#### UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN

# FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



# APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTION AMBIENTAL EN EL MANEJO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA

Tesis presentado por el Bachiller:

BENAVIDES CHIRE JULIO CESAR

para optar el Título Profesional de

INGENIERO METALURGISTA

AREQUIPA - PERU		
2015	UNSA - SADI	
	No. Doc. <u>B2-M-18101</u>	
	No Ej. 0/ Fecha /5/06/05	
	Firma Registrador	

#### **AGRADECIMIENTOS**

#### **DOY LAS GRACIAS:**

A Dios y mi mamá Elsa Chire Valdivia, por la vida, todo el amor y paciencia desde cuando estuve en su vientre.

A mi esposa por su amor y compañía, en los años que restan en esta hermosa vida.

Y a todos los parientes, amigos que están o estuvieron a mi lado estos años. Y que por varios motivos siempre estarán presentes en las anécdotas y en mi corazón.

INTRODUCCION

En la presente tesis se plantea un mecanismo de gestión ambiental para el

control del drenaje ácido de roca DAR, de un yacimiento polimetálico, este

sistema de gestión ambiental SGA, integra todo tipo de acciones para que la

actividad minero metalúrgica opera de manera amigable con el entorno social y

ambiental. Partiendo con una declaración de principios o postulados

ambientales dirigidos a evitar el desarrollo del DAR. Así por ejemplo utilizar la

prevención como el mejor mecanismo del control del DAR, respeto a las

normas ambientales, armonía con el entorno ambiental y social, y un sistema

de mejoras continuas.

Los diferentes residuos minerales de las actividades minero metalúrgicas serán

evaluadas y valorizadas, con el fin de darle un carácter selectivo en términos

de mayor riesgo ambiental y de prioridad en su control, determinando de esta

manera los aspectos ambientales más significativos AAS, los que conjugando

con los postulados ambientales poder definir los Objetivos y Metas; además el

reconocimiento de actividades críticas, controles operacionales, etc. en

resumen, preparar el Plan de Gestión Ambiental PGA, para el control del DAR.

A continuación se desarrolla como ejecutar el PGA con la organización

necesaria para atender los objetivos devenidos de los AAS (cronogramas y

recursos), implementar todas las medidas de control del DAR sean estas para

atender de manera inmediata a los materiales en desarrollo del DAR, el empleo

de tecnología para minimizar el desarrollo del DAR y acciones para prevenir el

desarrollo del DAR. Todas estas tareas serán controladas y vigiladas tanto por

los controles operacionales controles de gestión y supervisión tanto interna

como externa. Las Auditorias no solo verificaran el desarrollo del PGA sino descubrirán las acciones para aun mejorar el control del DAR y proponer a la

Alta Dirección para continuar mejorando el PGA para el DAR

**Bachiller: BENAVIDES CHIRE JULIO CESAR** 

### APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTION AMBIENTAL EN EL MANEJO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA

## INDICE

#### CAPITULO I

#### **GENERALIDADES**

1.1. 1.2. 1.3. 1.4. 1.5.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA OBJETIVO GENERAL HIPÓTESIS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	02 02 02 03
	CAPITULO II	
	MARCO TEÓRICO	
2.1.	INTRODUCCIÓN	05
2.2.	CRITERIOS ADOPTADOS PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO	06
2.2.1.	POTENCIAL DE DELNAJE ACIDO POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN (PNN)	06
2.2.1.1	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN (PN): SUSTANCIAS CON	
	COMPORTAMIENTO BÁSICO (ÁLCALIS).	06
2.2.2.	RELACIÓN POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN / POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN (PN/PA).	09
2.2.3.	CANTIDAD DE REACTANTES (PN+PA)	08
2.2.4.	CONSIDERACIONES A TENERSE SIEMPRE PRESENTE EN	
	LA CARACTERIZACIÓN DEL DAR	10
2.3.	COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA GENERACIÓN DEL	4.4
2.3.1.	DAR CARACTERÍSTICAS DE LOS SULFUROS METÁLICOS	11
2.3.1.	SUSCEPTIBLES A DISOLVERSE	12
2.3.2.	SOLUCIONES CON IONES OXIDANTES	13
2.3.3.	REACCIONES ELECTROQUÍMICAS CON SULFUROS	
	METÁLICOS: PROCESO REDOX	14
2.3.4.	LIXIVIACIÓN BACTERIANA DE SULFUROS METÁLICOS	15
2.3.5. 2.3.6.	PROCESOS DE LIXIVIACIÓN QUÍMICA BACTERIANA CINÉTICA DE REACCIÓN	16 17
2.3.6. 2.4.	PRINCIPALES REACCIONES QUÍMICAS EN LOS PROCESOS	1 /
<b>⊆</b> .→.	DE DRENAJE ACIDO DE ROCA	19
2.4.1.	OXIDACIÓN DE LA PIRITA.	19
2.4.2.	REACCIONES DEL Fe <sup>2+</sup> y Fe <sup>3+</sup>	20

ACIDO 22.6. EFLUENTES MINEROS Y CARGA METÁLICA 24.6.1. CARGA CONTAMINANTE. 24.6.2. DIVERSIFICACIÓN DE LOS EFLUENTES. 24.6.3. CONTAMINACIÓN AL CUERPO RECEPTOR. 24.7. CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL 25.7.1. SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE 25.7.2. CUERPO RECEPTOR. 26.2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26.3. CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL 27.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 28. CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL 31. CAPITULO SAPECTOS AMBIENTAL 32. CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 31. POLÍTICAS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 32. 33.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES 32. 33.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA DAR 32. ANAGNITUD DEL DAR 36. 33.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 32. 33.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36. 33.2.1 AVALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37. ANAGNITUD DEL COS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37. ANAGNITUD DEL DAR 37. ANAGNITUD DEL COS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37. ANAGNITUD DEL COS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37. ANAGNITUD 45. ANAGNITU	2.4.3. 2.5.	REQUERIMIENTOS DE OXÍGENO IONES METÁLICOS EN LAS SOLUCIONES DE DRENAJE	21
2.6.1. CARGA CONTAMINANTE. 2.6.2. DIVERSIFICACIÓN DE LOS EFLUENTES. 2.6.3. CONTAMINACIÓN AL CUERPO RECEPTOR. 2.7. CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL. 2.7.1. SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE 2.7.2. CUERPO RECEPTOR. 2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 2.6.3. CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 3.3. ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 3.3.2. PLANEAMIENTO 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.1 JOENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.2 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 3.3.2.1 MIPLEMENTALES 3.3.2.1 MORMAS AMBIENTALES 3.3.2.2 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIÓNES 3.3.3.1 PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.2 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.3 PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO 48 3.3.3.4 VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFRORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 50		· · · · · · ·	22
2.6.2. DIVERSIFICACIÓN DE LOS EFLUENTES. 24 2.6.3. CONTAMINACIÓN AL CUERPO RECEPTOR. 24 2.7. CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL 25 2.7.1. SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE 25 2.7.2. CUERPO RECEPTOR. 26 2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26  CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 28 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 31 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 32 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 32 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 33 3.2.2 PLANEAMIENTO 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 36 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.5 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 44 3.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 47 3.3.3.4 VERIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO 47 3.3.3.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 48 3.3.3.9 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 48 3.3.3.1 PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.1 PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.2 ON CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.4 VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50	2.6.	EFLUENTES MINEROS Y CARGA METÁLICA	24
2.6.3.         CONTAMINACIÓN AL CUERPO RECEPTOR.         24           2.7.         CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL         25           2.7.1.         SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE         25           2.7.2.         CUERPO RECEPTOR.         26           2.7.3.         FUENTE DE TRANSFERENCIA.         26           CAPITULO III           SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL           3.1         INTRODUCCIÓN         28           CAPITULO III           SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL           3.2         CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTAL         31           3.3         CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTAL         31           3.3         POLÍTICAS AMBIENTALES         32           3.3         POLÍTICAS AMBIENTALES         32           3.3         3.2         PLANEAMIENTO         32           3.3         3.2.1         POLÍTICAS AMBIENTALES         32           3.3         3.2.1         IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR         33           3.3         3.2.2.1         IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GEN			24
2.7.         CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL         25           2.7.1.         SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE         26           2.7.2.         CUERPO RECEPTOR.         26           2.7.3.         FUENTE DE TRANSFERENCIA.         26           CAPITULO III           SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL           3.1         INTRODUCCIÓN         28           CAPITULO III           SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL           3.2         CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTAL         31           3.3         ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR         32           3.3.1.         POLÍTICAS AMBIENTALES         32           3.3.2.1         PLANEAMIENTO         32           3.3.2.1         ASPECTOS AMBIENTALES         32           3.3.2.1         IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR         33           3.3.2.2         VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR         36           3.3.2.5         VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL         40           3.3.2.6         NORMAS AMBIENTALES         41           3.3.2.7         OBJETIVOS Y METAS         31           3.3.3.1         ESTRUC	2.6.2.		24
AMBIENTAL 25 2.7.2. CUERPO RECEPTOR. 26 2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26  CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 28 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 31 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 32 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES BLA DAR 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.5 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 46 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.1 REGISTROS 50	2.6.3.		24
2.7.1. SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE 2.7.2. CUERPO RECEPTOR. 26 2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26  CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 28 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL  3.3. ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 32 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 32 3.3.2.PLANEAMIENTO 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES BN LA MAGNITUD DEL DAR 33 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 44 3.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 46 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 46 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50	2.7.		
2.7.2. CUERPO RECEPTOR. 26 2.7.3. FUENTE DE TRANSFERENCIA. 26  CAPITULO III  SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 28 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 31 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 32 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 32 3.3.2. PLANEAMIENTO 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 33 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL DAS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EDECUCIÓN 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 46 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 46 3.3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 55 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			25
CAPITULO III			
SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL			
SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 3.3.2.PLANEAMIENTO 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 4.1 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 4.1 3.3.3.1 IESTRUCTURA ORGANIZATIVA 4.3 3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 4.3 3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 4.6 3.3.3.3 COMUNICACIONES 4.6 3.3.3.4 DOCUMENTOS 4.7 3.3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS 4.7 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 4.8 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 4.9 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 4.9 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 5.3 3.4.3 REGISTROS 50	2.7.3.	FUENTE DE TRANSFERENCIA.	26
SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL  3.1 INTRODUCCIÓN 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 3.3.2.PLANEAMIENTO 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 4.1 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 4.1 3.3.3.1 IESTRUCTURA ORGANIZATIVA 4.3 3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 4.3 3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 4.6 3.3.3.3 COMUNICACIONES 4.6 3.3.3.4 DOCUMENTOS 4.7 3.3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS 4.7 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 4.8 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 4.9 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 4.9 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 5.3 3.4.3 REGISTROS 50			
3.1 INTRODUCCIÓN 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 3.3.2. PLANEAMIENTO 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.2 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50		CAPITULO III	
3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL 31 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 32 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 32 3.3.2. PLANEAMIENTO 32 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 33.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 36 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 37 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 44 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.2.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 46 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 46 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4 VERIFICACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50		SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL	
LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL  3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR  3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES  3.2. PLANEAMIENTO  3.2. ASPECTOS AMBIENTALES  3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR  3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES  41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS  3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL  44 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN  45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  45 3.3.2. CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  46 3.3.3.3 COMUNICACIONES  3.3.4 DOCUMENTOS  47 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  47 3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS  48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4 VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  49 3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS  50	3.1	INTRODUCCIÓN	28
DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL  3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR  3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES  3.3.2. PLANEAMIENTO  3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES  3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR  3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES  4.1  3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS  3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  4.5  3.3.3.4 DOCUMENTOS  3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS  3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA  4.8  3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  3.3.4.3 REGISTROS  3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  3.3.4.3 REGISTROS	3.2		
3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR 3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 3.3.2. PLANEAMIENTO 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 48 3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4 VERIFICACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.1. POLÍTICAS AMBIENTALES 3.3.2. PLANEAMIENTO 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.2.1 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.2 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 46 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.2. PLANEAMIENTO 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 4.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 4.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 4.5 3.3.3.4 DOCUMENTOS 4.5 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 4.6 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 4.7 3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 4.8 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 4.8 3.3.4 VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 4.9 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 4.9 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 5.0 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES 3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR  3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  40.3.3.6 NORMAS AMBIENTALES  41.3.3.7 OBJETIVOS Y METAS  3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  46.3.3.3.3 COMUNICACIONES  3.3.3.4 DOCUMENTOS  46.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  47.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL  3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA  48.3.3.7 PREPARACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS  49.3.3.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  49.3.3.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  50.3.3.4 REGISTROS			
DAR  3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES  41  3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS  41  3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL  43.3.1 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN  45  3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  45  3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  46  3.3.3.3 COMUNICACIONES  46  3.3.3.4 DOCUMENTOS  47  3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  47  3.3.6 CONTROL OPERACIONAL  3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA  48  3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS  49  3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  50  3.3.4.3 REGISTROS			32
3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES  41  3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS  3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL  44  3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN  45  3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  45  3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  46  3.3.3.3 COMUNICACIONES  47  3.3.4 DOCUMENTOS  48  3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  47  3.3.6 CONTROL OPERACIONAL  48  3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA  48  3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS  49  3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  49  3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  50  3.3.4.3 REGISTROS	3.3.2.1		
MAGNITUD DEL DAR  3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  40 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 44 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			33
3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 44 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 46 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50	3.3.2.3		
POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR  3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  40 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES  41 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS  41 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL  42 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN  45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA  45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO  46 3.3.3.3 COMUNICACIONES  46 3.3.3.4 DOCUMENTOS  47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS  47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL  48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA  48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS  49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN  49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA  50 3.3.4.3 REGISTROS			36
3.3.2.5       VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL       40         3.3.2.6       NORMAS AMBIENTALES       41         3.3.2.7       OBJETIVOS Y METAS       41         3.3.2.8       PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL       44         3.3.3.       IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN       45         3.3.3.1       ESTRUCTURA ORGANIZATIVA       45         3.3.3.2       CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO       46         3.3.3.3       COMUNICACIONES       46         3.3.3.4       DOCUMENTOS       46         3.3.3.5       CONTROL DE DOCUMENTOS       47         3.3.3.6       CONTROL OPERACIONAL       48         3.3.3.7       PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA       48         3.3.4.       VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS       49         3.3.4.1       MONITOREO Y MEDICIÓN       49         3.3.4.2       NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA       50         3.3.4.3       REGISTROS       50	3.3.2.4		07
3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 41 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 43.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 44 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL 3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 45 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3. IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 45 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS			
3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO 46 3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3.3 COMUNICACIONES 46 3.3.3.4 DOCUMENTOS 47 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3.4 DOCUMENTOS 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 48 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS 47 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA 48 3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.4. VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS 49 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN 49 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
<ul> <li>3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN</li> <li>3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA</li> <li>3.3.4.3 REGISTROS</li> </ul>			
3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA 50 3.3.4.3 REGISTROS 50			
3.3.4.3 REGISTROS 50			

	CAPITULO IV	
APLIC	ACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTION AMBIENTAL EN EL MA DEL DAR: CASO YACIMIENTO POLIMETÁLICO	ANEJO
4.1. 4.2.	MARCO GENERAL IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES MÁS	53
4.2.	SIGNIFICATIVO	56
4.2.1	ASPECTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	56
4.2.1.1	MATERIALES A EVALUACIÓN	56
4.2.1.2	MEDICIONES DE LOS AAS	57
4.3.	CAPACIDAD DE DESARROLLO DEL DRENAJE ÁCIDO.	57
4.3.1	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	58
4.3.2	RANGOS PARA LA EVALUACIÓN	60
4.3.3	EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES	
	SELECCIONADOS	60
4.4	PRINCIPALES RESULTADOS	63
4.5.	EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN SU RIESGO	
	AMBIENTAL	63
4.5.1	DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN	64
4.5.2	DEFINICIÓN DE LOS RANGOS Y NIVELES DE	
:	PONDERACIÓN	64
4.5.3	EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL PARA LOS	
	DIFERENTES MATERIALES SELECCIONADOS	64
4.6.	EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES EN SU IMPORTANCIA	
	COMO IMPACTO AMBIENTAL	68
4.6.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS UTILIZADOS	68
4.6.2	ESTABLECIMIENTOS DE LOS RANGOS	69
4.6.3	EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES SUBSTRATOS	70
4.7.	EVALUACIÓN FINAL PARA DETERMINAR LOS AAS	70
4.7.1	RESULTADOS	74
4.8.	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	76
4.8.1	AAS1 MATERIALES DE EXPLORACIONES EN ZONA DE	70
	INTRUSIVO	76
4.8.2	AAS2 DEPOSITO DE RELAVES	77
4.8.3	AAS3 MATERIALES QUE PUEDEN PROVENIR DEL	
	YACIMIENTO POLIMETÁLICO	77
4.8.4	AAS4 AGUAS ÁCIDAS DE MINA	77
4.9.	METAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	78
4.9.1	AAS1 MATERIALES DE EXPLORACIONES EN ZONA DE	70
	INTRUSIVO	78
4.9.2	AAS2 DEPÓSITO DE RELAVES	81
4.9.3	AAS3 MATERIALES QUE PUEDEN PROVENIR DEL	
	YACIMIENTO POLIMETÁLICO	83

3.3.5. REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN.3.4 CONCLUSIONES

4.9.3.1	OBJETIVO 1	83
4.9.3.2	OBJETIVO 2	85
4.9.4	AAS4 AGUAS ÁCIDAS DE MINA	86
4.9.4.1	OBJETIVO 1	86
4.9.4.2	OBJETIVO 2	87
	CONCLUSIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXO	90

#### **CAPITULO I**

#### **GENERALIDADES**

#### 1.1.- ANTECEDENTES

La flotación de minerales polimetálicos es un proceso metalúrgico para la recuperación de diferentes metales como pueden ser Pb, Zn, Ag, etc. que usan las plantas concentradoras que procesan este tipo de minerales, en el Perú se tiene Compañías Mineras tanto en el centro como en el sur por ejemplo Arcata, Milpo, Atacocha, Julcani, Cobriza, etc.

En los últimos 15 años se ha desarrollado esfuerzos dirigidos al control del Drenaje ácido de roca, estos esfuerzos se han dado de manera desigual; en algunos casos con adecuados programas, especialmente en la gran minería, en otros casos con programas incompletos vistos en los yacimientos de mediana y pequeña minería y una ausencia de programas en minería artesanal y pasivos ambientales abandonados.

Para los dos últimos casos, los niveles de desarrollo pueden medirse de la siguiente manera:

Niveles de respuesta ante eventos de drenaje ácido, aun con técnicas insuficientes o con limitaciones al cumplimiento de normas ambientales. Los titulares en estos casos, ante la presión de las autoridades ambientales o el entorno social realizan programas de emergencia, básicamente para mitigar el efecto directo de las aguas ácidas sobre el medio ambiente. Sin embargo, mayores presiones de control ambiental

obliga al titular a utilizar cada vez mejores técnicas de remediación e incluso se comienza aprender el principio de prevención como método que no solo da ventajas de control ambiental sino, además, ventajas económicas, es de esta manera que paulatinamente se va utilizando técnicas mucho más eficientes. El desarrollo sistemático para atender adecuadamente el manejo de las aguas ácidas nos lleva de alguna manera al empleo de un Sistema de gestión ambiental aplicado a estos problemas.

#### 1.2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Las actividades minero-metalúrgicas realizan operaciones que involucran en gran medida el quebrantamiento, traslado y concentración de especies mineralógicas con concentraciones importantes de sulfuros.

Los residuos (materiales-minerales) de las actividades minerometalúrgicas contienen concentraciones importantes de minerales ganga (pirita, sílices, calizas, etc.), además, cantidades importantes de elementos metálicos como Pb, Cu, Zn, Ag, Cr, Mn, As, etc., que no se logró recuperar junto en los concentrados obtenidos en las plantas de beneficio.

El Drenaje Acido de Roca (DAR) es el término que se utiliza para caracterizar a las soluciones ácidas que emergen de las minas, o se forman a partir de los materiales sulfurados expuestos al ambiente por las actividades metalúrgicas o de los desechos de minerales, además, contienen en su seno importantes concentraciones de elementos metálicos y que, si entran en reacción con el ambiente, los productos de la reacción suelen ser peligrosos para el medio ambiente.

#### 1.3. OBJETIVO GENERAL

Aplicar un programa de Gestión Ambiental en el Manejo del Drenaje Acido de Roca.

#### 1.4. HIPOTESIS

Es factible la aplicación de un Sistema de Gestión Ambiental para el Manejo del DAR.

#### 1.5. FUNDAMENTACION TEORICA

La formación de ácido se debe a la oxidación del azufre contenido en los residuos minerales de las actividades mineras, especialmente en la pirita (S2Fe); este ácido inicial se encargará luego de solubilizar la roca con sus minerales aportando a la solución cationes como el Fe, Cu, Zn, Pb, Mn, Ag, Cr, etc. Estos efluentes mineros fluyen desde sus instalaciones y se dirigen al curso natural de los ríos, contaminándolos.

