

Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo
para evitar Colapsos de Relaves Mineros
usando Paradigma Funcional

PARADIGMAS DEL LENGUAJE
DE PROGRAMACIÓN

Mendez Cruz Angely
Mendez Cruz Ciara

Realidad Problemática

- En nuestro país y a nivel mundial la tendencia actual de la minería es ser responsable de sus operaciones y protector del medioambiente. Sin embargo, la explotación de los recursos metálicos deja grandes residuos que, de no atenderse inmediatamente, podrían representar una grave amenaza al ecosistema.
- Febrero del 2019, el depósito de relaves mineros de Vale en Brumadinho, de la mina Córrego do Feijão, estaba inactivo desde 2016, pero se rompió por completo, y además del extenso daño humano, contaminó el río Paraopeba.
- Otro caso reciente contribuyendo a la contaminación es el desastre ambiental, que generó el derrame de relaves en Mina Cobriza del Perú, afecto al río Mantaro, el accidente provocó que 37.000 m³ de relaves cayeran al río, afectando a la vecina localidad de Expansión, el pasado 10 de julio del 2020.

- Nos planteamos la siguiente problemática ¿Será posible generar un Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo para evitar Colapsos de los Relaves Mineros usando Paradigma de Programación Funcional?



Contaminación al río Mantaro

Justificación

Por lo que surge el propósito de resolver la problemática, el cual es evitar y alertar el colapso de relaves mineros, de ese modo prevenir accidentes que suelen originarse por circunstancias como el mal manejo y supervisión de relaves durante la operación.



Contaminación a la quebrada Siphoc, Ancash (2018)

Objetivos

General

- Desarrollar un sistema estándar de monitoreo y alerta temprana usando paradigma de programación funcional para depósitos de relaves mineros que, a través de una plataforma de gestión de información, proporcione a autoridades, compañías mineras y ciudadanos, información de calidad, confiable y oportuna sobre los relaves .

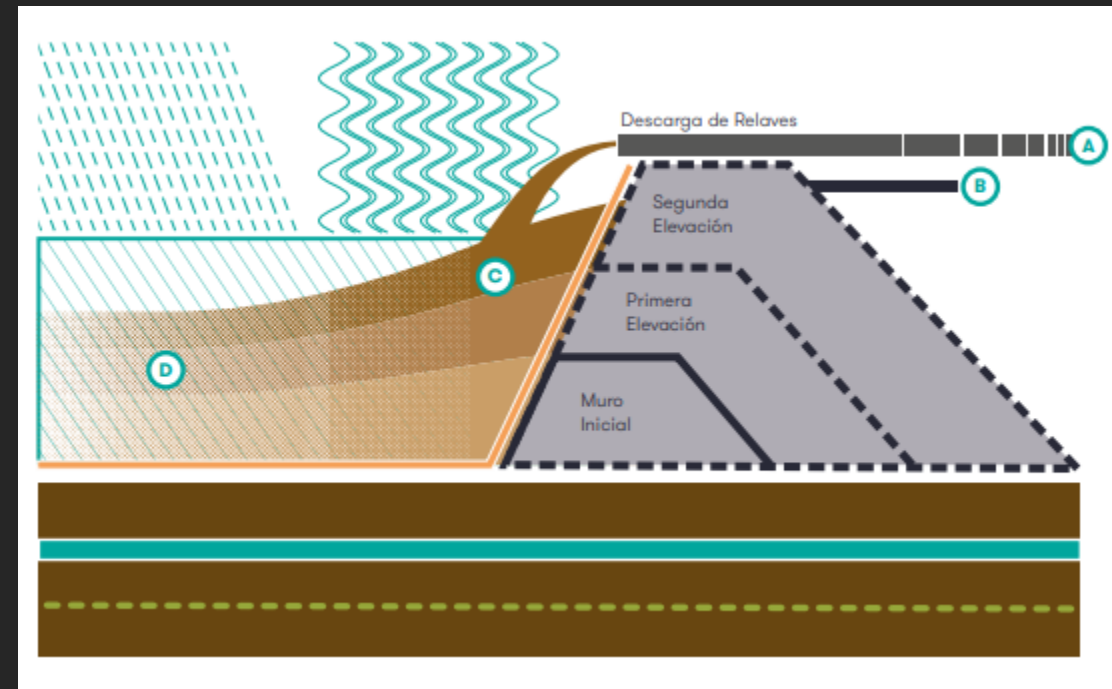
Específico

- Emplear el paradigma de programación funcional para la creación del sistema de monitoreo, ya que este paradigma facilita el código más corto, sencillo, legible y preciso.
- Controlar el colapso de relaves mineros y así prevenir desastres que generen víctimas fatales y desaparecidos, y al medio ambiente por el nivel altísimo de toxicidad que estos emiten.



