



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
en acción continua...

## **PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

ALUMNO: KOROCH, LAUTARO

LEGAJO: 11 708

CARRERA: Ingeniería Civil

PROYECTO: Mitigación flujos de detrito – Cuesta del Burro

EMPRESA O INSTITUCIÓN: GeoEnergía Argentina S.A.

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Gustavo Racioppi

PERIODO DE PRÁCTICA: 01/07 al 31/10

AÑO: 2024



## Contenido

1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	3
3. GeoEnergía Argentina S.A. (GEASA) .....	4
3.1. Generalidades.....	4
3.2. Servicios que presta .....	4
3.3. GEOBRUGG .....	5
4. Desarrollo de la PPS .....	5
4.1. Antecedentes .....	6
4.2. Topografía.....	8
4.3. Hidrología .....	10
4.4 . Modelo computacional.....	13
4.5 . Solución propuesta.....	21
5. Propuesta Glencore S.A.....	27
6. Capacitación .....	28
7. Conclusión .....	28
8. Comentarios personales .....	29
9. Recomendaciones para futuras practicas .....	29
10. Bibliografía.....	29

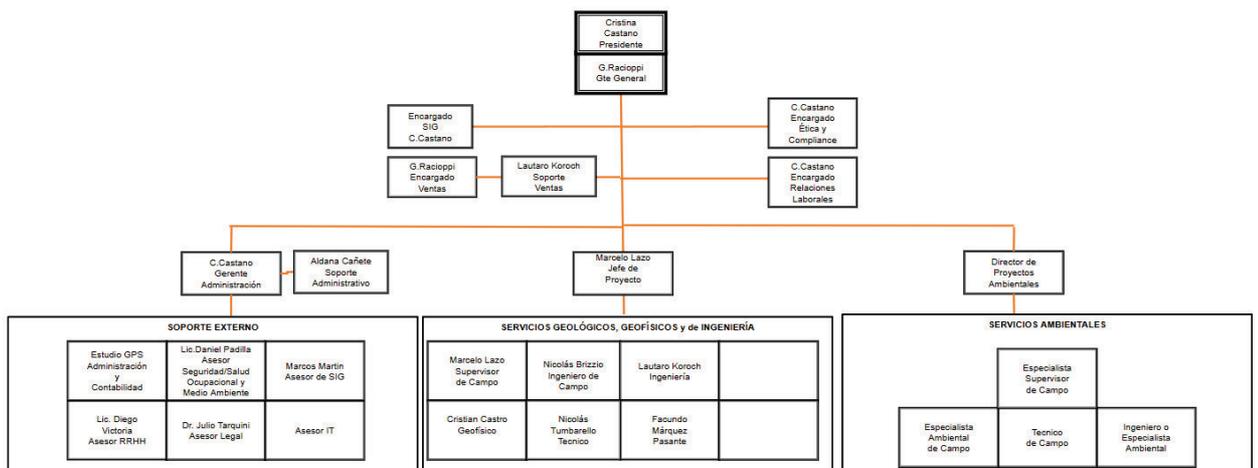


## 1. Introducción

En el siguiente informe se realiza una descripción de las actividades realizadas por el alumno Lautaro Koroch, en el marco de las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS). Las mismas fueron realizadas en GEOENERGIA ARGENTINA S.A. bajo la tutoría del Geólogo Gustavo Racioppi, Gerente General de la compañía.

Geoenergía tiene su sede ubicada en Emilio Civit al 484, Ciudad, Mendoza, desde donde se coordina la planificación y ejecución de proyectos.

La empresa cuenta con una estructura organizativa sencilla pero eficiente, un organigrama de esta se puede ver a continuación:



La Práctica Profesional Supervisada (PPS) consiste en el desarrollo de una actividad en una empresa o institución aceptada por la Facultad, orientada al sector de la producción de bienes y servicios profesionales. Representa una valiosa herramienta para el alumno, ya que constituye la primera inserción en un ámbito profesional real y la confrontación con la problemática de su propia actividad.

En la presente PPS se trabajó principalmente en la elaboración de una propuesta de mitigación de flujos de detritos, colaborando con tareas de gabinete y de campo. El objetivo global del proyecto es plantear diversas soluciones a la problemática que se observa en la Cuesta del Burro, el cual consiste en un camino de acceso al proyecto minero Agua Rica.

## 2. Objetivos

Las PPS tienen como finalidad que el alumno pueda:

- ✓ Aplicar los conocimientos y habilidades propios del ingeniero con la madurez que corresponde a un futuro egresado.
- ✓ Demostrar capacidad para el análisis de problemas, formulación de alternativas, propuestas de resolución, organización y dirección de tareas profesionales aplicadas a la ingeniería.
- ✓ Reconocer la trascendencia social de la profesión de ingeniero y la importancia de la inserción de la universidad en el medio.
- ✓ Constituir una actividad integradora de los conocimientos adquiridos por el alumno durante el cursado de la carrera.



A nivel personal, los objetivos que fueron planteados a la hora de realizar las prácticas profesionales son los siguientes:

- Consolidar mis habilidades y competencias, enfrentándome a desafíos reales en el ámbito laboral
- Ampliar mis conocimientos y explorar nuevas áreas poco abordadas durante la carrera
- Dar los primeros pasos dentro del ámbito profesional, estableciendo una base sólida para mi futura carrera
- Comprender mejor los procesos y diferentes etapas, desde la planificación hasta la ejecución, de un proyecto
- Establecer relaciones laborales positivas, construyendo una red de contacto útil para el futuro
- Adaptarme a la dinámica y valores de la empresa, integrándome de manera efectiva en su cultura organizacional

### **3. GeoEnergía Argentina S.A. (GEASA)**

#### **3.1. Generalidades**

Es una empresa argentina especializada en brindar servicios y productos en las áreas de geología, geotecnia e ingeniería, orientados principalmente a los sectores minero, petrolero y de la construcción. Con sede en la provincia de Mendoza, la compañía cuenta con un equipo multidisciplinario que ofrece soluciones personalizadas, alineadas con los avances tecnológicos más recientes.

Además, GEASA, colabora con empresas internacionales líderes en sus respectivos campos, siendo el representante nacional de estas. Entre sus socios destacados se encuentran a empresas como Geobrugg (especializada en soluciones de protección contra caída de rocas, flujos de detritos, estabilización de taludes, etc.), ESG Solutions (experta en monitoreo sísmico) y New-Sense Geophysics (aportando tecnología en geofísica terrestre y aérea). Estas colaboraciones permiten ofrecer soluciones integrales y de alta calidad a sus clientes.

La empresa se destaca por su enfoque en la innovación y la aplicación de tecnologías avanzadas, lo que le permite adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto y sector en el que opera.

#### **3.2. Servicios que presta**

Dentro de los servicios que ofrece GEASA, se pueden mencionar:

- Exploración minera y petrolera: Realiza estudios y análisis para la identificación y evaluación de yacimientos minerales y de hidrocarburos.
- Geotecnia e ingeniería: Ofrece servicios relacionados con la estabilidad de taludes, deslizamientos de tierra y otros aspectos geotécnicos esenciales para proyectos de infraestructura.
- Aguas subterráneas: Proporciona soluciones para la exploración, evaluación y gestión de recursos hídricos subterráneos.
- Geo-radar: Utiliza tecnologías de radar de penetración terrestre para el monitoreo de estabilidad de taludes, detección de deslizamientos y otras aplicaciones geológicas.
- Monitoreo sísmico: Implementa redes de estaciones para el monitoreo de sismicidad inducida y ofrece servicios de procesamiento avanzado de datos sísmicos.



- Prospección geofísica terrestre y aérea: Realiza estudios de magnetometría, espectrometría, métodos eléctricos y sísmica de refracción para la exploración del subsuelo.

<p>• Soluciones de estabilización y protección: Proporciona sistemas para la estabilización de taludes, protección contra caídas de rocas, flujos de detritos y avalanchas de nieve.</p> <p><b>3.3. GEOBRUGG</b></p>	<p>Práctica Profesional Supervisada 2024 Alumno: Koroch, Lautaro</p>	<p>PAG. [5]</p>
--	--	---------------------

La Práctica Profesional Supervisada (PPS) se llevó a cabo en el marco de la representación de la empresa Geobrugg. Durante esta experiencia, se trabajó de manera colaborativa con distintos integrantes de la compañía y bajo la supervisión de Gustavo Raccioppi, quien guio el proceso y aportó su experiencia.

Geobrugg es una empresa especializada en sistemas de protección de alta resistencia, como barreras dinámicas para contención de avalanchas, estabilización de taludes y control de flujos de detritos. Sus soluciones se diseñan bajo estrictos estándares internacionales, destacándose por su eficiencia, durabilidad y fácil instalación, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto.

El objetivo principal de la PPS fue desarrollar una propuesta para mitigar la posible generación de flujos de detritos en el camino de acceso al proyecto minero Agua Rica, ubicado en la provincia de Catamarca. Esta propuesta fue elaborada específicamente para GLENCORE S.A., buscando soluciones que garanticen la seguridad y sostenibilidad de la operación.

#### 4. Desarrollo de la PPS

Este informe describe el análisis conceptual realizado para la instalación de barreras de control de flujos de detritos y deslizamiento superficial en el sector conocido como Cuesta del Burro. Dicha zona constituye un camino de acceso al proyecto minero Agua Rica, ubicado en Catamarca, Argentina.





Esta área presenta un gran potencial de fenómenos de flujos de detritos, los cuales consisten en un movimiento en masa caracterizado por un deslizamiento rápido de una mezcla de materiales como agua, rocas y sedimentos. Esto ocurre debido a su topografía y condiciones meteorológicas extremas, lo que genera la necesidad de implementar medidas de mitigación.



A partir de antecedentes fotográficos y la generación de modelos, se han obtenido resultados preliminares que permiten el diseño de medidas de mitigación para controlar estos eventos.

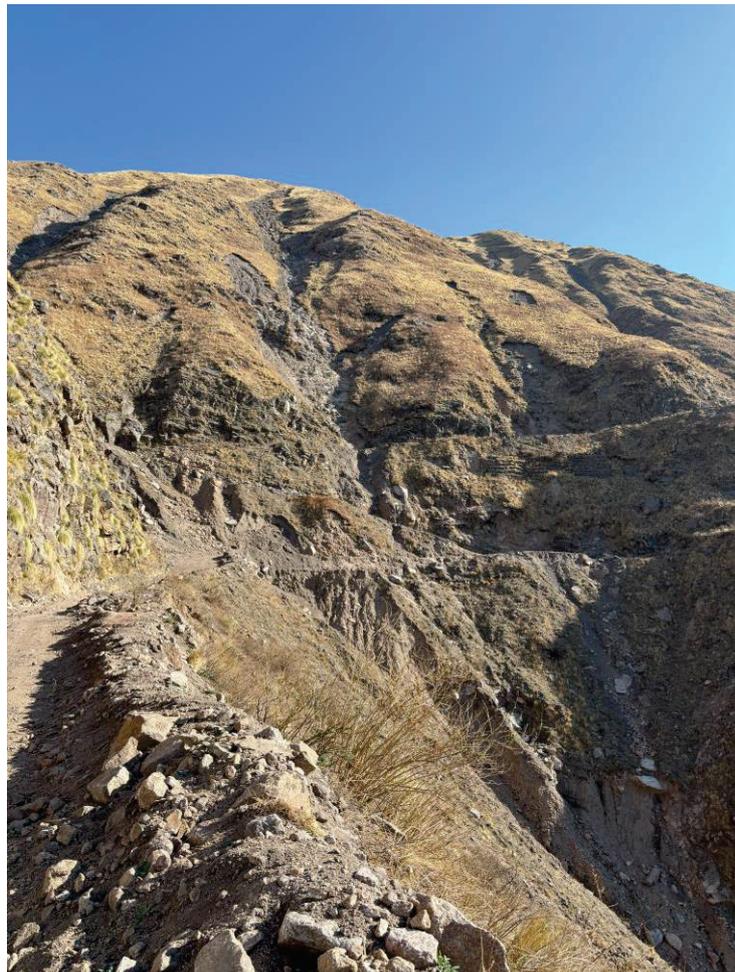
#### **4.1. Antecedentes**

La Cuesta del Burro ha sido escenario de flujos de detritos en el pasado, lo cual ha afectado tanto el tránsito por el camino como la infraestructura del proyecto. Fotografías de estos eventos fueron proporcionadas por GLENCORE y utilizadas como referencia para identificar las áreas más vulnerables y para planificar las medidas de mitigación.