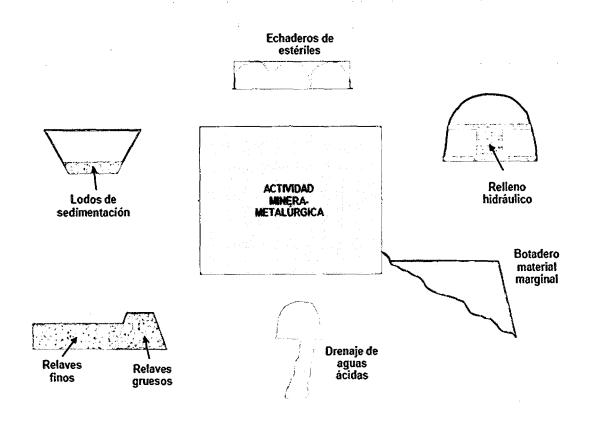
El efecto del DAR, en los organismos vivientes es que el ácido reacciona directamente con los tejidos orgánicos, destruyendo a la sustancia orgánica, o contaminándola lentamente a través de una dosificación continua de metales pesados hasta llegar a la intoxicación de la célula (Pb, Cd, Ag, Cr, As, etc.).

Los materiales mineros sulfurados que son comunes en las actividades minero - metalúrgicas se pueden encontrar en varias situaciones, así se tiene.

- Si la actividad ya tiene varios años de operación, entonces es común encontrar desbroces en las laderas de los cerros donde se haya explorado o explotado.
- Depósitos de relaves.
- Apilamiento de minerales, especialmente tipo marginal, en espera de un posible tratamiento.
- Botaderos de material de mina como producto del desarrollo de la mina, cerca de las bocaminas, etc.

En la Figura Nº 1.1 se muestra un esquema que ilustra sobre los tipos de productos y residuos que se generan por las actividades minerometalúrgicas.

# FIGURA N° 1.1 RESIDUOS INDUSTRIALES PRODUCTO DE LA ACTIVIDADES MINERASMETALÚRGICAS



# CAPITULO II MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- INTRODUCCION

En el presente capítulo se presentan todos los elementos básicos o términos de referencia en que se basa el desarrollo del presente estudio.

Los tópicos que se toman en consideración son los criterios adoptados para verificar el Potencial de generación ácida; los criterios adoptados para verificar la calidad del drenaje de ácido a esperarse; la normatividad ambiental que nos ayude a determinar en qué límites debe manejarse el drenaje ácido de roca; los sistemas ingenieriles a adoptarse en las medidas de mitigación y prevención Otro grupo de criterios, como consecuencia del conocimiento del DAR, está referido a los criterios adoptados para verificar como los contaminantes alcanzan al cuerpo receptor; criterios para verificar los niveles de riesgo ambiental; etc.

Por otro lado, los requisitos que deben tomarse en consideración dentro del sistema de Gestión ambiental; Criterios para determinar los Aspectos ambientales y de ellos los más significativos. Criterios para determinar objetivos y metas Selección de los controles de operación y de gestión y en general todas las etapas que involucre un ciclo de las mejoras continuas.

### 2.2 CRITERIOS ADOPTADOS PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO

Se tomará en consideración un conjunto de parámetros que ayudará a caracterizar a un determinado tipo de material minero, en relación a su calidad de potencial de generación de drenaje de ácido y su nivel de peligrosidad.

#### 2.2.1 POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN (PNN)

Este es uno de los parámetros más importantes que identifica al material minero en su calidad de potencial de generación de ácido. El PNN es el resultado de un balance másico químico entre los materiales que consumen ácido (álcalis) denominados materiales con Potencial de Neutralización (PN) y los materiales que generan ácido Potencial de Acidificación (PA); entonces el Potencial Neto de Neutralización (PNN) está definido como la diferencia de todas las sustancias que tienen un comportamiento alcalino (PN) menos las sustancias que tienen un comportamiento ácido (PA). Todos ellos expresados en Kg de CO3Ca/TM de mineral.

### 2.2.1.1 POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN (PN): SUSTANCIAS CON COMPORTAMIENTO BÁSICO (ÁLCALIS).

Cuando una sustancia consume iones protones, entonces este tiene un comportamiento básico así tenemos por ejemplo:

$$CO_3H^{-} + H^{+} \rightarrow CO_3H_2$$
  
 $Fe(OH)_2 + 2H^{+} \rightarrow Fe^{2+} + 2H_2O$ 

Las dos ecuaciones anteriores incluyen sustancias que tienen un comportamiento básico, como tal, ante una sustancia ácida se neutraliza. Básicamente en los procesos de Drenaje Ácido de Roca nos vamos a encontrar con dos tipos de sustancias con comportamiento básico, los carbonatos y los hidróxidos.

Para tener equivalencia de la capacidad de alcalinización de las diferentes sustancias con comportamiento básico se ha tomado como patrón de

referencia el CO<sub>3</sub>Ca cuyo peso molecular es de 100 gramos- Mol y cualquier otra sustancia tendrá un mismo efecto básico dependiendo de su peso Mol, así por ejemplo el FeOOH tiene un peso Mol de 89 gr como tal este peso es el equivalente al de los 100 gramos de carbonato de calcio, es decir que solo se necesita 89 de FeOOH para neutralizar una misma cantidad de ácido que la realizada por los 100 gr de CO<sub>3</sub>Ca.

Los iones metálicos al formarse consumen ácido y lo hacen con relación a la estequiometria de la reacción y a sus pesos moleculares, así por ejemplo la formación de Fe<sup>+2</sup> involucra que un mol del compuesto de Fe(II) consume un mol de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> o que 56 g/mol de Fe requieren de 98g/mol de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>

Las reacciones con iones trivalentes requieren de una estequiometría que exige mayor consumo de ácido y por otro lado elementos con menor peso atómico porcentualmente requerirán mayor cantidad de ácido.

Los iones metálicos existentes en las soluciones pueden ser considerados como sustancias que aportan ácido. La formación de sus correspondientes hidróxidos genera ácido sulfúrico a la solución de acuerdo a la siguiente reacción.

En el Cuadro N ° 2.1 Tenemos anotados las diferentes sustancias con comportamiento álcalis y la equivalencia en peso capaz de neutralizar una cantidad similar a la de 100 gr de carbonato de calcio Para la determinación del potencial de neutralización (PN) se utiliza el Test ABA modificado según R.W. Lawrence. El método consiste básicamente en determinar la capacidad de neutralización de la muestra, midiendo el ácido consumido durante una digestión con exceso de ácido (HCI) por 18 horas a temperatura controlada (24 a 30°C)

Cuadro Nº 2.1

Resumen de minerales consumidores de ácido y sus características de neutralización

MINERAL	COMPOSICION	POTENCIAL CONSUMO ACIDO 1		pH DE AMORTIGUACION
Carbonatos				i
Calcita	CO3Ca	100		
Aragonita	CO3Ca	100	٠	5.5 - 6.9
Dolomita	MgCa(CO3)2	92		j
Siderita	FeCO3	116		5.1 - 6.0
Magnesita	MgCO3	84		
Rodocrosita	MnCO3	115		
Witerita	BaCO3	196		
Amkenta	CaFe(CO3)2	108		
Hidroxidos				
Malaquita	Cu2CO3(OH)2	74		5.1 - 6.0
Gibsita	AI(OH)3	26		4.3 - 3.7
Limorzia/goetita	FeOOH	89		3.0 - 3.7
Manganita	MOOH	88		
Brucita	Mg(OH)2	29		

Fuente: Saskatchewan MPBC, 1991.

Para la determinación del potencial de neutralización (PN) se utiliza un procedimiento de titulación básico en una muestra previamente acidificada. Las etapas más importantes son las siguientes:

- Se toma 20-30 g de mineral.
- Se adiciona 100 cc. de H<sub>2</sub>O
- Se mide el pH.
- Se adiciona una cantidad de ácido conocida.
- Se mantiene un pH=3.0 por un tiempo determinado. Si hay consumo de ácido, se adiciona el ácido para seguir manteniendo el pH constante.
- Si el pH se mantiene constante por unas 2-3 horas, se hace el cálculo del total de ácido adicionado.
- Luego se adiciona CO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub> hasta alcanzar el pH de 7.0.
- Se contabiliza la cantidad de carbonato utilizado y se expresa en Kg de CO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>/TM de mineral.

### 2.2.2 RELACIÓN POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN / POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN (PN/PA).

Esta relación ayuda a interpretar el posible comportamiento de una muestra respecto a su potencial de generar ácido Si PN/PA < 1 el material va a generar drenaje ácido.

En términos prácticos cuando mayor sea la diferencia entre los valores de PA y PN mayor será la capacidad de generar drenaje ácido; esto es si PA es más grande y PN es más pequeño. Esta diferencia puede interpretarse rápidamente con la relación de PN/PA; valores menores de 1, indica que se trata de un material generador de ácido.

Los valores de PNN dan una idea de la cantidad de generación ácida.

La relación PN/PA < 1 indica el grado de intensidad en que se puede producir el DAR.

Mientras el valor de PN/PA se aleja más de uno o sea mucho más pequeño el material tendrá una mayor intensidad a generar drenaje ácido.

#### 2.2.3 CANTIDAD DE REACTANTES (PN+PA)

Este término también es importante tomar en consideración en la determinación del Potencial Neto de Neutralización y está relacionado a la cantidad de material que está en juego en los procesos de acidificación neutralización. Es completamente diferente contar con materiales cuyos componentes de PA y PN constituyan un alto porcentaje de la roca (por encima del 85%) con otros que sólo ocupan cantidades inferiores al 15 del peso total de la roca a pesar de que estos dos materiales pueden dar un PNN negativo o una relación de PN/PA menor de 1. El caso máximo ocurre cuando la cantidad de pirita expresada en Kilos de carbonato sea la mitad del peso del material a investigarse y la otra mitad estaría constituyendo el peso del carbonato de calcio anhidro. La máxima cantidad de pirita es de 0.35 TM. Que representa el equivalente de 650Kilos de carbonato; como tal la neutralidad de estos 350 kilos de pirita se logrará con 650 kilos de carbonato anhidro.

### 2.2.4 CONSIDERACIONES A TENERSE SIEMPRE PRESENTE EN LA CARACTERIZACIÓN DEL DAR

Los siguientes puntos de vista nos interesa identificar para así tener una mejor comprensión del DAR:

- a). La generación de acidez por debajo de pH = 5 tiene varias implicancias en el medio ambiente, especialmente afecta la flora y fauna.
- b). El drenaje ácido de roca debe ser además interpretado como soluciones que contienen en solución elementos metálicos que son contaminantes. Las soluciones ácidas tienen una alta capacidad de solubilización de elementos metálicos y transporte de ellos a receptores acuáticos y biológicos contaminándolos. Mientras la solución sea más ácida, más será la concentración de los elementos metálicos admitidos en ella, primero se solubilizarán los cationes bivalentes ( Mn²+, Zn²+, Fe²+, etc. ) luego los trivalentes (Fe³+, Al³+) a pH más bajos y para acideces mayores los tetravalentes, etc.

La formación del drenaje ácido de roca está íntimamente relacionada al tiempo en que éste se puede formar. Si las condiciones son favorables para que las reacciones de descomposición de los minerales sulfurados se produzcan, entonces la presencia de ácido es inminente. Si las condiciones son pocos favorables, entonces la formación de drenaje ácido ocurrirá en mayor tiempo.

- c) El drenaje ácido de roca puede ser además interpretado como portadores de sustancias metálicas que se encuentran en fase sólida suspendida después de haber precipitado como hidróxidos y otros complejos a consecuencia de un cambio de pH. Son comunes los precipitados de arsénico, antimonio y plomo.
- d) El drenaje ácido de roca puede ser caracterizado por los contenidos de sustancias que hacen de ácido y por los contenidos de sustancias que se comportan como álcalis, siendo los primeros en mayor proporción PA > PN.
- e) La presencia de ácido o de álcalis en el material a investigarse debe expresarse ambas en las mismas unidades con el fin de que se pueda saber cuál de ellos se encuentra en mayor cantidad. La unidad de medida adoptada son los kilos de carbonato de calcio anhidro existente en una TM.
- f) Una magnitud que también es útil y de mucha importancia es la sumatoria de las concentraciones de ambos reactantes: sumatoria de todos las sustancias con comportamiento ácido más la sumatoria de todas las sustancias con

comportamiento de álcalis. Para lograr esto se calcula la cantidad de reacción (r), la que representa la sumatoria de los mili equivalentes de todas las sustancias con comportamiento ácido más los mili equivalentes de todos las sustancias con comportamiento álcalis. Una manera sencilla es realizar la suma de los valores de PA y PN, pues ambos se encuentran en las mismas unidades y de esta manera se puede correlacionar el total de material que está en juego Es importante señalar que, a pesar de que una solución puede tener cierta neutralidad desde el punto de vista de que el Potencial de acidificación sea similar al Potencial de Neutralización, sin embargo, aquel que tiene un alto valor en la cantidad de reacción es decir un alto valor en sus equivalentes químicos, este entonces será mucho más peligroso que el que mantiene soluciones diluidas.

- g) Otros parámetros indicadores de la magnitud de las reacciones ácido/base son las concentraciones de sulfato o una elevación de la conductividad del líquido al paso de la corriente eléctrica (mS/cm), altas concentraciones de sólidos totales solubles (STS), altas concentraciones de calcio (Sulfato de calcio), etc.
- h) El drenaje ácido de roca puede ser medido como aportante de determinados tipos de cationes metálicos de alta peligrosidad para los seres vivientes y el medio biótico.

#### 2.3 COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA GENERACIÓN DEL DAR

Los componentes principales para la generación de ácido son:

- Minerales con contenidos de S como sulfuros.
- Un oxidante, especialmente el oxígeno de la atmósfera o de fuentes químicas.
- Agua o atmósfera húmeda.
- Además, la velocidad y la magnitud de la generación de ácido son afectadas por los siguientes factores:
- Velocidad de difusión del oxígeno en el agua.
- pH
- Bacterias (Thiobacillus Ferrooxidans)
- Velocidad de oxidación del Fe<sup>2+</sup>.

- Temperatura
- Disposición de la especie mineralógica sulfurada a entrar en contacto con el oxígeno

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SULFUROS METÁLICOS SUSCEPTIBLES A DISOLVERSE

Las condiciones más importantes que definen la disolución de los sulfuros son:

✓ Naturaleza del sólido, relacionado a sus propiedades de semiconductor (tipo p —en su estructura de bandas deja hoyos positivos—); Los semiconductores no conducen la electricidad, porque en su distribución de capas electrónicas en su parte superficial estas están separadas (por eso no conducen) mientras más separadas mayor es la dificultad de conducir (zona prohibida).

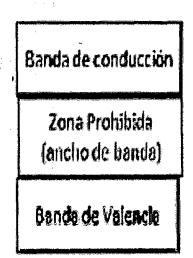
La banda de conducción mantiene enlaces libres que le permiten aceptar electrones y hacerse conductor.

Es necesario que de la banda de Valencia salte el electrón hasta la banda de conducción para que se produzca la migración de electrones. Ese salto se da porque se incrementa de una energía (energía gap).la que de alguna manera representa el ancho de bando prohibida.

La banda de conducción mantiene niveles energéticos libres que le permite aceptar electrones

En la Zona prohibida no hay niveles energéticos

La banda de Valencia los niveles energéticos están completos



- ✓ Características especiales en el ancho de banda (energía GAP), la que debe ser más angosto posible;
- ✓ Alto valor de su producto de solubilidad.

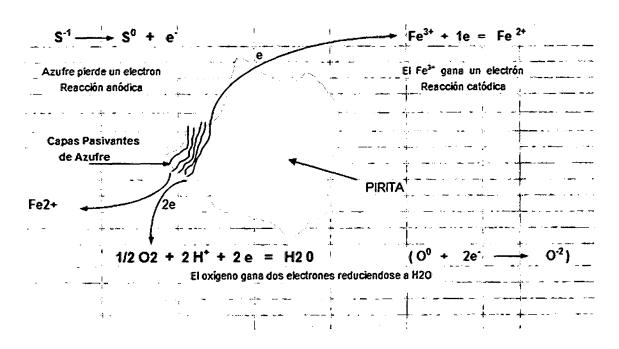
#### 2.3.2 SOLUCIONES CON IONES OXIDANTES

Las soluciones líquidas que están en contacto con el mineral, deben contener elementos con alto potencial electroquímico capaz de ser un aceptor de electrones, de esta manera el sulfuro pueda fácilmente entrar en un proceso Redox.

De acuerdo a lo anterior el sulfuro metálico se descompone por el salto de electrones de la superficie del sulfuro hacia el oxidante o aceptor de electrones la pérdida de electrones en el sulfuro significa la presencia de enlaces rotos y la presencia de enlaces rotas son los elementos metálicos en estado catiónico; como tal se requiere de un medio líquido que contenga elementos con un potencial electroquímico capaz de aceptar electrones que complete la reacción óxido-reducción y a su vez que el líquido tenga la capacidad de disolver los cationes y aniones producto de la oxidación del sulfuro metálico. En los procesos de disolución de sulfuros de metal, el oxígeno y el ion férrico son excelentes aceptores de electrones (son oxidantes de los sulfuros).

Las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 muestran esquemas representativos de procesos electroquímicos que ocurren con los sulfuros.

Figura N° 2.1.
Oxidación de la pirita. El potencial electroquímico permite ceder sus electrones a un oxidante.



### 2.3.3 REACCIONES ELECTROQUÍMICAS CON SULFUROS METÁLICOS: PROCESO REDOX

Los procesos de disolución de los sulfuros son del tipo electroquímico, con intercambio de electrones, sin utilizar una fuente externa; a estas reacciones se les denomina procesos REDOX (reducción-oxidación).

Para que ocurra un proceso Redox debe existir un par de sustancias y que entre ellas exista el potencial suficiente para la transferencia de electrones.

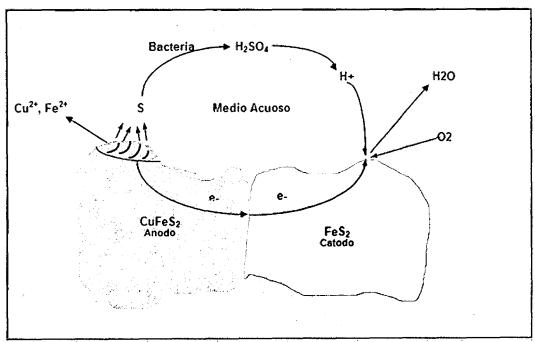
Si el sistema es Heterogéneo (mineral-líquido) se habla del potencial de electrodo y si el sistema es homogéneo (líquido-líquido), estamos ante el potencial electroquímico. Cuando se produce la reacción Redox, la sustancia que dona electrones se oxida (1/2 celda electrolítica anódica) y la que recibe, se reduce (½ celda electrolítica catódica).

Cuando el ion Fe<sup>3+</sup> se reduce a Fe<sup>2+</sup> requiere de un electrón que se lo gane del sulfuro, como tal, éste se va disolviendo. Este mismo modelo sirve para el oxígeno, que requiere de dos electrones reduciéndose, los dos electrones tomados por el oxígeno los gana el sulfuro que se oxida.

La reducción del oxígeno queda representada con formación de agua al unirse con un ion protón. ( $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O$ ): reacción catódica.

Figura N° 2.2

Microcorrosión Galvánica entre cristales de pirita (Cátodo) y Calcopirita (Ánodo).



#### 2.3.4 LIXIVIACIÓN BACTERIANA DE SULFUROS METÁLICOS

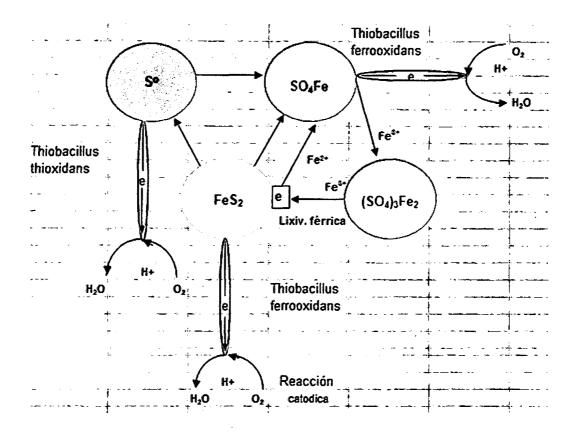
Por lo general, se reconoce que ciertas bacterias pueden acelerar la velocidad de oxidación de los sulfuros metálicos, incrementando con ello la velocidad de generación de ácido. (Investigaciones de A. Torma con partículas de chalcopirita de 0.4um utilizando bacterias alcanzaron una cinética de 1500 mg/l/hora).

La bacteria Thiobacillus Ferrooxidans es capaz de oxidar compuestos de azufre reducidos, así como oxidar el hierro ferroso a férrico; este último luego puede actuar como oxidante. Otras bacterias conocidas que participan en estos procesos o son acelerantes de la oxidación de los minerales sulfurosos son el Thiobacillus Thiooxidans y el Sulfolobus.