Relaves Mineros

- Según el Instituto de Estudios Energéticos Mineros denominado Legislación Ambiental en la Minería Peruana, el relave viene a ser el residuo resultante del proceso de concentración de minerales, constituido en un lodo que contiene mineral sedimentado en pequeñas fracciones de rocas inertes e inocuas en grandes volúmenes.



Programación Funcional

- Según la Enciclopedia libre en Español Wikipedia, en informática, la programación funcional es un paradigma de programación declarativa basado en el uso de verdaderas funciones matemáticas. En este estilo de programación las funciones son ciudadanas de primera clase, porque sus expresiones pueden ser asignadas a variables como se haría con cualquier otro valor; además de que pueden crearse funciones de orden superior.

Tradicional

```
bool estaCosme = false;
foreach (var alumno in alumnos)
{
    if (alumno.Name == "Cosme")
    {
        estaCosme = true;
        break;
    }
}
```

Funcional

```
alumnos.Any(
    a => a.Name == "Cosme");
```

Método

1. Evaluación e investigación de la Realidad Problemática sobre Relaves Mineros

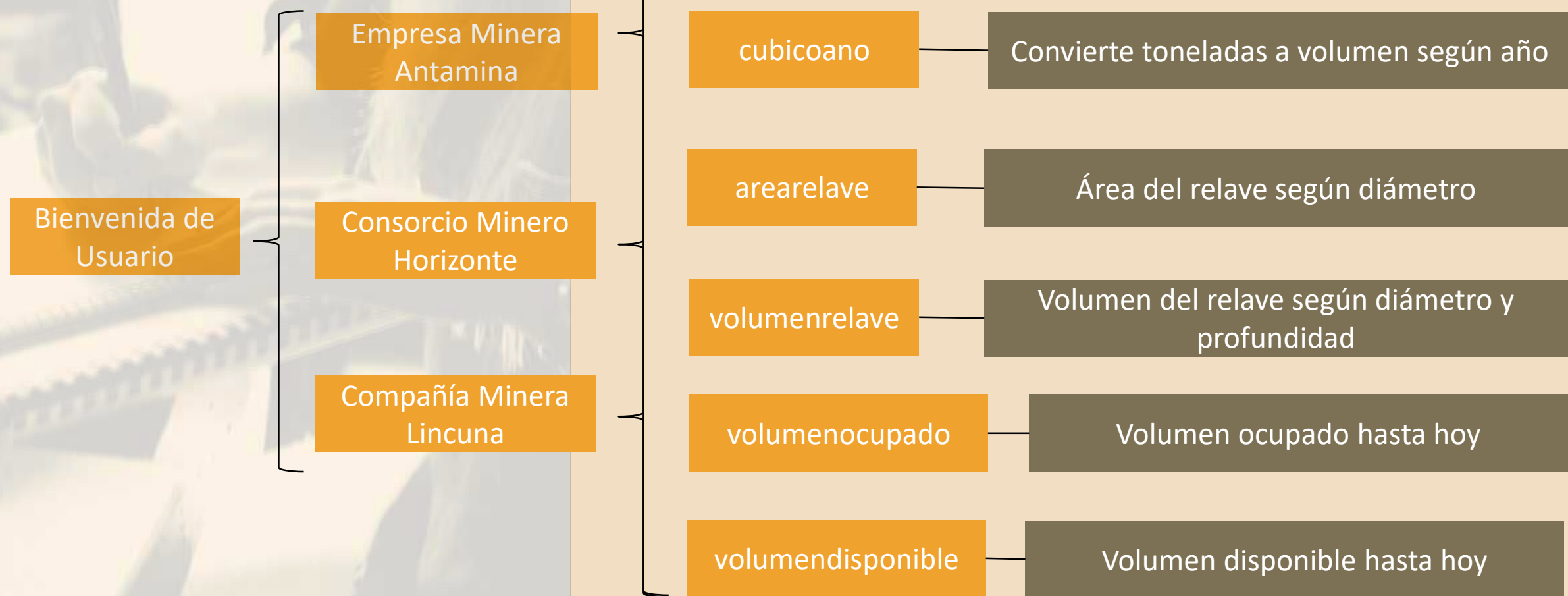


2. Registro de todas las compañías mineras con todas las características que posee el relave.



3. Elaboración del Diagrama de Funciones e Implementación en DrRacket usando programación Funcional

Diagrama de Funciones



Implementación DrRacket



```