El día 24/09/2024, Matias Galdeano y Lautaro Koroch, representantes de la empresa Geobruigg, realizaron una visita al sitio acompañados por representantes de Glencore (Ingeniero Rodrigo Orlando y Jaime). Durante la visita se pudo apreciar las características y complejidad del terreno, no sólo en la Cuesta del Burro, sino también en varios sectores del camino de acceso.



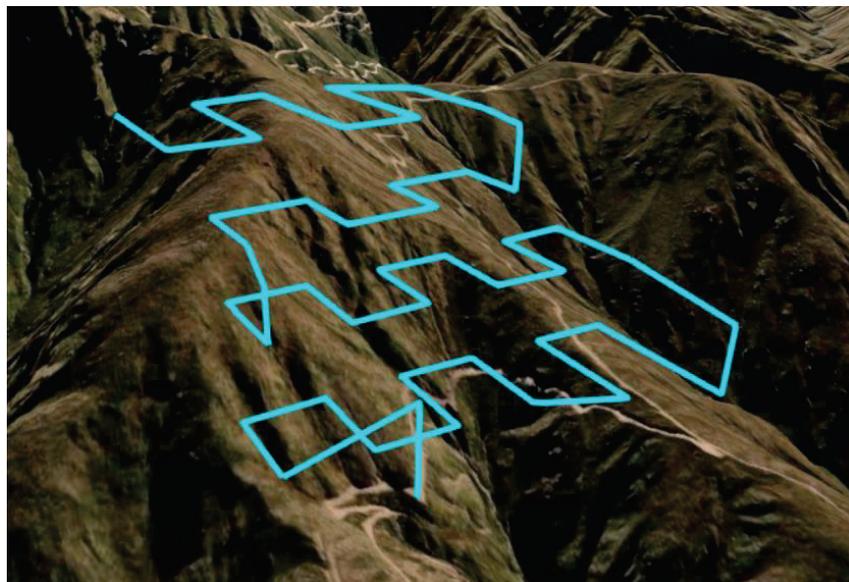


Se realizó un vuelo de dron para obtener un modelo digital del terreno, como así también se obtuvieron muestras del material arrastrado por eventos pasados que fueron enviados a laboratorio para caracterización.



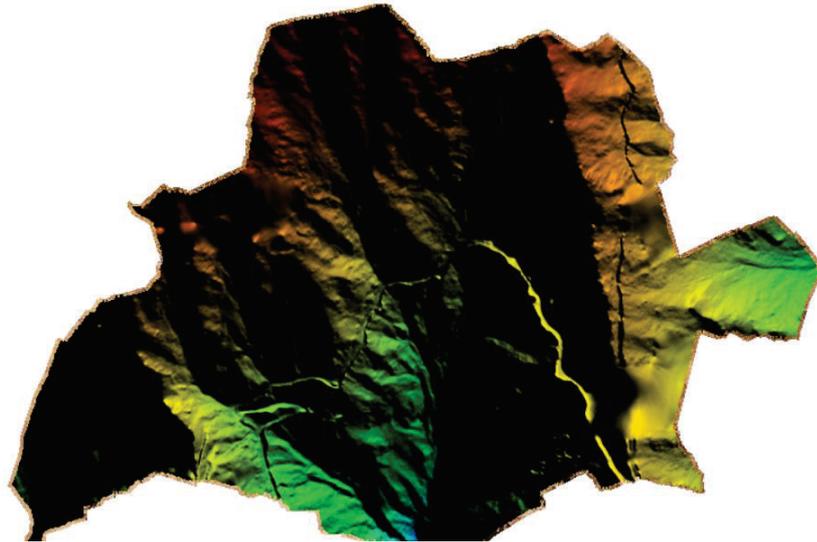
## 4.2. Topografía

Con el fin de obtener una representación precisa de la topografía, se realizó un levantamiento fotogramétrico con dron, el cual es propiedad de la empresa. Para planificar el vuelo se utilizó la aplicación DroneLink, mediante la cual se diseñó el plan de vuelo asegurando una adecuada superposición entre imágenes y definiendo los puntos estratégicos para la captura de fotografías. Durante el vuelo, el dron siguió este plan automáticamente, recopilando una serie de imágenes georreferenciadas del terreno.

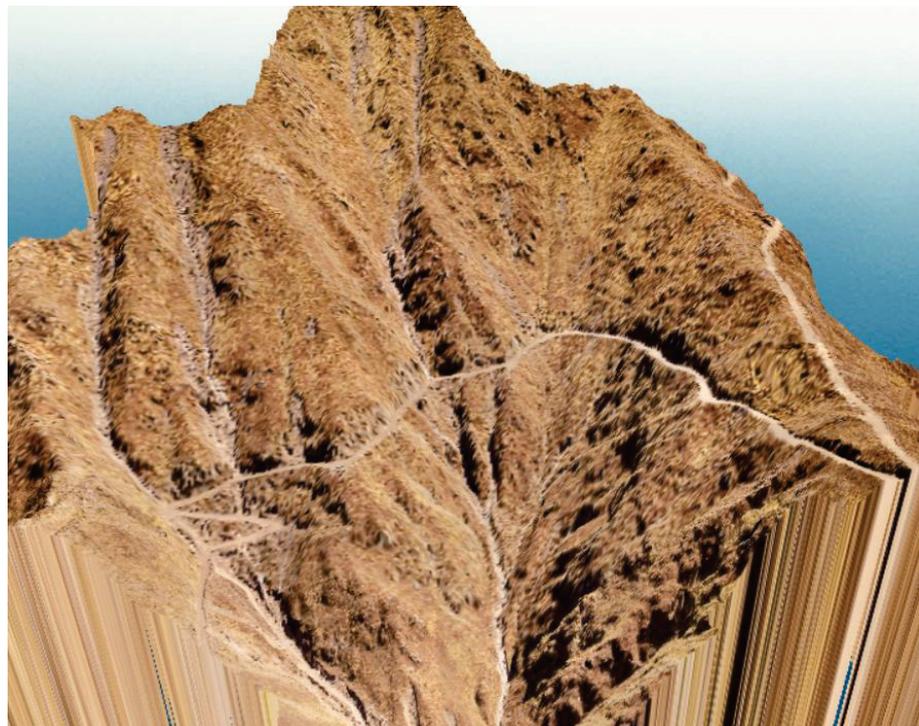




Posteriormente, las imágenes capturadas fueron procesadas con el software Pix4D, el cual emplea algoritmos avanzados para identificar puntos en común entre las distintas fotografías, generando así un modelo tridimensional del terreno con gran precisión. Este modelo digital (MDE) se exportó y cargó en Global Mapper, donde se realizó un análisis detallado de la topografía.



Gracias a esta metodología se obtuvo un modelo preciso del terreno, facilitando su análisis y futuras tomas de decisiones. En la topografía obtenida, se observan tres cauces bien definidos, lo que ha permitido identificar las principales rutas de escorrentía y concentraciones de detritos.





Con las cuencas definidas para cada uno de los cauces mencionados se procede a calcular los parámetros característicos de las mismas: área, perímetro, longitud cauce principal, pendiente media y tiempo de concentración. Dos características claves a establecer son el volumen de sólidos de escurrimiento y la concentración volumétrica del flujo, estas serán utilizadas en el modelo computacional para establecer la escorrentía sobre el terreno.

<b>CUESTA DEL BURRO</b>	<b>CAUCE 1</b>	<b>CAUCE 2</b>	<b>CAUCE 3</b>		<b>CAUCE 4</b>
<i>Hmax cauce</i>	3135	3175	3212	3224	3121
<i>Hmin cauce</i>	2966	2967	2990	3075	3008
<i>Long cauce</i>	329	373	384	246	259
<i>Pend media cauc</i>	51%	56%	58%	61%	44%
<i>Area cuenca</i>	28456	38502	63358		44505
<i>Area cuenca km2</i>	0.028	0.039	0.063		0.045
<i>Tp Conc kirpich</i>	2.18	2.33	2.35	1.64	1.93
<i>Perimetro cca</i>	959	1125	1300		1409
<i>Area influencia</i>	15000	14872	36985		27196
<i>Vol solidos</i>	1500	1487.2	3698.5		2720
<i>Vol liquido</i>	2964	4011	6600		4636
<i>Vol retencion</i>	4464	5498	10299		7356
<i>Cv</i>	0.34	0.27	0.36		0.37

### 4.3. Hidrología

La hidrología se analizó considerando las áreas de aporte específicas para cada uno de los cauces descriptos. Se diseñaron tormentas para simular diferentes escenarios meteorológicos, utilizando el software HEC-HMS.

Estas tormentas fueron modeladas según los registros históricos de zonas aledañas y sus parámetros principales fueron la precipitación media, considerando valores extremos de precipitación, y una duración de precipitación de 1 hora.

#### 4.3.1. Tormenta de proyecto

Con el fin de crear una tormenta de diseño que posteriormente será utilizada en HEC-HMS se hizo uso de datos de precipitaciones características de la zona, las cuales fueron obtenidas en puntos de control cercanos al lugar del proyecto.

<b>Precipitaciones</b>	<b>Tinogasta</b>	<b>San Fernando</b>	
<i>Maxima diaria</i>	100	152	mm
<i>Max mensual</i>	181	206	mm

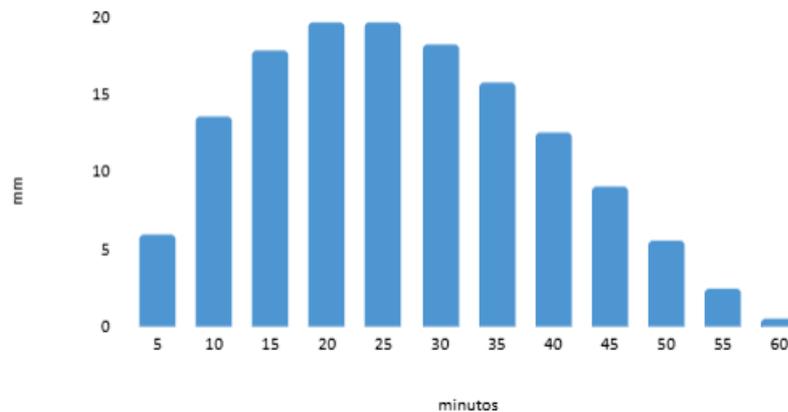
Para confeccionar los yetogramas, se calcula la precipitación media en la zona de estudio. Ahora, para darle forma a este se recurre a los porcentajes que da el INA para armar el yetograma de diseño, los cuales se van a aplicar sobre la precipitación media.



