen desplazarse.

**Figura 8**

*Ilustraciones de uso de geoweb en estabilización de taludes*



*Nota:* Geoweb - Soporte de Carga. Fuente: Geosystem 2016

**Construcción de canales.** – Este sistema de protección de canales protege y da estabilidad a los canales expuestos a condiciones de erosión y pueden diseñarse con tipos varios tipos de relleno dependiendo el caudal y velocidad del flujo, como:

Relleno con vegetación, su costo de instalación es el más económico de las opciones de relleno, el costo de mantenimiento es mínimo, peros sólo se puede emplear para canales de bajo flujo o flujo alto pero intermitente, ideal para zanjas de drenaje o canales de agua de lluvia.

Relleno con piedra canchada, el agregado confinado en el sistema geoweb es más estable que el sistema no confinado. Este sistema se puede emplear en lugar de la colocación de rocas de gran tamaño y difíciles de manejar, puede emplearse rellenos más pequeños y con menor costo de instalación, se puede emplear en canales con flujos normales, sin turbulencia.

Relleno con concreto, son ideales para canales expuestos a con flujo y velocidades altas, este sistema con geoweb crea una estructura flexible y fácil de instalar y con mucho menos costo frente al uso de acero de refuerzo

### **Figura 9**

*Ilustraciones de uso de geoweb en construcción de canales*



*Nota:* Geoweb - Soporte de Carga. Fuente: Geosystem 2016

**Muros de contención.** – “Los muros de contención GEOWEB crean una estética natural a través de la vegetación. La flexibilidad inherente del sistema beneficia los proyectos con condiciones de sitio desafiantes, como subrasante blanda y limitaciones de acceso. Los muros GEOWEB pueden diseñarse como muros de gravedad o de refuerzo” (Geosystems, 2020).

**Figura 10**

*Ilustraciones de uso de geoweb en muros de contención*



*Nota:* Geoweb - Soporte de Carga. Fuente: Geosystem 2016

Se tiene distintos tamaños y espesores, dependiendo el uso, en la siguiente tabla se muestran los tamaños más comerciales:

**Tabla 1**

*Dimensiones estándares de geoweb*

Tipo de celda	Ancho de sección	Rango de longitud de sección	
		Cantidad de celdas a lo largo: 18, 21, 25, 29, 34	
	Variable	Mínimo	Máximo
GW20V		3.7m	8.3m
GW30V	2.3m – 2.8m	4.7m	10.7m
GW40V		7.7m	17.8m
Altura de celdas	75mm/3”, 100mm/4”, 150mm/6”, 200mm/8”, 300mm/12”		

*Nota:* Sistema de estabilización de suelos. Fuente: Geosystems (2020)

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1. Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas**

Desde la etapa inicial de la ingeniería para el cierre de la UM Pierina desarrollado por la consultora Knight Piesold se ha tenido en cuenta que para el desarrollo de la ingeniería de canales deben ser diseñados por durabilidad y resistencia ya que el objetivo es minimizar los costos de mantenimiento, se entiende que estos canales servirán para la conducción de escorrentía superficial producto de las lluvias en la etapa de post cierre de la mina, donde Barrick contará con personal mínimo sobre todo para monitoreos de la estabilidad física e hidrológica de la unidad minera.

En el caso del depósito de desmonte, actualmente la escorrentía es colectada mediante un canal perimetral Norte que deriva los flujos de escorrentía superficial a la poza de sedimentación y, posteriormente, este flujo es derivado hacia la poza de colección para su tratamiento en una planta de tratamiento de agua llamada “Planta ARD Pacchac”. El desarrollo de la ingeniería de cierre no cambia este proceso, sin embargo, si modifica la estabilidad física de todo el botadero de desmonte y rediseña el trazo de los canales y las pendientes de los taludes.



Como se puede visualizar en las imágenes anteriores, la configuración física del botadero de desmonte ha cambiado para efectos de cierre, dicha configuración física garantiza la estabilidad física del botadero, esto era requisito indispensable para que los canales no sufran algún colapso en su vida útil.