13 ;Convierte toneladas a volumen segun tiempo *cubicodia*
14 (define (cubicodia A) ;A=toneladas
15   ;Volumen=Masa/Densidad *Densidad relave: 1200kg/m3
16   (exact->inexact>(* (/ A 1200) 1000)))
17
18 ;Convierte toneladas a volumen segun tiempo *cubicomes*
19 (define (cubicomes A) ;A=toneladas
20   ;Volumen=Masa/Densidad *Densidad relave: 1200kg/m3
21   (exact->inexact>(* (/ A 1200) 1000 30)))
22
23 ;Convierte toneladas a volumen segun tiempo *cubicoano*
24 (define (cubicoano A) ;A=toneladas
25   ;Volumen=Masa/Densidad *Densidad relave: 1200kg/m3
26   (exact->inexact>(* (/ A 1200) 1000 360)))
```

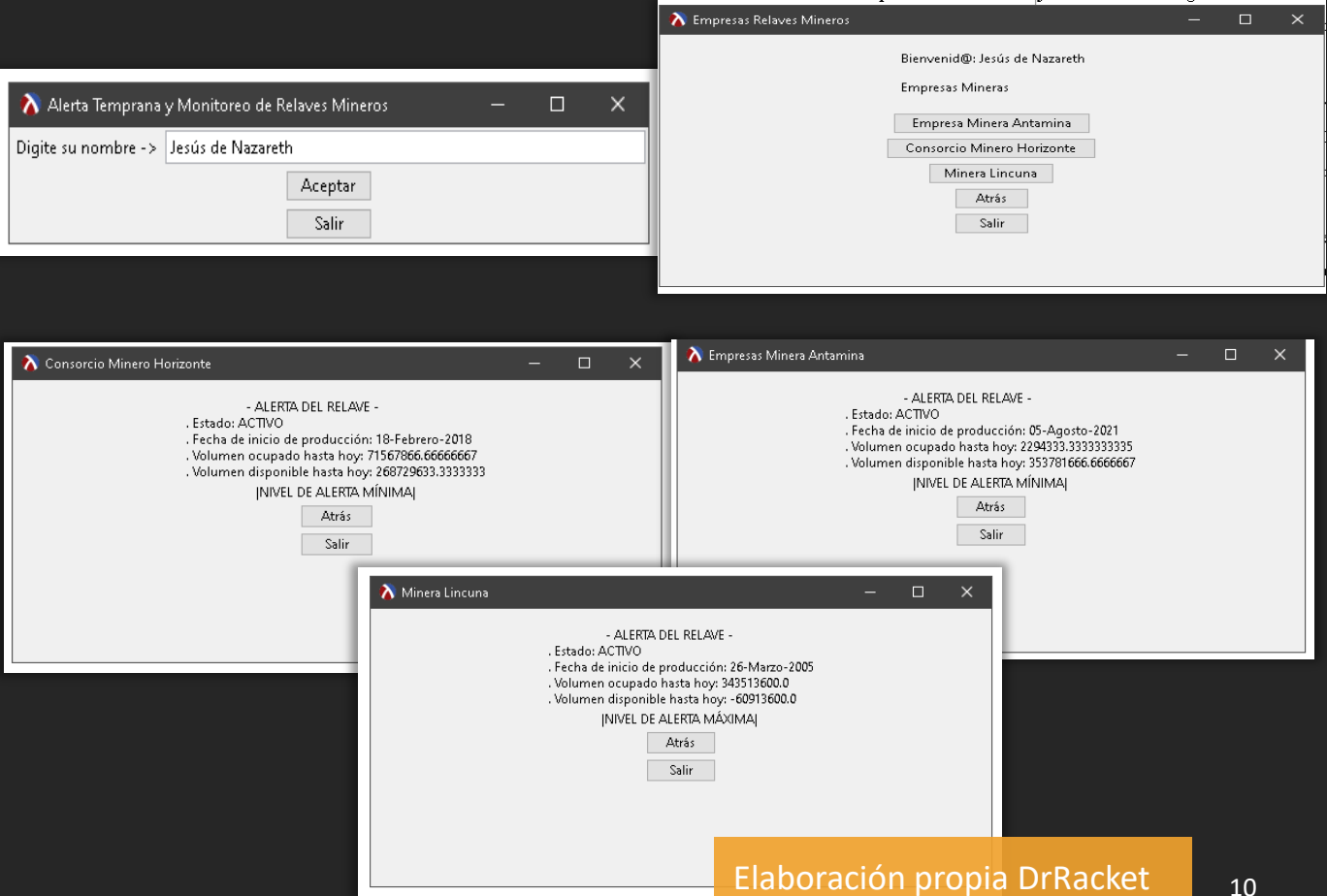
```
36 ;Area del relave segun diametro *areadelcirculo*
37 (define (arearelave A) ;A=diametro
38   ;Area=0.25*(pi=3.14)*Diametro*Diametro
39   (exact->inexact(* 0.25 3.14 A A)))
40
41 ;Volumen del relave segun diametro y profundidad *m3*
42 (define (volumenrelave A B) ;A=diametro B=profundidad
43   ;Volumen=Area*Profundidad
44   (exact->inexact(* (arearelave A) B)))
```

```
56 ;Volumen ocupado hasta hoy
57 (define (volumenocupado B C) ;B=dias C=indice vector
58   (exact->inexact(* B(cubicodia(vector-ref diast C)))))
59
60 ;Volumen disponible hasta hoy
61 (define (volumendisponible C) ;B=dias C=indice vector
62   (exact->inexact(-(volumenrelave(vector-ref diametro C) (vector-ref profundidad C))
63     (volumenocupado (vector-ref diashastareporte C) C) )))
64
```

