



Universidad Internacional SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

Plan de Investigación de Fin de Carrera Titulado:

**“SOLIDIFICACIÓN DE RELAVES DE UNA EMPRESA MINERA
2016, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND PARA LA
FABRICACIÓN DE JARDINES MINIATURA”.**

Realizado por:

PRISCILA ESTEFANIA GUAÑUNA DIAZ

Director del proyecto:

M.Sc. KATTY CORAL C.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

AÑO

2016 – 2017

Industria Minera



Tiene **dos parámetros fundamentales** : sustenta su actividad de desarrollo y genera riqueza de un país



Todos los materiales empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos mediante la minería



Relaves "lodos"



Solidificación



Residuos tóxicos y Peligrosos

Creación

TECNOLOGIAS EFICIENTES



Fuente:
Holcim (2016).
El Comercio (2014).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Solidificar relaves de una empresa minera, utilizando Cemento Portland Puzolánico para la fabricación de jardines miniatura inertizados.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la capacidad contaminante de los relaves mineros vía residuo y vía lixiviado para la determinación de su peligrosidad.
- Determinar el nivel de inertización obtenida a través de ensayos de lixiviación para el aprovechamiento de los lodos.

METODOLOGÍA

Procedimientos de campo

Tamaño de la Muestra

$n=2$

Cantidad necesaria para el proceso de Solidificación

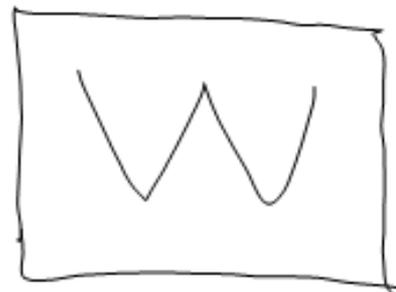
Muestras representativas

Toma de muestras:
SISTEMÁTICA

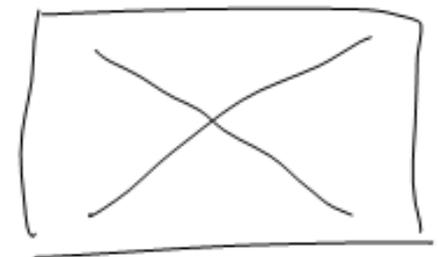


Peso inicial de las muestras

Grafico 3. Toma de muestra de manera sistemática



(W)



(X)

Fuente: (Sanmartín, 2014) 1

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Siete ensayos diferentes

Elaboración y diseño de moldes

Moldes estructurales y resistentes

En función del volumen que se alojaría

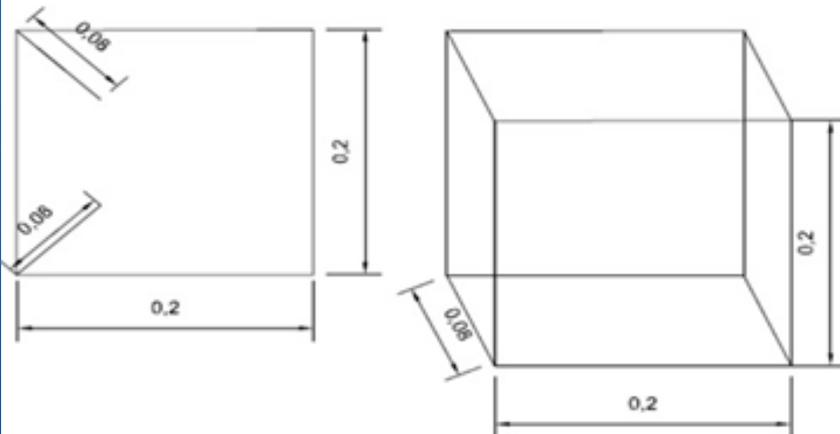
Molde cuadrilátero :

20 largo x 20 ancho cm

Albergar un volumen de 0,008 m³

Numero total de moldes: siete

Dimensiones del Molde de 20 x 20 cm



Largo	20 cm	→	0.2 m
Ancho	20 cm	→	0.2 m
Grosor	8 cm	→	0.08 m
$V = l \cdot a \cdot h = (0.2 \text{ m})^3$			
$V = 0.008 \text{ m}^3$			



PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Ensayo Blanco

Materias primas:
cemento , agregados
finos, agua y aditivo

Proporciones de mortero

C: A

Volumen Cemento

Volumen Agregado fino

Elaborado por: Estefania Guañuna 2016.