Tiempo	Lamina	Yetograma
5	4.20	5.9
10	9.70	13.6
15	12.70	17.8
20	14.00	19.7
25	14.00	19.7
30	13.00	18.3
35	11.20	15.7
40	8.90	12.5
45	6.40	9.0
50	3.90	5.5
55	1.70	2.4
60	0.30	0.4
Precipitacion media		141

Supervisada  
ch, Lautaro

PAG.  
[11]



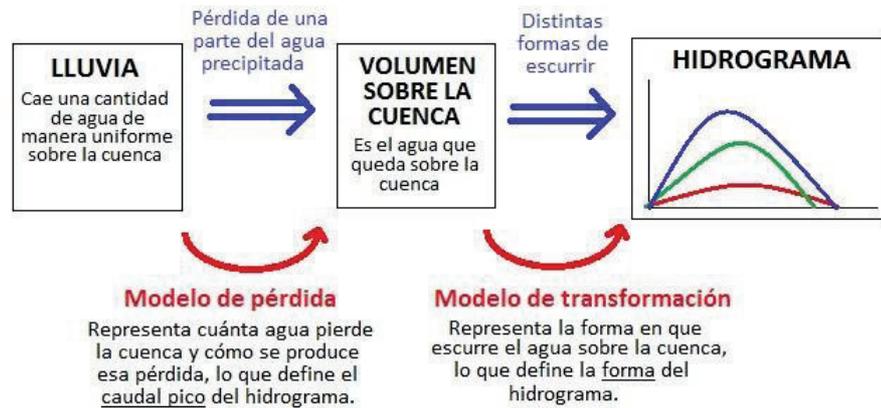
#### 4.3.2. Modelación hidrológica

Una vez caracterizadas la tormenta de diseño que va a caer y la cuenca donde la misma precipita, se procede a realizar una modelación digital del problema, con el objetivo de obtener el hidrograma de salida en las secciones de control definidas.

Se utilizará el programa **HEC-HMS**, que su nombre en inglés significa *Sistema de Modelación Hidrológica* (Hidrologic Model Sistem), desarrollado por el *Cuerpo de Ingenieros Hidrológicos* de Estados Unidos (Hidrologic Engineering Corps). Este software es de difusión gratuita y se puede descargar de la página oficial de dicho Cuerpo de Ingenieros.

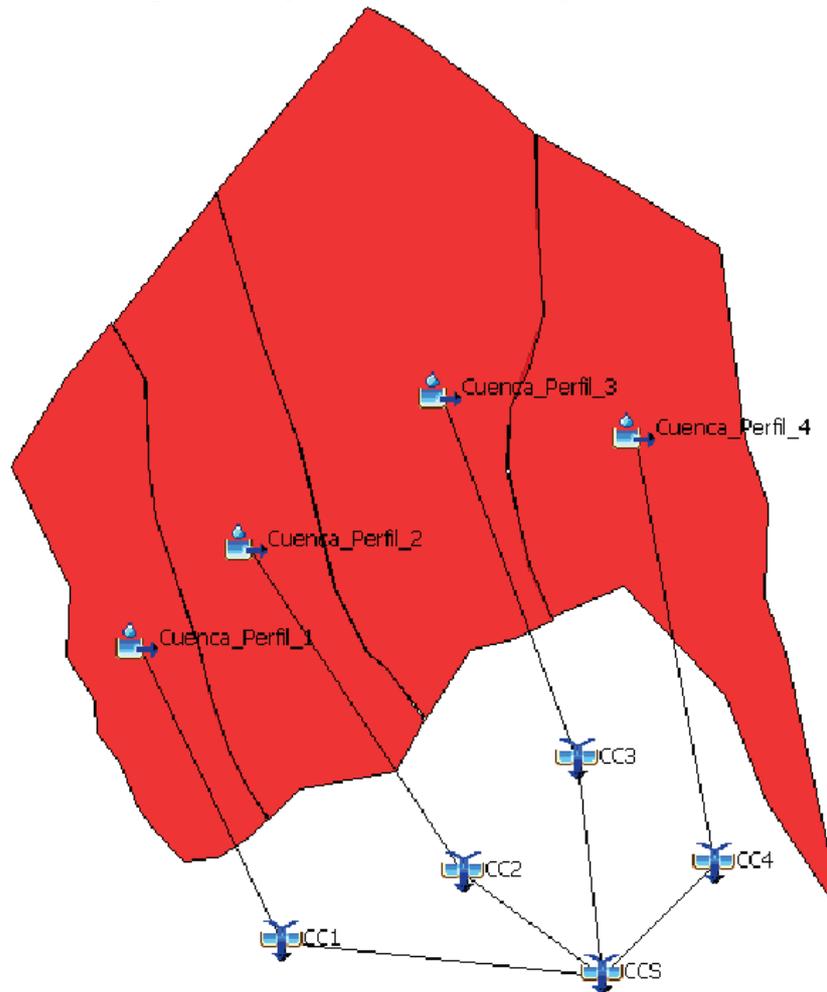
Un problema de diseño hidrológico como el que se aborda en este trabajo, donde no se cuenta con ningún tipo de información estadística, se debe abordar mediante el *modelo lluvia /esorrentía*. El mismo consiste en modelar una lluvia de diseño, estimar que parte de la misma escurre efectivamente sobre la cuenca de trabajo, evaluar la forma en que escurre, y obtener el producto del escurrimiento.

En términos generales, este proceso de diseño se puede graficar como sigue:

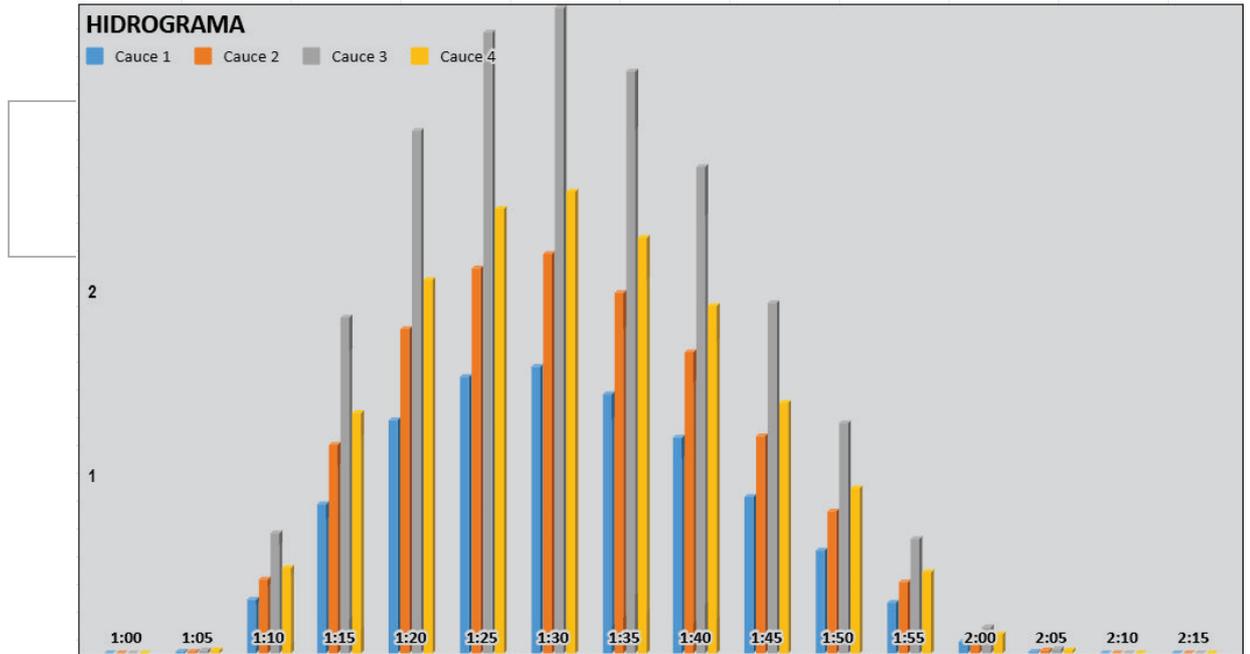


Se llamará un “*modelo*” a la combinación de un modelo de pérdida (*loss*) y un modelo de transformación (*transform*). Como método de pérdida se eligió “SCS Curve Number”, donde se designa un número “CN” según la fracción de agua que escurre (porende depende de la permeabilidad del terreno). Como método de transformación se eligió “Clark Unit Hydrograph”, donde se debe ingresar el Tiempo de Concentración de la cuenca.

El modelo simplificado que se diseñó fue el siguiente:



A continuación, se detallan los resultados obtenidos que interesan a los efectos del modelo computacional, es decir el hidrograma de salida de cada uno de los cauces establecidos. Los resultados globales obtenidos para cada lluvia fueron:



#### 4.4. Modelo computacional

Para analizar el escurrimiento de flujo de detritos en alta montaña, se utilizó el software HEC-RAS, aprovechando sus capacidades para modelar flujos en dos dimensiones y considerando las propiedades específicas de flujos no newtonianos.

El programa HEC-RAS es una herramienta que permite realizar cálculos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales a través de modelos de simulación. Es posible modelizar sistemas de cauces naturales y redes de canales artificiales en los que el flujo se produce en forma de lámina libre.

Por medio de HEC-RAS se puede transformar la realidad física de un río o canal en un modelo simplificado que permita predecir, por ejemplo, el alcance de una creciente, la altura de la lámina de agua o la velocidad de la corriente.

El software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System), está desarrollado para el *United States Army Corps of Engineers*, y está disponible de forma gratuita en la web.

El modelo hidráulico en HEC-RAS se ajustó para representar los tres cauces principales identificados en la Cuesta del Burro. Cada uno de estos cauces fue modelado con los caudales obtenidos de HEC-HMS, simulando el comportamiento de los flujos bajo diferentes escenarios de tormenta.

El procedimiento seguido fue el siguiente:

- Delimitación del área de alta montaña donde ocurre el escurrimiento, integrando información topográfica precisa obtenida mediante el modelo digital de elevación (MDE).
- Configuración del modelo en 2D a partir de la creación de una malla computacional, dividiendo el área en celdas que permitieron simular el comportamiento del flujo de manera detallada.
- Especificación de propiedades del flujo no newtonianos: estos flujos presentan una dinámica compleja, siendo necesario establecer propiedades específicas como densidad, viscosidad y tensión de fluencia.

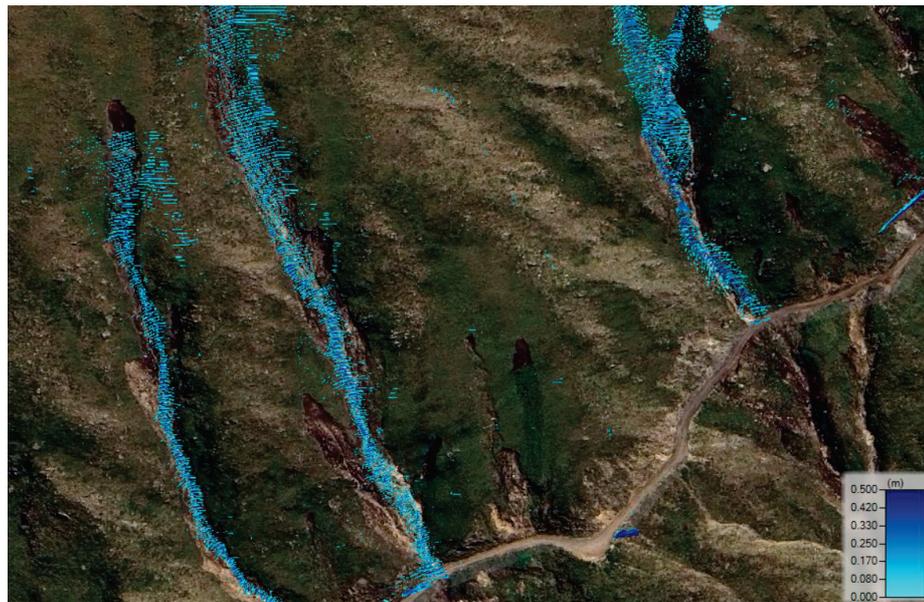


- Establecimiento de condiciones de frontera a partir de la definición de las condiciones de entrada (caudal y composición del detrito) y de salida (pendiente de energía).
- Simulación y análisis: se ejecutó el modelo para analizar la trayectoria, velocidad y profundidad del flujo a lo largo del terreno.