La velocidad a la cual ocurre la oxidación bacteriana depende de los siguientes parámetros:

- temperatura
- pH
- disponibilidad de oxígeno
- disponibilidad de dióxido de carbono (fuente de carbono para la reproducción de las células).
- nutrientes (N,P)
- área superficial del mineral sulfuroso expuesto

Figura N° 2.3.
Procesos de Lixiviación Bacteriana



#### 2.3.5 PROCESOS DE LIXIVIACIÓN QUÍMICA BACTERIANA

El drenaje ácido de roca se inicia en los primeros momentos en que el sulfuro comienza a oxidarse, cediendo los primeros elementos metálicos y esto ocurre en una solución relativamente neutra.

El inicio del DAR significa el inicio de la acidez y como tal la bajada del pH de 7 a 6 y menos; por otro lado, los cationes metálicos que tienen estabilidad en esos pH se mantienen y van a formar la carga ácida. Si el catión no es estable a ese pH inmediatamente precipita a su hidróxido y va conformando los sólidos suspendidos.

A medida que la solución se va acidificando, existe mayor capacidad de aceptar mayores concentraciones de los metales divalentes e incluso trivalentes como es el caso del aluminio a partir de pH 4.

#### 2.3.6 CINÉTICA DE REACCIÓN

Los sulfuros se disolverán más rápidamente si las reacciones son favorecidas por agentes catalíticos, como es el caso de ciertos microorganismos que aceleran la transferencia de electrones. Las reacciones serán favorecidas por el incremento de temperatura; y la reacción continuará indefinidamente si el diseño está preparado para superar los factores limitantes a la reacción, dentro los que mencionamos:

- Ausencia de reactantes por pasivación de compuestos intermedios; fundamentalmente referido a la acumulación de precipitados o productos residuales de las reacciones como es el caso del azufre que se acumula sobre la superficie de reacción.
- Movilización de la solución (disminuir el espesor de la capa de Nerst).
- Aspectos fluodinámicos: partícula-líquido; mayor área superficial para el primero y mayor agitación para el segundo. Las características de presentación del mineral (consideraciones mineralógicas)) en la roca va incidir en el éxito de la cinética de reacción.
- Dentro de las consideraciones geológicas/mineralógicas más importantes a atender tenemos:
  - ✓ La compleja configuración geológica, principalmente, en lo referente a vetas.
  - ✓ La variada mineralogía con potencial para contribuir con diferentes contaminantes en el tiempo, y en diferentes lugares.
  - ✓ La asociación del mineral con la pirita como el principal mineral sulfurado.

Para determinar si un material minero puede disolverse en un determinado tiempo, se utiliza las pruebas de cinéticas.

El objetivo de las pruebas cinéticas es confirmar el potencial de generación de ácido en el campo y predecir la calidad del agua de drenaje, a corto y largo plazo.

Las pruebas de cinética geoquímica comprenden someter a intemperismo a las prueba, bajo condiciones controladas de laboratorio o en el asiento minero, con el fin de confirmar el potencial para generar acidez, determinar las velocidades

de generación de ácido, oxidación de sulfuros, neutralización y agotamiento de metales, y además con el fin de probar las técnicas de control/tratamiento.

Mientras que las pruebas estáticas proporcionan información sobre las características de la roca y el potencial total para la generación de ácido independientemente del tiempo, las pruebas cinéticas definen explícitamente las velocidades de reacción tanto para la disolución de metales, como para la generación de ácido y lixiviación, a través del tiempo y bajo condiciones específicas.

Sin embargo, si bien las pruebas cinéticas indican efectivamente el comportamiento geoquímico, dependiente del tiempo, de una muestra por un periodo de semanas o meses, la predicción de la calidad del agua deberá realizarse para un periodo de años, en el futuro.

La predicción de largo plazo de la calidad de drenaje solo será posible a través de modelos matemáticos cuantitativos que puedan extrapolar con confiabilidad los resultados, más allá del momento de la prueba.

Entre las pruebas más importantes se tiene:

- Pruebas de intemperismo en frasco agitado. El lixiviante es agua del medio y las pruebas se realizan en el mismo lugar.
- Pruebas en celda Húmeda, son pruebas de laboratorio de pequeña escala diseñadas para simular los procesos de intemperismo geoquímico.
- Columna de humedad, son pruebas de laboratorio de escala moderada y como tal una representación más próxima de lo que puede suceder en el lugar del yacimiento.
- Pruebas de Lixiviación en columnas, pruebas de laboratorio de mayor escala. Simula con mayor precisión lo que puede suceder en campo; además estas pruebas pueden diseñarse para operaciones continuas.
- Pruebas in situ, utiliza pequeñas pilas de 5 a 10 TM; para casos especiales pueden alcanzar los 5000 TM, para este caso ya se tiene una evaluación muy exacta del comportamiento del futuro material de abandono.

### 2.4 PRINCIPALES REACCIONES QUÍMICAS EN LOS PROCESOS DE DRENAJE ACIDO DE ROCA

#### 2.4.1 OXIDACIÓN DE LA PIRITA.

La reacción total de generación de ácido, en la que se muestra a la pirita siendo oxidada por el oxígeno, es representada por la siguiente ecuación:

$$FeS_2 + 7/2 O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^2 + 2H^+$$

Como observamos la oxidación de una mol de pirita genera dos iones protones o un mol de  $SO_4H_2$  (La oxidación de  $S^{1-}$  a  $S^{6+}$  genera 7 electrones las que son tomadas por el oxígeno).

La media celda anódica estaría representada por la siguiente reacción:

$$FeS_2 + 8H_2O = Fe^{2+} + 2SO_4 + 16H^+ + 14e$$

Donde el S<sup>-1</sup> pasa a S<sup>+6</sup> ( Reacción de oxidación del sulfuro) y la media celda catódica por:

$$7/2 O_2 + 14H^+ + 14e = 7H_2O$$

Donde el O° pasa O<sup>-2</sup> (Reacción de reducción del oxígeno).

La oxidación de la pirita, es una reacción relativamente rápida a valores de pH mayores a 4.5, pero mucho más lenta a niveles de pH más ácidos. La velocidad del suministro de oxígeno es el elemento que controla principalmente la velocidad de la oxidación química.

#### 2.4.2 REACCIONES DEL Fe<sup>2+</sup> y Fe<sup>3+</sup>

Otra reacción Redox de mucha importancia en los procesos DAR es la oxidación del hierro ferroso la que reacciona con el oxígeno para formar hierro férrico:

$$Fe^{2+} + \% O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + \% H_2O$$

A niveles de pH por encima de 3.5, el hierro férrico (Fe<sup>3+</sup>) tiende a precipitarse como hidróxido férrico. Esto forma el precipitado rojo que se observa en la mayoría de minas que generan ácido. Durante esta reacción, se liberan iones de hidrógeno adicionales.

A niveles de pH inferiores a 4.5, la oxidación por el hierro férrico se convierte en el proceso de oxidación dominante. La velocidad de producción de hierro férrico, a partir del ferroso se convierte en la etapa controlante del proceso total de oxidación. Sin embargo, por catálisis biológica, la oxidación del Fe<sup>++</sup> se hace más rápida.

De acuerdo a las dos últimas ecuaciones que representan la oxidación del Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> y finalmente la precipitación del férrico, en ambas ecuaciones se producen dos iones adicionales de protones, esto es una mol más de ácido sulfúrico. En resumen la oxidación de la pirita y luego la precipitación del Fe<sup>3+</sup> generan dos moles de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>; esto es muy importante para las valorizaciones de álcalis a necesitarse.

A medida que se desarrolla la generación de ácido y se consume la alcalinidad disponible, el hierro férrico, a su vez, sirve como oxidante y puede promover la oxidación química de los minerales sulfurosos. En el caso de la pirita, la reacción que ocurre es la siguiente:

La cinética de oxidación del Fe++ con respecto al pH puede clasificarse en:

Extremadamente lenta (días) a

pH < 3.0

Lenta

pH 3 - 6

Moderadamente rápida

pH 6 - 8

Rápida ( en minutos)

pH >8.0

#### 2.4.3 REQUERIMIENTOS DE OXÍGENO

De acuerdo a las ecuaciones anteriores se ha visto en el punto anterior, por cada Mol gramo de Fe(II) (56 g/mol) se requiere de  $\frac{1}{4}$  Mol gramo de  $O_2$  ( $\frac{1}{4}$ \*16\*2) esto es 8 gramos mol de oxígeno, entonces se puede generalizar que un kilo de oxígeno es capaz de oxidar 7 kilos de Fe(II).

La presencia del oxígeno (aire) en la reacción es el factor limitante de la oxidación del Fe(II), como tal, los sistemas de aireación son los que van a definir el éxito de la reacción.

La demanda teórica de oxígeno requerida puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$O2 = Qw * Fe(II) * 5.16 * 10^{-4}$$

Dónde:

O2: Demanda teórica de oxígeno

(Kg de O2/h)

Qw: Velocidad del flujo del drenaje ácido

(l/s)

Fe(II): Concentración inicial de Fe(II)

(mg/l)

El contenido de  $O_2$  en el aire es de 21% por volumen y sólo una fracción del oxígeno que está en contacto con el agua es absorbida. Esta fracción es expresada como eficiencia de transferencia.

Una expresión que nos aproxima al cálculo de la demanda del aire es la siguiente:

$$QA = 6.324 * O_2 / E$$

Dónde:

QA: Total de aire demandado

m<sup>3</sup>/min.

O<sub>2</sub>: Demanda de oxígeno requerido

Kg/h.

E: Eficiencia deO<sub>2</sub> transferido

%.

Los valores de E varían de 3 a 25 % dependiendo del tipo de aireador.

Las eficiencias de transferencias de oxígeno del aire al agua por agitación mecánica son solo del orden del 12 al 15%.

Los reactores con turbinas tipo axiales son los más recomendables para generar una buena difusión del aire en el agua.

#### 2.5 IONES METÁLICOS EN LAS SOLUCIONES DE DRENAJE ÁCIDO

La extracción o disolución de minerales o elementos metálicos puede ser fácilmente representado por dos tipos de reacciones.: La primera que es sólo una redisolución de productos (sales solubles) en un medio acuoso, como tal no hay ninguna reacción y es de orden cero, respecto al tiempo.

La velocidad de disolución es instantánea, salvo anomalías en el contacto sólido líquido.

La segunda parte de la disolución se produce por reacciones químicas o redox y por lo general las variaciones de las concentraciones de los cationes respecto al tiempo es una función exponencial de primer orden respecto al tiempo. El manejo adecuado de las curvas analíticas que representan el modo de disolución es muy importante en lo que respecta a proyecciones de disolución del material.

La expresión matemática que representa un sistema de lixiviación está dada por la siguiente ecuación:

- 
$$d(Fe^{++})/dt = k(Fe^{++});$$
 resolviendo da  $Fe^{++} = Fe^{0} e^{-kt}$   
Ln Fe = Ln Fe<sup>0</sup> - kt; donde k es La constante de cinética

Por otro lado las Concentraciones de iones metálicos en la solución es una función del producto de solubilidad con respecto a la formación de su correspondiente hidróxido y estos varían en función de la concentración de iones hidrógeno (H<sup>+</sup>). Estas variaciones están representadas en las curvas de solubilidad: Concentración metálica vs pH. Esta curva involucra varias reacciones posibles entre el ion metal y la solución acuosa a diferentes concentraciones de pH. La relación de la concentración de iones metálicos es

una función inversa del pH hasta alcanzar un mínimo. A continuación mencionaremos las concentraciones mínimas de los principales iones metálicos y su correspondiente pH de equilibrio.

Tabla 2.1.

Concentraciones mínimas de los principales iones metálicos

Me <sup>++</sup> pH		Concentrac
		mg/l
Cu	10	0.0006
Ni	11	0.0007
Cd	11	0.04
Zn	10	0.3
Pb	10.7	20

Fuente: Elaboración propia.

Para medir el tipo de catión que ingresa a la solución, normalmente se utiliza las pruebas de extracción (nivel de toxicidad).

Las pruebas de extracción deben simular la disolución de las sales de metal cuando estas están en contacto con aguas de lluvia, Existen varios procedimientos para las pruebas de extracción, siendo las más conocidas:

- ASTM D3987 extracción con agua destilada.
- Procedimiento especial para extracción de desechos B.C (SWEP), que utiliza ácido acético como extractante.
- U.S. EPA 1372 procedimiento que utiliza ácido nítrico/sulfúrico como extractante.
- U.S. EPA 1372 o prueba de Lixiviado TCLP, que utiliza extractante derivado del ácido acético.

El test U.S. EPA 1372 mide la toxicidad de la muestra y se evalúa mediante la aplicación del ensayo "SYNTHETIC PRECIPITATION LEACHING PROCEDURES" según método 1312 de la EPA. El método consiste básicamente en una lixiviación a temperatura y agitación controlada por

espacio de 18 horas con un líquido extractante conformado por una solución de  $SO_4H_2$  y  $NO_3H$  a pH = 2.

El análisis del lixiviado se realizara por 10 metales: As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se, Ag, Cu, y Fe los que serán comparados con la norma EPA.

#### 2.6 EFLUENTES MINEROS Y CARGA METÁLICA 2.6.1 CARGA CONTAMINANTE.

Las concentraciones de los efluentes mineros, de alguna manera están controlada por los límites máximos permisibles (LMP) dados por la autoridad competente; sin embargo, en muchos casos es necesario representarlas como cargas (concentración x flujos) con el fin de poder hacer balances de masas, especialmente cuando dos cuerpos de agua se juntan.

#### 2.6.2 DIVERSIFICACIÓN DE LOS EFLUENTES.

En la unidad productiva se puede contar con más de dos efluentes o estos podrían centralizarse en uno solo, en todos los casos merece caracterizar a cada uno de ellos en sus concentraciones y en sus cargas aportantes, de tal manera de visualizar en qué situación se está en relación a los límites máximos permisibles y el futuro efecto en el cuerpo receptor. Los resultados individuales y totales, guiarán para implementar las mejores prácticas de control, las que incluyen tratamientos totales o individuales. Una buena práctica es recolectar las soluciones en sus propias fuentes, de esta manera los cationes están más concentrados y la extracción de carga es más eficiente, además, los volúmenes a tratar son menores. También es una buena práctica contar con estanques de homogenización, pues de esta manera las posibles mezclas ayudan a tener soluciones homogéneas y las cargas se compartes con todo el volumen, cuyo producto es una disminución de las concentraciones. Finalmente, una adecuada caracterización de las aguas residuales en proceso, permitirá decidir por aquellas aguas que aún pueden ser reutilizadas en otra actividades dentro de la Unidad Minera.

#### 2.6.3 CONTAMINACIÓN AL CUERPO RECEPTOR.

No sólo el control de las concentraciones del efluente es suficiente para garantizar la calidad de las aguas del cuerpo receptor, veamos el siguiente análisis:

Efluente:

 $CC1 = (M^{++})1 * V1$ 

Cuerpo Receptor:

CC2 = (M++)2 \* V2

Mezcla

$$(CC1 + CC2) = (M^{++})P * (V1 + V2)$$

Del resultado de la mezcla el elemento de control está dado por (M<sup>++</sup>)P (cargas totales) Las concentraciones finales están en relación directa con las cargas aportantes e inversamente proporcionales con los volúmenes totales. Es decir si la carga aportante es menor la concentración final también es menor (para este caso el aportante de carga del efluente (M<sup>++</sup>)1 debe ser el menor posible). O si los volúmenes se incrementan, entonces la concentración final también disminuye

#### 2.7 CRITERIOS ADOPTADOS PARA DEFINIR EL RIESGO AMBIENTAL

Los criterios adoptados para definir el riesgo ambiental se basan en 3 situaciones básicas; la primera de ella está definida por la severidad del contaminante; la segunda está relacionada al cuerpo receptor que es el que recibe al contaminante y el tercer elemento está relacionado al medio por el cual el elemento contaminante alcanza al cuerpo receptor. Existen otros elementos que pueden aún más caracterizar el nivel de riesgo; entre los que mencionaremos la durabilidad del cuerpo receptor contaminado; su reversibilidad, etc.

#### 2.7.1 SEVERIDAD DEL CONTAMINANTE

En este rubro se hace una evaluación de cuan peligroso es el contaminante, como tal; es decir cuan peligrosa es la formación del drenaje ácido. Las características más importantes son: la intensidad del contaminante, que mide por ejemplo cuan ácido es el drenaje o la cantidad de iones metales,

especialmente con aquellos metales que afectan al medio receptor tales como el arsénico, plomo, plata, etc.

Otra de las características es la extensión, en este rubro se mide cuán grande es el contaminante (volumen por ejemplo). Otra característica que define la severidad es el tiempo en que este puede potencialmente actuar.

#### 2.7.2 CUERPO RECEPTOR.

El otro elemento principal en las mediciones del riesgo ambiental es el cuerpo receptor. El cuerpo receptor, para este caso está referido al ente que es contaminado. El cuerpo receptor está conformado por las aguas y la vida acuática existente en ella; los animales que beben las aguas contaminadas; las plantas que se riegan con aguas contaminadas, materiales que son alterados o corroídos por la presencia de aguas ácidas, suelos que son contaminados por aguas ácidas y sedimentos mineros y finalmente el hombre cuando este lo utiliza sea como bebida, lavado, o consume alimentos previamente contaminados.

#### 2.7.3 FUENTE DE TRANSFERENCIA.

En este rubro se analiza la forma de cómo la fuente de contaminante alcanza al cuerpo receptor o viceversa. Existen dos modelos; uno de ellos y el más frecuente cuando la fuente contaminadora alcanza al cuerpo receptor y la segunda cuando el cuerpo receptor se traslada hacia a la fuente contaminadora.

Para el primer grupo tenemos:

- a. La fuente contaminadora alcanza al cuerpo receptor, las situaciones más comunes son:
  - Corrientes de agua superficial que unen al foco contaminante con el cuerpo receptor.
  - Corrientes de aguas subterráneas.
  - Medios de transporte como camiones con carga de minerales o concentrados
  - Arrastre progresivo sea por el viento o por el agua de partículas minerales hasta alcanzar a la fuente receptora.

b. El cuerpo receptor alcanza a la fuente contaminadora.

El modelo para este caso está referido para cuando la fuente contaminante está confinada a un determinado lugar; como tal no alcanza a ningún cuerpo receptor; sin embargo, el cuerpo receptor puede movilizarse y alcanzar al área donde se ubica el contaminante: veamos algunos casos:

- Traslados de las personas a cursos de aguas contaminadas y uso de ellas.
- Presencia de personas en áreas de suelos contaminados, utilizando tales suelos para uso agrario u otro.
- Presencia de animales en los cursos de aguas contaminadas.
   Crecimiento de plantas en suelos contaminados
- Movimientos de aguas superficiales sobre depósitos de minerales, arrastrándolos y expandiendo la contaminación a otros lugares.

#### **CAPITULO III**

#### SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El Sistema de Gestión Ambiental (SGA) propuesto es el de las mejoras continuas (ISO 14000), está constituida por 5 etapas y en cada de una de ellas conformadas por un conjunto de requisitos. El desarrollo de las etapas en forma ordenada configura un esquema helicoidal de las mejoras continuas.

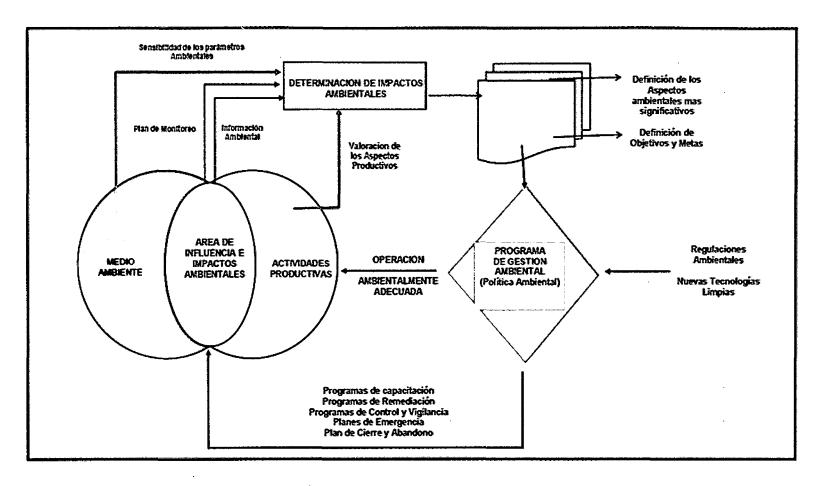
La primera etapa son las Políticas Ambientales, como tal, en las políticas ambientales de la Empresa debe indicarse como un postulado específico sobre el control del DAR. La siguiente etapa es la Planificación, luego la implementación y operación; una cuarta etapa está constituida por la verificación y acciones correctivas; la quinta etapa y última es la revisión por la Alta Dirección, cuyos resultados van a incidir directamente en el ajuste, o modificación de la política ambiental, de tal manera de que se continua con el sistema pero ahora en un plano superior logrando una mejora.