Fuente: (Rivera, 2006b).

Proporción 3:1

Las proporciones son C: A, es decir 3 volúmenes de cemento con un volumen de arena

2400g - Cemento
800g - Arena Fina

Cantidad de agua 1000mL y
50 ml de aditivo.
Tiempo de fraguado 72 horas

Cantidad de
Cemento a ser
empleado= 2400g

Muestras
Inertizadas

3 ensayos por
cada muestra
TOTAL DE
ENSAYOS = 6

Cantidad de agua 1000mL y
50 ml de aditivo.
Tiempo de fraguado 72 horas

MUESTRA 1

ENSAYO 1

3:4:12

c= 2400g
a= 600g
Rs= 200g

ENSAYO 2

3:12:4

c= 2400g
a= 200g
Rs= 600g

ENSAYO 3

3:1

c= 2400g
Rs= 800g

Materias primas:
cemento ,
agregados finos,
residuo sólido, agua
y aditivo

MUESTRA 2

ENSAYO 1

3:4:12

c= 2400g
a= 600g
Rs= 200g

ENSAYO 2

3:12:4

c= 2400g
a= 200g
Rs= 600g

ENSAYO 3

3:1

c= 2400g
Rs= 800g

El procedimiento para la elaboración de **Ensayo Blanco** y **Muestras Inertizadas** se basó en la norma

INEN 2518: 2010
"Morteros para unidades de mampostería. Requisitos"

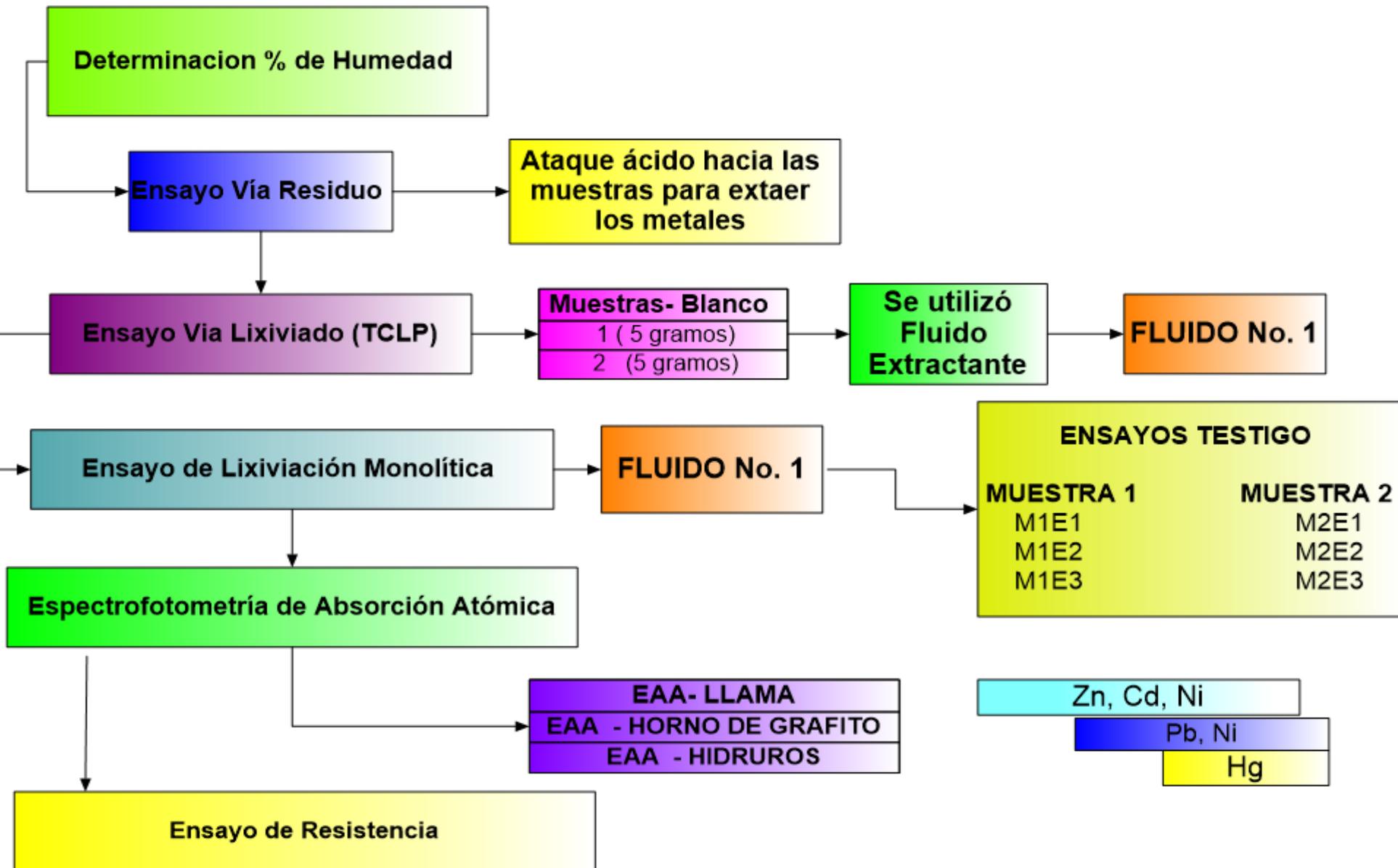
INEN 155: 2009
"Mezcla de Morteros"