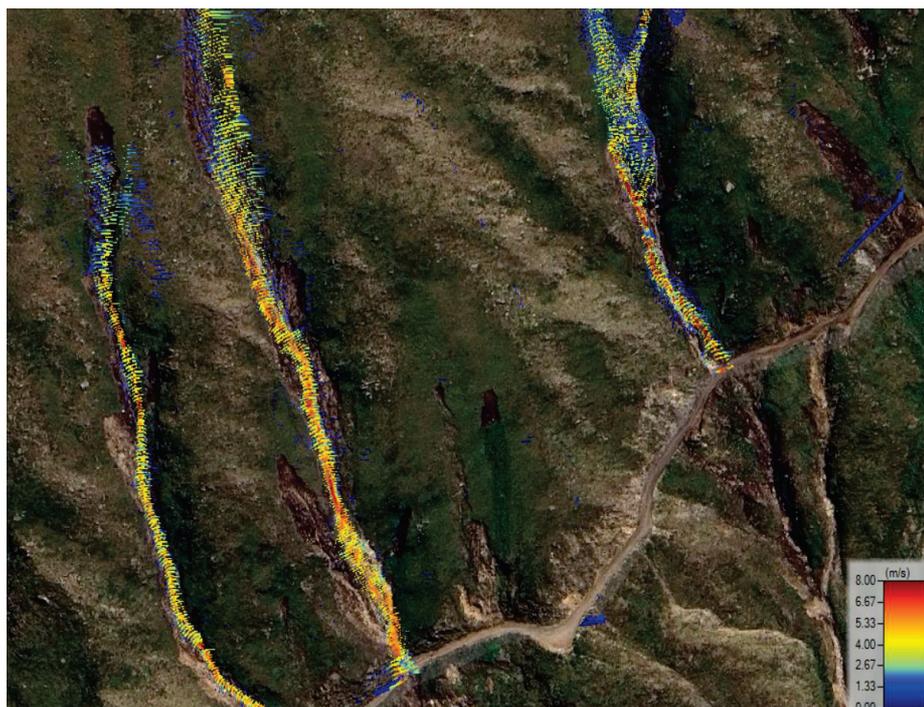
El uso de esta herramienta con modelado 2D y características de flujo no newtoniano permitió obtener una representación detallada y realista del comportamiento del flujo de detritos, proporcionando información clave para la gestión de riesgos y el diseño de medidas de mitigación.

Los resultados obtenidos se observan a continuación:

- Alturas máximas del flujo para los tres cauces mencionados

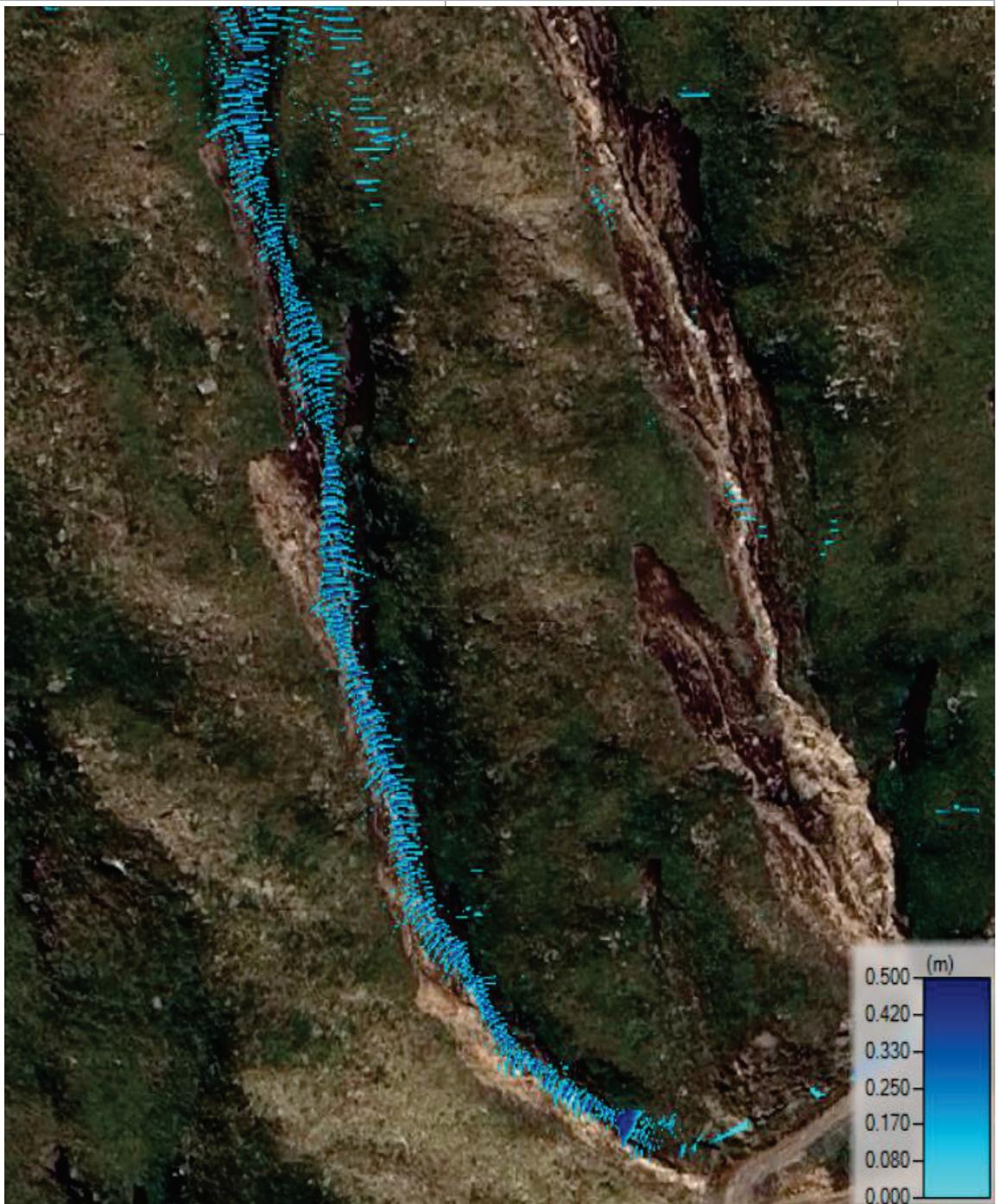


- Velocidades máximas del flujo para los tres cauces mencionados



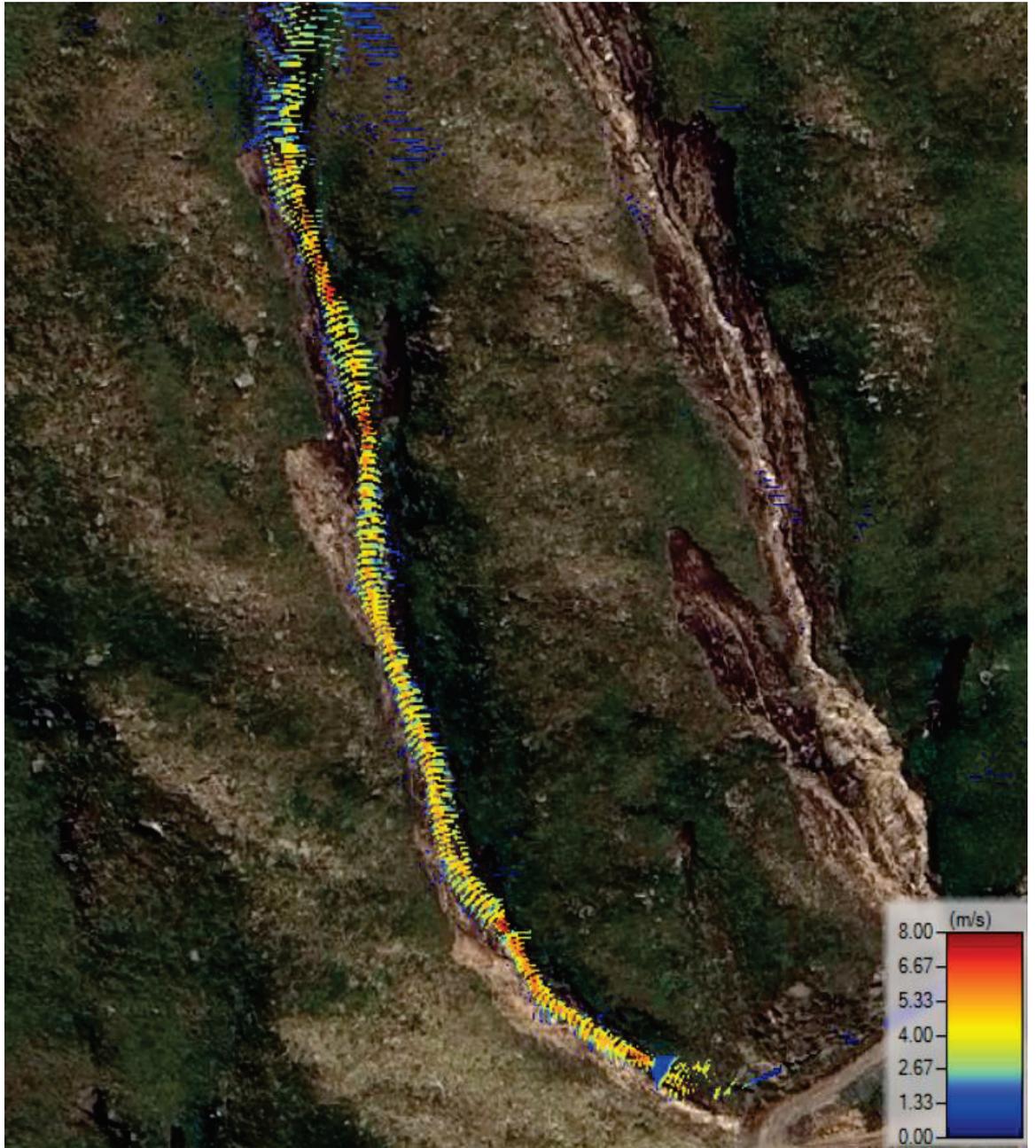


- Perfil 1
- Alturas



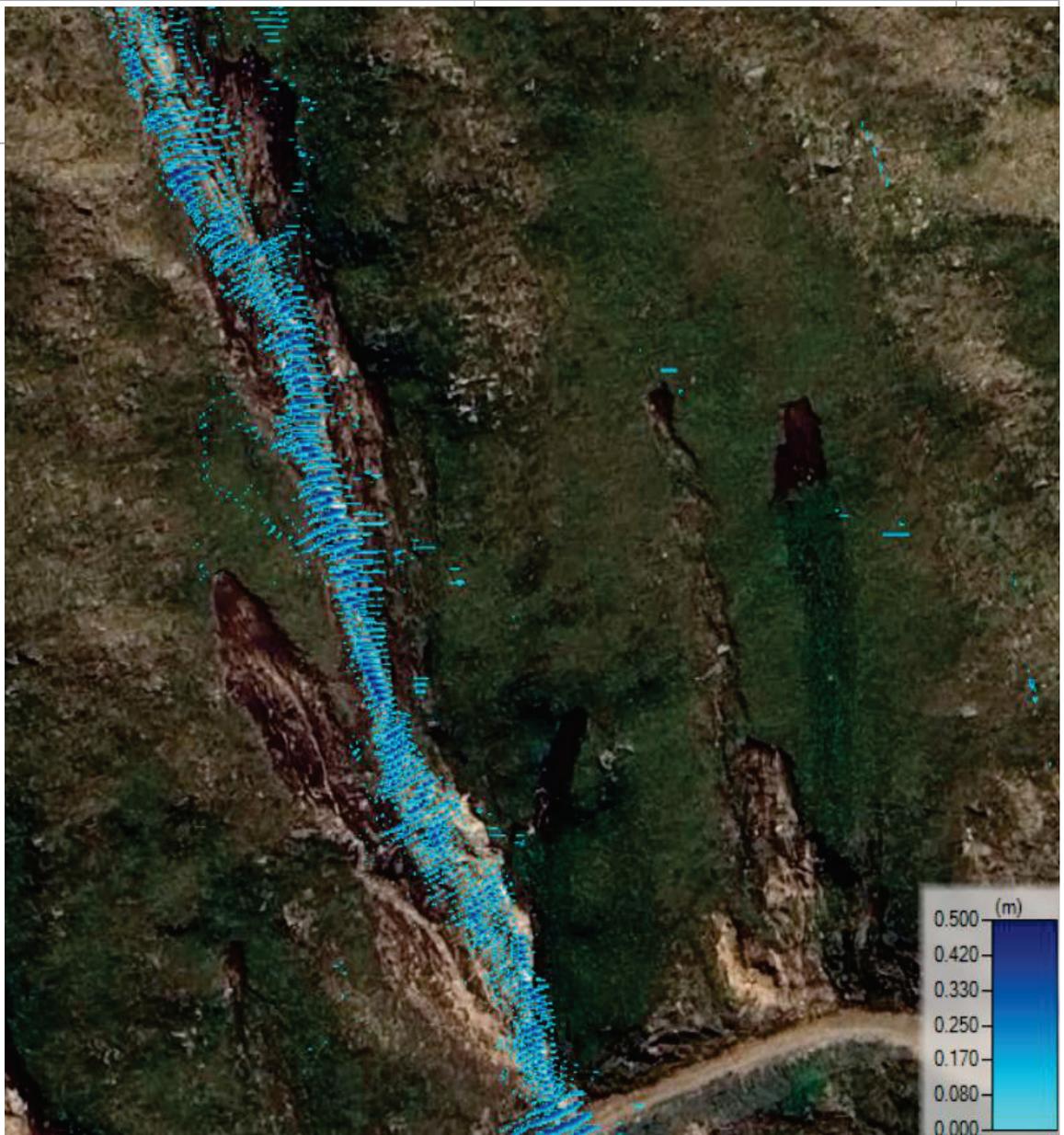


➤ Velocidades



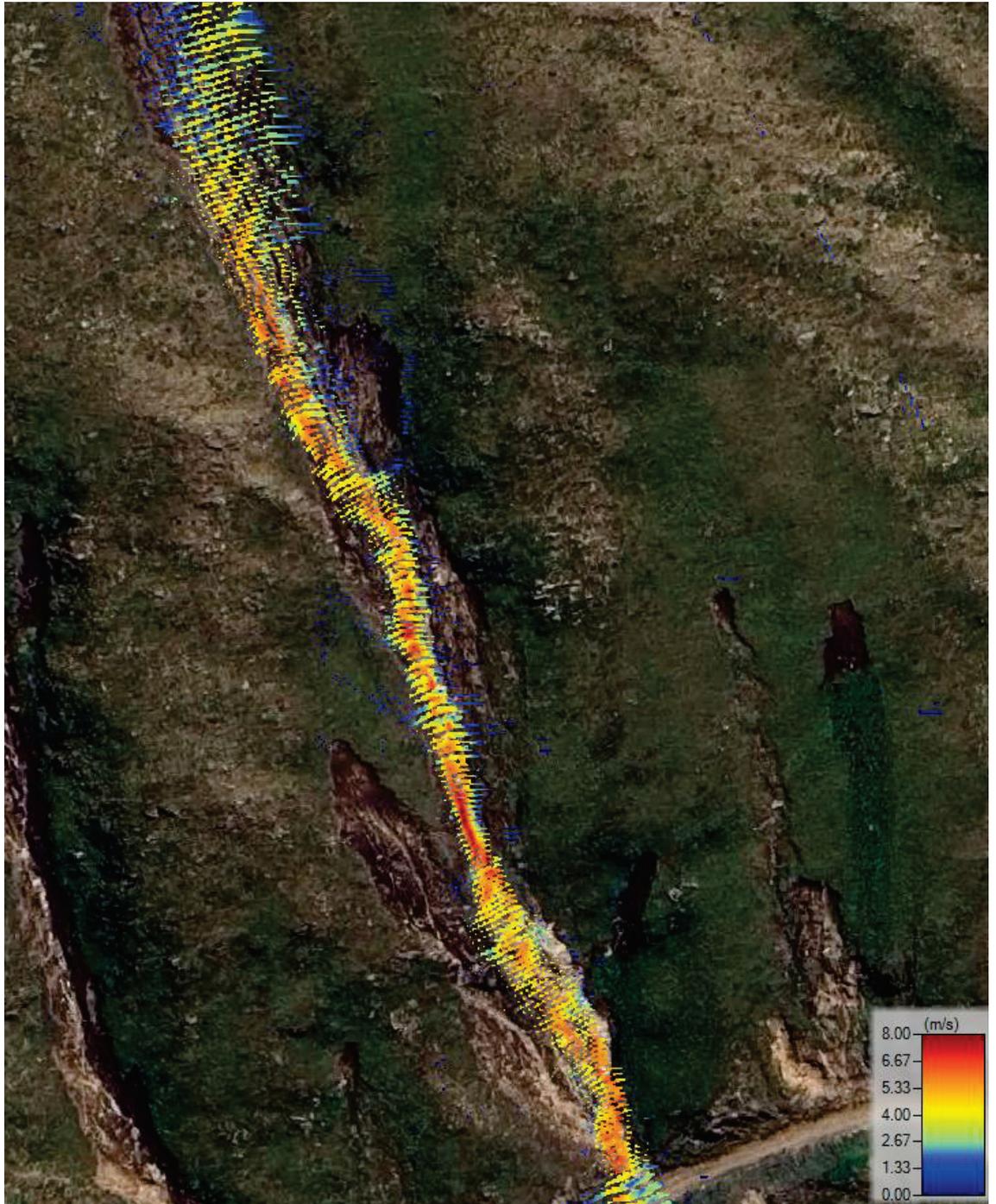


- Perfil 2
- Alturas



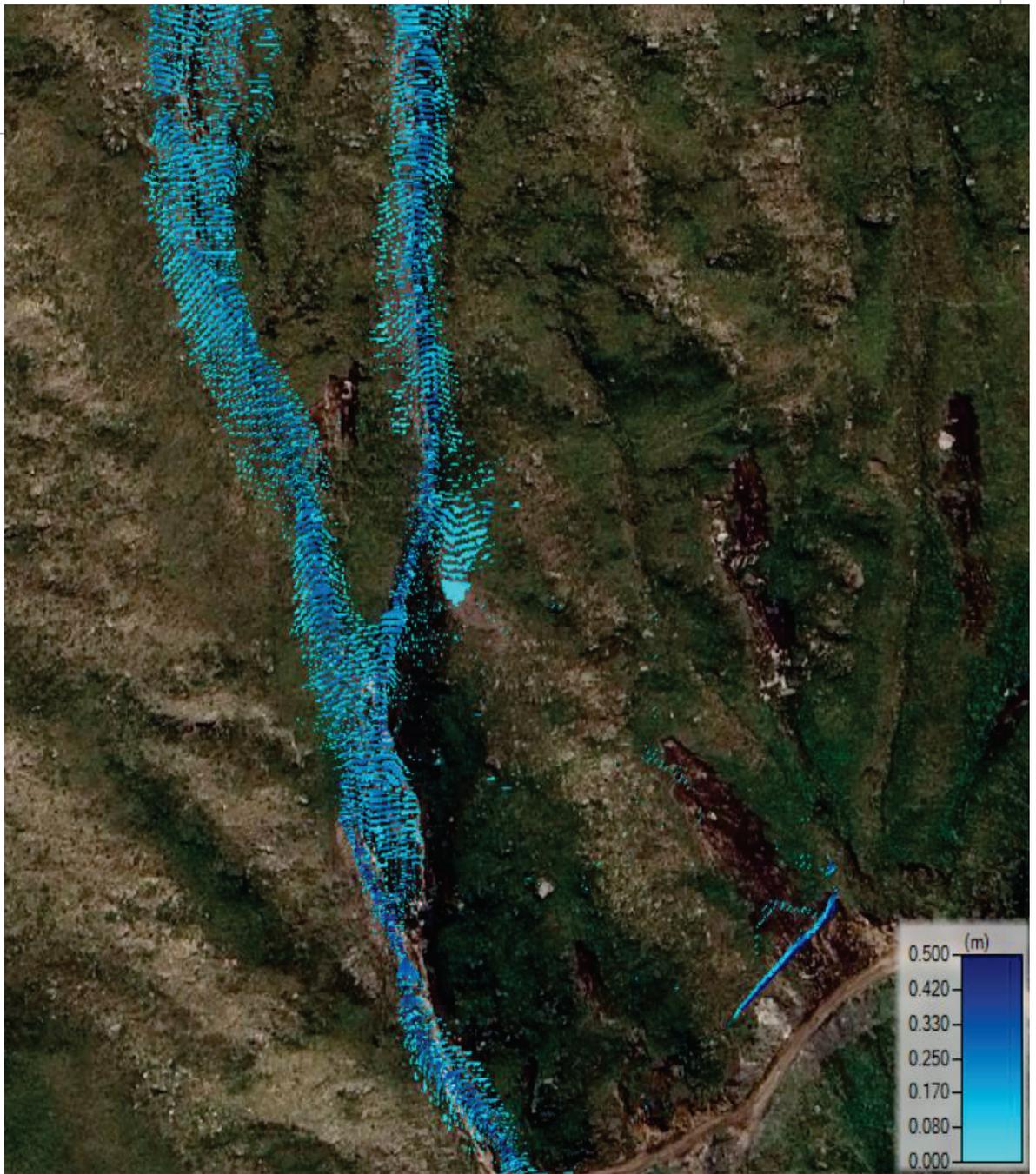


➤ Velocidades



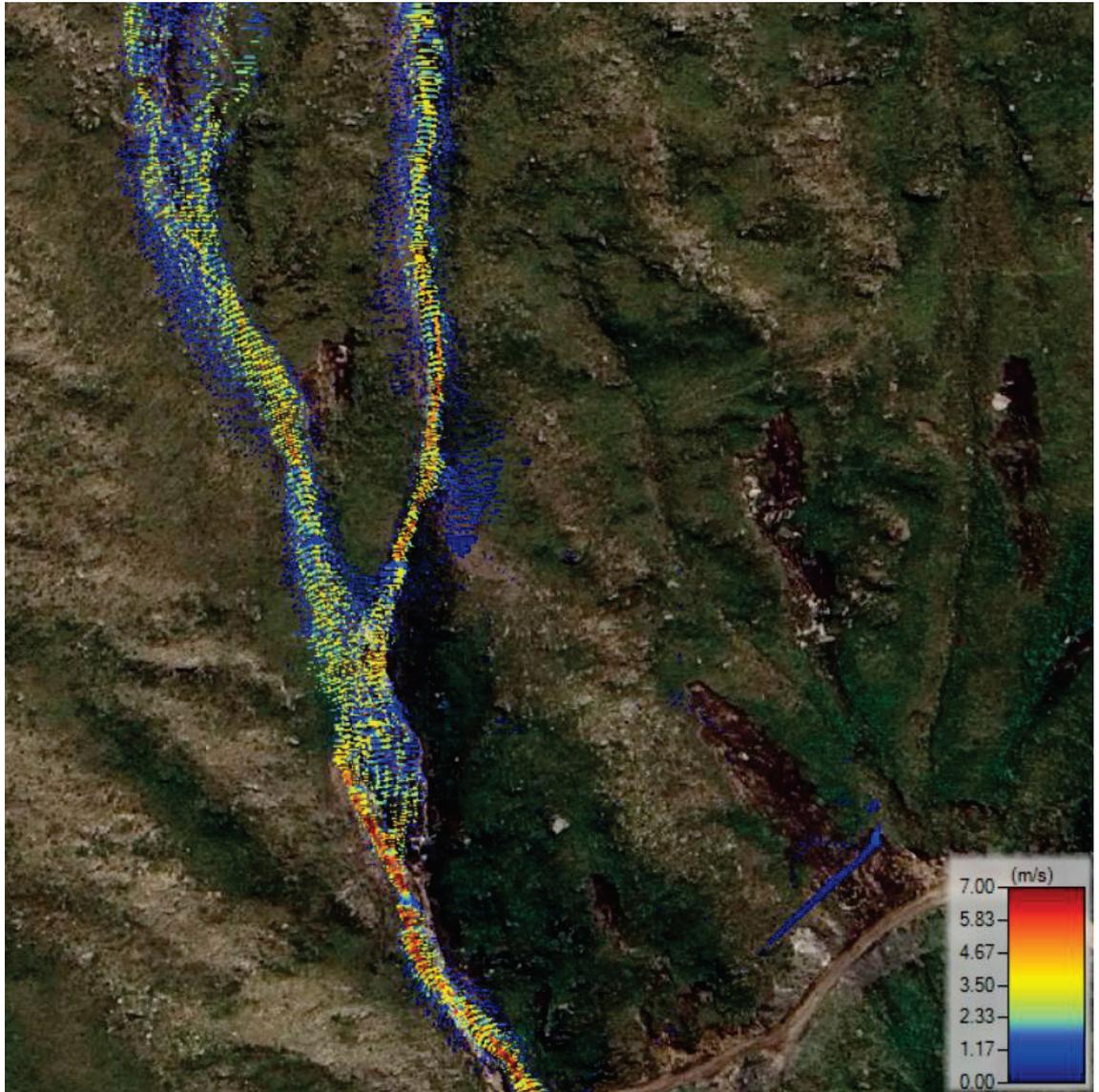


- Perfil 3
- Alturas





➤ Velocidades



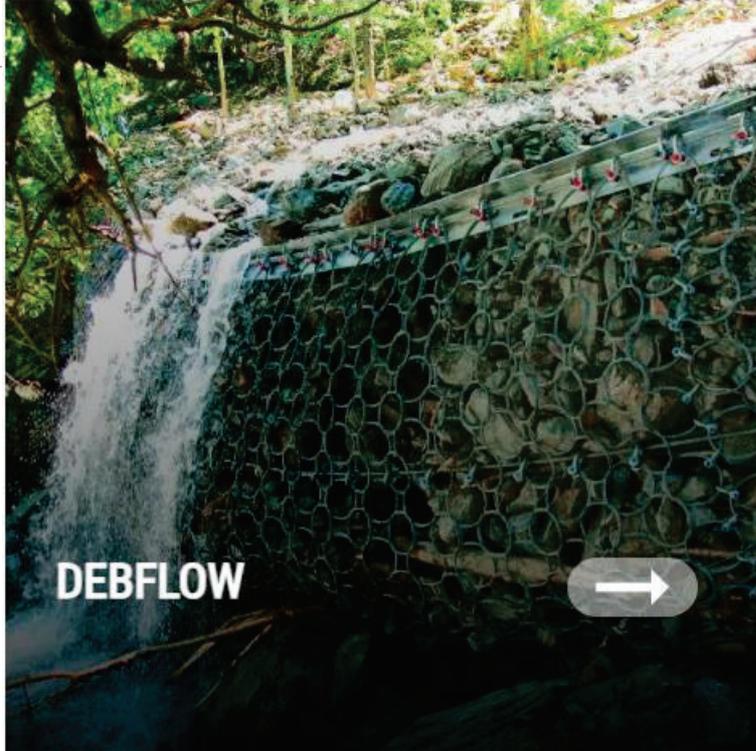
A modo resumen, los valores obtenidos para velocidad máxima, junto con su altura correspondiente y altura máxima, junto con su velocidad correspondiente son:

CAUCE	Velocidad máxima m/s	Altura p/ Vmax m	Velocidad p/ Hmax m/s	Altura máxima m	Volumen de material arrastrado m3
CAUCE 1	8	0.2	4	0.6	1500
CAUCE 2	8.6	0.32	4.5	0.5	1487.2
CAUCE 3	9	0.3	3.2	0.6	3698.5



### 4.5. Solución propuesta

En la presente solución, se aborda la problemática antes mencionada mediante el uso del software proporcionado en la página online de Geobrugg: DEBFLOW.



Debflow es una herramienta en línea desarrollada por Geobrugg para el dimensionamiento de barreras flexibles de mallas de anillos contra flujos de detritos. Esta aplicación permite a los usuarios considerar el impacto dinámico de una oleada de flujo de detritos en la malla y evaluar la carga estática de una barrera llena y desbordada. Además, facilita una estimación preliminar del volumen de retención, asegurando un funcionamiento confiable.

La herramienta cuenta con la siguiente interfaz:



Parámetros de entrada
Resumen de resultados

---

Parámetros de entrada
cerrar todo

Tipo y densidad del flujo de derrubios

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3	
Tipo de flujo de derrubios (granular o de lodos)	Tipo: granular	flujo de lodi	no hay coml	
Densidad del material del flujo	$\rho = 2000$	1800	2000	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del material del fluido	$\gamma = 19.6$	17.7		kN/m <sup>3</sup>
Contenido de agua	$W = 0.39$	0.52		-

Volumen de la corriente de derrubios y número de oleadas

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3	
Volumen total del flujo de derrubios (incl. agua)	$V_{tot} = 1000$	1000	1000	m <sup>3</sup>
Número de oleadas	$N = 3$	3	3	-
Volumen por oleada (promedio)	$V_N = 333$	333		m <sup>3</sup>
Volumen de la primera oleada (recomendado)	$V_{N1rec} = 500$	500		m <sup>3</sup>
Volumen de la primera oleada (seleccionado)	$V_{N1} = 3000$	3000	3000	m <sup>3</sup>

Caudal

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3	
Caudal (según Rickenmann)	$Q_{p,rec} = 69.6$	69.6		m <sup>3</sup> /s
Caudal (seleccionado)	$Q_p = 50$	50	50	m <sup>3</sup> /s

Factor de Seguridad

Factor de Seguridad Global	SF = 1	
----------------------------	--------	--

Volumen de retención