El prediseño del trazo para el desarrollo de la ingeniería de los canales se desarrolló teniendo en cuenta la aplicación del geoweb como alternativa de solución a la construcción de canales de conducción de escorrentía superficial. Por lo que, los canales con mayor pendiente visualizados como líneas rectas, denominados canales de conducción principal se diseñaron con geoweb y relleno de concreto, mientras que los canales que, ubicados en las banquetas del talud del botadero de desmonte, denominan canales de conducción secundarios se diseñaron con geoweb y relleno de vegetación, ya que su pendiente es mínima y de bajo flujo. Los canales de conducción secundaria alimentan a los canales de conducción principales.

## **2.2. Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe**

### **2.2.1 Acciones tomadas en el desarrollo de la Ingeniería**

Las acciones tomadas iniciaron en la etapa de desarrollo de ingeniería, para lo cual se tomaron las consideraciones y experiencia de proyectos anteriores con aplicación de geoweb en canales, cuando emplear canales con geoweb rellenos con vegetación y cuando canales con geoweb rellenos de concreto, la ingeniería prediseño el tipo de canal a considerar en los distintos trazos de canales y posteriormente mediante el desarrollo de la ingeniería de detalle defino los tipos de canales a emplear en el cierre del botadero de desmonte.

### **2.2.2 Diseño de concreto hidráulico**

El diseño de mezcla se basó en la relación agua-cemento necesaria para obtener una mezcla plástica y manejable de acuerdo con las condiciones específicas de colocación, de esta forma se logró un concreto diseñado por durabilidad, resistencia e impermeabilidad que está alineado a lo recomendado por la casa de ingeniería Knigh Piesold según los planos, especificaciones técnicas y al alcance del proyecto.

La mezcla de concreto cumplió con los requisitos estipulados en las normas ASTM (C172; C192; C39; C143 y C231) y ACI 211; que permitió obtener una mezcla de concreto que cumple los requerimientos técnicos de la obra, dentro de rangos tolerables y utilizando los materiales locales proveniente de la cantera Anta.

- ASTM C39-21 Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.
- ACI 211-22 Diseño de mezclas de concreto.
- ASTM C172-17 Práctica estándar para el muestreo de concreto recién mezclado
- ASTM C143-20 Método de prueba estándar para el asentamiento de concreto de cemento hidráulico.
- ASTM C231-22 Método de prueba estándar para el contenido de aire del concreto recién mezclado por el método de presión.
- ASTM C1064-17 Método de prueba estándar para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado.
- ASTM C31-22 Práctica estándar para fabricar y curar especímenes de prueba de concreto en el campo.
- ST.CA.IT.002 Evaluación de agregados para concreto.

La resistencia empleada para este proyecto fue de 310 Kg/cm<sup>2</sup>. Realizado por durabilidad con una relación agua/cemento nominal de 0.45; con una consistencia plástica; cuyas características y componentes se detalla a continuación:

**Tabla 2**

*Características y componentes de diseño de concreto  $f'c$  310kg/cm<sup>2</sup>*

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>	<b>Peso Seco Kg/m<sup>3</sup></b>
Cemento	Tipo V	341
Visco Crete 1110	0.90%	3,069
Sika AER	0.02%	0,070
Sika Fiber 1225	600 g/m <sup>3</sup>	0,6
Agua	0,45	153
Arena	49%	926
Piedra #67	51%	964

*Nota:* Slump (pulg.) 5" ±1,5"

Informe Técnico de Diseño de concreto hidráulico. Fuente: Stracon (2021)

### **2.2.3 Materiales empleados**

La construcción de canales de conducción con geoweb incluyen, pero no se limitan a los siguientes materiales:

1. Cemento Pórtland Tipo V: El cemento empleado en nuestros diseños realizados fue ANDINO tipo V, el cual cumple con la norma técnica Peruana NTP – 334.009 y la norma técnica Americana ASTM C150.