Para obtener morteros con alta resistencia, impermeabilidad, durabilidad



3.3 PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO



RESULTADOS

Cálculos del % de humedad

% de Humedad					
Muestra	Peso total de la muestra en g(gramos)	Peso a ser utilizado g(gramos)	Peso Húmedo (PH)	Peso Seco (P _S)	% de Humedad
1	1863	6	5,99	5,96	0,5
2	1478	6	5,98	5,95	0,5

El porcentaje de humedad correspondiente a la **Muestra 1** es **0,5%** en **6 g** de la muestra.

Rangos de concentración de metales

Rango de Concentración de los metales vía residuo

Muestra sin inertizar	Metal	Rango (mg/kg)	Concentración del metal en el residuo
1 y 2	Cd	$\geq 0,99$	Nivel Alto
		0,89	Nivel medio
		$\leq 0,79$	Nivel bajo
	Hg	$\geq 0,25$	Nivel alto
		0,22	Nivel medio
		$\leq 0,20$	Nivel bajo
	Ni	$\geq 99,01$	Nivel alto
		89,11	Nivel medios
		$\leq 79,21$	Nivel bajos
	Pb	$\geq 9,90$	Nivel alto
		8,91	Nivel medio
		$\leq 7,92$	Nivel bajo
Zn	$\geq 247,52$	Nivel alto	
	222,77	Nivel medio	
	$\leq 198,02$	Nivel bajo	

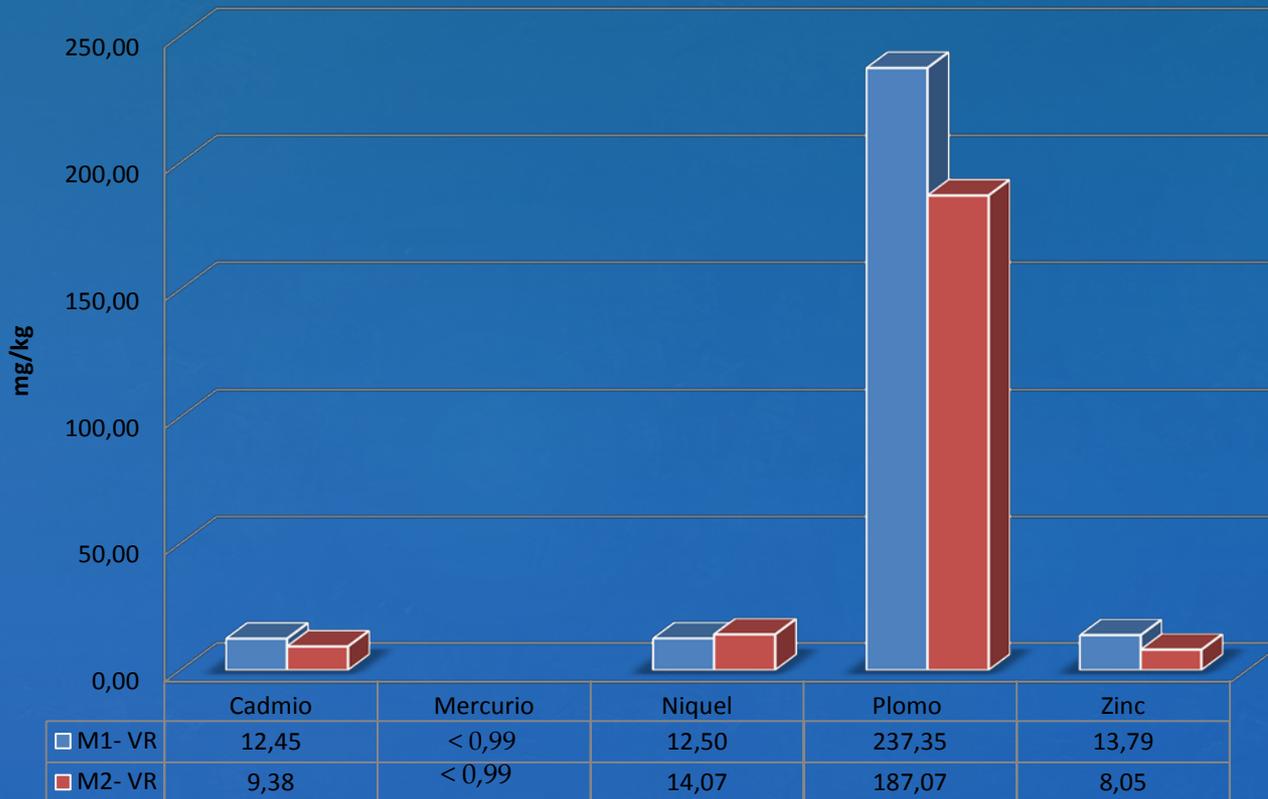
Rango capacidad de lixiviarse los metales