Es muy importante para que se dé, en forma objetiva, el desarrollo de un SGA que estén siempre presente y de manera activa todos los elementos que intervienen en el SGA (Organización, Planificación, Definición de responsabilidades, Recursos, Procedimientos, Prácticas operacionales reconocidas, etc.). Así como los elementos de Ejecución y Supervisión (Desarrollar, Implementar, Controlar, Revisar, Cambiar, etc.): Todos estos elementos forman parte de los requisitos del SGA.

En la Figura Nº 3.1 se muestra, de manera combinada, cómo los diferentes requisitos del SGA forman parte de las actividades productivas interrelacionadas con el medio ambiente y que, en su conjunto, están dirigidas a minimizar un posible impacto ambiental.

Para efectos de la aplicación del SGA al drenaje ácido de roca se dará mayor importancia a los requisitos que están directamente involucrados con el DAR Así por ejemplo: Incluir dentro de las políticas el requerimiento de controlar todo sulfuro que ha sido modificado o trasladado de su situación natural; de la misma manera, aplicar ese objetivo, en las diferentes etapas del SGA y en sus diferentes requisitos. Temas relacionadas a la determinación del Potencial de Drenaje ácido de roca, aplicada a los diferentes materiales que se esperan de las actividades minero- metalúrgicas; el tema eje es la determinación y evaluación de los Aspectos Ambientales y selección de los más significativos; a partir de aquí se desarrollan o activan todos los requisitos del SGA, como todos los procedimientos de prevención y mitigación del DAR.

FIGURA Nº 3.1
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN EL MARCO DE LAS MEJORAS CONTINUAS



---

## 3.2 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES: POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO Y NIVELES DE RIESGO AMBIENTAL

La aplicación del sistema de gestión ambiental tendrá como guía 2 temas centrales, el primero relacionado al problema del drenaje ácido y el segundo los niveles de riesgo ambiental, los cuales estará, incluidas en las políticas a definirse para el manejo del DAR.

#### Drenaje ácido de roca

Este tema comprende básicamente las siguientes etapas:

- Identificación de los materiales con alto potencial de generación ácida.
- Identificación de las condiciones de generación de DAR.
- Identificar las condiciones de migración de los contaminantes.
- Identificación de los entes receptores, entre los más importantes.

#### Identificación de los posibles riesgos Ambientales

Con respecto al riesgo ambiental este puede definirse como la capacidad del cuerpo receptor (personas humanas, animales, plantas y cuerpos de agua) de no tolerar los niveles de contaminación, ocasionando un deterioro de la salud o del ambiente por efectos de los contaminantes

Para la identificación de los posibles riesgos ambientales, es necesaria la conjunción de los siguientes elementos:

- Sensibilidad del cuerpo receptor, relacionada a la posibilidad de que personas animales o plantas se encuentran potencialmente afectadas por un determinado contaminante, sea por la cercanía o por la presencia de factores que coadyuven a una posible contaminación.
- Agresividad del contaminante, definido como cuán grande es el contaminante y su capacidad de extenderse fácilmente hacia el entorno inmediato.

 Medios de transporte existentes, capaces de comunicar al agente contaminante con el ente receptor; los medios de transporte más comunes son los flujos de agua superficial y las corrientes de viento.

#### 3.3 ETAPAS Y REQUISITOS DEL SGA APLICADA AL DAR.

#### 3.3.1 POLÍTICAS AMBIENTALES (REQUISITO 1)

Representa la primera etapa y el primer requisito de todo Sistema de Gestión Ambiental. La política en temas ambientales y específicamente para el control del DAR, está relacionada a:

- Evitar que se desarrolle el DAR y minimizar el riesgo ambiental.
- Otro postulado de la Política es el compromiso del manejo del DAR de conformidad con las normas ambientales.
- Compromiso de alcanzar una mejora continua.
- Compromiso en la prevención de la contaminación.

Para cumplir con el primer postulado de la política ambiental es necesario los siguientes objetivos sin ser estas limitativas:

- Evitar que los materiales con alto PNN negativos se expongan en un ambiente de oxidación y en medios acuosos.
- Controlar los medios que permite la oxidación (aire) y la disolución (Agua).
- Control de los efluentes con presencia de ácido y carga catiónica.
- Conocimiento del comportamiento de los entes receptores.

#### 3.3.2 PLANEAMIENTO

#### 3.3.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES (REQUISITO 2)

Representan la 2da etapa del SGA y está conformada por un conjunto de requisitos. El primero de ellos es la identificación de los Aspectos Ambientales (requisito 2) de las actividades Minero Metalúrgicas que para nuestro caso está representado por tres grandes áreas que se presentan en el desarrollo de una unidad minera y que son sectores potenciales de generación de drenaje ácido; ellos son:

- El área donde se desarrolla el sistema de minado, incluye cómo va quedando las superficies de las rocas expuestas al medio ambiente, incluye la presencia de agua de mina.
- Un segundo caso está relacionado a los botaderos de materiales de mina
- Los residuos metalúrgicos de la planta concentradora, constituidos los relaves, los que normalmente son confinados en la presa de relaves.

El procedimiento para la identificación de los aspectos ambientales es la aplicación de los diagramas de balance de masas a los tres casos identificados líneas arriba.

Luego se desarrolla un procedimiento para evaluar el grado de importancia del aspecto/ impacto, además de los niveles de riesgo ambiental, de esta manera se selecciona los aspectos ambientales más significativos (AAS) que debe reunir estas tres condiciones:

- La evaluación debe determinar que la actividad puede generar un impacto muy importante o severo.
- Debe tener un alto riesgo ambiental y riesgo a la salud de las personas.
- La Empresa debe asegurar su capacidad de minimizar tanto el efecto contaminante, como el de riesgo ambiental.

#### 3.3.2.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN EL DAR

Los aspectos ambientales serán identificados tomando como base los balances de masas para lo cual recurriremos a los diagramas de bloques, para las siguientes instalaciones que son comunes en las actividades minero metalúrgicas.

Exploración y desarrollo de mina: diagramas de bloques. En la figura Nº 3.2 se muestra el diagrama de bloque para las actividades de exploración y desarrollo de mina.

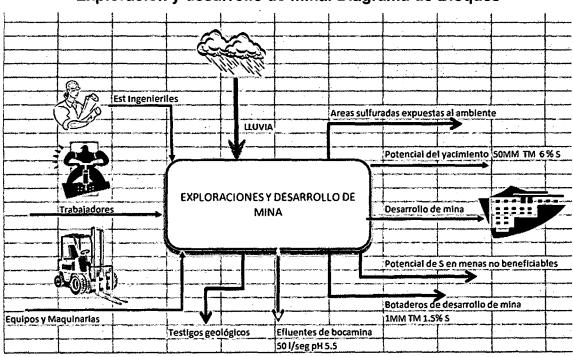


Figura N° 3.2

Exploración y desarrollo de mina. Diagrama de Bloques

Los Aspectos Ambientales identificados para la etapa de Exploraciones y desarrollo de mina son los siguientes:

- Potencial de azufre en menas no beneficiales a extraerse.
- Botaderos de desarrollo de mina.
- Áreas sulfuradas expuestas al ambiente.
- Efluentes de mina

Para el caso de la actividad de explotación minera de la misma manera se determinan los aspectos ambientales en base a su correspondiente diagrama de bloques Figura N° 3.3.

Ing de Minado

Lluvia

Areas sulfuradas expuestas al ambiente

Mineral a beneficiarse 4000 TM/día

EXPLOTACION MINERA.
8,000 TM/Dia

Botaderos de desarrollo de galerías

4000 TM/día | 2.5% de S

Figura N° 3.3. Balance de Masas

Los Aspectos Ambientales identificados para la etapa de explotación minera son los siguientes:

- Botaderos de desarrollo de galerías
- Áreas sulfuradas expuestas al ambiente
- Agua de Mina

Finalmente mostraremos los aspectos ambientales correspondientes a las actividades metalúrgicas Figura N° 3.4

Los Aspectos Ambientales identificados para la etapa de planta metalúrgica son los siguientes:

- Material residual Relaves
- Efluentes metalúrgicos
- Requerimientos de agua
- Usos de reactivos químicos

Operaciones/Procesos metalurgicos

PLANTA METALURGICA.
4,000 TM/Dia

Concentrados metalicos
400TM/d; 10% S

Instalaciones metalurgicas

Agua

Efluetes metalurgicos
1001/seg; pH 8.0

Figura N° 3.4.

Balance de Masas. Planta Metalúrgica

## 3.3.2.3 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA MAGNITUD DEL DAR

Existen varios mecanismos de valoración de un aspecto ambiental y normalmente obedecen a cumplir un objetivo, para tal efecto se selecciona un conjunto de criterios y rangos de valoración. Para esta primera etapa el objetivo es identificar cuál de los AA es potencialmente más peligroso (se va a medir la magnitud del AA), como tal interesa como criterio medir el grado de su intensidad expresada en los valores que alcance su potencial neto de neutralización (PNN),o relación PN/PA, otro criterio es la cantidad de material comprometido en el DAR, a este criterio se le denomina de Extensión y finalmente el criterio de Permanencia; con estos tres criterios nos acerca rápidamente de cuan peligroso es el material que se está evaluando.

Un arreglo final a la valoración son los criterios de rango y para este caso se tomará como base rangos del 1 al 8 (Resultado de una variación exponencial de base 2: 2<sup>n</sup> donde n puede ser 0, 1, 2 y 3; el valor 0 represente la ausencia o muy bajo, el valor 1 es bajo; el valor 2 es medio y el valor 3 es alto).

Para el caso de que un criterio es más importante que otro, entonces se le pondera en las unidades que sean necesarias y que justifique el nivel de importancia de ese criterio. En el Cuadro Nº 3.1 se muestra una valoración de los aspectos ambientales identificados anteriormente en las 3 principales actividades mineras.

Cuadro N° 3.1. Valoración de los aspectos Ambientales

	Extens	ion(1)		ntensidad (2			Vempore	bilidad(1)	Puntuación
Exploración y desarrollo de Mina		Rango	Sebs	(PA	PNN-20	Rango	্যাত্ত	Rango	
Potencial de S en mena no						,			
beneficiable	50MM TM	7	6	189	-109	5	50	6	20
Botaderos de desarrollo de mina	1MM	5	1.5	47.25	32.75	1	>100	7	10.5
Areas sulfuradas expuestas al	]				ļ				
ambiente	30,000M2	4	5	157.5	-77.5	4	>100	7	15.5
Efluentes de bocamina	50 l/seg	3.5		pH 5.5	1	4.5	<20 años	4	14.5
Explotación (Minera)									0
Botaderos de desarrollo de galería:	1.5MM	5.5	2.5	78.75	1.25	1.5	>100	7	12
Areas sulfuradas expuestas al		•							
ambiente	50,000M2	4.5	5.5	173.25	-93.25	4.5	>100	7	17
Agua de Mina	50 1/seg	3.5		pH 4		5	<20 años	4	15.5
Planta concentradora									0
Material residual Relaves	7200000	6.2	2.4	75.6	4.4	1.3	>100	7	12.3
Efluetes metalurgicos	100 l/seg	5.5		рН 8		0.5	<20 años	4	8.5

Los resultados indican que deberá ponerse mayor atención a los aspectos ambientales siguientes:

- Potencial de azufre en menas no beneficiable.
- Áreas sulfuradas expuestas al ambiente en etapa de minado botaderos.
- Áreas sulfuradas expuestas al ambiente en etapa de procesamiento de minerales. Presa de relaves.
- Efluentes de agua de mina

## 3.3.2.4 VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES EN LA POSIBILIDAD DE GENERACIÓN DE DAR

En el punto anterior se hizo una valoración del potencial de generación de drenaje ácido; en la presente valoración no solo se mide el potencial de

generación de ácido, sino la posibilidad de que este se desarrolle y más adelante no solo el desarrollo sino el nivel de riesgo ambiental que represente.

Como resumen, en esta segunda valoración se siguen los siguientes pasos:

- Determinación de los criterios asumidos y que son los siguientes:
  - o PNN o PN/PA
  - o Cantidad de material
  - o Área específica de reacción
  - o Exposiciones al aire
  - o Presencia de agua Precipitación anual
  - o Efectos de cinética
  - o Permanencia
  - o Acceso de tecnologías de remediación

Si se desea hacer una determinación aún más detallada se analiza otros parámetros como el comportamiento de la relación PN/PA; La cantidad de material que se encuentra ya en estado solubilizado; Los tipos de minerales metálicos que acompañan a la muestra, esto nos permitirá proyectar los posibles cationes que formarán las aguas ácidas, cantidad de reacción Qr, definida como la suma de PN + PA.

- Ponderación de los criterios asumidos, pues no todos tienen el mismo valor, algunos de ellos tienen que ver directamente con el asunto del DAR y su rangos extremos son determinantes; así por ejemplo un PNN positivo debe tener como valoración cero, de tal manera, que por más que los otros criterios tengan valores enteros y positivos, al contar con un factor cero, el resultado es cero, o sea que no existe posibilidad de generación ácida.
- Determinación de los rangos en base a los límites borde. De manera general los rangos van desde el más alto con calificación 8 al más bajo que puede ser 1 o cero.
- En el Cuadro Nº 3.2 se muestra el cuadro de valoración (Criterios, ponderación y rangos, y además con un ejemplo la valoración de un dique de una presa de relaves.

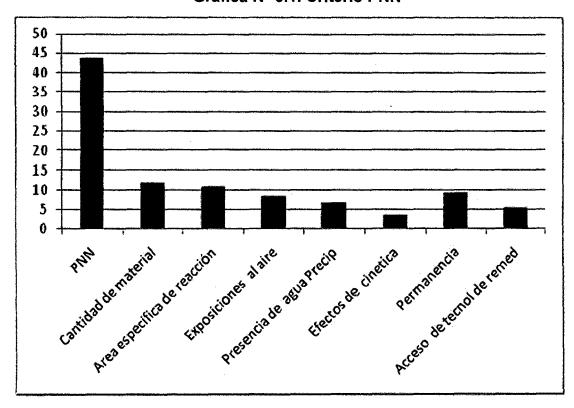
El Cuadro 3.2 ilustra varios resultados, sin embargo, los dos más importantes son los siguientes:

Valor promedio del impacto con 3.47 prácticamente tiene una valoración de mediana importancia, este valor se compara con las valoraciones de otros materiales y dependiendo de los valores que cada quien obtenga, los más altos constituirán los AAS.

Otro de los resultados es la participación de los criterios en la evaluación. Para este caso dio una valoración de 74.86, este dato se correlacionará con los valores de otras valoraciones.

Cuadro N° 3.2. Valoración de un Aspecto Ambiental. Dique de una presa de relaves

		Ponderac	<u> </u>	<b></b>				Valoracion
		ladivid						V con Pond
	Sustrato a ser evaluado	Acumulat					Dique de presa de rel <i>av</i> es	% de partic
i	Potencial Reto de neutralización		>-1000	>-200	>-40	POSITIVO		3.2
	PHN=PN-PA	3	8	4	2	0	PNN = -120 Kg de CO3Ca/TM	32.768
	Valorac del 8 al 1	3	512	64	8	0	que de presa de relaves  NN = -120 kg de COBCa/TM  DODTM  DOTTM  DOTTM	43.769032
2	Cantidad de material		>1////	>100M	>10M	>1000		3
		2	8	4	2	1	50000TM	9
		5	64	15	4	1		12.021523
3	Area específica de reacción		Arena poroso	Particulado granular	Roca>4"	Rocz >40°	Doubles dade essendas	4
	ianafo de grano	1.5	8	4	2	1	Particulado grantilas	8
		65	22,627417	8	2.82512712	1		10.685796
	Tunaddanas datas		Superfide	Exposición	Exposición	Impernez		
4	Expositiones al altre		aireada	₫ recta	indirecta	bie	Olque de presa de relaves  PNN = -120 Kg de COBCa/TIM  S0000 TIM  Particulado granular  Espuesta di reclamente la capa superficial e indirecta el interior  900 mm/año  Presenda de Fe3 y Bacterias  Alta posib de ser definitivo  Encapsulamiento superficiali sencillo, pero el interior complejo	3.4
	Directa a Empermeable	1.5	8	4	2	0.5		6.2692902
		8	22,627417	8	2.82312712	0.35355339		8.3740168
5	Presendade agua Predip		>1900 mm/zño	>750 mm/a	>350mm/z	<de50mm onda</de50mm 		5
	Valoración de 8a 1	1	. 8	4	2	0		5
		9	8	4	2	0		6.6736243
6	Efectos de dinetica		No menor de 3 factores	2 factores	1 factor	Mingun Factor		2
	Temperat, Actividad Bact, Catalizado, Agitacksón	1.5	8	. 4	2	0.5	Presencia de Fe3 y Bacterias	2.823/271
		105	22.627417	8	2.82812712	0.35355339		3.778000
7	Permanencia		Definitivo	<de td="" ≥años<=""><td>&lt; de un año</td><td><de1mes< td=""><td></td><td>7</td></de1mes<></td></de>	< de un año	<de1mes< td=""><td></td><td>7</td></de1mes<>		7
		1	8	4	2	0.5	Altaposib de ser definitivo	7_
		115	8	4	2	0.5		9.3900740
8	Acceso de tecnologías de remediación		No menor de 3 factores	2 factores	1factor	Nirgun Factor	Encapsulamiento superficiali	4
	No existente, complejo, Peligrosa dilicil de operar	1	8	4	2	0.5		4
		12.5	8 .	4	2	ας	1	5.342299
		12.5	191365E+11	3355437	5792.61875	0	·	5856981.2
						ì	,	i
		0.08	8	4	2	0		3,4786754
		1		1	1	1	Sumetoria de participación	74.885717



Gráfica Nº 3.1. Criterio PNN

La gráfica muestra que el criterio PNN es el más importante (cerca del 45 %) y le sigue la cantidad de material con el 12 %. Este dato es muy importante porque nos lleva a dirigir que el AAS debe ponerse mucho más atención a los materiales con contenido de azufre.

#### 3.3.2.5 VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

El procedimiento de valoración es bastante similar al de los AAS, sólo que se evalúan por separado los criterios que corresponden al del potencial contaminante; luego los criterios de transporte del contaminante y finalmente los criterios del cuerpo receptor.

El Cuadro Nº 3.3 muestra la evaluación realizada para los materiales que conforman el dique de un depósito de relaves Cada Criterio es evaluado individualmente. Así se tiene:

Potencial del contaminante con

Medios de transporte con valoración de 1.71

Presencia del cuerpo receptor con valor de 1.42

El valor del riesgo ambiental alcanzó 2.36, relativamente en el campo de riesgo bajo y la participación de los criterios dieron:

Potencial del contaminate con 80.0%

Medios de transporte con valoración de 10.8

Presencia del cuerpo receptor con valor de 10.2%

#### 3.3.2.6 NORMAS AMBIENTALES (REQUISITO 3)

Otro requisito en la etapa de Planeamiento, está constituido por las normas ambientales que se aplican para el control del contaminante o minimizar el riesgo Ambiental, (requisito 3); en este punto no sólo se encuentran las normas ambientales dadas por el ministerio sino los compromisos asumidas por la empresa, sea por acuerdos con el entorno social o por iniciativas propias.

#### 3.3.2.7 OBJETIVOS Y METAS (REQUISITO 4)

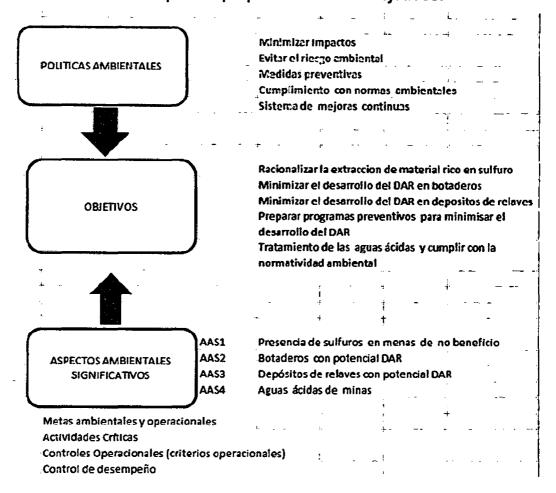
Un tercer requisito de la etapa de planeamiento son las definiciones de los Objetivos y Metas (requisito 4). Conocidos los aspectos ambientales (AA), se continúa con una evaluación para determinar los Aspectos Ambientales más Significativos (AAS); de ellos se define las actividades críticas y los correspondientes controles operacionales, etc. Con los resultados de esta actividad y en conjunción con las políticas ambientales se definen los Objetivos y luego las metas.

Cuadro N° 3.3.

Valores del riesgo ambiental. Dique Presa de relaves.