Se ha seleccionado este tipo de cemento ya que es un cemento usado cuando se desea alta resistencia a los sulfatos, además de altas resistencia a la compresión a mediano y largo plazo; moderado calor de hidratación, bajo contenido de álcalis y buena resistencia a los agregados álcali reactivos. Es

apropiado para estructuras como canales y alcantarillados en contacto con suelos ácidos y/o aguas subterráneas de exposición severa de sulfatos solubles de agua (Cemento ANDINO, 2022)

**Tabla 3**

*Resultados de compresión de testigos*

<b>Edad de curado (Días)</b>	<b>A 1 día</b>	<b>A 2 días</b>	<b>A 7 días</b>	<b>A 28 días</b>
Resistencia Promedio kg/cm <sup>2</sup>	202	321	454	470
Resistencia Promedio %	64%	102%	144%	149%

*Nota:* Informe Técnico de Diseño de concreto hidráulico. Fuente: Stracon (2021)

2. Agua: El agua para utilizar en la mezcla de concreto fue limpia y libre de impurezas orgánicas; ésta fue proporcionada por Barrick; quien dispuso la utilización de dicho recurso de la garza 2. Se realizaron los ensayos químicos al agua que se empleó en la fabricación del concreto; el cual proviene de la garza 02 de nuestro proyecto Pierina. Los valores obtenidos cumplieron con los límites permisibles según lo especificado en la table 4.

**Tabla 4**

*Cuadro de límites permisibles al agua proveniente de Garza 2*

<b>Concentración en el agua</b>	<b>ASTM</b>	<b>Límite</b>	<b>Obtenido</b>	<b>Condición</b>
A. Cloruro como Cl – (ppm)	C114	500	4	Cumple
B. Sulfatos como SO <sub>4</sub> , ppm	C114	3 000	156	Cumple
C. Álcalis como, Na <sub>2</sub> O + 0,658K <sub>2</sub> O (ppm)	C114	600	41	Cumple
D. Sólidos totales por masa (ppm)	C1603	50 000	356	Cumple

*Nota:* Informe Técnico de Diseño de concreto hidráulico. Fuente: Stracon (2021)

3. Agregados: Los agregados para concreto “pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente, que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida” (López, 2014, p. 15)

- Agregado fino (arena) proveniente de Cantera Anta (proveedor Rosales), cumple con los requisitos de la norma ASTM C33-18.
- Agregado grueso TMN 3/4”, la misma que se estipula en la norma ASTM C33-18. Proveniente de Cantera Anta (proveedor Rosales).

Los agregados se enviaron a laboratorios externos (en Lima) para la evaluación de los ensayos químicos, resultados adjuntos en el Anexo 02.

4. Aditivos: Empleados como ingredientes adicionales para el concreto que se añaden a la mezcla, con el objetivo de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo. Este proyecto considera:

- Visco Crete - 1110 PE, Aditivo “superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes. Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante” (Sika Perú SA, 2022).
- Sika Aer, “es un aditivo elaborado a base de agentes tensoactivos que adicionado al concreto genera microburbujas que se reparten uniformemente en la masa del concreto, este aditivo no contiene cloruros” (Sika Perú SA, 2014).

5. Fibra Sintética: SikaFiber1225 PPM es “una fibra de polipropileno de monofilamento (fabricada con 100% de resina de polipropileno virgen) diseñada específicamente para su uso en hormigón como refuerzo secundario” (Sika Perú SA, 2023). Específicamente diseñado y fabricado en una instalación de fabricación certificada con ISO 9001. SikaFiber-1225 PPM está diseñado para controlar el agrietamiento por retracción plástica por secado y por asentamiento.

En nuestros diseños se está considerando el uso de fibra sintética, como refuerzo del concreto, en la dosificación recomendada por el fabricante (600 gramos por metro cúbico).

#### 2.2.4 Metodología empleada

Para ejecutar este proyecto Minera Barrick Perú subcontrato los servicios de construcción de la empresa STRACOM, bajo el contrato “Cierre del Depósito de Desmonte Sector Principal” bajo la modalidad de contratación de Precios Unitarios el monto del contrato ascendido a USD 16,132,500.00.