Elaboración propia DrRacket

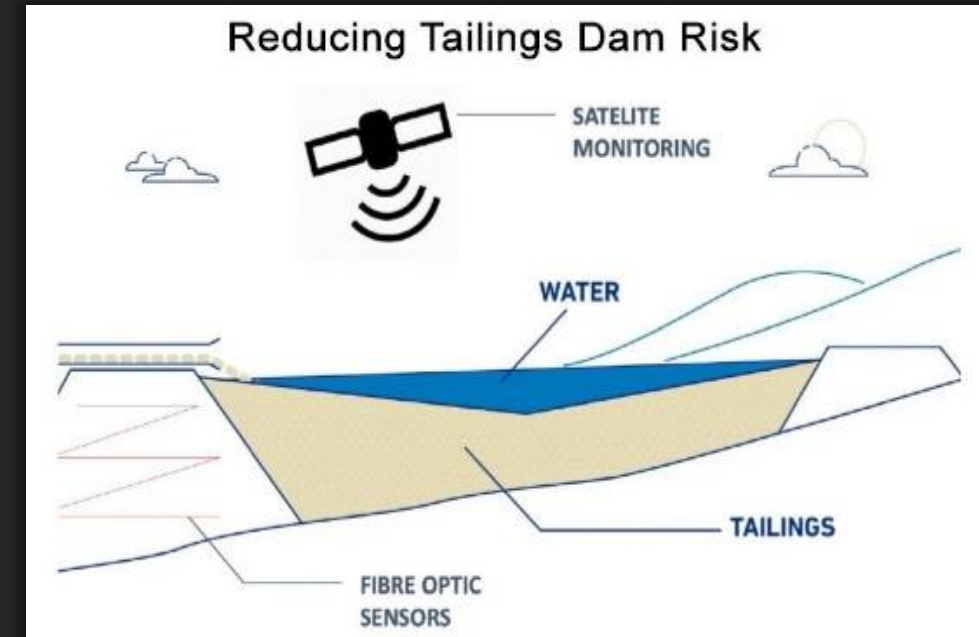
Resultados

-COMPAÑIA MINERA- Antamina-Huaraz-Ancash		-COMPAÑIA MINERA- Consorcio Minero Horizonte-Pataz-Recuay		-COMPAÑIA MINERA- Minera Lincuna-La Libertad-Ancash	
-PRODUCCIÓN DEL RELAVE- t =Tolenadas m^3 =Metros cúbicos Dia(t):68830 Dia(m^3):57358.333333333336 Mes(t):2064900 Mes(m^3):51622500.0 Año(t):24778800 Año(m^3):7433640000.0		-PRODUCCIÓN DEL RELAVE- t =Tolenadas m^3 =Metros cúbicos Dia(t):65860 Dia(m^3):54883.333333333336 Mes(t):1975800 Mes(m^3):49395000.0 Año(t):23709600 Año(m^3):7112880000.0		-PRODUCCIÓN DEL RELAVE- t =Tolenadas m^3 =Metros cúbicos Dia(t):68520 Dia(m^3):57100.0 Mes(t):2055600 Mes(m^3):51390000.0 Año(t):24667200 Año(m^3):7400160000.0	
-CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE- m =Metros m^2 =Metros cuadrados m^3 =Metros cúbicos *Diametro(m):1800 *Área(m^2):2543400.0 *Profundidad(m):140 *Volumen total(m^3):356076000.0		-CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE- m =Metros m^2 =Metros cuadrados m^3 =Metros cúbicos *Diametro(m):1700 *Área(m^2):2268650.0 *Profundidad(m):150 *Volumen total(m^3):340297500.0		-CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE- m =Metros m^2 =Metros cuadrados m^3 =Metros cúbicos *Diametro(m):1500 *Área(m^2):1766250.0 *Profundidad(m):160 *Volumen total(m^3):282600000.0	
-ALERTA DEL RELAVE- *Estado: ACTIVO *Fecha de inicio de producción: 05-Agosto-2021 *Dias transcurridos hasta hoy: 40 dias. *Volumen ocupado hasta hoy: 2294333.3333333335 *Volumen disponible hasta hoy: 353781666.6666667 [NIVEL DE ALERTA MINIMA]		-ALERTA DEL RELAVE- *Estado: ACTIVO *Fecha de inicio de producción: 18-Febrero-2018 *Dias transcurridos hasta hoy: 1304 dias. *Volumen ocupado hasta hoy: 71567866.66666667 *Volumen disponible hasta hoy: 268729633.3333333 [NIVEL DE ALERTA MINIMA]		-ALERTA DEL RELAVE- *Estado: ACTIVO *Fecha de inicio de producción: 26-Marzo-2005 *Dias transcurridos hasta hoy: 6016 dias. *Volumen ocupado hasta hoy: 343513600.0 *Volumen disponible hasta hoy: -60913600.0 [NIVEL DE ALERTA MÁXIMA]	