_	4 % — <b>.</b> <del></del>	Ponderac			· · · · ·			Valoracion	
		Individ	_				 	V con Pond	
	Sustrato a ser evaluado	Acumulat					Dique de presa de releves		
l	Potencial Neto de neutralización		>-1000	>-200	>-40	POSITIVO	Mari - 120 / - 4-	3.2	·
	PNN = PN-PA	3	8	4	2	0	PNN=-120 Kg de	32.768	
	Valorac del 8 al 1	3	512	64	8	0	CO3Ca/TM		]
2	Cantidad de material		>1MM	>100M	>10M	>1000		3	
		2	8	4	2	1	50000 TM	9	•
		5	64	16	4	1			
	Permanencia		Definitivo	< de 25 años	< de un año	<de1mes< td=""><td></td><td>7</td><td>•</td></de1mes<>		7	•
3		1	8	4	2	8.5	Alta posib de ser	7	•
		6	8	4	2	٥.5	definitivo	2064.384	
		0.1666667						3.56833057	Factor Promed
	Presencia de agua		. 4500 ( 7	. 370 (-	. 250	<đe 50mm			
5	Precip/escorrentias		>1500 mm/año	>750 mm/a	>350mm/a	o nula	000 t-*-	5	1
	Valoración de 8a 1	i	8	4	2	0	900กะท/ลก๊ด	5	•
		1	8	4	2	0			1
					>20	_			
	Presencia de personas y animales	2	>100 Indiv	>20 perman	ocasión	Rara vez	Rara vez	1	
		3	8	á	2	0.5		1	
		0.3333333						5	_
								1.70997595	Factor Promedi
		2		>20 cerca <	410		Alejado		
7	Receptor Humano		En el Entomo	500m	alej,>500m	Inexistenes	306/400	1	
		2						1	_
	Paragraph ambiguit		No menor de 3	2 factores	1 factor	Ningun	Agua yotros en menor		
8	Receptor amb:ental		factores	2 1640:53	TIEUU	Factor	escala	3	}
	Agua, Agua suelo, agua suelo biolog	1	8	4	2	0.5		3	
		3	8	4	2	0.5		1.44224957	Promed
		0.3333333							% de dis
	Sustancia contaminante	2					Factor total * Pondera	12.7329831	
	Medio de transferencia	i					Factor total * Pondera	1.70997555	10.764
	Cuerpo receptor	1					Factor total * Pondera	1.41224957	9.0791
		0.25		<del></del>		- ·-·	Producto de factores	31.4022356	15.8852
	::  Riesgo Ambiental		-		••		lvafor del Riesgo ambiental	2.36722831	:

Esquema N° 3.1.
Planeación para la preparación de los objetivos.



Los objetivos se desarrollan de las políticas específicas y de los AAS, éstas deben ser medibles; las metas se desprenden de los Objetivos, y estás también son medibles y de corto plazo. Los objetivos y las metas deben estar relacionados por un lado con las políticas ambientales asumidas por la Empresa y por otro lado con los Aspectos Ambientales Significativos.

Por lo general para seleccionar los Objetivos y Metas dentro el marco de las mejoras continuas se selecciona los AAS más notables y que pueden tratarse fácilmente, es decir que tengan un alto potencial de mejora, Así por ejemplo un aspecto ambiental significativo es la molienda del material con segregación de parte de los sulfuros (piritas que conforman los relaves), de tal manera que el Aspecto Ambiental identificado con una alta superficie de reacción (AAS) puede resolverse fácilmente depositando estos materiales en sitios confinados limitando el acceso del oxígeno; como tal, las metas estarían relacionadas a

que el material particulado sea confinado en el menor tiempo posible, que las superficies deben protegerse sea con capas de agua o suelos, cubiertas impermeables, se prepare compuertas para evitar el ingreso del aire, etc.

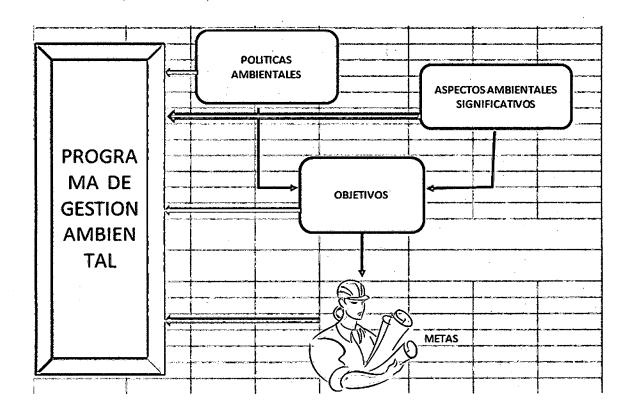
En la etapa de planeamiento en lo que corresponde a objetivos y metas no debe dejarse de lado que uno de los objetivos es la prevención de la contaminación; otro de los objetivos es la remediación inmediata del impacto, esto incluye el tratamiento en el mismo foco donde se desarrolla el contaminante. Otro objetivo está relacionado al control del efluente, de tal manera que éste no alcance a los cuerpos receptores con potencial de riesgo ambiental.

#### 3.3.2.8 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL (REQUISITO 5)

El último requisito de la etapa de Planificación es el Programa de Gestión Ambiental (PGA) (requisito 5); en este programa se identifica los objetivos y metas con las correspondientes responsabilidades; los recursos necesarios, plazos, etc. Ver esquema Nº 3.2

Esquema N° 3.2.

Desarrollo del programa de gestión ambiental



#### 3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN

#### 3.3.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA (REQUISITO 6)

Corresponde la tercera etapa del Sistema de Gestión Ambiental, en esta etapa se describe todos los requisitos para que puedan desarrollarse los objetivos y metas planteados; uno de los requisitos de esta etapa es contar con una estructura organizativa (requisito 6) capaz de desarrollar todos los objetivos y metas. La estructura organizativa medular creará responsables en los lugares o instalaciones donde se han definido Aspectos Ambientales Significativos, concretamente se contará con un responsable en el área de mina, quien tendrá a su cargo el estado en que van quedando las superficies minadas; por otro lado, será necesario un responsable en el área de botaderos; otro en el área de relaves y un responsable en el manejo de los efluentes ácidos.

Asimismo, se nombrará un responsable general que permita reportar a la alta dirección el desarrollo del SGA aplicado al manejo del drenaje ácido, además de responsabilizarse de la implementación y mantenimiento del SGA. Es muy importante tener en cuenta que todos los trabajadores son responsables del cumplimiento de las metas que se les asigne. Ver esquema Nº 3.3.

ORGANIZACION ESPECIALISTAS RECURSOS CRONOGRAMAS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN IMPLEMENTACIOÓN AAS **METAS** Capacitación específica **Actividades** Control Operacional Críticas Desarrollo del Plan de **PMA** Monitoreo Preparación de documentos Evaluación de OPERACIONES EN LA UNIDAD MINERA documentos Evaluación de Gestión

Esquema N° 3.3. Implementación del Sistema de Gestión Ambiental

#### 3.3.3.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO (REQUISITO 7)

Un segundo requisito de la etapa de Implementación es la capacitación y entrenamiento (requisito 7). En términos generales, la capacitación es para todo el personal no importa el nivel jerárquico y compromete temas de todo el ciclo del SGA, Entre los puntos más resaltantes está el referido a las políticas ambientales (todo trabajador debe saber y comprender sobre las políticas ambientales del sistema de gestión ambiental, para este caso el asunto es minimizar el nivel de riesgo ambiental por la potencialidad de generación de drenaje ácido de roca), Capacitación sobre los objetivos y metas; sobre el cumplimiento de las normas ambientales y el de otros compromisos; Capacitación en los AAS identificados por la empresa. De modo más específico, habrá capacitaciones en los temas de actividades críticas; controles operacionales; monitoreo de calidad ambiental, capacitación en el tema de la importancia de la veracidad de la data y la necesidad de respaldar resultados con formatos claros y precisos. También forma parte la capacitación para los casos de emergencia o acciones no previstas.

#### 3.3.3.3 COMUNICACIONES (REQUISITO 8)

Un tercer requisito comprendido en la etapa de Implementación son las Comunicaciones (requisito 8). La comunicación debe ser eficiente entre todos los integrantes de la Organización, de tal manera, que rápidamente se tenga conocimiento de las acciones que se están realizando en el manejo del DAR, de la misma manera la comunicación debe ser eficiente con el entorno, especialmente porque la migración de contaminantes por drenaje ácido va más allá de los confines del área minera. La comunicación externa también compromete a los proveedores o entidades que tienen que ver con el DAR y en general para comunicar a las diferencias instancias tanto del entorno como del gobierno sobre las políticas ambientales de la empresa con respecto al manejo del DAR.

#### 3.3.3.4 DOCUMENTOS (REQUISITO 9)

Otro requisito para la etapa de Implementación son los documentos (requisito 9). De esta manera la organización puede establecer y mantener, por escrito o

por otro medio la información relacionada a la estructuración y desarrollo del sistema de gestión ambiental.

La documentación básica que deberá mantenerse son las siguientes sin ser éstas limitativas:

- Documentación relacionada a las políticas ambientales identificadas en el manejo del DAR o la minimización de los riesgos ambientales; asimismo, deberán quedar por escrito todos los objetivos y metas.
- Documentación relacionada al manual del Sistema de Gestión Ambiental y los diferentes procedimientos y estándares; además de los Aspectos Ambientales Significativos que la Empresa a identificado.
- Documentación relacionada a los compromisos ambientales, sean estos normas ambientales nacionales u otros compromisos asumidos por la Empresa, asimismo, toda la documentación relacionada a los monitoreos y mediciones en el marco de los límites máximos permisibles.
- Documentación específica como instrucciones de trabajo, tablas, diagramas, registros, etc. Como ejemplo para el caso del DAR, la información está relacionada a los procedimientos preventivos, a los controles operacionales, a los sistemas o procedimientos para el caso de emergencias, los documentos relacionados al control ambiental o a los sistemas de monitoreo, especialmente la de calidad de aguas.

#### 3.3.3.5 CONTROL DE DOCUMENTOS (REQUISITO 10)

El quinto requisito de la implementación del SGA está relacionado al *Control de documentos* (requisito 10). Los documentos que comprometen la veracidad del SGA, deben ser aquellos que han sido aprobados, revisados y son manejados por las personas que lo requieran; es muy importante saber dónde se encuentran determinados tipos de documentos o quien los tiene y en las versiones correctas.

El control de documentos deberá distinguir los tipos de documentos que se controlan, cuales documentos son válidos de acuerdo a las últimas revisiones y retirar ediciones pasadas; debe establecerse los formatos y o contenidos. Establecer procedimientos de entrega, recojo y en general de lograr que la información alcance al usuario.

#### 3.3.3.6 CONTROL OPERACIONAL (REQUISITO 11)

El sexto requisito de la etapa de implementación del SGA, está relacionado al control operacional (requisito 11). Este requisito es el tema de mayor interés en el manejo del control del DAR.

En general se va a distinguir dos tipos de controles; uno de ellos es el de control operacional, para este tipo de control se establecen criterios simples (característica clave) de tal manera de evaluar el nivel de los procedimientos operacionales. El otro tema está relacionado al control de gestión y su medida son los Indicadores de desempeño.

A partir de los AAS identificados en el manejo del DAR, se determinan las actividades críticas. A partir de las actividades críticas se determinan los puestos especiales de trabajo, capacitación específica y las necesidades de controles operacionales. Si la actividad crítica es la presencia de DAR en determinada galería; un control operacional serán las mediciones del pH de las aguas que discurren por la galería, una característica clave estará relacionada a que si el pH baja de 5.0 unidades, para este caso deberá darse las instrucciones necesarias para controlar el pH de la solución que discurre por la galería.

Una característica importante en el control operacional es establecer los criterios operacionales, de tal manera que el operador con información visual o datos simples (cambio de color, cambio de temperatura, cambio de pH, etc.) Pueden saber cómo anda su operación.

#### 3.3.3.7 PREPARACIÓN Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA (REQUISITO 12)

El último requisito en la implementación el SGA es la Preparación y Respuestas de Emergencia (requisito 12); este tema es de mucha importancia, en el manejo y control del DAR. En este requisito debe preverse la organización necesaria para atender cualquier emergencia, los procedimientos, los recursos y las acciones ante accidentes.

Este requisito comprende además los Procedimientos para la Identificación, procedimientos de respuesta; de prevención y de reducción de impactos.

Este requisito constantemente debe ser revisado y actualizado especialmente después de ocurrir un incidente o situación de emergencia.

Finalmente este requisito debe prever periódicamente procedimientos de ensayos o simulacros.

#### 3.3.4 VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS

Comprende la Cuarta etapa del Sistema de Gestión Ambiental en el marco de las mejores Continuas. En esta etapa se han establecido 4 requisitos que son los siguientes: Monitoreo y Medición, Acciones de No Conformidad, acción correctiva y acción preventiva. Un tercer requisito son los registros (requisito 15) y el Cuarto requisito son los Sistemas de Auditoría (requisito 16).

Básicamente esta etapa, comprende dos grupos. Uno de estos está relacionado a los AAS identificados por la empresa en el marco de las mejoras continuas, para este grupo se establecen los objetivos y metas y un segundo grupo el resto de AAS para este último caso solo será necesario manejar y controlar los AAS.

#### 3.3.4.1 MONITOREO Y MEDICIÓN (REQUISITO 13)

Es el primer requisito de la Cuarta etapa de la Implementación del SGA; en general se requiere de un procedimiento documentado para medir y monitorear las características claves de sus operaciones y actividades que pueden tener un Impacto ambiental significativo.

Los monitoreos deben ser estandarizados y medidos con equipos calibrados aun manteniendo el record de calibración o buena performance del equipo de control.

En general, el monitoreo y control se realiza para tres diferentes situaciones:

- Mediciones de las características claves de los controles operacionales, como % de S, % de álcalis, pH, Conductividad; ICP de metales tanto totales como solubles, etc. información que mide una buena performance operacional.
- Otro tipo de medición está referido a los indicadores de desempeño:
   Cuadros estadísticos, históricos del control y evolución del DAR; de esta manera se mide los logros o avances en los objetivos y metas.
- El tercer grupo está relacionado a las mediciones para cumplimiento legal; LMP para efluentes; los estándares de calidad ambiental para

cuerpo receptor, etc. (siempre es necesario tener actualizados los requisitos legales).

## 3.3.4.2 NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA (REQUISITO 14).

Corresponde al segundo requisito de la Cuarta etapa de verificación y acción correctiva, para este caso es necesario establecer y mantener procedimientos documentados para definir las responsabilidades y autoridades para mantener e investigar las no conformidades, así como para implantar las acciones correctivas y/o preventivas.

La definición de una No Conformidad está relacionada a una desviación del SGA; también a actuaciones que no estén de acuerdo con los documentos del SGA. Un último punto está relacionado a la falta de cumplimiento Legal.

En general las auditorías, sean estas internas, externas o de cumplimientos de Normas solicitadas por el Ministerio, etc., son las encargadas de detectar los no conformidades, además de las acciones correctivas y preventivas. Es importante implementar y registrar en los procedimientos documentados los cambios que resulten de la acción correctiva y preventiva.

#### 3.3.4.3 REGISTROS (REQUISITO 15)

Es el tercer requisito de la Etapa de Verificación y acciones correctivas.

Los registros constituyen una parte fundamental del SGA, pues demuestran el cumplimiento de los requisitos especificados por el sistema.

Los registros ambientales deben ser legibles, identificables y trazables.

Los registros deben ser archivados y protegidos contra cualquier acción que lo deteriore.

Entre los documentos más importantes que se registren tenemos:

- Registros de información de desempeño
- Registro de controles operacionales.
- Registro de conformidad de objetivos y metas
- Registro de los resultados de monitoreo
- Registro de calibraciones de equipos



- Registro de resultados de auditorías
- Registros de capacitación
- Informes de inspecciones, ensayos, pruebas, etc. relacionado con el manejo del DAR.

#### 3.3.4.4 REGISTROS (REQUISITO 16).

Corresponde al cuarto requisito de la cuarta etapa de la implementación del SGA. Es importante tener en consideración la definición que se tiene sobre una Auditoría Ambiental. "Proceso de verificación sistemática y documentada para obtener y evaluar en forma objetiva la evidencia que permita determinar si las actividades ambientales, los eventos, las condiciones, los sistemas administrativos especificados, etc.

Cumplen los criterios de la auditoría, y para comunicar los resultados de este proceso al cliente."

Los procedimientos de auditoría deben incluir, el alcance de la auditoría, la frecuencia y la metodología, las responsabilidades y requisitos para la auditoría e informar acerca de los resultados.

#### 3.3.5 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN. (REQUISITO 17)

Es la última etapa en la implementación del SGA. Básicamente el proceso de revisión (requisito 17).

Comprende dos etapas: La primera de ellas son las evaluaciones de los resultados de la implementación del sistema (Informe de auditorías, cumplimientos de objetivos y metas; evaluación de desempeños ambientales, cumplimiento legal, etc.); y una segunda parte las acciones que se deben tomar (modificaciones en el SGA; modificaciones en las políticas ambientales; requerimientos de nuevos recursos, etc.). Esta última etapa constituye la posta para iniciar nuevamente el proceso dentro del marco de las mejoras continuas. Se puede sintetizar que esta última etapa es de Revisión de lo actuado y planteamientos para un Mejoramiento.

#### 3.4 CONCLUSIONES

#### Ciclo de las Mejoras Continuas

Las conclusiones relacionadas a este punto son básicamente los resultados logrados en los diferentes Objetivos y metas propuestas, medidas tanto de la disminución de la contaminación del DAR o minimización del riesgo ambiental y los resultados permitirán a la Alta Dirección la reformulación o complementación de las políticas ambientales y como tal, el inicio de un nuevo ciclo en el marco de las mejoras continuas.

#### **CAPITULO IV**

# APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL MANEJO DEL DAR: CASO YACIMIENTO POLIMETÁLICO

#### **4.1 MARCO GENERAL**

En base a la información procesada sobre los materiales caracterizados en su DAR (aspectos ambientales) es posible iniciar la aplicación del SGA. Como primer punto y requisito Nº 1 se tiene la definición de las políticas ambientales; los SGA que toman como modelo de las mejoras continuas, se recomienda que la empresa asuma los siguientes postulados:

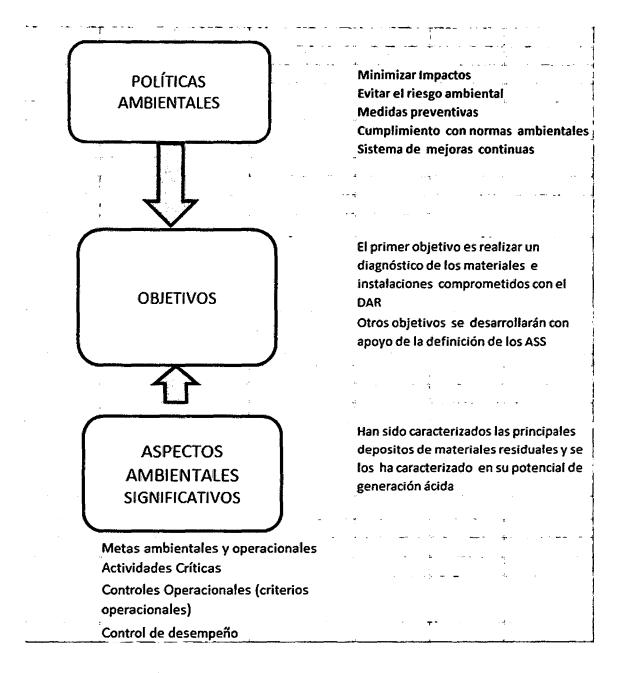
- Postulado dirigido a operar minimizando la contaminación ambiental
- Postulado de operar en el marco de la legislación ambiental
- Postulado referido a la prevención de la contaminación
- Postulado dirigido a emplear un SGA que tenga el mecanismo de las mejoras continuas.

Aun no se precisa algún postulado sobre el control del DAR.

Para poder plantear los Objetivos es necesario desarrollar los aspectos ambientales significativos (AAS), tal como se muestra en el esquema de la Figura Nº 4.1

Dentro de los objetivos se definen como una de las acciones es desarrollar un diagnóstico situacional de todos los materiales residuales y actividades actuales que estén comprometidos con el DAR.

Figura N° 4.1. "Planeación para la preparación de los objetivos en relación al DAR.



En el Marco de la Planificación del SGA se definirán los Aspectos Ambientales más Significativos de la Unidad minera relacionados a los materiales con potencial generación ácida.

Cuadro N° 4.1 Etapas del Sistema de Gestión Ambinetal

1	ETAPAS	REQUISITOS	N
	POLÍTICAS AMBIENTALES		1
		IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES	2
	PLANIFICACIÓN	NORMAS AMBIENTALES	3
	LAINI TEACTON	OBJETIVOS Y METAS	4
		PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	5
		ORGANIZACIÓN	6
		CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO	7
		COMUNICACIONES	8
SISTEMA DE GESTIÓN	IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN	PREPARACION DE DOCUMENTOS	9
AMBIENTAL	, ESECOCION	CONTROL DE DOCUMENTOS	10
·		OPERACIONES Y CARACTERÍSTICAS CLAVE	11
		PREPARACION Y RESPUESTAS DE EMERGENCIAS	12
		MONITOREO Y MEDICIONES	13
	VERIFICACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS	NO CONFORMIDAD, ACCIÓN CORRECTIVA, ACCIÓN PREVENTIVA	14
		REGISTROS	15
		SISTEMA DE AUDITORÍA	16
	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN		17

## 4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES MÁS SIGNIFICATIVO

#### 4.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

La caracterización de los diferentes materiales en sus valores de PNN, PA, PN, etc. han permitido identificarlos y agruparlos en grupos que guardan características similares; de esta manera se tiene seleccionados los siguientes grupos quienes serán evaluados para definir los más importantes y como definir los AAS.