Muestra sin inertizar	Metal	Rango (mg/L)	Concentración del metal en el residuo
1y2	Cd	$\geq 0,02$	Nivel Alto
		0,018	Nivel medio
		$\leq 0,016$	Nivel bajo
	Hg	$\geq 0,005$	Nivel alto
		0,0045	Nivel medio
		$\leq 0,004$	Nivel bajo
	Ni	$\geq 2,0$	Nivel alto
		1,80	Nivel medios
		$\leq 1,60$	Nivel bajos
	Pb	$\geq 0,2$	Nivel alto
		0,18	Nivel medio
		$\leq 0,16$	Nivel bajo
Zn	$\geq 5,00$	Nivel alto	
	4,50	Nivel medio	
	$\leq 4,00$	Nivel bajo	

**Muestras
sin inertizar
1 y 2**

Concentración de metales- Vía Residuo

Muestras sin inertizar – 1 y 2



Cadmio, Plomo,

Concentración de estos metales en el residuo se mantiene en niveles **ALTOS**



Níquel y Zinc

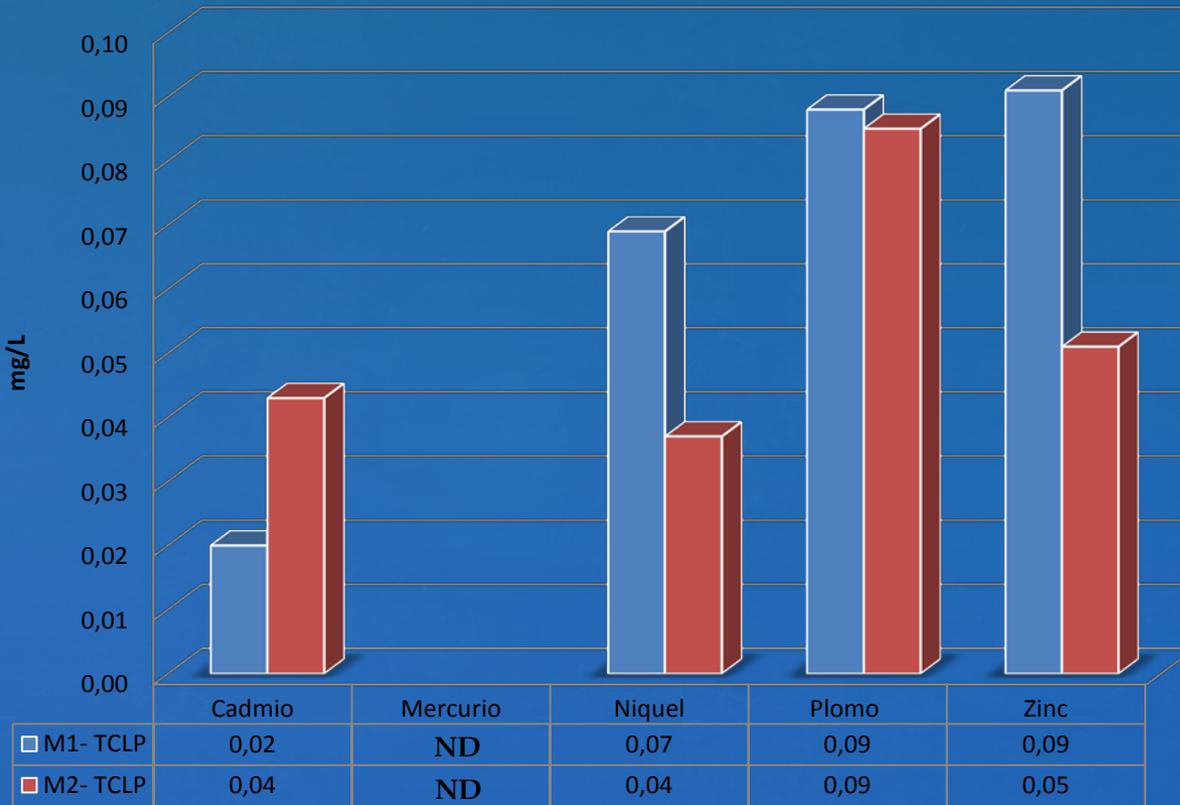
Niveles: **BAJOS**

Mercurio

La concentración fue <0,99 mg/kg demostrándose a partir de los datos obtenidos el metal en el residuo se mantiene en niveles **BAJOS**