Volumen total de retención	$V_{r,tot} = 0$	m <sup>3</sup>
Volumen requerido de retención	$V_{r,tot,max} = 1000$	m <sup>3</sup>
Reserva	$V_{r,reserve} = -1000$	m <sup>3</sup>
comprobación del volumen de retención	No cumple!	
comprobación de todo el sistema	No cumple!	

Ubicación de la barrera No. 1

activo
 Nombre

cerrar todo

Geometría de ubicación de la barrera

Altura del sistema	$H_{0,1} = 4$	m
Ancho del torrente a la altura del cable de soporte superior	$b_{o,1} = 15$	m
Ancho del torrente a la altura del cable de soporte inferior	$b_{i,1} = 10$	m
Distancia a la siguiente barrera aguas arriba	$L_{0,1} = 500$	m



Pendiente media del torrente y volumen de retención

Altura del sistema con la barrera llena	$H_{t,1} =$	3.0	m
Pendiente media del torrente aguas arriba	$I_{s,1} =$	18	%
Ángulo de inclinación del material de relleno encima de la barrera (según Rickenmann)	$I'_{s,1,rec} =$	12.0	%
Ángulo de inclinación del material de relleno encima de la barrera (seleccionado)	$I'_{s,1} =$	12	%
Ángulo entre la red de anillos y el lecho del canal	$\xi =$	84.8	°
Longitud de material acumulado detrás de la barrera	$L_1 =$	51.1	m
Volumen de retención	$V_{r,1} =$	955.0	m <sup>3</sup>

Velocidad del frente y altura del flujo

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3	
Velocidad del frente (según Rickenmann)	$V_{1,base} =$	5.6	5.6	m/s
Velocidad del frente (según Strickler) ( $v_1 > v_{str}$ )	$V_{str} =$	4.8	4.8	m/s
Velocidad de impacto sobre la barrera (seleccionada, max. V-value)	$V_1 =$	3	3	m/s
Altura del Flujo	$h_{fl,1} =$	1.7	1.7	m
Máxima apertura recomendada del canal (según Wendeler)	$h_{d,1} =$	1.1		m

Sistema de protección contra fujos de derrubios flexible y permeable

Tipo de sistema	Type	GEOBRUGG VX060L-H4
Máxima altura del sistema	$H_{0,max} =$	4 m
Máximo ancho del sistema encima	$b_{a,max} =$	10 m
Máximo ancho del sistema debajo	$b_{u,max} =$	5 m
Comprobación de altura y ancho del sistema		No cumple!

Comprobación de la carga dinámica (detenida)

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3
Factor de ancho (entre la barrera colocada y la estándar)	$BF_1 =$	1.67	
Carga dinámica (presión e impulso según Wendeler)	$MD_{dyn,1} =$	87	52 kN/m <sup>2</sup> $h_{fl}$
Resistencia contra la carga dinámica	$RD_{dyn,1} =$	60	60 kN/m <sup>2</sup> $h_{fl}$
Factor de Seguridad	$SF_{dyn,1} =$	0.69	1.16
Comprobación de la carga dinámica max.		No cumple!	cumple!

Comprobación de la máxima carga estática (sobrepaso)

	Caso de carga 1	Caso de carga 2	Caso de carga 3
Factor de reducción de la presión hidrostática (permeabilidad)	$HF =$	1.0	
Carga estática (presión hidrostática según Wendeler)	$MD_{stat,1} =$	82	74 kN/m <sup>2</sup>
Resistencia frente a la carga estática	$RD_{stat,1} =$	36	36 kN/m <sup>2</sup>
Factor de Seguridad	$SF_{stat,1} =$	0.44	0.49
Comprobación de la máxima carga estática		No cumple!	No cumple!
Comprobación de la barrera			No cumple!