#### 4.2.1.1 MATERIALES A EVALUACIÓN

- MATERIALES DE EXPLORACIONES ANTIGUAS ubicados en zona de intrusivos, superficiales y cerca al cuerpo mineralizado
- MATERIALES DE EXPLORACIONES ANTIGUAS ubicados en zona de intrusivos, superficiales y alejado al cuerpo mineralizado.
- MATERIALES MINEROS PARA OBRAS INFRAESTRUCTURA normalmente obtenidos de zona calcárea.
- BOTADEROS. Materiales mineros desde marginales a estériles zona calcáreo y cerca al yacimiento.
- DIQUE DE DEPÓSITOS DE RELAVES de zona calcárea, tanto alejado como cerca del cuerpo mineralizado.
- SUPERFICIES DENTRO DE GALERÍAS EXPUESTAS AL AIRE Ubicado en zona de intrusivo.
- SUPERFICIES DENTRO DE GALERÍAS EXPUESTAS AL AIRE Ubicado en zona calcárea.
- DIQUES DE DEPÓSITOS FORMADO POR ARENAS pertenecen a material de la zona mineralógica pudiendo ser tanto de zona calcárea como intrusivo.
- DEPÓSITOS DE RELAVES pertenecen a material de la zona mineralógica pudiendo ser tanto de zona calcárea como intrusivo.
- Contenidos de menas sulfurados no beneficiable, las que pueden encontrarse en zona del intrusivo como en zona calcárea
- En base a la identificación de los AAS se seleccionará los de mayor puntuación se continuara con ellos la aplicación del SGA.

#### 4.2.1.2 MEDICIONES DE LOS AAS

Para contar con los aspectos ambientales caracterizables en su mayor posibilidad de generación ácida, se aplicará un modelo donde se aplica los siguientes grandes caracterizaciones, estos son:

- Caracterizarlos en su capacidad de desarrollar drenaje ácido.
- Caracterizarlos en su capacidad de riesgo ambiental.
- Caracterizarlos como la importancia como impacto ambiental.

#### 4.3 CAPACIDAD DE DESARROLLO DEL DRENAJE ÁCIDO.

Constituye el primer paso utilizado para definir si los materiales seleccionados constituyen un Aspecto Ambiental significativo. Este punto comprende los siguientes pasos:

- 1. Selección de los criterios de evaluación indicando sus ponderaciones entre ellos.
- 2. Definición de los rangos de evaluación
- 3. Evaluación de los diferentes grupos de materiales seleccionados. Ver Cuadro Nº 4.2

Cuadro N° 4.2
Rangos de valoración para diferentes criterios relacionados al desarrollo del DAR.

	Rangos de valoración	8	4	2	1	0
1	Potencial Neto de neutralización	< -800	< -200	< -40	1	POSITIVO
2	PN/PA	<0.25	<0.5	<0.8	1	>1
3	Qr : Cantidad de reactante	>1000	>600	>200	>10	0
4	Exposiciones al aire	Superficie aireada	Exposición directa y capas porosas	Exposición indirecta y capas no profundas	capa semi impermea ble o capas semiendure cidas	Impermea ble Roca no fracturado capas de arcillas
5	Presencia de agua Precipitación o acuifero sobre el material minero	> 1500 mm/año	>750 mm/a	>350mm/a	< de 50mm	nula
6	Presencia de material soluble %	100 a 70%	70 a 40	40 a 10	10 a 0	0
7	Cantidad de material	> 1MM	>100M	>10M	>1000	nada
8	Area especifica de reacción	Arena porosa	Particulado granular	Roca > 4"	Roca >40"	Roca impermeab
9	Efectos de cinética: Temperat, Actividad Bact, elementos Catalizadores, Agitación	No menor de 3 factores	2 factores	1 factor	Ningún Factor	Ningún Factor
10	Permanencia	Definitivo	< de 25 años	< de un año	< de 1 mes	< de 1 dia
11	Acceso de tecnologías de remediación No existente, complejo, Peligrosa dificil de operar, sencilla, practicable	No menor de 3 factores	2 factores	1 factor	Ningún Factor	Ningún Factor

#### 4.3.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se ha seleccionado los siguientes criterios que están estrechamente relacionados con la formación del drenaje ácido.

#### • Potencial Neto de Neutralización: PNN

Proyectado para cada grupo identificado, este criterio es uno de los más importantes para la caracterización del potencial de generación ácida. Mientras la diferencia entre el PN y PA sea mayor y negativa, mayor será la capacidad de generación ácida.

#### PN/PA

Esta relación mide las veces de capacidad sea de acidificación o neutralización existente en un material; si la relación es mucho más pequeña de uno entonces es más fuerte la posibilidad de generación ácida.

#### Qr : Cantidad de reactante

Mide cuanto material es capaz de entrar en reacción y se le calcula par la suma de las cantidades de PA y de PN, Si este valor es grande, entonces estamos ante un material de alta capacidad de reaccionar.

Estos tres criterios miden directamente el potencial de DAR, Para su valoración se asume el promedio geométrico y entre el grupo de criterios tiene una ponderación de 6.

#### Exposiciones al aire

Esta referida a si el substrato está relacionado directamente a fuentes de oxígeno. Este criterio tiene ponderación de 2.

- Presencia de agua: Precipitación o acuífero sobre el material minero.
   Indica si existe fuentes de agua disponibles sea llevando e oxígeno o retirando productos de reacción, como son los cationes metálicos. Tiene una ponderación de 1.5.
  - Presencia de material soluble %

Indica si el material es fácil de disolverse y además prácticamente ya inició el proceso DAR. Tiene ponderación de 1.

Cantidad de material

Esta referida a cuanto material está en juego. Si el depósito es muy grande o pequeño. Tiene una ponderación de dos.

Área específica de reacción

Esta referida básicamente al tamaño de grano, que entre más pequeño permitirá una mejor exposición al medio ambiente y tendrá una mayor capacidad de reacción.

- Efectos de cinética: Esta referido a factores de cinética, como temperatura, agitación y presencia de actividad bacteriana.
- Permanencia

Está relacionada si el substrato quedará ubicado en un determinado lugar de manera permanente o temporal.

Acceso de tecnologías de remediación

Si el cuerpo en evaluación, para su tratamiento es complejo o simple.

Peligrosa, difícil de operar, sencilla, practicable.

#### 4.3.2 RANGOS PARA LA EVALUACIÓN

En el cuadro N° 4.2 se tiene los rangos utilizados para cada criterio seleccionado. El rango de valoración va de 8 para la calificación alta y cero para la calificación más baja débil o nula.

## 4.3.3 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES SELECCIONADOS

El Cuadro Nº 4.3 es un arreglo donde cada material seleccionado es valorizado en los diferentes criterios seleccionados para medir la capacidad de DAR del material.

Cuadro N° 4.3. Determinaciones de la capacidad de desarrollo del DAR para varias muestras evaluadas.

	Sustrato a ser evaluado	Pondora ción	Materiales de exploraciones Intrueivo y cerca yacimt	Valoración	Iflateriales de exploraciones Intrueivo y alejad yacimt		Mat minero infraes truct calcarea	Valoración	BOTADERO Marginales catearea cerca yac	Valoración	DIQUE DEPOSIT RELAVES CALCAREA	Valoración
1	Potencial Neto de		-235	4	-22	1.5	445	0	525	0	644	0
2	PN/PA		0,29	7	0.84	1.8	19	0	4.96	0.1	5.82	0.1
3	Or: Cantidad de reactante		380	3	136.7	1.7	578	4.5	809	6	817	6
	Valores promedios geométricos	6	84.00	4.38	4.59	1.66189748	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00
4	Exposiciones al aire	.2	Exposic directa	5	Exposic directa	5	Exposición indirecta	4	Exposición indirecta	4.5	Exposición Indirecta	4
5	Presencia de agua Precip	1.5	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5
6	Presencia de material soluble %	1	14.5	1.5	14.5	1.5	9.16	1.3	2.44	1	5.45	1.3
7	Cantidad de material	3	<100M	3.5	<100M	3.5	<100M	3.5	<500M	4.5	<500M	4.5
3	Area especifica de reacción	1	Particulado a roca	3	Particulado a roca	3	Particulado a roca	3	Particulado a roca	3	Particulado a roca	3
9	Efectos de cinetica: Temperat, Actividad Bact, Catalizado, Agitación	1	1:5 factores	3	1.5 factores	3	1.5 factores	3	1.5 factores	3	1.5 factores	3
10	Permanencia	1	Permanete pero con cambios	6	Permanente pero con cambios	6	permanente	7	permanent	7	permanent e	3
11	Acceso de tecnologías de remediación, No existente, complejo, Peligrosa dificil de operar	1	2 factores	4	2 factores	4	1.5 Factor	3	1.5 Factor	3	2.5 Factor	5
	Resultados finales	17.50	71.03	4.06	54.72	3.13	42.55	2.43	45.25	2.64	48.55	2.77

	Sustrato a ser evaluado	Ponderac ión	SUPERFICIE GALERIA INTRUSIVO	Valoración	SUPERFICIE GALERIA Calcareo	Valoración	Dique deposito arenas yacimiento	Valoración	Deposito relaves yacimiento	Valoración	Yacimiento polimetalico PA <700 PN < 400	Valoración
1	Potencial Neto de neutralización		-165	3.5	95.4	0.1	-452	6	-117	3.5	-300	5
2	PN/PA		0.442	5	1.39	0.2	0.355	6	0.97	1.2	0.6	3.5
3	Qr : Cantidad de reactante		395	3.8	739	5.\$	861	6.5	746	6	1100	7
	Valores promedios geométricos	6	66.5	4.05	0.11	0.48	234	6.16	25.20	2.93	122.5	4.97
4	Exposiciones al aire	2	Capa impermeable	1.5	Capa impermeable	1.5	Arena porosa	3	Arena Fina Compactada	2	Meterial de mina	3
5	Presencia de agua Precip	1.5	Acuifero cerca	5	Aculfero cerca	5	>850	3	Semiemper 450 mm	2.5	>850	4.5
6	Presencia de material soluble %	1	23.8	2.5	0.27	0.5	0.82	0.85	0.65	0.65	1	1
7	Cantidad de material	3	< 100M	2	< 100M	2	<200M	3	<1MM	6	< 30MM	8
8	Area especifica de reacción	1	Roca	1.3	Roca	1.3	Arena gruesa	2	Arena Fina compact	4	Materiales diversos	4
9	Efectos de cinetica: Temperat, Actividad Bact, Catalizado, Agitación	1	1.5 factores	3	1.5 factores	3	2 factores	2	1.5 factores	3	diversos	3.5
10	Permanencia	1	permanente y oculto	3	permanente y oculto	3	permanente	7	permanente	7	permanente y oculto	3
11	Acceso de tecnologías de remediación, No existente, complejo, Peligrosa dificil de operar	1	1.4 factor	6.2	1.4 factor	6.2	1.5 factores	3.5	1.5 factores	3.5	mayormente existen	4
	Resultados finales	17.50	56.81	3.25	33.37	1.91	71.82	4.10	61.49	3.51	82.05	4.69

#### 4.4 PRINCIPALES RESULTADOS

En la última fila de los cuadros de evaluación se muestra los resultados de cada material evaluado. De esta manera los materiales de interior mina de la zona de intrusivo mineralizada tiene los valores más altos con el valor de 4.69. Le sigue en nivel de alta capacidad de generar drenaje ácido los materiales que conforman el dique.

Asimismo, tiene valores altos las zonas de antiguas exploraciones ubicadas cerca al área militar.

#### 4.5 EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN SU RIESGO AMBIENTAL

Esta evaluación comprende los siguientes puntos:

- Definición de los criterios de evaluación
- Definición de los rangos y niveles de ponderación y
- Evaluación del riesgo ambiental de los diferentes substratos a evaluarse.

#### 4.5.1 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El Riesgo ambiental queda definido por las siguientes situaciones: La existencia del elemento contaminante, el que debe medirse en su capacidad de actuar; un segundo punto está relacionado al cuerpo receptor, el que recibe la carga contaminante y el tercer punto son los medios de transporte o como se comunican los dos anteriores. Es importante señalar que la ausencia de cualquiera de ellos hace que el mecanismo no funcione y el riesgo tiende a cero.

#### **Potencial DAR**

- Potencial Neto de neutralización
- Relación PN/PA
- Exposiciones al aire
- Cantidad de material TM
- Permanencia/Duración
- Mineral soluble
- Mineral polivalente.

#### Cuerpo receptor Humano biológico y ambiental

- Receptor Humano.
- Receptor ambiental Agua, Agua suelo, agua suelo biológico.
- Receptor biológico.

#### Transporte, por agua, aire o por movilización del cuerpo receptor

- Presencia de agua Precipitación/escorrentías
- Presencia del acuífero
- Movilidad del cuerpo receptor

#### 4.5.2 DEFINICIÓN DE LOS RANGOS Y NIVELES DE PONDERACIÓN

En el Cuadro Nº 4.4 se muestra los diferentes rangos a aplicarse a cada uno de los criterios seleccionados.

### 4.5.3 EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL PARA LOS DIFERENTES MATERIALES SELECCIONADOS

El Cuadro Nº 4.5 muestra la evaluación de los diferentes materiales para determinar los niveles de riesgo ambiental, el cuadro adelanta valores si bien importantes con respecto al potencial DAR, sin embargo, en lo que respecta al cuerpo receptor estos son bajos por la no existencia de poblaciones aguas abajo que podrían estar involucradas.

Los resultados dan mejores valores para los materiales del dique, para la zona de exploraciones antiguas en áreas de la zona militar y la de superficies de galerías en intrusivo.

Cuadro N° 4.4.
Rangos para potencial DAR, cuerpo receptor y medio de transporte

	Vජාල්ල අත්තා ල්ල පිල ම	Ponderación	8	<b>Q</b>	2	8	<b>Q</b>
1	Potencial Neto de Neutralización	2	>-1000	>-200	>-40	1	Positivo
2	Relación PN/PA	2	<0.25	<0.5	<0.8	. 1	>1
3	Exposiciones al aire	1	Superficie aireada	Exposición directa y capas porosas	Exposición indirecta y capas no profundas	capa semi impermeable o capas sem endureciadas	Impermea ble Roca no fracturado capas de arcillas
4	Cantidad de material TM	1	>1MM	>100M	>10M	>1000	<5
5	Permanencia/Duración	1	Definitivo	< de 25 años	< de un año	<de 1="" mes<="" td=""><td>&lt; de 1 día</td></de>	< de 1 día
6	Mineral soluble	1	100 a 70%	70 a 40	40 a 10	10 a 2	0
7	Mineral polivalentes	1	Cationes peligrosos	1 cation peligroso	cationes comunes	baja concentrac de cationes comunes	Cationes comunes por deb LMP
	Total participation potential DAR	9	8	4	2	1	0
	Cuerpo receptor Humano bio	ologico y amb	iental				
8	Receptor Humano	3	Pueblo en el Entorno	>40 cerca < 500m	<20 alej,>500m	Pasan temporalmente	Inexistentes
9	Receptor ambiental Agua, Agua suelo, agua suelo biolog	2	No menor de 3 factores	3 factores	2 factor	1 factor	Ningun Factor
10	Receptor biológico	1	Especies vulnerables	Afectación de flora y fauna	Afectación de fauna	Afectación de flora	sin afectación
	Total participacion cuerpo receptor	6	8	4	2	1	0
	Transporte, por agua, aire o	por movilizad	ión del cuerp	o receptor			
11	Presencia de agua Precip/escorrentias	1	>1500 mm/año	>750 mm/a	>350mm/a	< de 50mm o nula	
12	Presencia del acuifero	1	acuífero con cambio del nivel freát	Acuífero	Acuifero temporal	No acuifero	
13	Movilida del cuerpo receptor	1	Personas y animales continuamente	Personas y animales ocasionalmente	Animales continuame nte	Animales rara vez	
	Total participación transporte	3	8	4	2	1	0
	Valoración final	18	144	72	36	18	0

## Cuadro N° 4.5. Evaluación de los materiales seleccionados en su riesgo ambiental.

	Sustrato minero residual a evaluarse	Ponderación	Materiales de exploraciones Intrusivo y corca yacimt	Valoración	Materiales de exploraciones Intrusivo y slojad yscimt	Valoración	ifiat minoro Infraestruct z calcarea	Valoración	BOTADER OS Marginales calcarea	Valoración	DIQUE DEPOSIT RELAVES CALCAREA	Valoración
	Potencial del elemento conta	minante										
1	Potencial Neto de neutralización	2	-235	4	-22	1.5	445	0	525	0	644	0
2	Relación PN/PA	2	0.29	7	0.84	1.8	19	0	4.96	0.1	5.82	0.1
3	Exposiciones allaire	1	Exposic directa	5	Exposic directa	5	Exposición indirecta	4	Exposición indirecta	4.5	Exposición Indirecta	<b>4</b> ·
-1	Cantidad de material	1	<100M	3.5	<100M	3.5	<100M	3.5	<500M	4.5	<500M	4,5
5	Permanencia	1	Permanete pero con cambios	6	Permanente pero con cambios	6	permanente	7	permanent e	7	permanente	3
6	Mineral soluble	1	14.5	1.5	14.5	1.5	9.16	1.3	2.44	1	5.45	1.3
7	Mineral polivalentes	1	1 cation peligroso	4	1 cation peligroso	4	1 cation peligroso	5	1 cation peligroso	5	cationes peligrosos	6.5
	Promedie Geometrico		2940	4.94	283.5	3.09	0	0.00	0	0	0	0.00
	Cuerpo receptor Humano bio	logico y ami	olental							1		
6	Receptor Humano	3	Pasan temporalmente	0.8	Pasan temporalmente	0.8	inexistentes	0.2	inexistente s	0.2	Pasan temporalmente	1.4
7	Receptor ambiental Agua, Agua suelo, agua suelo biolog	2	2 factor	4	2 factor	4	Ningun Factor	0.2	Ningun Factor	0.2	1 factor	1.3
8	Receptor biologico	1	Afectación de flora	2	Afectación de flora	2	sin afectación	0.2	sin afectación	0.2	Afectación de flora	1.5
	Sumatoria de cualidades	6	12.40	2.1	12.40	2.1	1.20	0.2	1.2	0.2	9.30	1.5
	Transporte, por agua, aire o	oor moviliza	ción del cuerp	o receptor	•		_					
9	Presencia de agua Precip/escorrentias	2	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5	>850	4.5
10	Presencia del acuifero	1	No acultero	1.2	No acuifero	1.2	Acuifero temporal	2.2	Aculfero temporal	2.2	No aculfero	1.2
13	Movilidad del cuerpo receptor	1	Personas y animales ocasionalmente	3.	Personas y animales ocasionalmente	3	Anîmales rara vez	0.7	Animales rara vez	0.7	Personas y animales ocasionalmente	4.2
	Surnatoria de cualidades	4	13.2	3.3	13.20	3.3	11.90	3.0	11.9	2.975	14.40	3.5
	Valoración final	18	33.69	3.23	21.10	2.76	0.00	0.00	G	0	0.00	0.00

	Sustrato minero residual a evaluarse		SUPERFICIE GALERIA INTRUSIVO	Valoración	SUPERFICIE GALERIA Calcareo	Valoración	Dique deposito arenas yacimiento	Valoración	Doposito relaves yacimiento	Valoración	Yacimiento polimetalic o PA <700 PN < 400	Valoración
	Percuriel del clemento conte	minonic							ļ	<u> </u>	,	
1	Potencial Neto de neutralización	2	-165	3.5	95.4	0.1	-452	6	-117	3.5	-300	5
2	Relación PN/PA	2	0.442	5	1.39	0.2	0.355	6	0.97	1.2	0,6	3.5
3	Exposiciones al aire	1	Capa Impermeable	1.5	Capa Impermeable	1.5	Arena porosa	5	Arena Fina Compactad a	2	Meterial de mina	3
4	Cantidad de material	1	< 100M	2	<100M	2	<200M	3	<1MM	6	<30MM	8
5	Permanencia	1	permanente y oculto	3	permanente y oculto	3	permanent e	7	permanent e	7	permanent e y oculto	3
б	Mineral soluble	1	23.8	2.5	0.27	0.5	0.82	0.85	0.55	0.65	1	1
7	Mineral polivalentes	1	cationes peligrosos	5	1 cation peligroso	4	1 cation peligroso	6	1 cation peligroso	4	1 cation peligroso	4
	Promedio Geometrico		157.5	2.75	0.13	0.71	3730	5.19	352.3	3.23	1260	4.17
	Custo reagrant Humano bro	logico y										
6	Receptor Humano	3	Pasan temporalmente	1.10	Pasan temporalmente	1.1	Pasan temporalm ente	1.1	Pasan temporalm ente	0.8	No pasan	0
7	Receptor ambiental Agua, Agua suelo, agua suelo biolog	2	1 factor	1.60	1 factor	1.8	1 factor	1.8	1 factor	1.8	Ø factor	0
8	Receptor biologico	1	Afectación de flora	1.50	Afectación de flora	0.8	sin afectación	0.2	Afectación de flora	1	sin alectación	0.1
	Sumatoria de cualidades	6	8	1.33	7.70	L3	7.10	1.2	7.00	1.2	0.10	0.0
	Transporte, per agre, alregi	XOIT										
9	Presencia de lagua Precip/escorrentias	2	Acultero cerca	5	Aculfero cerca	5	>850	4.5	Semiemper 450 mm	2.5	>350	4.5
10	Presentia de l'aculfero	1	Aculfero	4	Acuifero temporal	2.5	Acuifero temporal	2.5	Aculfero	\$	Aculfero	3.5
13	Movilidad del cuerpo receptor	1	Personas y animales ocasionalmente	3.8	Personas y animales ocasionalmente	4	Personas y animales ocasionalm	۵	Personas y animales ocasionalm	4	Animales rara vez	0.7
	Sumatoria de cualidades	4	17.3	4.45	16.50	4.1	15.50	3.9	14.00	3.5	13.20	3.3
	Valoración final	18	16.32	2.54	3.76	1.55	23.82	2,88	13.20	2.36	0.23	0.61

## 4.6 EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES EN SU IMPORTANCIA COMO IMPACTO AMBIENTAL

Este punto comprende el siguiente ítem:

- Identificación de los criterios utilizados.
- Establecimiento de las condiciones de rangos.
- Evaluación de los diferentes materiales.