Concentración de metales-Vía TCLP

Muestras sin inertizar- 1 y 2



Cadmio
 Capacidad de
 lixiviarse:
ALTA.



Níquel, Plomo y Zinc
 Capacidad de lixiviarse
BAJA

Mercurio (ND)

ND: Límite no detectable. El metal tuvo concentraciones inferiores al límite de detección del equipo utilizado.

Rangos de concentración de metales

Rango capacidad de lixiviarse los metales

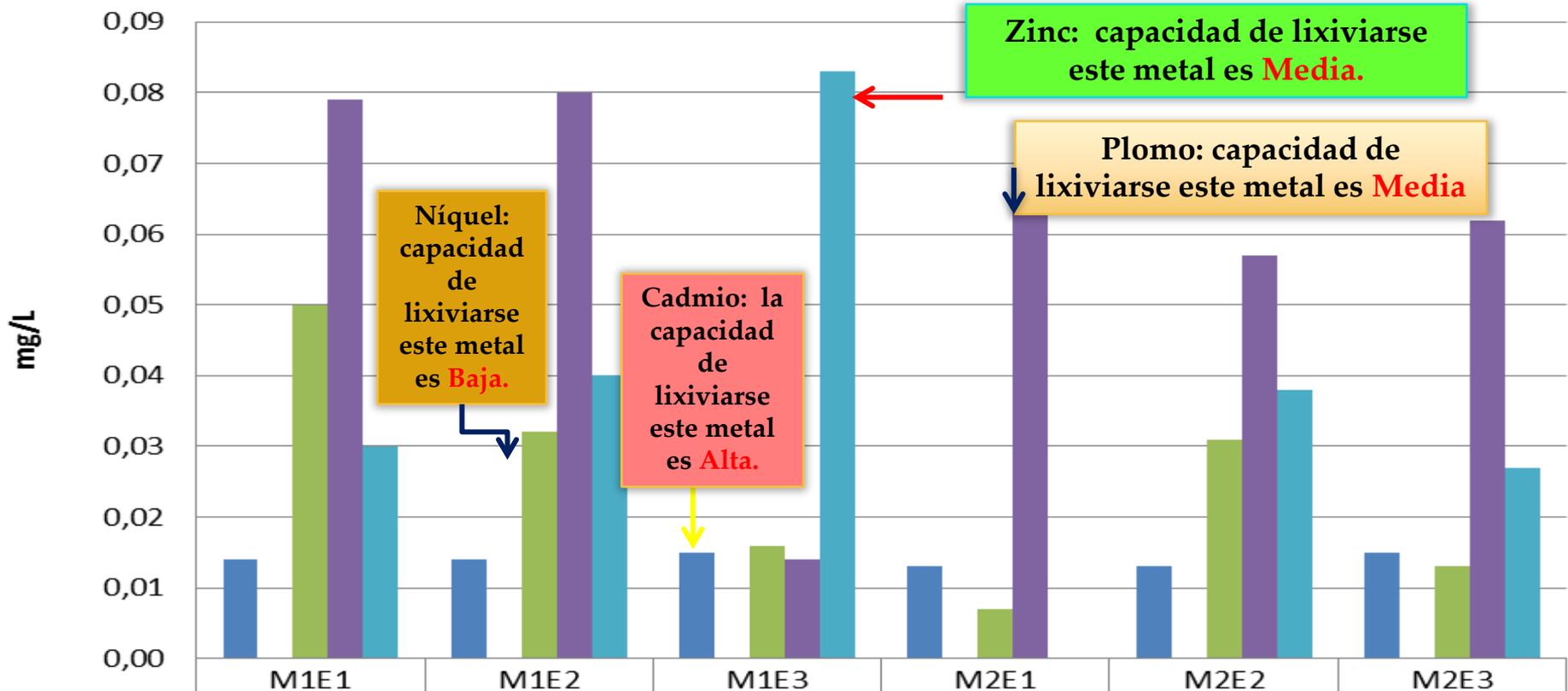
Metal	Rango (mg/L)	Concentración del metal en el residuo
Cd	$\geq 0,02$	Nivel Alto
	0,018	Nivel medio
	$\leq 0,016$	Nivel bajo
Ni	$\geq 2,0$	Nivel alto
	1,80	Nivel medios
	$\leq 1,60$	Nivel bajos
Pb	$\geq 0,2$	Nivel alto
	0,18	Nivel medio
	$\leq 0,16$	Nivel bajo
Zn	$\geq 5,00$	Nivel alto
	4,50	Nivel medio
	$\leq 4,00$	Nivel bajo