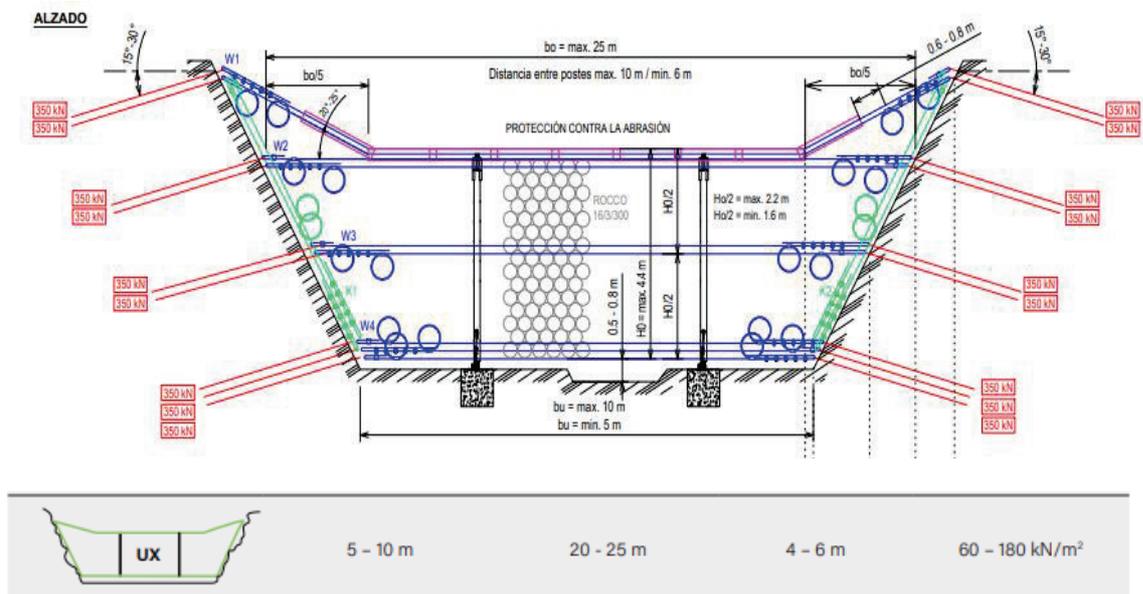
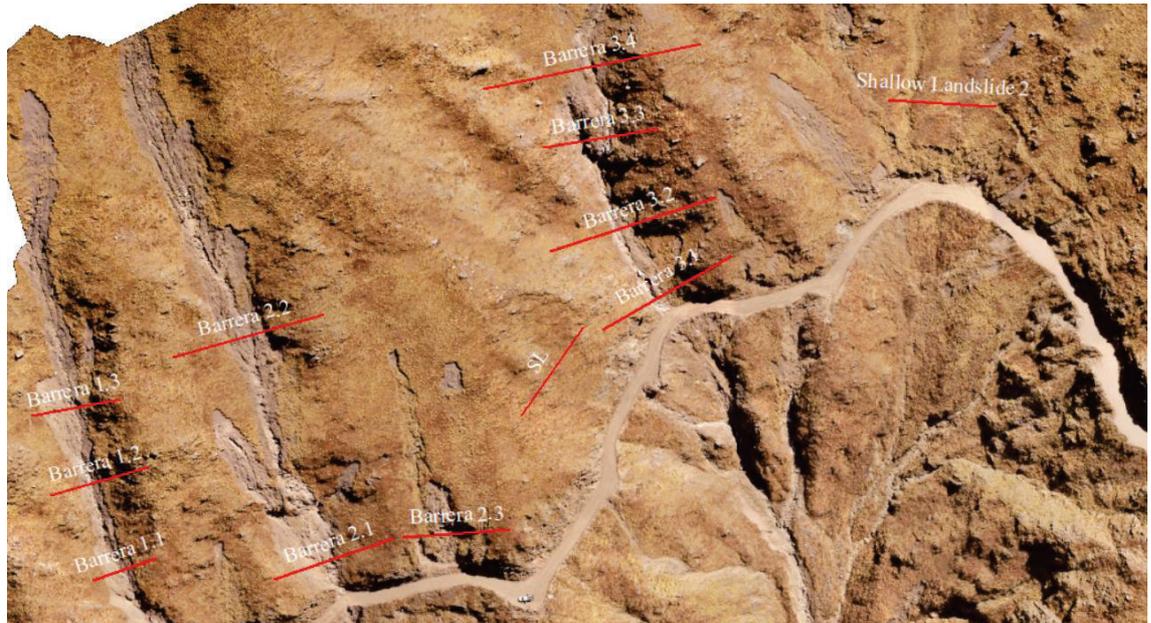
Agregar nueva ubicación de barrera

El estudio se centró en la implementación de barreras flexibles como medida principal de control de flujo para los cauces antes mencionados. Al utilizar el software se definen las características principales de estos, tales como pendientes (a partir del uso del software

Global Mapper y utilizando el DEM generado previamente), tipo de flujo (granular, flujo de lodo), características del material, volumen estimado de detritos y velocidades del flujo (estimadas en base a la ubicación propuesta de la barrera y resultados provenientes de la modelación en HEC-RAS)

El uso en conjunto de Global Mapper y DEBFLOW permitió optimizar la localización de las barreras.

A continuación, se adjuntan imágenes que ilustran la ubicación de cada barrera y las especificaciones técnicas que estas conllevan.

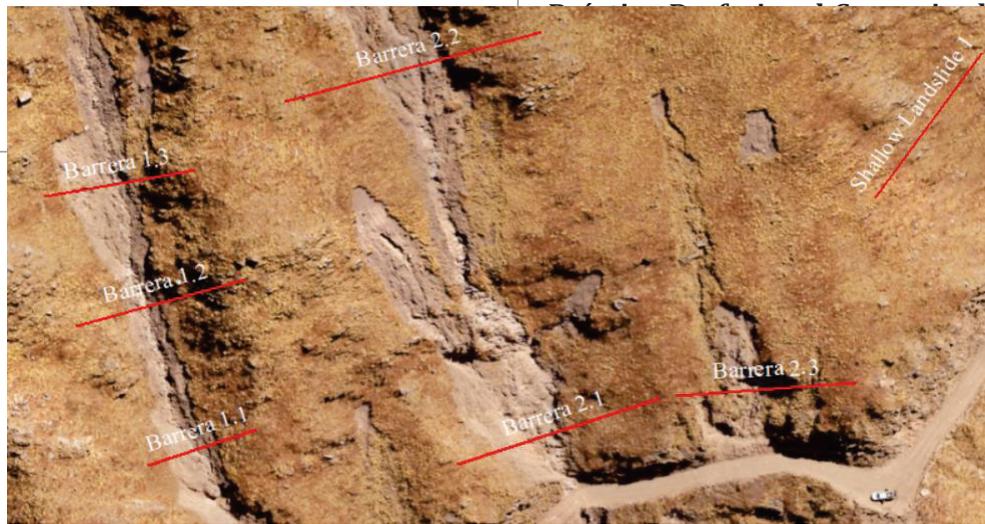


#### 4.5.1. Ejemplo de cálculo: Barreras cauce 1

Para establecer la ubicación de cada una de las barreras, los dos aspectos fundamentales a tener en cuenta son, que cumpla con la finalidad de retener el volumen de sólidos definidos para cada cauce y que sea una zona de menor velocidad para generar un

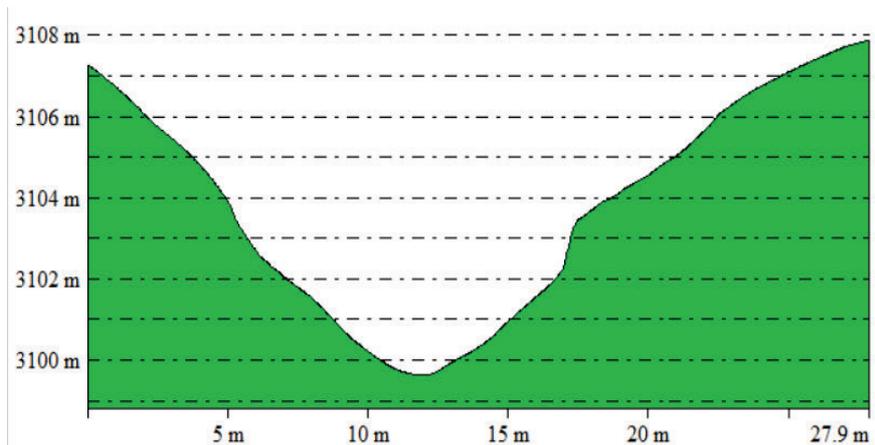


mayor depósito de estos. A partir de varias iteraciones se proponen las ubicaciones definitivas que cumplan con ambos requerimientos:

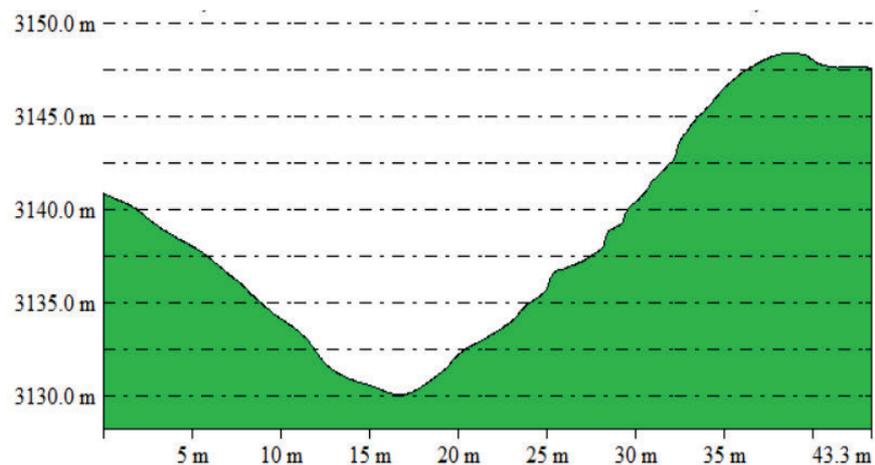


Las secciones transversales del cauce, en los puntos donde se considera oportuno colocar las barreras se adjuntan a continuación.

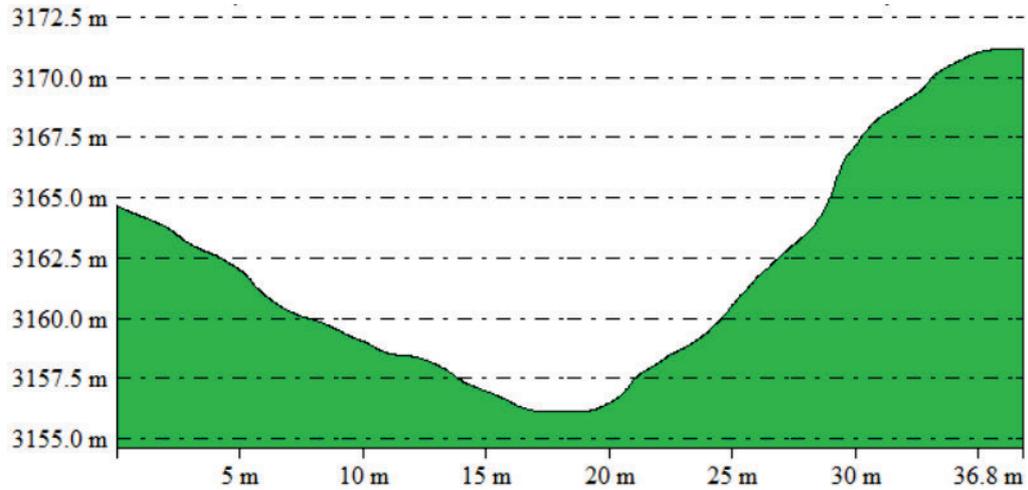
- Sección transversal cauce en 1.1



- Sección transversal del cauce en 1.2



- Sección transversal del cauce en 1.3

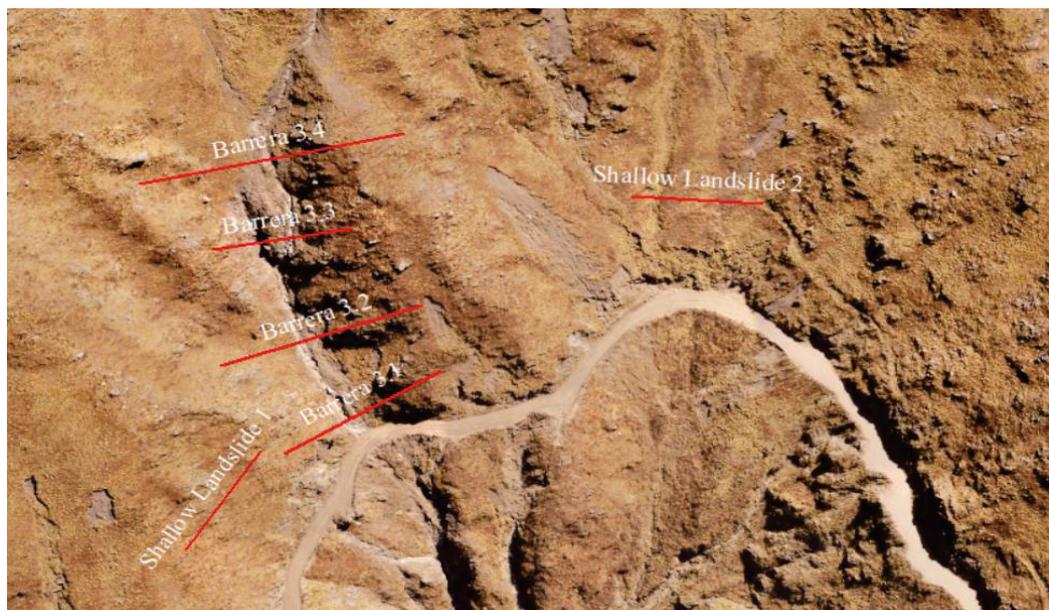


A modo resumen se presentan las soluciones propuestas para el cauce 1:

CAUCE 1	DIMENSIONES			SISTEMA
	Bo	Bu	Ho	
Barrera 1.1	5.5	24	6	UX - 120 - H6
Barrera 1.2	7	24	6	UX - 120 - H6
Barrera 1.3	6	19	6	UX - 120 - H6

#### 4.5.2. Barreras para deslizamientos superficiales (Shallow Landslide)

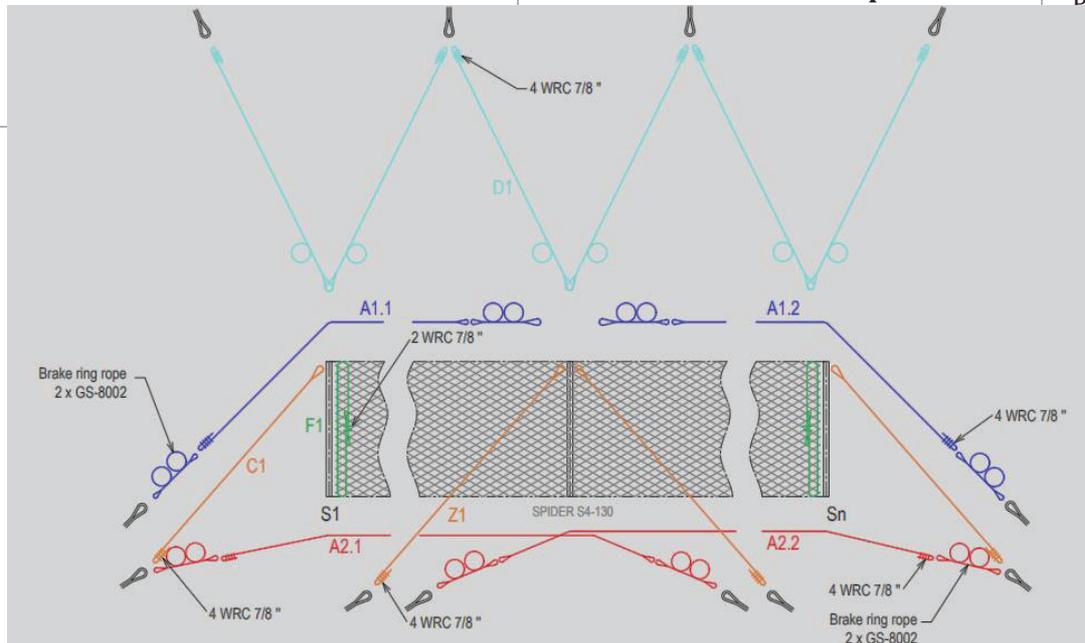
Reforzando la estrategia de realizar un plan integral de mitigación de riesgos y como medida complementaria para los sectores donde los desprendimientos no se encuentran encauzados, se proponer la instalación de a las barreras de tipo Shallow Landslide (SL) para la mitigación de posibles deslizamientos de suelos.





El dimensionamiento y características de dichas barreras se determina de forma análoga, mediante una herramienta en línea en la página oficial de Geobruigg, en esta oportunidad la herramienta es SHALLSLIDE.

	<b>Práctica Profesional Supervisada</b>	PAG. [27]
--	---	--------------



Como medio de protección contra deslizamientos superficiales le ofrecemos dos tipos de barreras. Las barreras **SL-150**, que están diseñadas para soportar una presión dinámica máxima de 150 kN/m<sup>2</sup> y cuentan con nuestra red de cables en espiral **SPIDER**®, que trabaja en conjunto con una malla secundaria para contener los deslizamientos de tierra. Por su parte, la barrera **SL-100** utiliza como elemento de retención la malla **TECCO**® **G65/4**, y es capaz de absorber una presión dinámica máxima de 100 kN/m<sup>2</sup>.

Ambas versiones tienen en común que pueden ser instaladas con un mínimo de recursos, lo que ofrece un ahorro considerable en términos de coste y tiempo de instalación. Los componentes se pueden llevar al emplazamiento mediante helicóptero, **en ningún caso se necesita maquinaria pesada o realizar ningún tipo de movimiento de tierras**. Además, nuestras barreras también son **muy respetuosas con el medio ambiente**, tienen impacto ecológico mínimo en el entorno natural y son apenas visibles desde la distancia.



## 5. Propuesta Glencore S.A.

A partir del análisis realizado con el software HEC-RAS y las herramientas proporcionadas por Geobruigg, se lograron identificar las áreas más críticas para la generación de flujos de detritos en el camino de acceso al proyecto minero. Estos resultados permitieron elaborar una propuesta técnica que incluye medidas de mitigación específicas y soluciones adaptadas a las condiciones topográficas y climáticas de la región.

Mi aporte principal consistió en procesar y analizar los datos obtenidos, interpretando los resultados del modelo hidráulico y colaborando en la adaptación de las herramientas técnicas al contexto del proyecto. Además, contribuí a la elaboración de la propuesta final, asegurando que las recomendaciones fueran claras, aplicables y alineadas con los objetivos de seguridad y sostenibilidad de Glencore S.A.

Actualmente, nos encontramos a la espera de la respuesta de la empresa para definir los próximos pasos y ajustar, si es necesario, las soluciones planteadas.



## 6. Capacitación

Durante el periodo de las prácticas profesionales, tuve la oportunidad de realizar un curso de Global Mapper, el cual permitió adquirir un conocimiento profundo sobre el uso de este software. Durante la formación, se exploraron sus múltiples herramientas y funcionalidades, enfocadas principalmente en el manejo de datos geoespaciales, análisis topográfico y generación de mapas.

Entre las principales ventajas del software se puede destacar:

- Versatilidad en el manejo de datos geoespaciales
- Análisis topográfico avanzado: permite la generación de modelos digitales de elevación, curvas de nivel y análisis de pendientes con alta precisión
- Facilidad de uso
- Capacidad de visualización 3D: permite una mejor interpretación y análisis de terrenos

Gracias a este curso, cuya duración fue de 14hs reloj, se adquirieron habilidades que fortalecieron la experiencia profesional y resultaron de gran utilidad en el proyecto mencionado.

## 7. Conclusión

Las pasantías en GeoEnergía representaron una oportunidad única para desarrollar habilidades técnicas y prácticas, combinando aprendizaje académico con experiencias de campo y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas. Esta etapa fue sumamente valiosa tanto para mi formación profesional como personal, considero que pude cumplir con los objetivos planteados a la hora de realizar las practicas, siendo una muy buena experiencia para mi futuro profesional.

Uno de los aspectos más destacados fue la posibilidad de capacitarme en el manejo de software especializado como HEC-RAS, una herramienta clave para el análisis hidráulico y la simulación de escurrimientos. Este aprendizaje me permitió adquirir una comprensión profunda de su aplicación en proyectos reales, especialmente en escenarios complejos como el análisis de flujos no newtonianos en alta montaña.

Otro punto relevante fue el aprendizaje práctico en el uso de drones. Durante las pasantías, no solo adquirí experiencia en la planificación y ejecución de vuelos utilizando aplicaciones como DroneLink, sino que también procesé las imágenes capturadas con software como Pix4D, generando modelos digitales de terreno precisos que luego analicé con Global Mapper. Este proceso fue clave para integrar diferentes tecnologías y aplicarlas al análisis geoespacial y topográfico.

Además, tuve la oportunidad de utilizar herramientas online como DEBFLOW de Geobruigg, lo que me permitió entender y dimensionar soluciones para problemas reales relacionados con la contención de flujos de detritos. Este tipo de plataformas representa un complemento esencial para proyectos en contextos de alta montaña, donde los retos geotécnicos e hidráulicos son especialmente desafiantes.

Por último, quiero destacar la formación recibida en Global Mapper, una herramienta SIG que, aunque no había explorado previamente durante la carrera, demostró ser indispensable para el procesamiento de datos geoespaciales y el análisis de información topográfica. Este aprendizaje amplió significativamente mis competencias técnicas y complementó mi capacidad para abordar proyectos desde una perspectiva integral.

En resumen, las pasantías en GeoEnergía me permitieron aplicar conocimientos previos y adquirir nuevas habilidades, enriqueciendo mi desarrollo profesional, especialmente en el uso de tecnologías avanzadas para la resolución de problemas reales.



## 8. Comentarios personales

Considero que el desarrollo de las pasantías en GeoEnergía fue una experiencia profundamente enriquecedora y significativa, tanto a nivel personal como profesional. Estas prácticas no solo me brindaron la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera, sino que también me permitieron ampliar mis horizontes y seguir aprendiendo en un entorno profesional real.

Quiero expresar mi agradecimiento a Gustavo y Cristina por haber confiado en mí y ofrecerme esta oportunidad. Su experiencia y orientación constante marcaron una diferencia significativa en mi formación, ayudándome a abordar desafíos complejos con mayor confianza y proporcionándome una visión más completa de cómo aplicar la ingeniería en el contexto laboral. Además, el ambiente de trabajo en GeoEnergía fue excepcional, creando un espacio ideal para el aprendizaje y el desarrollo profesional.

Estas pasantías me ayudaron a comprender la importancia de las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) como un puente entre la teoría y la práctica. A través de ellas, pude aplicar conceptos clave de la carrera, descubrir nuevas herramientas y enfrentar problemas reales que difícilmente podrían abordarse en un entorno exclusivamente académico. Es fundamental que los estudiantes tengan más oportunidades como está a lo largo de la carrera, ya que fomentan el interés, la motivación y la pasión por la ingeniería, recordando por qué eligieron esta profesión.

Finalmente, considero que sería muy valioso incorporar en el plan de estudios más materias con un enfoque netamente práctico, como Hidrología II, que permite a los estudiantes trabajar con casos reales y aprender herramientas esenciales para el ejercicio profesional. Este tipo de formación complementa perfectamente los conocimientos teóricos y fortalece las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos de la ingeniería en el mundo laboral.

## 9. Recomendaciones para futuras practicas

Para aprovechar las prácticas profesionales, considero fundamental enfocarse en ampliar los conocimientos más allá de los adquiridos durante el cursado. Explorar áreas poco abordadas en la carrera, desarrollando una visión más integral del campo profesional.

## 10. Bibliografía

1. Cantú, A., Cátedra Práctica Profesional Supervisada, Redacción y presentación de informes técnicos, Facultad de Ingeniería UNCuyo, Mendoza.
2. Debflow. (25.03.2021). Manual de software Debflow. [en línea]. Disponible en: [Manual Debflow](#)
3. US Army Corps of Engineers. HEC-RAS User's Manual. Hydrologic Engineering Center. [en línea]. Disponible en: [HEC - RAS](#)
4. US Army Corps of Engineers. HEC-HMS User's Manual. Hydrologic Engineering Center. [en línea]. Disponible en: [HEC - HMS](#)
5. Geobruigg. Página oficial de Geobruigg. [en línea]. Disponible en: [Geobruigg](#)