## 4.6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS UTILIZADOS

Para definir la importancia del impacto se ha considerado los siguientes criterios:

- Normatividad, Control LMP
- Reversible
- Relación causa/efecto
- Compromisos con el entorno
- Compromisos con el SGA.

### **Normatividad**

Está referida a si el parámetro está sujeto a control ambiental y limitada por límites máximos permisibles dados por la autoridad competente, tanto como efluentes líquidos (Ministerio de Energía y Minas) como para calidad de agua en el cuerpo. (Ministerio de Agricultura). Su valoración relativa es de 1.5 en relación a los otros parámetros y tendrá la máxima valoración si el material bordea los límites exigidos por la normatividad y mínimos si están alejados.

#### Reversibilidad

Indica si una vez sucedido el impacto, existe capacidad de reversibilidad o de alcanzar nuevamente las condiciones iníciales.

#### Relación Causa-Efecto. (C/E)

Este criterio está referido al efecto directo del drenaje ácido sobre el medio ambiente, especialmente afectando la calidad del agua, como tal a poblaciones, animales y plantas. Este parámetro también es de suma importancia; su valoración relativa es de 1.5 y de la misma manera los valores

máximos estarán referidos al daño que pueda ocasionar a las personas y mínimos si no existe medio afectado directamente.

## Sujeto a compromisos de la Empresa o de la comunidad.

Este criterio representa los compromisos que la Empresa se ha impuesto controlar dentro de sus actividades de política ambiental o por otro lado relacionado a la presión de la comunidad, en el marco del control ambiental. Su valoración relativa es de uno y dentro del mismo parámetro se puntuación alcanza el máximo valor si existen exigencia tanto por la empresa como por la comunidad.

### Compromisos con el SGA

Si los impactos que devienen del DAR ya existen compromisos con el SGA: es decir ya está considerado en sus políticas, en sus objetivos y se cuenta con un plan dinámico de manejo ambiental.

#### 4.6.2 ESTABLECIMIENTOS DE LOS RANGOS

En el Cuadro Nº 4.6 se muestra los rangos establecidos para evaluar a los materiales seleccionados en el tema de importancia del Impacto. El valor máximo toma valores similares a 8 y el mínimo valores de 1 o cero.

Cuadro N° 4.6
Establecimiento de los rangos para la evaluación de los criterios de importancia.

	Rangos de valoración	8	4	2	1	0
1	Normatividad, Control LMP	Por lo menos 4 normas	Por lo menos 3 normas	Por lo menos 2 normas	Por lo menos 1 norma	Sin normas
2	Reversible	Muy Alto	alto	medio	bajo	nada
3	Relación causa/efecto	Muy directo	directo	medio directo	bajo directo	nada
4	Impacto at paisaje	muy aito	atto	medio	bajo	nada
5	Compromisos con el entorno	porto menos en 4	*	por lo menos en 2	por lo menos en 1	nada
6	Compromisos con el SGA	Muy directo	directo	medio directo	bajo directo	nada

#### 4.6.3 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES SUBSTRATOS

En el Cuadro Nº 4.7 se tiene las evaluaciones para los diferentes substratos en su nivel de importancia. Los valores que destacan son los obtenidos para depósitos de relaves, el yacimiento en su zona de intrusivo, zona de exploraciones intrusivo cerca del yacimiento.

Con estas tres valoraciones se conjuga con el fin de determinar el material que requiere mayor atención, es decir nos encontraríamos antes un Aspecto Ambiental Significativo.

## 4.7 EVALUACIÓN FINAL PARA DETERMINAR LOS AAS

- MATERIALES DE EXPLORACIONES ANTIGUAS ubicados en zona de intrusivos, superficiales y cerca al cuerpo mineralizado:
   Está constituidas por las muestras 25, 4, 26, 27 y 6 En sus tres evaluaciones alcanza valores similar a 4 y corresponde a una calificación media, sin embargo, este representa el Impacto Ambiental más significativo.
- MATERIALES DE EXPLORACIONES ANTIGUAS ubicados en zona de intrusivos, superficiales y alejado al cuerpo mineralizado, está constituida por las muestras 3, 5, 30, 28,y 29 se encuentra en el lugar 6 como AAS. Tiene valores relativamente bajos en los temas de importancia del impacto y potencial de desarrollo del DAR, por los valores bajos en su PNN, no olvidar que las muestras representan materiales con bajos valores tanto de PN y PA.
- MATERIALES MINEROS PARA OBRAS INFRAESTRUCTURA
   Normalmente obtenidos de zona calcárea. Su valoración es baja, especialmente porque este material no representa un riesgo ambiental, porque no son generadores de ácido.
- BOTADEROS. Materiales mineros desde marginales a estériles Zona calcáreo y cerca al yacimiento. Su valoración es baja, especialmente porque estos materiales no representan un riesgo ambiental, porque no son generadores de ácido.

Cuadro N° 4.7.

Evaluación de los materiales de importancia.

	Sustrato a ser evaluado	Pondera ción	Materiales de exploraciones intrusivo y cerca yacimt	Valoración	Materiales de exploraciones Intrusivo y alejad yacimt	Valoración	Mat minero Infraestruct z calcarea		BOTADEROS Marginales calcarea cerca yac	Valoración	DIQUE DEPOSIT RELAVES CALCAREA	Valoración	SUPERFICIE GALERIA INTRUSIVO	Valoración
1	Normatividad, Control LMP	2	< de 4 normas	6	< de 3 normas	4	< de 2 norma	3	Limitadas	3	Limitadas	3	< de 3 normas	4
2	Reversible	1	Parcial	3	Parcial	3	medio	4	medio	4	medio	4	medio	4
3	Relacion causa/efecto	1	medio alto	5	aceptable	3	medio bajo	3	bajo	1	medio bajo	3	aito	6
	Impacto al paisaje	1	alto	6	Alto	5	medio bajo	3	medio alto	5	medio bajo	2	bajo	11
4	Compromisos con el entorno	2	medio alto	4	medio	4	medio bajo	2	medio bajo	2	medio bajo	3	medio alto	5
5	Compromisos con el SGA	2	medio bajo	3	medio bajo	3	bajo	1	bajo	1	medio bajo	2	medio alto	5
	Valoración Importancia	9.00	40.00	4,44	33.00	3.67	22.00	2.44	22.00	2.44	25.00	2.78	39.00	4.33

	Sustrato a ser evaluado	Pondera ción	SUPERFICIE GALERIA Calcareo	Valoración	Dique deposito arenas yacimiento	Valoración	Deposito relaves yacimiento	Valoración	Yacimiento polimetalico PA <700 PN < 400	Valoración
1	Normatividad, Control LMP	2	< de 2 norma	2	< de 4 norma	3	< de 4 norma:	6	< de 2 normas	4
2	Reversible	1	medio	4	Parcial	3	Poca	2	Parcial	5
3	Relacion causa/efecto	1	bajo	2	medio alto	2	medio alto	5	medio alto	5
	Impacto al paisaje	1	bajo	1	medio bajo	1	alto	6	medio	4
4	Compromisos con el entorno	2	bajo	2	medio alto	2	medio alto	5	medio alto	5
5	Compromisos con el SGA	2	bajo	1	medio alto	2	alto	6	medio alto	5
	Valoración Importancia	9.00	17.00	1.89	20.00	2.22	47.00	5.22	42.00	4.67

- DIQUE DE DEPÓSITOS DE RELAVES de zona calcárea, tanto alejado como cerca del cuerpo mineralizado. Este grupo tiene una evaluación baja pues por tener un PNN positivo constituye como un material no generador de ácido.
- SUPERFICIES DENTRO DE GALERÍAS EXPUESTAS AL AIRE
   Ubicadas en zona de intrusivo, constituidas por las muestras 35 y 31,
   Tiene una valoración media baja y constituye el 5to AAS, sus menores evaluación es por ser de bajo riesgo ambiental.
- SUPERFICIES DENTRO DE GALERÍAS EXPUESTAS AL AIRE
   Ubicado en zona calcárea; Estos materiales tienen bajas evaluaciones
   porque no son generadores de ácido y no representan ningún riesgo
   ambiental.
- DIQUES DE DEPÓSITOS FORMADOS POR ARENAS
  Pertenecen a material de la zona de yacimiento pudiendo ser tanto de
  zona calcárea como intrusivo. La clasificación de los relaves para las
  partículas más pesadas permite concentrar a estos en materiales
  sulfurosos, de ahí su mejor valor como potencial de desarrollo del DAR y
  valor medio bajo como de riesgo ambiental porque se trata de un
  material ya cubierto, es decir ya se practicó su cierre de instalación. Sin
  embargo, es considerado como el Tercer AAS.
- DEPÓSITOS DE RELAVES pertenecen a material de la zona mineralógica pudiendo ser tanto de zona calcárea como intrusivo Estos materiales constituyen el segundo AAS con una valoración media, especialmente por su importancia como impacto, ya que se trata de depósito grande que va a permanecer definitivamente en el lugar.
- Contenidos de menas sulfuradas no beneficiables, las que pueden encontrarse en zona del intrusivo como en zona calcárea Estos materiales tiene valores importantes como Potencial de desarrollo del DAR y de importancia del impacto, pero tienen valores bajos en riesgo ambiental, pues como es natural son materiales internos donde no está presente el cuerpo receptor.

Cuadro N° 4.8. Evaluación de los diferentes substratos para determinar su nivel de AAS.

Lineas de evaluación	Pondera ción	Mat do explorac Intrusivo y corca yacimt	Valoración	Mat do explorac Intrusivo y alejad yacimt		Mat minoro Infraestruct z calcároa		BOTADEROS Marginales calcaros	Valoración	DIQUE DEPOSIT RELAVES	Valoración
		Grupo1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
Valoración Riesgo ambiental	2		3.23		2.76		0.00		0.00		0.00
Val Desarrollo del DAR	3		4.06		3.13		2.43		2.64		2.77
Valoración Importancia	1	40	4.44	33.00	3.67	22.00	2.44	22.00	2.44	25.00	2.78
Determinación del Aspecto								Ī			
Ambiental Significativo	6	25, 4, 26, 27. 6	3.35	3, 5, 30, 28, 29	3.10	19, 18,7	1.62	2, 1, 21, 22	1.73	9, 8,10	1.35
Orden del Aspecto AMBIENTAL			1		6						

Lineas de evaluación	Pondera ción	SUPERFICIE GALERIA INTRUSIVO	Valoración	SUPERFICIE GALERIA Calcareo	Valoración	Dique doposito arenas	Valoración	Deposito rotavos yacimiento	Valoración	Yacimiento polimotalico PA <700	Valoración
		Grupo 6		Grupo 7		Grupo8		Grupo 9		Grupo 10	
Valoración Riesgo ambiental	2		2.54		1.55		2.88		2.36		0.61
Val Desarrollo del DAR	3		3.25		1.91		4.10		3.51		4.69
Valoración importancia	1		4.33		1.89		2.22		5.22		4.67
Determinación del Aspecto											
Ambiental Significativo	6	35, 31	3.19	33, 36, 32	1.79	23, 12	3.38	20, 14, 13,11	3.41		3.33
Orden del Aspecto AMBIENTAL			5				3		2		ā

#### 4.7.1 RESULTADOS

Los aspectos ambientales más significativos en orden de importancia son los siguientes:

AAS1 Materiales de exploraciones en zona de Intrusivo (no excluye en zona calcárea) y cerca al yacimiento.

Son materiales, superficiales y cerca al cuerpo mineralizado: Están constituidos por las muestras 25, 4, 26, 27 y 6. Estas áreas se encuentran expuestas directamente al medio ambiente como consecuencia del desalojo del material superficial; producto de esta operación se presentan dos casos como medios disturbados: la nueva superficie expuesta y el material desbrozado que es abandonado en las cercanías del lugar o al pie del área descubierta. Estas zonas representan áreas entre 1000 a 5000 M2 y pueden ubicarse entre 10 a 15. Son materiales que en algunos casos aun contienen importantes concentraciones de material soluble y pueden generar soluciones con cationes sin que necesariamente aun no haya desarrollo el DAR.

# AAS2 Depósito de relaves (incluye el dique depósito si éste está formado por relaves gruesos)

Las cantidades almacenadas son del orden de los 8 millones de toneladas y que representan los depósitos de más de 15 años. Esta característica la da una alta valoración para el criterio de magnitud, temporabilidad alta e irreversibilidad. Es de intensidad mediana Su granulometría fina, a pesar de que favorece una gran área superficial de reacción, sin embargo, la forma de su disposición lo hacen poco reactivo y aun más si sobre ellos se fomenta una capa de agua.

Los depósitos de relaves están conformados por los finos después del cicloneado, su evaluación respecto al DAR es relativamente bajo, su relación PN/PA es cercana a 1 y su PNN es de -116 Kg CO<sub>3</sub>Ca/TM de mineral, bajo con valores de Intensidad no es mayor de 4. El grado de molienda es aproximadamente 60 % pasando malla 200. Por las características macroscópicas, existe baja presencia de piritas y en general los relaves en su mayor parte están cubiertos por agua. De acuerdo a su diseño este depósito va

a quedar in situ de por vida y posiblemente para su correspondiente Plan de Cierre se tendrá que decidir por un sistema de depósito bajo agua o por cubiertas superficiales.

La contaminación más cercana puede ocurrir a las aguas del río que hace de receptor, sea ésta a través de las aguas de drenaje de la presa o por las aguas subterráneas.

Los efluentes superficiales están controlados en su calidad y es responsabilidad de la Empresa su continuo control; asimismo, guarda vivo interés en controlar la calidad de las aguas en el marco de las exigencias de la comunidad y como políticas de la Empresa.

En este aspecto ASS2 También se considera el dique que está conformado por arenas gruesas de los relaves de la separación por cicloneado. La presencia de pirita es notable; una parte menor del dique está expuesta al medio ambiente ya que es una instalación de cierre.

De estos materiales se estima cantidades del orden de los 100,000 TM.

## AAS3 Materiales que pueden provenir del Yacimiento polimetálico PA >700 PN < 400.

Por lo general se encuentran cerca del yacimiento y de preferencia en zona de intrusivo.

Estos materiales tienen valores importantes como potencial de desarrollo del DAR y de importancia del impacto, pero tienen valores bajos en riesgo ambiental, pues como es natural, son materiales internos donde no está presente el cuerpo receptor.

El conocimiento de su ubicación es muy importante para el minero, porque puede desarrollar la explotación minera tratando de minimizar que estos materiales salgan a superficie o alertar al metalurgista que se trata de un material de alto riesgo, con el fin de disponer los relaves en zonas más seguras, es decir alejadas del aire.

Estos materiales tienen un alto potencial DAR en el criterio de intensidad dado especialmente por sus valores altos de PA y bajos valores de PN, si éstos se encuentran en zona de intrusivos. Los valores de extensión son también importantes y los factores de importancia por la empresa, porque su explotación recae en beneficios económicos.

AAS4 Superficies libres en galerías de zona intrusiva y cerca del yacimiento.

Estas áreas son las causantes directas de la formación de aguas ácidas.

Ubicadas en zona de intrusivo, constituidas por las muestras 35 y 31, Estas áreas si encuentran las condiciones necesarias como oxígeno y agua entonces se desarrolla el DAR y constituyen las aguas de mina.

Existen alrededor de 10 galerías abandonadas, pero sólo tres de ellas muestran la presencia de aguas ácidas en volúmenes que varían de 10 a 50 litros/minuto.

Este Aspecto tiene importancia especial porque ya es un DAR y requiere programas de mitigación para su control.

## 4.8 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Con la definición de los AAS, el sistema de gestión ambiental, recomienda hacer el seguimiento de los AAS que sean operativamente manejables, que den resultados en breve tiempo y que cumplan en su mayor parte con los Objetivos inicialmente programados por la empresa.

Para la definición de los objetivos se aplica la Matriz de combinación de los AAS seleccionados con los postulados de las políticas ambientales. De la matriz de manera directa se selecciona cuál de las combinaciones podrían cumplirse mejor con el SGA; de esta manera se establece los objetivos.

A continuación se describe los objetivos para el control del DAR:

## 4.8.1 AAS1 MATERIALES DE EXPLORACIONES EN ZONA DE INTRUSIVO

- Minimizar la formación de DAR en las zonas de exploración cuyo PNN arrojó valores que indican el desarrollo del DAR.
- Aplicar el cierre de instalaciones en zonas de exploración, con el fin de evitar el desarrollo del DAR.
- Aplicar el SGA para lograr controlar este AAS.

Cuadro N° 4.9 Matriz de selección de los objetivos del SGA para el manejo del DAR

AAS	Descripción del Aspecto	Minimización	Prevención	Legislación	Mej continuas
AAS1	Materiales de exploración en zona de Intrusivo (no excluye en zona calcárea) y cerca al yacimiento	Se requiere de actuacion inmediata		Aplicable entre otros pasivos ambientales	Se propone por ser el AAS1
AAS2	Depósito relaves (incluye el dique del depósito formada por relaves gruesos)		Requiere actividades de prevención		Se propone por ser el AAS2
AAS3	Materiales que pueden provenir del Yacimiento polimetático PA <700 PN < 400	Minimizar extracción de	Reune condiciones para aplicar actividades de prevención		
AAS4	Superficies libres en galerías de zona intrusiva y cerca del yacimiento. Aguas ácidas de mina	Se requiere de actuación inmediata		Normatividad variada sobre aguas ácidas	

## 4.8.2 AAS2 DEPÓSITO DE RELAVES

Para este AAS se cuenta con los siguientes objetivos:

- Disponer de controles preventivos para evitar el desarrollo del DAR
- Cumplir con la legislación ambiental en el tema de estabilidad química del depósito.
- Aplicar el SGA a este AAS.

## 4.8.3 AAS3 MATERIALES QUE PUEDEN PROVENIR DEL YACIMIENTO POLIMETÁLICO

Para este AAS se cuenta con los siguientes objetivos:

- Evaluar el yacimiento en su PNN y realizar acciones para minimizar la extracción de aquellos que den PNN altamente negativos.
- Establecer procedimientos de prevención para el control de los materiales con PNN altamente negativos.

#### 4.8.4 AAS4 AGUAS ÁCIDAS DE MINA

- Tratamiento inmediato de las aguas de mina
- Cumplir con la legislación sobre el tratamiento de las aguas ácidas.

#### 4.9 METAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

## 4.9.1 AAS1 MATERIALES DE EXPLORACIONES EN ZONA DE INTRUSIVO 4.9.1.1 Objetivo 1

Minimizar la formación de DAR en las zonas de exploración cuyo PNN arrojo valores que indican el desarrollo del DAR.

#### **Metas**

- Realizar un estudio de las diferentes zonas y mapear aquellas cuyo DAR es más evidente.
- Disponer aquellos materiales con PNN altamente negativo en un lugar seguro libre de aire y agua.
- Realizar obras hidráulicas con el fin de minimizar el contacto de las aguas con los materiales o zonas de PNN altamente negativas.

## **Actividad Crítica**

Que en algunos sectores aun no muy evaluados de inicie el desarrollo del DAR.