Muestras inertizadas

Concentración de metales – Lixiviación Monolítica

Muestras Inertizadas

Concentración de Metales- Muestras Inertizadas
Lixiviación Monolítica



	M1E1	M1E2	M1E3	M2E1	M2E2	M2E3
■ Cadmio	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
■ Mercurio	ND	ND	ND	ND	ND	ND
■ Níquel	0,05	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01
■ Plomo	0,08	0,08	0,01	0,06	0,06	0,06
■ Zinc	0,03	0,04	0,08	< 0,001	0,04	0,03

% de inertización – Muestras inertizadas

Cadmio

- 75 % corresponde a M2E1 (proporción 3:4:12) y M2E2 (proporción 3:12:4)
- 25 % corresponde a M1E3 (proporción 3:1)

Níquel

- 76,9 % corresponde a M1E3 (proporción 3:1)
- 25 % corresponde a M2E2 (proporción 3:12:4)

Plomo

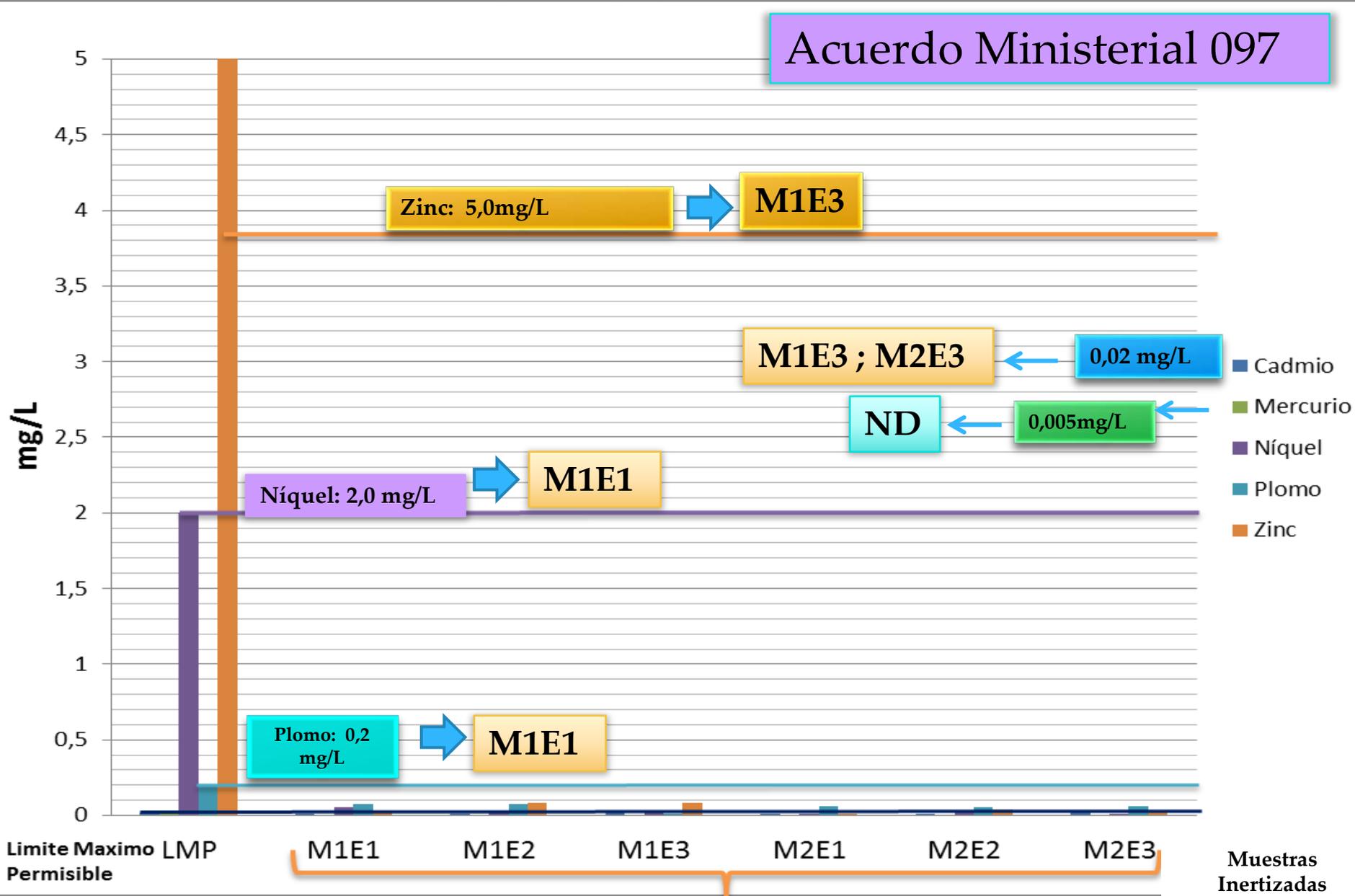
- 84,4 % corresponde a M1E3 (proporción 3:1)
- 11,1% corresponde a M1E1 y M1E2

Zinc

- 100% corresponde a M2E1 (proporción 3:4:12)
- 11,1 % corresponde a M1E3

Mezcla aglomerante y residuo sólido (proporción 3:1), los porcentajes máximos obtenidos correspondientes a los metales analizados (Cd, Ni, Pb, Zn) corresponde a **M2E3**, el cual la mayor cantidad de porcentajes de inertización altos.

Comparación de la concentración de cada metal en muestras inertizadas respecto al Marco legal aplicable (límites permisibles)



Conclusiones