**Tabla 5**

*Presupuesto de cierre de botadero de desmonte.*

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Metrado</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial USD</b>
A	Estabilidad Física	m3	3 000 000	2,05	6 150 000
B	Estabilidad Geoquímica	m2	1 200 000	2,10	2 520 000
C	Estabilidad Hidrológica	m3	9 000	320	2 880 000
D	Gastos Indirectos	Glb	1	4 582 500	4 582 500
<b>Costo Total USD</b>					<b>16 132 500</b>

El alcance de trabajo de la empresa STRACOM incluía la estabilidad hidrológica, física y geoquímica. El costo asociado a estabilidad hidrológica ascendió a USD 2 880 000 de costo directo, si este proyecto se hubiera realizado con concreto estructural, es decir, uso de acero de refuerzo, el presupuesto se incrementaba a USD 8 500 000.

STRACOM empleo 163 800HH en un plazo de 363 días para la ejecución de construcción de canales, el proyecto en su totalidad empleo 551 308HH y tubo un plazo de ejecución de 495 días.

STRACOM como estrategia de desarrollo de proyecto realizar un tren de actividades considerando sólo tres actividades principales, excavación, instalación de geoweb y colocación de concreto. Para la excavación STRACOM implemento excavadoras y retroexcavadoras con cucharones en forma trapezoidal de acuerdo a la sección del canal, esto permitió una buena productividad de la excavación, así mismo, la instalación del Geoweb fue 100% manual, para lo cual se emplearon hasta 8 cuadrillas para mantener el ritmo de productividad que brindaba la excavación, finalmente STRACOM implemento una planta de concreto dentro de mina, con la finalidad de garantizar un ratio de producción de concreto alto y que este alineado al rendimiento de la excavación. Las cantidades principales son:

- Excavación y perfilado de canal en material común 36 300m<sup>3</sup>
- Excavación y perfilado de canal en roca fracturada 10 374 m<sup>3</sup>
- Suministro y colocación de concreto a/c 0.50 7 333m<sup>3</sup>
- Suministro e instalación de geoceldas 75 500m<sup>2</sup>
- Excavación y perfilado de cunetas 15 983m<sup>3</sup>
- Colocación de topsoil 3 100m<sup>3</sup>

### **2.2.5 Procedimiento Constructivo**

Todo el proceso constructivo fue repetitivo, basado en un tren de actividades que iniciaba con la liberación del área de trabajo por parte de Minera Barrick, seguidamente STRACOM iniciaba el proceso de excavación el cual se realizaba con equipo mecánico, luego la cuadrilla de geosintético iniciaba la instalación del geoweb, este proceso es 100% manual, finalmente se colocaba el concreto el cual era suministrado por la planta de concreto instalada en la misma unidad minera por STRACON. A continuación, se detallan los tres procesos principales:

1. Excavación y perfilado de canales y cunetas: Para iniciar este trabajo el equipo de topografía replanteaba en campo la sección del canal a excavar de acuerdo con los planos aprobados para construcción, en los cuales se replanteaban los ejes de los canales, niveles y puntos de control. Las excavaciones fueron realizadas para estructuras tales como, canales, cunetas y chutes. Todo el material de corte excedente se transportaba a áreas de acopio dentro del mismo botadero de desmonte. Era fundamental que STRACOM presente la planificación de 4 semanas donde se podría identificar las zonas donde realizarían las descargas y conformación de los excedentes de corte, de tal manera que se logre cumplir con la superficie de diseño del proyecto en todo el depósito de desmonte. Las excavaciones fueron realizadas con equipo pesado al cual se le acondiciono un cucharón de forma trapezoidal para optimizar los tiempos de conformación de sección, con el mismo cucharón de corte se procedió a compactar la sección en todo el tramo, finalmente se procedía con la liberación topográfica, la cual validaba que la sección estaba excavada de acuerdo con el diseño.

2. Instalación de Geoweb: Este trabajo es 100% manual, en la etapa inicial del proyecto sólo se consideró 02 cuadrillas de trabajo, cada cuadrilla estaba conformada por 06 trabajadores, posteriormente se fue incrementando gradualmente la cantidad de cuadrillas hasta llegar a tener 05 cuadrillas.