Discusión

- Empresa Minera Antamina y el Consorcio Minero Horizonte la ALERTA DEL RELAVE, es NIVEL DE ALERTA MÍNIMA, por el contrario La Minería Lincuna arroja un resultado negativo con NIVEL DE ALERTA MÁXIMA, por lo que el usuario puede interpretar como una advertencia y avisar a las autoridades tanto de la empresa como de la localidad.



Angloamerican, control de presas de relaves (2019)

- Según Perú Minero (2019), en la mina de cobre Quellaveco en Perú, la compañía minera diversificada Anglo American implemento nuevas técnicas que le dan a la empresa mucho más control sobre las presas de relaves. que proporcionan un monitoreo en tiempo real de la deformación, filtración y posible colapso ante terremotos o lluvias.

Conclusiones

- Se logró desarrollar un sistema estándar de monitoreo y alerta temprana usando paradigma de programación funcional para depósitos de relaves mineros, el cual proporciona información características importantes, volúmenes total y disponible sobre el desempeño de los relaves en la actualidad y en que condición se encuentran para ser declarados con alerta mínima o máxima.
- Se implementó funciones y operaciones usando el paradigma de programación funcional, las que me permitieron encontrar resultados sobre los relaves mineros y por tanto con esos resultados lograr controlar el colapso de los mismos y tomar acciones frente a resultados que indiquen que el relave no es favorable para la sociedad.



Trabajos futuros y recomendaciones

- Se propone ampliar la investigación, para conocer la cantidad de días restantes que le quedan al relave minero antes del colapso, también determinar el área del muro de contención que amortigua y rodea cada uno de estos depósitos.
- Se propone que este sistema sea usado por autoridades, compañías mineras y asociaciones especializadas en análisis de monitoreo y control de los volúmenes y capacidades de los relaves mineros de ese modo se podrá tener perspectivas diferentes y futuros cambios al presente trabajo.





Fotografía Consorcio Nuevo Horizonte

¡Gracias!