- ⌘ Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se cumplió con los objetivos, general y específicos.
- ⌘ En el presente estudio solo se realizó análisis químico, debido a la escasez de muestras.
- ⌘ Se concluyó durante el desarrollo de la investigación que el tamaño de la muestra debe ser mayor para posteriores investigaciones.
- ⌘ Es importante señalar que no se realizó la prueba de resistencia por motivo que el número de muestras inertizadas fue muy escaso.
- ⌘ A través de las metodologías ejecutadas en la presente investigación se pudo obtener resultados expresan que la concentración de metales pesados.
- ⌘ Es importante señalar que el tratamiento seleccionado (solidificación de relaves mineros) en todas las muestras inertizadas arrojó resultados satisfactorios.

Recomendaciones

- ⌘ Para nuevas investigaciones del mismo tipo de residuo es necesario contar con un mayor número y volumen de muestras.
- ⌘ Evaluar la resistencia de los morteros, con el fin de constatar la aplicabilidad en jardines miniatura, para nuevas investigaciones.
- ⌘ En un futuro es aconsejable muestrear una mayor cantidad de puntos de relaves mineros.
- ⌘ En lo referente al trabajo realizado en laboratorio, se recomienda una mejor planificación.
- ⌘ Se resalta también la posibilidad de tener acceso a las investigaciones anteriores.

Muchas

Gracias