Antes de desplegar el geoweb, se coloca un plástico como impermeabilizante, así mismo, evitar que la condiciones del terreno reste % de humedad al concreto afectando curado, seguidamente se extiende el geoweb, teniendo en cuenta la uniformidad de los alveolos, que mantengan la forma de rombo, el despliegue se realizaba en conjunto con la instalación de accesorios, en primer lugar se instalaba los anclajes y las conexiones para unir tramos de geoweb, luego de asegurar de instalar con los anclajes y conexiones se procedía a instalar los tensores. Una vez completada la instalación de todos los accesorios, se procede a comunicar a la supervisión y la supervisión realiza la inspección del área y da el pase a la colocación de concreto o en su defecto las instrucciones para corregir cualquier desviación.

Se debe tener en cuenta en todo momento la calidad de los materiales, para lo cual se debe considerar zonas de almacenamiento adecuadas para evitar el maltrato o deterioro de los materiales y accesorios.

3. Suministro y colocación de concreto simple: El suministro del concreto se realiza en la planta de concreto instalada por STRACOM, para lo cual se realiza la inspección diaria de todos los equipos involucrados, esta inspección debe realizarse con los equipos apagados y con el interruptor de cortacorrente bloqueado.

Se lleva un registro del peso de la proporción de agregado, para lo cual la planta cuenta con una balanza en la tolva que permite pesar los agregados y de esta manera tener certeza de la correcta dosificación. Por el tamaño de la planta los agregados sólo se pueden abastecer con retroexcavadora y este trabajo se realiza en constante comunicación con el operador de la planta para mantener condiciones seguras de trabajo. Posterior al abastecimiento de los agregados se procederá a abastecer el cemento, para lo cual el operador de la planta de concreto activa la función de alimentación del cemento al silo, el cual es alimentado con apoyo de un montacargas, el “big bag” de cemento es enlazado al montacargas de forma manual por un ayudante de piso.

El concreto ya preparado en planta de concreto es trasladado al lugar de trabajo mediante mixers de 7m<sup>3</sup>, para lo cual el mixer se ubica en la zona de descarga de la planta, es justo en este proceso que se aplican los aditivos al concreto de forma manual y directamente al mixer, se tiene especial cuidado con el enganche del chute de la planta con el mixer para evitar un potencial derrame de concreto.

La colocación del concreto se realiza con chutes de descarga del mixer directamente al canal, para lo cual los trabajos previos del personal de piso es preparar los chutes de descarga, asegurando los soportes de los chutes, otra cuadrilla de personal debe encontrarse justo en el punto de descarga para poder realizar el extendido y asegurar la correcta distribución del concreto juntamente con el vibrado para evitar vacíos en el concreto. En algunos puntos donde el mixer no puede ingresar a realizar el vaciado

mediante chutes, se emplea una bomba estacionaria, para lo cual el mixer debe vaciar el concreto al chute de conexión hacia la bomba estacionaria.

Finalmente, el personal obrero se encarga de realizar los trabajos de acabado final y protección para el curado del concreto, por ser este proyecto en condiciones extraordinaria con temperaturas menores a los 5°C, se debe considerar cubrir con plásticos que hagan la función de retención de calor (Microclimas), para que durante el proceso de curado no se pierda bruscamente la temperatura que necesita el concreto para curar correctamente. Para asegurar el correcto curado, se utiliza curador químico Antisol cuya aplicación genera una membrana que impide la evaporación de agua de la estructura.