#### **Controles Operacionales**

- Contabilizar los diferentes tipos de materiales y/o áreas, en sus características de PA, PN, pH en pasta, % de sulfuro oxidado.
- Control de pH y conductividad de las aguas cercanas a las zonas investigadas.
- Contar con las medidas de las cantidades de los diferentes materiales,
   granulometrías, humedad y presencia de agua en el entorno.
- Determinación de S como sulfuro para evaluar el PA.
- Determinaciones de la cantidad de álcalis para definir su PN.
- Cálculo del PNN, la relación PA PN y Qr.
- Determinar su granulometría identificando tamaños mayores, tamaños medias y % de finos.
- Llevar el control de los diferentes materiales caracterizados, clasificados según su potencial de desarrollo de DAR y posible destino.
- Si PNN lo determina como material ligeramente peligroso realizar un examen mineralógico.

- Disponer de los planos topográficos a escala adecuada, ubicando los diferentes sitios evaluados.
- Evaluación de infiltraciones.
- Presencia de aire (oxígeno) cerca al yacimiento.
- Si PNN lo determina como material ligeramente peligroso realizar un examen mineralógico.
- Realizar controles de escorrentías midiendo los flujos especialmente aquellos que no ingresan a la zona de los materiales con potencial de generación DAR.
- Determinaciones si existe migración de agua por el subsuelo Debe realizarse el balance hídrico de todo el sistema del botadero
- Estimar lluvias promedio, proyectadas y formación de escorrentías.

## Controles de desempeño

- Contar con el 85% del material correctamente identificado en su capacidad de desarrollo del DAR.
- Contar con la totalidad del material de alto potencial DAR dispuesto en un relleno encapsulado.
- Lograr que todas las aguas que escurren debajo de la zona investigada sean aguas limpias, de pH neutros y libres de cationes metálicos.
   Cumpliendo de esta manera con la legislación ambiental tanto como efluente como posible cuerpo receptor.

# 4.9.1.2 Aplicar el cierre de instalaciones en zonas de exploración, con el fin de evitar el desarrollo del DAR.

#### Metas.

- Realizar un estudio de las diferentes zonas sea en su potencial de generación ácida y evaluar la conveniencia de un cierre.
- Evaluar los diseños de cierre a aplicarse a los materiales o sitios que requieren de un cierre.
- Establecer los controles necesarios que garanticen que el cierre esta cumpliendo su cometido.

#### **Actividad Crítica**

- Cierre de instalaciones en zonas agrestes, por las dificultades de la colocación de las diferentes capas.
- Presencia del DAR en zonas aun no muy bien evaluadas.

### **Controles Operacionales**

- Contar con un inventario de los lugares y materiales a los que se le aplicará el Plan de cierre.
- Establecer los tipos y cantidades de los materiales a requerirse para el plan de cierre
- Tomar mediciones de S como sulfuro para determinar su PA, asimismo, la cantidad de carbonatos para determinar su PN y evaluar a los materiales en el parámetro PNN y PN/PA.
- Realizar determinaciones del nivel del acuífero y su calidad.
- Tener información histórica y actual de las precipitaciones en la zona.
- Establecer áreas de ingreso prohibido para aquellas zonas donde sólo debe ingresar el personal autorizado.
- Establecer los parámetros de control, tales como calidad y características de los materiales, espesores y compactación de las capas utilizadas, controles de los flujos de las aguas de escorrentías controladas en la zona, etc.

#### Controles de desempeño

Cumplir con el plan de planeamiento y cronogramas por lo menos en un 85 %.

#### 4.9.1.3 Aplicar el SGA para lograr controlar este AAS.

#### Metas

- Desarrollar el Programa de manejo ambiental en base a los objetivos y metas planteadas para este AAS.
- Implementar el PMA asegurando el cumplimiento de todos los requisitos,
   como el de capacitación especialmente en el camino crítico, los sistemas

- de control operacionales, documentando adecuadamente las informaciones de control y especialmente aquellas que deben validarse.
- Desarrollar la etapa de control y supervisión, realizando monitoreos de acuerdo a lo propuesto en la etapa de planeamiento, contar con supervisión ambiental y auditorías internas y externas, identificar las no conformidades y el levantamiento de ellas, etc.
- Etapa de informe de la gestión ambiental a la alta autoridad, a quien corresponde evaluar todo el PMA, la gestión del SGA y finalmente ampliar o modificar las políticas ambientales, como tal sus objetivos y nuevas metas.

## **Actividad Crítica**

Determinar en un cronograma de actividades, la ruta crítica del PMA.

## Controles de desempeño

Evaluar el avance del PMA según cronogramas previamente establecidos.

## **4.9.2 AAS2 DEPÓSITO DE RELAVES**

## 4.9.2.1 Objetivo 1

Disponer de controles preventivos para evitar el desarrollo del DAR.

#### Metas

- Determinaciones de S como sulfuro para evaluar el PA.
- Determinaciones de la cantidad de álcalis para definir su PN.
- Cálculo del PNN, la relación PA, PN y Qr.
- Definir el grado de peligrosidad.
- Determinación de las cantidades a depositarse.
- Determinación de la granulometría del material.
- Determinación de las cantidades de arenas gruesas y su destino final.
- Caracterizar la calidad del agua como posible efluente.
- Determinación de las cantidades de agua para conformar el espejo de agua.
- Determinación si existe migración de agua por el subsuelo.

Debe realizarse el balance hídrico de todo el sistema del depósito de relaves.

Determinación de la calidad de agua del cuerpo receptor, tanto antes,
 como después de la intercepción del efluente con el río.

## **Actividad Crítica**

- No contar con la suficiente agua para formar el espejo de agua.
- Presencia del DAR, en algunos sectores del depósito de relaves.
- Controles Operacionales.
- Medición del pH del agua que acompaña a los relaves.
- Muestrear periódicamente los relaves para hacer los análisis correspondientes para las evaluaciones del PA y PN.
- Mediación periódica de la altura del espejo de agua.
- Inspección diaria del entorno de la presa de relaves, verificando posibilidades de infiltraciones o presencia de aguas ácidas.
- Control periódico y quincenal de los piezómetros, midiendo niveles del acuífero y calidad del agua.
- Control de la calidad del efluente de la presa de relaves.

#### Controles de desempeño

- Mantener la altura del espejo de agua en los niveles correspondientes en un porcentaje del 90.
- Contar con el 100% de las posibilidades el pH por encima de 7.5.

#### 4.9.2.2 Objetivo 2

Cumplir con la legislación ambiental en el tema de estabilidad química del depósito.

## <u>Metas</u>

Contar con los dispositivos normativos relacionados al manejo de la presa de relaves y normas relacionados con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad de agua.

### Controles de desempeño

Aprobar en no menos de un 90% las auditarías sostenidas por las fiscalizaciones realizadas por el ente de regulación ambiental

## 4.9.2.3 Objetivo 3

Aplicar el SGA a este AAS.

#### <u>Metas</u>

- Desarrollar el Programa de Manejo Ambiental en base a los objetivos y metas planteadas para este AAS.
- Implementar el PMA asegurando el cumplimiento de todos los requisitos, como el de capacitación especialmente en el camino crítico, los sistemas de control operacionales, documentando adecuadamente las informaciones de control y especialmente aquellas que deben validarse.
- Desarrollar la etapa de control y supervisión, realizando monitoreos de acuerdo a lo propuesto en la etapa de planeamiento, contar con supervisión ambiental y auditorías internas y externas, identificar las no conformidades y el levantamiento de ellas, etc.
- Etapa de informe de la gestión ambiental a la alta autoridad, a quien corresponde evaluar todo el PMA, la gestión del SGA y finalmente ampliar o modificar las políticas ambientales, como tal sus objetivos y nuevas metas.

#### **Actividad Crítica**

Determinar en un cronograma de actividades la ruta crítica del PMA.

#### Controles de desempeño

Evaluar el avance del PMA según cronogramas previamente establecidos.

# 4.9.3 AAS3 MATERIALES QUE PUEDEN PROVENIR DEL YACIMIENTO POLIMETÁLICO

#### 4.9.3.1 OBJETIVO 1.

Evaluar el yacimiento en su PNN y realizar acciones para minimizar la extracción de aquellos que den PNN altamente negativos.

## **Metas**

- Estimar el Potencial de reservas del Yacimiento
- Proyecciones del material a extraerse sea para beneficio o para desarrollo del yacimiento.
- Contenidos de S como sulfuro que corresponde a los proyecciones de las materiales a no beneficiarse.
- Contenidos de álcalis expresados en carbonato por TM de mineral.
- Evaluación de infiltraciones.
- Evaluar la presencia de aire (oxigeno) cerca al yacimiento.

## **Actividad Crítica**

- Extraer mucho mayor material que quedara como residual y que tiene un potencial de DAR, es responsabilidad de la Unidad de geología determinar que materiales no son necesariamente extraíbles.
- No tomar en consideración el desarrollo del yacimiento minero, exponiéndolos a infiltraciones no controladas y con acceso fácil de aire.

## **Controles Operacionales**

- Realizar la correspondiente toma de muestras y analizar por azufre como sulfuro para el cálculo del PA, así como por álcalis para la determinación del PN.
- Medir caudales de infiltración.
- Medir calidad de las aguas de infiltración, de manera diaria para los parámetros de conductividad y pH y para periodos mensuales o trimestrales una corrida con ICP para metales totales y metales disueltos.

#### Controles de desempeño

 Verificar el cumplimiento de minimizar la extracción de materiales calificados como no deseables extraerlos. Por su alto nivel de peligrosidad en el exterior.

#### 4.9.3.2 OBJETIVO 2.

Establecer procedimientos de prevención para el control de los materiales con PNN altamente negativos.

### **Metas**

- Realizar los estudios geológicos del yacimiento identificando aquellos de contenidos de PNN altamente negativos y que no son beneficiables.
- Realizar los correspondientes estudios hidrogeológicos, verificando si el posible acuífero está en contacto con el yacimiento mineral, especialmente de las zonas más peligrosas.
- Contar con los estudios geotécnicos en miras a determinar fallas fracturas, posibles deslizamientos, microfracturas, etc. con el fin de determinar posibles vías tanto para el ingreso de los reactantes (aire y agua, como salida de productos como cationes metálicos y aguas ácidas
- Durante la explotación minera chequear periódicamente el tipo de material que está saliendo de mina y verificar su destino final, avisando oportunamente al receptor de estos materiales el tipo de material que se entrega.

## **Actividad Crítica**

Presencia del desarrollo del DAR, en situaciones complejas de control, como es el caso de que por microfracturas está ingresando agua y aire a zonas altas de mineralización sulfurada.

#### Controles Operacionales

- Realizar la correspondiente toma de muestras y analizar por azufre como sulfuro para el cálculo del PA así como por álcalis para la determinación del PN.
- Medir caudales de infiltración.
- Medir calidad de las aguas de infiltración, de manera diaria para los parámetros de conductividad y pH y para periodos mensuales o

trimestrales una corrida con ICP para metales totales y metales disueltos.

Realizar pruebas de caracterización mecánica de la roca.

### Controles de desempeño

 Verificar el cumplimiento de mas del 85% de las medidas de prevención se estén cumpliendo.

## 4.9.4 AAS4 AGUAS ÁCIDAS DE MINA 4.9.4.1 OBJETIVO 1.

Tratamiento inmediato de las aguas de mina.

### **Metas**

- Identificar las aguas de mina en su carácter de aguas ácidas
- Localización de focos activos del DAR.
- Estudiar las características químicas del cuerpo receptor.
- Conocer las características químicas del efluente.
- Minimizar los flujos de agua de mina.
- Minimizar la formación del DAR, proponiendo acciones para evitar el desarrollo del DAR en sus centros de origen.
- Características químicas del cuerpo receptor después de la descarga del efluente.
- Seleccionar las aguas calificadas como contaminantes para su posterior tratamiento.
- Contar con aguas de mina como efluente en calidad de acuerdo a los estándares y LMP establecidos.

#### **Actividad Crítica**

- Desarrollo incontrolado de procesos férrico bacterianos.
- Presencia de un determinado catión en concentraciones mayores que los señalados por la normatividad ambiental o que afecten seriamente la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

## **Controles Operacionales**

- Flujos diarios, Promedios mensuales, promedios anuales.
- pH del agua.
- Potencial Redox.
- Concentraciones de Fierro Total y Fe<sup>3+</sup>.
- Cationes metálicos no deseables tanto como solubles como totales.

### Controles de desempeño

- Cumplir con el programa de minimizar los flujos de aguas ácidas.
- Cumplir con entregar al cuerpo receptor, aguas de acuerdo a como señalan las normas ambientales.

#### 4.9.4.2 OBJETIVO 2.

Cumplir con la legislación sobre el tratamiento de las aguas ácidas.

#### Metas

Contar con los dispositivos normativos relacionados al manejo de la presa de relaves y normas relacionados con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad de agua.

## Controles de desempeño

Aprobar en no menos de un 90% las auditarías sostenidas por las fiscalizaciones realizadas por el ente de regulación ambiental.

## CONCLUSIONES

- Si es factible el control del drenaje ácido de roca (DAR) de un yacimiento polimetálico, utilizando como instrumento, un sistema de gestión ambiental (SGA).
- La determinación de los Aspectos Ambientales Significativos (AAS), es posible mejorarla aplicando el mecanismo de un sistema continuo, procedimientos de planificación, implementación, control y Supervisión del DAR.
- El compromiso de la Alta Autoridad, de las empresas es de implementar en el marco de la declaración de sus Políticas Ambientales y Objetivos devenidos de los AAS que hayan sido identificados, para sus actividades minero metalúrgicas.
- El cumplimiento del SGA en el control, manejo de las Aguas Acidas generadas por el DAR, también mejorara el control, manejo y tratamiento para la reutilización de las Aguas Acidas, en los procesos minero metalúrgicos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1. Rodríguez Velarde Germán Jorge. Caracterizaciones de materiales minerometalúrgicos de la Compañía Minera Milpo Cerro de Pasco. Informe técnico ECOTEC 1997
- 2. Selmeczj, J.C The Design of Oxidation Systems for Mine Water Discharges. Fourth Symposium on Coal Mine Drainage Research, Pittsburgh, Pennsylvania, Abril 1972.
- 3. Summers-Broughton, Linda. Practical guide to Acid mine Drainage. Dirección de asuntos ambientales. Ministerio de Energía y Minas. República del Perú . Julio, 1994.
- 4. Vaughan D.J; Craig J.R Mineral Chemistry of Metal Sulfide. Cambridge University Press. Cambridge 1978.
- 5. Villachica Carlos. Características mineralógicas que influyen en la calidad de efluentes; Unidad de Producción de Morococha.
- 6. Villachica Carlos. Tratamiento de aguas ácidas del Socavón Smelter. Sociedad Minera el Brocal S:A Informe técnico, 2001
- 7. Ministerio de Energía y minas Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de mina. Volumen IV Dirección general de asuntos Ambientales Mayo 1995.
- 8. Monhemius, A.J Precipitation diagrams for metal hydroxides, sulphides, arsenates and phosphates. Department of Metallurgy and Materials Science, Imperial College of Science and Technology, London.
- 9. Philippe J. Poirier. Acid Mine drainage characterization and treatment at le mine Doyon.
- 10. Quiroz, Germán. Guía Ambiental para el manejo del cianuro. Dirección de Asuntos Ambientales. Ministerio de Energía y Minas Perú.
- 11. Rodríguez Velarde Germán Jorge, Gestión Ambiental en el tratamiento del Drenaje ácido de Roca. Il Congreso Nacional de Minería Colegio de Ingenieros del Perú Consejo departamental de Lima Capítulo de Minas Geología y metalurgia. Trujillo 1998.
- 12. Rodríguez Velarde Germán Jorge La lixiviabilidad de los sulfuros metálicos y el drenaje ácido de roca. Instituto de Minas del Perú. XXIV Convención de Ingenieros de Minas. Arequipa 14 -18 Set 1999.

#### ANEXO 01

## a. Muestras de roca: (formando depósitos)

- Muestra # 1 Botadero (operación) > 1000,000 TM, Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se espera concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.
- Muestra # 2 Material abandonado ubicado a la salida de aguas de drenaje de la Presa. (Pasivo ambiental) <3000TM.</li>
- Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se esperó concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.
- Muestra # 3 Ladera de cerro: (pasivo ambiental: < de 80,000 TM.) La superficie está alterada por operaciones antiguas de exploraciones.
   Son áreas oxidadas, en zona de intrusivo No se espera presencia de piritas ni material calcáreo
- Muestra # 4 Ladera de cerro: (Pasivo ambiental. Menor de 30,000
   TM La superficie está alterada por operaciones antiguas de exploraciones) Superficies oxidadas, en zona de intrusivo No se espera presencia de piritas ni material calcáreo.
- Muestra # 5 Ladera de Cerro frente a oficinas administrativas. (pasivo ambiental. Menor de 30,000 TM La superficie está alterada por operaciones antiguas de exploraciones) Superficies oxidadas, en zona de intrusivo No se espera presencia de piritas ni material calcáreo.
- Muestra # 6 Ladera de cerro (pasivo ambiental) < 50,000 TM La superficie está alterada por operaciones antiguas de exploraciones)
   Superficies oxidadas, en zona de intrusivo Esta área se encuentra cerca de cuerpos mineralizados como tal se espera bajo álcalis y presencia entre media a baja de piritas.
- Muestra # 7 Dique en construcción (operación) < de 100,000 TM Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se esperó concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.

- Muestra # 8 Banqueta presa de relaves (operación) < de 20,000 Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se espera concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.
- Muestra # 9 Dique parte superior de la presa (operación) < 30,000</li>
   TM Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se espera concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.
- Muestra # 10 Dique parte Intermedia (Levantamiento antepenúltimo del dique). (Operación) < de 10,000 TM Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se esperó concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.

### b. Muestras de relaves. (Compósito de material fino).

Estos materiales provienen de zona mineralizada como tal se espera básicamente presencia de piritas, en algunos casos con presencia notable de carbonatos y en otros con poco álcalis.

- Muestra 11 Relaves de Planta Concentradora. (Operación), 2,400
   TM/día
- Muestra # 12 Relaves de ciclón Arenas. (Operación) 600 TM/día.
- Muestra # 13 Relaves de ciclón Finos (operación) 1800 TM/día
- Muestra # 14 Finos de drenaje (Operación) < de 10,000 TM.</li>

### d. Material obtenido de algunas base de obras civiles.

Son materiales seleccionados, normalmente de desarrollo de mina, alejados de yacimiento mineral, como tal se espera bajos contenidos de pirita y material calcáreo variable e incluso escaso.

- Muestra # 15 Material grueso frente al depósito de botaderos (botadero en operación) < 20,000 TM.</li>
- Muestra # 16 Material grueso (cerca de mina de oro) (botadero reciente) < 30,000 TM.</li>

- Muestra # 17 Material grueso frente al depósito de botaderos (botadero en operación) < 20,000 TM.</li>
- Muestra # 18 Material grueso (cerca de mina de oro) (botadero reciente) < 30,000 TM.</li>
- Muestra # 19 Material grueso (aguas arriba) (Botadero reciente) < 10.000 TM.</li>

## e. Materiales mineros complementario al primer grupo de muestreo.

- Muestra # 20 Área correspondiente a la futura laguna de aguas servidas pre tratadas 30,000 TM (pasivo ambiental).
   Material de mezcla con presencia notable de depósitos de relaves antiguos.
- Muestra # 21 Material de botadero: Túnel de Presa (pasivo ambiental)
   <10,000 TM Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se espera concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.</li>
- Muestra # 22 a 500 m (pasivo ambiental).
   Son materiales de desarrollo de mina, y ligeramente alejado del cuerpo mineralizado, se esperó concentraciones importantes de material de caliza con mediana a baja presencia de piritas.
- Muestra # 23 Dique Antiguo (pasivo ambiental) < 15,000 TM.</li>
   Material de yacimiento formado por arenas gruesas, se espera importantes concentraciones de pirita

# f. Muestras obtenidas de las laderas oxidadas en áreas de presencia de drenaje ácido.

Estos materiales se encuentran en zona del intrusivo, además son muestras superficiales oxidadas, no se espera ni piritas ni material carbonatado.

- Muestra # 24 Boca Mina Nv. +100 Lucho (pasivo ambiental).
- Muestra # 25 Intrusivo Nv. +100 Lucho (pasivo ambiental).
- Muestra # 26 Intrusivo (pasivo ambiental).
- Muestra # 27 Intrusivo Nivel +170 Éxito (pasivo ambiental).
- Muestra # 28 Intrusivo Nivel +170 Carmen (pasivo ambiental).

- Muestra # 29 Intrusivo Nv. +80 (pasivo ambiental).
- Muestra # 30 Intrusivo Nv. +80 Norte (pasivo ambiental).

## g. Muestras obtenidas en el interior mina.

- Muestra # 31 Nv -440 Norte 3 Area1 (operación).
- En caja de veta se espera presencia notable de piritas.
- Muestra # 32 Nv -440 Norte 3 Área 2 (operación).
- En caja de veta se espera presencia notable de piritas.
- Muestra # 33 Nv -440 Norte 3 Área (operación).
- En caja de veta se espera presencia notable de piritas.
- Muestra # 35 Nv -600 Norte 4 Área 3 P+S (operación) En caja de veta se espera presencia notable de piritas
- Muestra # 36 Nv -600 Norte 4 Área 3 (operación) En caja de veta se espera presencia notable de piritas