#### **2.2.6 Controles durante la ejecución**

1. Excavación y perfilado de canales: Todas las excavaciones de los canales fueron controlados topográficamente para asegurar el cumplimiento del diseño, se tuvo una tolerancia de 2cm sobre el eje del canal, así mismo se realizaron controles de compactación al fondo del canal y laterales del canal, con la finalidad de evitar posteriores deformaciones.
2. Instalación del Geoweb: Para asegurar la correcta colocación y fijación del geoweb se definió realizar inspecciones constantemente y el constructor antes de realizar cualquier vaciado de concreto tenía que solicitar la liberación de un tramo específico de canal, para lo cual la supervisión inspeccionaba el tramo solicitado a liberar con la finalidad de asegurar que la instalación estaba correcta.
3. Colocación de concreto: El control del concreto se realizaba tanto en la

planta de concreto como al momento de la colocación. En la planta de concreto se realizaba inspecciones al agregado, al cemento, al agua y a la preparación asegurando que se cumplan las dosificaciones de diseño. En la colocación se inspeccionaba la temperatura del concreto, el Slam, y el tiempo de traslado.

4. Colocación de relleno de vegetación: La inspección en esta etapa de construcción de canales secundarios se realizaba en la dosificación de las semillas empleadas, la ingeniería de detalle definió a través de un estudio geoquímico el tipo de semillas ideales para las condiciones climáticas de la zona del proyecto. Finalmente se realizaban monitoreos constantes para asegurar la revegetación uniforme de los canales.

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

#### **3.1. Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera**

Dada la posición que desempeñé en este proyecto, los mayores aportes estuvieron enfocados en la gestión de proyecto, en el control de cronograma, el control de avances. A través del seguimiento diario del cumplimiento de las actividades comprometidas según el plan de trabajo semanal, para lo cual se analiza las restricciones de las actividades, y es nuestra gestión asegurar que todas esas restricciones que deben ser identificadas hasta con 4 semanas de anticipación no afecten el desempeño y puedan ser levantadas con anticipación.

Dado que el diseño de ingeniería fue desarrollado por un consultor externo, participamos y definimos el tipo de materiales a ser empleado en la construcción de canales. En el proceso inicial de la ingeniería, se consideró varios tipos de canales, para los cual nuestro equipo de trabajo realizó un análisis “Trade off”, con el que se determinó cual es la mejor opción, buscando la durabilidad, resistencia y menor costo, se puede concluir que la opción de canales con geoweb fue la escogida por nuestro equipo de trabajo, mi participación específicamente en este análisis fue determinar los costos unitarios de cada tipo de canal.

Como aportes secundarios fue la supervisión de los trabajos, asegurando que los procedimientos de trabajo se cumplan tal como mandan las buenas prácticas como los procedimientos aprobados. La supervisión parte desde la inspección y verificación del correcto almacenamiento de los agregados y materiales, así como en todo el proceso para asegurar la calidad de la construcción.

### **3.2. Desarrollo de experiencias**

La utilización de geoweb en este proyecto amplió mi conocimiento sobre la aplicación del geoweb, ya que al compararlo con emplear acero de refuerzo para que el concreto tenga resistencia a la tracción, este material es mucho mejor para proyectos de esta naturaleza (Canales de concreto), desde el traslado de los materiales se puede presentar muchos beneficios, ya que el volumen y peso es mucho menor, los costos que se pueden reducir son altísimos, así como en la instalación, teniendo en cuenta que los canales no siguen una trayectoria uniforme, al realizar la construcción de canales con acero de refuerzo se tendría que realizar doblados de acero para adaptar la sección del canal según diseño, se tendría que emplear mucha mano de obra para la preparación e instalación del acero en campo, mientras que para la instalación del geoweb se no se requiere de mucho personal, ya que se adapta de forma natural al terreno, lo que permite una fácil manipulación y ahorro en costos de instalación, por lo tanto, incrementa el ritmo de trabajo, disminuye los plazos de ejecución, ahorro en costos directos e indirecto como la supervisión y todos los Gastos Generales del proyecto, finalmente, también es una buena opción para considerar canales vegetación, y sólo se aplicaría en zonas donde el flujo sea bajo y pendientes suaves.

Se debe tener en cuenta que existen distintos tamaños de geoweb, las dimensiones varían en altura y en tamaño de los alveolos, la ingeniería determinará que tipo de tamaño que es el necesario, en comparación con la utilización de acero de refuerzo que obliga a tener recubrimiento mínimo y una o dos mallas de acero, la utilización del geoweb puede tener un menor espesor de concreto respecto a la utilización de acero de refuerzo.

### **3.2.1 Personal a emplearse**

El personal que se requiere como mínimo la construcción de canales con Geoweb y teniendo en cuenta que puede variar según el tamaño del proyecto, es el siguiente:

1. Gerente de proyecto: Responsable de la planificación, coordinación y supervisión general del proyecto. Se encarga de la integración e interrelación que existe entre todas las áreas del proyecto, como son el área de construcción, Ingeniería, Calidad, Seguridad, Control de Proyectos, Medio ambiente, la finalidad es que todas áreas estén alineadas a un mismo objetivo y que las necesidades de algunas lagunas áreas puedan ser atendidas por las otras áreas sin afectar el avance del proyecto.
2. Supervisores de Construcción: Profesional con experiencia en construcción de canales de concreto, su principal función siempre será la velar por la seguridad de los trabajadores, es responsable de difundir, aplicar y hacer cumplir los procedimientos de trabajo, participará en la evaluación de riesgos de las actividades, supervisará que los trabajos se ejecuten de forma correcta, cumpliendo las especificaciones técnicas, planos y procedimientos de trabajo.

3. Jefe de obra: Responsable de la gestión y coordinación de las actividades a ejecutarse en el área de trabajo. Supervisar al personal, asegura el cumplimiento de los trabajos, la procura, la seguridad y calidad del trabajo.
4. Operadores de maquinaria: Personal capacitado que puede operar equipos pesados que son necesarios para el proceso de abastecimiento de agregados, transporte de concreto y equipo de línea amarilla.
5. Personal de control de calidad: Responsable de realizar todas las pruebas y controles antes, durante y después de la colocación del concreto para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y estándares de calidad.
6. Cuadrilla de movimiento de tierras: Grupo de trabajadores conformado por personal con experiencia y personal de apoyo, es el equipo encargado de realizar las actividades de excavación con el uso de una retroexcavadora.
7. Cuadrilla de geosintético: Grupo de personal conformado por personal con experiencia, encargado de la instalación del geoweb del canal del concreto.
8. Cuadrilla de concreto: Grupo de personal conformado por personal con experiencia y personal de apoyo, encargado de la colocación del concreto y sus preparativos para el curado del concreto.

Además de estos roles, se requiera personal en logística, seguridad, señalización de obra, mantenimiento de maquinaria y limpieza del área de trabajo.

El personal obrero debe contar con las capacitaciones necesarias para operar un equipo y cumplir con las normal de seguridad del proyecto, así como es responsable por el cuidado de las herramientas que se le entregan para realizar sus funciones.

## CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación del geoweb como material de resistencia a la tracción en construcciones de canales de concreto ofrece varias ventajas y beneficios significativos. Algunas conclusiones importantes de su aplicación son:

**Primera.** Reduce el costo Directo de construcción de canales empleando este sistema, en comparación con cualquier otro material que sea empleado con concreto.

**Segunda.** Mejora los tiempos de instalación, reduciendo el plazo de ejecución de los trabajos, ya que el geoweb se adapta fácilmente a cualquier sección de canal.

**Tercera.** Reduce la fuerza laboral para la instalación, sólo se requiere una capacitación al personal para poder instalar adecuadamente los accesorios recomendados por los fabricantes.

**Cuarta.** Reduce los costos indirectos, ya que al requerir de menor tiempo para instalación los proyectos hídricos que empleen este sistema pueden planificar un menor plazo de proyecto respecto a otro método.

## RECOMENDACIONES

Recomendaciones para el uso del geoweb:

**Primera.** Al ser un sistema relativamente nuevo en el mundo de la construcción en el Perú, se recomienda que los diseños de canales con geoweb sean realizados por personal que tenga gran conocimiento en el producto, algunas casas de ingeniería llevan la estadística de sus diseños.

**Segunda.** Acondicionar un lugar para almacenamiento de material, en varios puntos donde se requiera la instalación, según la planificación del proyecto, los accesorios normalmente suelen perderse si no se tiene control sobre los mismos.

**Tercera.** Aunque la instalación parece sencilla, se recomienda capacitar al personal para optimizar los tiempos de instalación y evitar retrabajos. Los alveolos deben ser de tamaño uniforme, bastará con una inspección visual para asegurar que la instalación es adecuada.

**Cuarta.** El porcentaje de desperdicio el mínimo, puede considerarse un 5%, para los accesorios si es recomendable emplear hasta un 15%. Emplear siempre los accesorios del mismo proveedor que suministra el geoweb, no considerar por ningún motivo conexiones hechizas o de otro tipo, ya que los diseños de ingeniería están diseñados bajo las consideraciones del fabricante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2010). *Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. (Manual). Autoridad Nacional Del Agua, Lima, Perú.
- Cárdenas, F. (2015). *Aplicación del sistema Geoweb de confinamiento celular para revestimientos de canales abiertos de sección trapezoidal*. (Tesis de Pregrado). Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Escolano, E., & Illera, A. (2015). *Review of Geosynthetic-Reinforced and Vegetated Retaining Walls*. Geosynthetics International.
- Geosystems. (2016). *Ficha Informativa de Estabilización de Suelos - Soporte de Carga*. Geosystems, Appleton, United States
- Geosystems. (2016). *Ficha Informativa de Estabilización de Suelos – Protección costanera, ribereña y de taludes*. Geosystems, Appleton, United States
- Geosystems. (2020). *Ficha Informativa de Sistema de estabilización de Suelos*. Geosystems, Appleton, United States
- Hedge, A., & Sitharam, T. (2015). Experimental and Analytical Studies on Soft Clay Beds Reinforced with Bamboo Cells and Geocells. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering (IJGGE)*, 1(2), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40891-015-0015-5>
- Kumar, S., & Pujari, M. (2018). *Effectiveness of Geosynthetic Reinforced Soil (GRS) Technique for Embankment Stabilization*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- López, A. (2014). *Evaluación de resistencias en concretos para pavimentos*

- convencionales MR. 41. Y concretos Hidratium MR. 41* (Trabajo Pregrado).  
Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rios, O. (2018). *Influencia de curadores formadores de membrana en la resistencia y evaporación de agua del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*  (Tesis de Pregrado).  
Universidad San Pedro, Huaraz, Perú
- Shadmand, A., Ghazavi, M., & Ganjian, N. (2018). Scale Effects of Footings on Geocell Reinforced Sand Using Large-Scale Tests. *Civil Engineering Journal (CEJ)*, 4(3), 1-12. <https://doi.org/10.28991/cej-0309110>
- SIKA. (2014). *Hoja Técnica SikaAer, Aditivo incorporador de aire*. Sika Perú S.A., Lima, Perú.
- SIKA. (2022). *Hoja de Datos del producto Sika ViscoCrete – 1110PE, Aditivo Superplastificante para Concreto*. Sika Perú S.A., Lima, Perú.
- SIKA. (2023). *Hoja de Datos del producto Sika Fibermesh - 150, Microfibra sintética de monofilamento*. Sika Perú S.A., Lima, Perú.
- Solano, B. (2021). *Ventajas Técnicas y medioambientales en el uso de Geoweb frente al sistema tradicional (Muros de contención con hormigón de 500PSI de alta resistencia), para la construcción de unas bodegas de almacenamiento en el puerto de Barranquilla – Atlántico*. Universidad Cooperativa de Colombia, Santa Marta, Colombia.
- Soltani, A., & Ghiassian, H. (2015). *Experimental Study on the Behavior of Geocell-Reinforced Embankments on Soft Clay*. Geotextiles and Geomembranes.
- UNACEM. (2022). *Ficha Técnica Cemento Andino Forte*. Tarma, Perú: Unión Andina de Cementos S.A.A.

Wu, S., & Zhang, J. (2019). *Experimental Study on Flexural Properties of High-Strength Geoweb and Application in Canal Banks*. *Advances in Civil Engineering*.